



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE**

**ANÁLISE GEOAMBIENTAL DA DEGRADAÇÃO DO SISTEMA E SUBSISTEMAS  
DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO CARRAPATEIRAS-TAUÁ/CE**

**RAUL CARNEIRO GOMES**

**FORTALEZA/CE  
2015**

**RAUL CARNEIRO GOMES**

**ANÁLISE GEOAMBIENTAL DA DEGRADAÇÃO DO SISTEMA E SUBSISTEMAS  
DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO CARRAPATEIRAS–TAUÁ/CE**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará – UFC, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de concentração: Proteção Ambiental e Gestão de Recursos Naturais.

**Linha de pesquisa:** Proteção Ambiental e Gestão de Recursos Naturais

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira

**FORTALEZA/CE  
2015**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

---

G617a

Gomes, Raul Carneiro.

Análise geoambiental da degradação do sistema e subsistemas da microbacia hidrográfica do riacho Carrapateiras - Tauá/CE / Raul Carneiro Gomes. - 2015.

295 f.: il., color. , enc. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Fortaleza, 2015.

Área de concentração: Proteção Ambiental e Gestão de Recursos Naturais.

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

1. Recursos hídricos – Degradação ambiental. 2. Região semiárida. 3. Diagnóstico geoambiental – Tauá (CE). I. Título.

---

CDD 363.7

RAUL CARNEIRO GOMES

ANÁLISE GEOAMBIENTAL DA DEGRADAÇÃO DO SISTEMA E  
SUBSISTEMAS DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO  
CARRAPATEIRAS – TAUÁ/ CE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de concentração: Proteção Ambiental e Gestão de Recursos Naturais.

Aprovada em 24/09/2015

BANCA EXAMINADORA



Prof.ª. Dr.ª. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)



Prof.ª. Dr.ª. Maria Iracema Bezerra Loiola  
Universidade Federal do Ceará (UFC)



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

## AGRADECIMENTOS

Agradeço muito a Deus, pela saúde, força, entusiasmo e toda a estrutura material e imaterial fundamental para a realização desta pesquisa.

À minha família inteira, especialmente, Antonio Aristeu Vieira Gomes (pai), Antonia Aglezia de Oliveira Carneiro (mãe) e Raif Carneiro Gomes (irmão) que investiram muito carinho, compreensão, tempo, recursos financeiros em mim e nesta pesquisa para que eu pudesse ter condições de realizá-la exitosamente.

Quero agradecer de coração a minha orientadora, Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira, pela incansável compreensão, conselhos, disposição em me orientar, carinho, elogios que me deram muita força para seguir em frente e aceitar esse desafio com muita dedicação e responsabilidade.

Aos meus amigos Adna, Adalberto Maciel (Herbário da UFC), Alcione Moreira, Áquila Mesquita, Amom, Ana Cristina Fernandes Muniz, A. Clarentino (mateiro), A. Rangilson, Arilene Franklin, A. José, Carlos Salinas, Bruno Emanuel, Cacilda C. Sales, Matias, Crisanto, Débora Barboza, Fátima Brito, Eliedir Trigueiro, Evaldo, Erika Brito, Emanuel (mateiro), Eder Guedes, Francisquinho (mateiro), Fernandes, Frederico Nogueira, Gabriel da Nobrega, Gislaine Albuquerque, Genival Soares, Geraldo de Ferreira (mateiro), Genilson Alves (mateiro), Helena Olinda, Huáscar Vidal, Igor Pedroza, Janete, Joni Marques, Joel Pedroza, José Olinda; Josué Pereira, J. Velson, Lenyn Sousa, Luiz Mafrense, Karlla Soares, Vinícius Franco; Narcélio de Sá Pereira, Otávio Ladim, Mazé Loureiro, Marília Natacha, Maria Native, Marinete Leite, Marlom Canvalcante, Marcela Torres Teixeira, Ricardo Moura, Mazé Loureiro, Matheus de Castro, Miguel Ângelo, Mirele Paula, Nildo Vasconcelos; Nildo Portela; Sarah Sued, Sávio Sousa, Simone Viana, Sullivan, Ponciana Freira, Rafael Toepek, Ravena Olinda, Raimunda Teixeira, Raimunda (Chico), Rúbia Fonseca, Valéria Sampaio, Laura Gomes Girão, Laudemira Rabelo, Leonardo Borralho, Lilian Rafaelly, Losângela Sousa, Luci Peixoto, Lucas Soares, Marcela Torres Teixeira; Melca Silva, Leilane, Thiara Messias; Jocicléa Mendes, Jecsan Girão, Valdete Lira, Valéria Sampaio, Victor Lopes e muitos outros igualmente queridos.

De igual modo, agradeço aos professores do Departamento de Geografia, da Geologia, Ciências dos Solos, Biologia e do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Destaco, especialmente, os seguintes professores:

Ahmad Saeed Khan, Adryane Gorayeb, Arilene Franklin Chaves, César Veríssimo, Cláudia Dennys, Clélia Lustosa, Edson Vicente da Silva, Eustógio W. Dantas, George Satander, José Gerardo Bezerra, Jaedson Cláudio Anunciato Mota, Jeová Meireles, Levi Furtado, Lineu Bezerra (grande amigo e conselheiro), Lima Verde, Luiz Botelho, Marcos José Nogueira de Souza, Maria Iracema Bezerra Loiola (grande parceira de pesquisa), Maria Eliza Zanella, Marta Celina Linhares, Maria Florice, Maria Edvani, Miguel Cooper, Mirian Cristina Gomes Costa, Paulo Thiers, Ricardo Espindola Romero, Raimundo Castelo, Rubson Maia, Vanda Claudino Sales, Tiago Osório Ferreira e outros.

Ademais, quero agradecer ao Laboratório de Pedologia, Análise Geoambiental e Desertificação – LAPED, ao Herbário Prisco Bezerra (UFC), ao Laboratório de Pedologia do departamento de Solos e também ao Laboratório de Geotécnica da Geologia por todo o suporte dado para a concretização para esta pesquisa.

E por fim, meu sincero agradecimento a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FUNCAP pela bolsa de estudo concedida, a qual fez toda a diferença para esta conquista.

## LISTA DE SIGLAS

**AAN** - Alta Pressão do Atlântico Norte  
**AAS** - Alta Pressão do Atlântico Sul  
**ANA** - Agência Nacional de Águas  
**APA** - Área de Proteção Ambiental  
**BH** - Bacia Hidrográfica  
**CCM** - Complexo Convectivo de Mesoescala  
**CEEIBH** - Comitê Estadual de Estudos Integrados de Bacias hidrográficas  
**CONAMA** - Conselho Nacional de Meio Ambiente  
**CM** - Centímetros  
**DNOCS** - Departamento Nacional de Obras contra Secas  
**CPRM** - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais  
**EMBRAPA** - Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária  
**ETP** - Evapotranspiração  
**FAO** - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação  
**FUNCEME** - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos  
**GPS** - Sistema de Posicionamento Global  
**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
**INPE** - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
**IPECE** - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará  
**KM** - Quilômetros  
**MH** - Microbacia Hidrográfica  
**M** - Metros  
**LI** - Linhas de Instabilidade  
**ONU** - Organização das Nações Unidas  
**PAE** - Plano de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca  
**SEMACE** - Secretaria de Meio Ambiente do Ceará  
**SRH** - Secretaria de Recursos Hídricos  
**SUDENE** - Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste  
**UFC** - Universidade Federal do Ceará  
**VCAN** - Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis  
**WAVES** - Water Availability and Vulnerability of Ecosystems and Society in the Semiarid Northeast of Brasil  
**ZEE** - Zoneamento Ecológico-Econômico  
**ZCIT** - Zona de Convergência Intertropical

## RESUMO

A degradação ambiental é um dos principais desafios que a humanidade tem enfrentado em favor de sua sobrevivência e manutenção dos serviços ecológicos. Diante disso, a bacia hidrográfica (BH) desponta como um sistema ambiental e unidade de planejamento relevante para a realização de estudos e construções de propostas em prol de seu manejo ecológico, visando aumentar a compatibilidade entre a capacidade de suporte ambiental e as atividades sócio-produtivas. Nas regiões semiáridas, notadamente no Estado do Ceará, a conservação das BH emerge como uma atividade estratégica para mitigar a degradação ambiental, assegurar a manutenção da biodiversidade, da disponibilidade hídrica, da alimentar e do bem-estar dos cearenses. Por isso, a microbacia hidrográfica (MH) do riacho Carrapateiras foi selecionada como objeto desta pesquisa, a qual tem como objetivo analisar a degradação ambiental da MH citada e de seus subsistemas por meio de indicadores biofísicos. Para tanto, empregou-se a abordagem sistêmica, a fim de compreender os elementos e suas inter-relações processuais e funcionais. Ademais, foram feitos levantamentos ambientais através de trabalhos de campo e coletas de amostras que foram analisadas *in situ* e em laboratórios. Portanto, detectou-se que, morfometricamente, a MH estudada compreende uma área de 2,31 km<sup>2</sup>, seu riacho principal tem 3,93 km de extensão e a sua densidade de drenagem é de 2,51 km.km<sup>-2</sup>. Constatou-se que o embasamento cristalino da MH é composto por seis litotipos que envolvem anfibólitos e granitóides e seus relevos são representados por topos, encostas, fundo de vales e planície fluvial. Além disso, classificaram-se, por meio de 15 perfis, os seguintes táxons pedológicos (Neossolos Litólicos, Neossolos Flúvicos, Cambissolos Háplicos, Luvisolos Pálicos e Luvisolos Órticos). Com relação ao levantamento florístico, foram identificadas 93 fitoespécies pertencentes a 33 famílias da vegetação classificada como Caatinga arbóreo-arbustiva em sucessão secundária. A partir das análises da degradação interespecíficas dos subsistemas topos e das encostas da serra do Tecelão e Lagoa Seca/Coqueiros, conclui-se que as áreas dos transectos T2 e T4 são as mais degradadas dos topos, enquanto que T2 representa o espaço mais degradado das encostas das serras citadas respectivamente. Os indicadores biofísicos empregados na análise interespecífica atestaram que o subsistema mais degradado é planície fluvial. Logo, presentemente, a MH encontra-se em vias de recuperação ambiental por falta de mão de obra, de investimentos e de precipitações abundantes.

**Palavras – chave:** Recursos hídrico; Degradação ambiental; Região semiárida; Diagnóstico geoambiental - Tauá

## ABSTRACT

Environmental degradation is one of the major challenges that humanity has faced in favor of their survival and maintenance of ecological services. Therefore, the Hydrographic Basin (HB) has emerged as an environmental system and relevant planning unit for carrying out studies and construction of proposals towards its ecological management, to increase compatibility between the ability to support environmental and socio-activities productive. In semiarid regions, notably in the state of Ceará, the conservation of HB emerges as a strategic activity to mitigate environmental degradation, ensuring the maintenance of biodiversity, water availability, food and well-being of Ceará. So the Hydrographic Microbasin (HMB) of Carrapateiras stream was selected as the object of this research, which aims to analyze the environmental degradation of HMB cited and their subsystems through biophysical indicators. So, the systemic approach was employed in order to understand the elements and their procedural and functional interrelationships. Moreover, environmental surveys were made through fieldwork and collections of samples that were analyzed in situ and in laboratories. Therefore, it was found that, morphometric, MHB studied covers an area of 2.31 square kilometers, its main stream is 3.93 km long and its drainage density is 2.51 km.km<sup>-2</sup>. It was found that the crystalline basement of the HMB consists of six rocks types involving amphibolites and granitoids and its reliefs are represented by tops, slopes, deep valleys and river plains. In addition, qualified-through 15 profiles the following pedologic taxa (Neossolos Litólicos, Neossolos Flúvicos, Cambissolos Háplicos, Luvisolos Pálicos e Luvisolos Órticos). Regarding the floristic survey have identified 93 phytospecies belonging to 33 families of vegetation classified as trees and shrubs Caatinga in secondary succession. From the analysis of interspecific degradation tops subsystems and Weaver saw slopes serra do Tecelão and Lagoa Seca/Coqueiros, it is concluded that the areas of transects T2 and T4 are the most degraded of the tops, while T2 is the most degraded area of mountain slopes cited respectively. The biophysical indicators used in interspecific analysis testified that the most degraded subsystem is fluvial plain. Thus, presently, the HMB is in environmental recovery pathways for lack of manpower, investment and abundant rainfall.

**Key-words:** Water resources; Environmental degradation; Semiarid region; Geoenvironmental diagnosis - Tauá.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Fluxograma metodológico da pesquisa realizada na MH do riacho Carrapateiras, no município de Tauá-CE/ Brasil. \_\_\_\_\_ 81
- Figura 2** - Vista panorâmica da MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE com setas vermelhas indicando os seus interflúvios. \_\_\_\_\_ 83
- Figura 3** - Vista do baixo curso da MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE e uso da planície fluvial como campo agrícola indicada pela seta vermelha. \_\_\_\_\_ 86
- Figura 4** - Anfibólito maciço, sem orientação marcada, com textura média, com coloração verde escura em sua porção não alterada e marrom em sua porção alterada. \_\_\_\_\_ 100
- Figura 5** - exibição da textura granoblástica da rocha, sob luz polarizada (A) e luz natural (B); mineral talco (Tlc) exibindo sua clivagem característica (C); grão alongado de glaucofana (Gln) inclusa no anfibólito (D); exposição dos dois tipos de opacos que ocorrem na rocha (E e F); grão de clorita (Chl), oriunda de substituição da actinolita (Act) (G); mostrando grão de enstatita (En) reliquiar com alto grau de fraturamento (H). \_\_\_\_\_ 101
- Figura 6** - Muscovita monzogranito com granada com colocação cinza clara a esbranquiçada e amarelada com granulometria grossa. \_\_\_\_\_ 102
- Figura 7** - Fotomicrografia das lâminas mostrando: (A) minerais de plagioclásio (Pl) e quartzo (Qz), (B) feldspato potássico (Kfs) com granulometria grossa em luz polarizada; (C) grãos de granada (Grt) arredondadas em luz natural; (D) cristal de K-feldspato (Kfs) com plagioclásio em luz polarizada; (E e F) granada (Grt) com manchas de oxidação, possivelmente Fe, acompanhada de muscovita (Msc), quartzo (Qz) e plagioclásio (Pl) em luz natural e polarizada, respectivamente; (G e H) aglomerado de muscovita (Msc). \_\_\_\_\_ 103
- Figura 8** - Anfibólito bandado com bandas de colocação verde escura e branca a cinza clara com textura média nas bandas escuras e finas nas claras. \_\_\_\_\_ 104
- Figura 9** - Fotomicrografia das lâminas mostrando: (A) visão geral da seção delgada, com as bandas de hornblenda (Hbl) e quartzo-feldspáticas; (B) associação de granadas (Grt) e opacos (Opq), com opaco consumindo a granada; epidotos (Ep) ripiformes inclusos no quartzo (Qz) sob luz natural (C) e luz polarizada (D); titanita (Spn) inclusa na hornblenda sob luz natural (E) e luz polarizada (F); padrão de distribuição de opacos, vinculados à augita (Aug) e granada, sob luz natural (G) e polariza (H). \_\_\_\_\_ 105
- Figura 10** - Anfibólito exibindo foliação e o brilho metálico de alguns dos seus constituintes mineralógicos com granulometria fina. \_\_\_\_\_ 106
- Figura 11** - Fotomicrografia mostrando: visão geral da seção delgada com predominância de Anfibólito (Amp), quartzo (Qz) e granada (Grt), sob luz polariza (A) e natural (B); anfibólito (Amp) com restício de piroxênio (Cpx) e inclusões de quartzo (Qz) e granada (Grt) sob luz polarizada (C) e natural (D); veio félsico com quartzo (qz), plagioclásio (Pl) e epidoto (Ep) em luz polarizada (E) e natural (F); calcita (Cal) crescendo associada aos veios félsicos e à granada (Gr) e ao anfibólito (Amp) em luz polarizada (G) e luz natural (H). \_\_\_\_\_ 107
- Figura 12** - Meta muscovita quartzo monzonitos com colocação cinza clara a esbranquiçada e com granulometria grossa. \_\_\_\_\_ 108

- Figura 13** - Fotomicrografia mostrando (A e B) minerais de K-feldspato (Kfs) junto com quartzo (Qz) e plagioclásio (Pl) em luz polarizada; (C e D) minerais de muscovita (Msc) orientadas, feldspato potássico (Kfs) e plagioclásio (Pl) formando uma textura granolepidoblástica em luz natural e polarizada, respectivamente; (E e F) aglomerado de K-feldspato (Kfs) com plagioclásio (Pl) em luz natural e polarizada, respectivamente. \_\_\_\_\_ 109
- Figura 14** - Muscovita biotita gnaiss com granada com colocação cinza clara a esbranquiçada e amarelada com granulometria média a fina. \_\_\_\_\_ 110
- Figura 15** - Fotomicrografia da lâmina mostrando: (A) textura granolepidoblástica com bandas de biotitas (Bt) com luz ortoscópica (B) textura granolepidoblástica com bandas de biotitas com luz natural polarizada (C) textura granoblástica em luz ortoscópica (D) textura granoblástica em luz natural polarizada (E) granada fraturada (Grt) com luz ortoscópica (F) granada fraturada com luz ortoscópica (G) alteração da biotita para muscovita (Ms) com luz ortoscópica. (H) alteração da biotita para muscovita com luz natural polarizada. \_\_\_\_\_ 111
- Figura 16** - Anfibólito gnaiss com colocação cinza escura a esbranquiçada e com granulometria fina a média. \_\_\_\_\_ 112
- Figura 17** - Fotomicrografia mostrando: (A) textura granonematoblástica com bandas de anfibólio com luz natural polarizada; (B) textura granonematoblástica com bandas de anfibólio com luz ortoscópica; (C) anfibólio e zircão, esse incluso no feldspato com luz natural polarizada; (D) anfibólio e zircão, esse incluso no feldspato com luz ortoscópica; (E) anfibólio e zircão, esse incluso no próprio anfibólio com luz ortoscópica e (F) anfibólio e zircão, esse incluso no próprio anfibólio com luz natural polarizada. \_\_\_\_\_ 113
- Figura 18** - A rocha apresenta estrutura foliada, com textura nematoblástica composta de pequenos cristais prismáticos de anfibólio. \_\_\_\_\_ 114
- Figura 19** - Fotomicrografia da lâmina mostrando que a rocha exibe textura nematoblástica microgranular, mineralogicamente formada por hornblenda (Hbl), tremolita (Tr), zircão (Zr) e opacos (Op). Fotos A, C, E e G – Luz Natural e Fotos B, D, F e G – Luz Polarizada. \_\_\_\_ 115
- Figura 20** - Calcissilicática com estrutura maciça e crosta de alteração na porção externa da amostra. \_\_\_\_\_ 116
- Figura 21** - Fotomicrografia da lâmina mostrando que a rocha exibe textura granoblástica microgranular, mineralogicamente constituída por quartzo (Qz), hornblenda (Hbl), diopsídio (Di), epidoto (Ep), titanita (Ttn), plagioclásio (Pl), minerais opacos (Op). E com veio de composição mineralogia de quartzo (Qz) e calcita (Cal). Fotos A, C, E e G – Luz Natural; Fotos B, D, F e G – Luz Polarizada. \_\_\_\_\_ 117
- Figura 22** - Anfibólito evidenciando a estrutura foliada devido à orientação prismática de pequenos cristais que parecem ser de anfibólio, apresentando coloração verde clara, com pequenas zonas de cor esbranquiçadas, provavelmente produto de alteração intempérica. \_ 118
- Figura 23** - Fotomicrografia da lâmina mostrando que a rocha exibe textura nematoblástica microgranular, mineralogicamente formada por hornblenda (Hbl), tremolita (Tr) e opacos (Op). Fotos A, C, E e G – Luz Natural; Fotos B, D, F e G – Luz Polarizada. \_\_\_\_\_ 119
- Figura 24** - Fotografia mostrando as rochas com uma intercalação de coloração esverdeada e alaranjada a marrom, pontualmente esbranquiçada, com granulometria fina. \_\_\_\_\_ 120

- Figura 25** - Fotomicrografia das lâminas mostrando que as rochas exibem uma textura nematoblástica microgranular, formada por hornblenda (Hbl), tremolita (Tr), antofilita (At), clorita (Chl), quartzo (Qz), Plagioclásio (Pl), Óxidos (Ox) e opacos (Op). Fotos A, C, E e G – Luz Polarizada; Fotos B, D, F e G – Luz Natural. \_\_\_\_\_ 121
- Figura 26** - Diagrama de roseta expondo as direções das principais três famílias de fraturas presentes nas rochas da MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE. \_\_\_\_\_ 124
- Figura 27** - Balanço Hídrico Climatológico do município de Tauá/CE. \_\_\_\_\_ 135
- Figura 28** - Foto das proximidades da foz do riacho Carrapateiras, mostrando as serras do Tecelão (seta laranja) e Lagoa Seca/Coqueiros (seta vermelha) em Belém-Tauá/CE. \_\_\_\_ 141
- Figura 29** - Geoformas presentes no topo da serra Lagoa Seca da MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE: topo convexo com parte mais elevada ao fundo (A); rebaixamento topográfico presente no setor mediano da serra Lagoa Seca/Coqueiros (B); cristas compostas por rocha de alto ângulo, bastante intemperizada e fraturada recoberta por fezes brancas de aves de rapina e urubus (C); vista lateral de crista com rocha de alto ângulo de mergulho (D). \_\_\_\_\_ 146
- Figura 30** - Vista panorâmica da face NW da serra Lagoa Seca/Coqueiros presente na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE durante a estação seca. \_\_\_\_\_ 150
- Figura 31** - Topo da serra Tecelão, presente na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE, exibindo sua rochosidade e degradação. \_\_\_\_\_ 152
- Figura 32** - Vista panorâmica da face SE da serra do Tecelão e, em seu sopé, o riacho Carrapateiras e sua planície fluvial (Belém-Tauá/CE). \_\_\_\_\_ 154
- Figura 33** - Curso fluvial principal do riacho Carrapateiras-Tauá/CE: (A) nascente efêmera do riacho Carrapateiras, cuja seta vermelha indica direção do fluxo difuso e a amarela mostra a direção onde é formado o sulco erosivo/canal fluvial principal; (B) médio curso do canal do riacho Carrapateiras apresentando sua largura maior que a profundidade e calhaus como carga de fundo; (C) baixo curso do riacho em questão exibindo sua largura pronunciada e calhaus e matações métricos como cargas de fundo. \_\_\_\_\_ 159
- Figura 34** - Planície Fluvial desmatada do riacho Carrapateiras-Tauá/CE \_\_\_\_\_ 161
- Figura 35** - Perfil litoestratigráficas representativo da planície fluvial da MH do riacho Carrapateiras, Tauá-CE. \_\_\_\_\_ 162
- Figura 36** - Perfis pedológicos analisados na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE: Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos vertissólicos (P1, P3); Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos lépticos (P2) e Neossolos Litólicos Eutróficos típicos (P4, P5 e P6). \_\_\_\_\_ 166
- Figura 37** - Perfis pedológicos analisados na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE: Neossolos Litólicos Eutróficos típicos (P8, P9 e P11); Neossolos Flúvicos Ta Eutrófico Típico (P12); Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos vertissólicos (P10) e Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos lépticos (P13). \_\_\_\_\_ 167
- Figura 38** - Perfis pedológicos analisados na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE: Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos lépticos (P14); Luvisolos Háplicos Pálicos abruptos (P15) e Luvisolos Háplicos Órticos típicos (P16). \_\_\_\_\_ 168
- Figura 39** - Formas e cores das flores registradas na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE: (A) *Hippeastrum sp* (Amaryllidaceae).; B) *Melocactus zehntneri* - Britton & Rose

Luetzelburg (Cactaceae); (C) *Ipomoea Nil* (L.) Roth (Convolvulaceae); (D) *Wedelia scaberrima* Benth (Asteraceae); (E) *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir (Fabaceae Mimosoideae); (F) *Combretum leprosum* Mart. (Combretaceae); (G) *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill (Euphorbiaceae); e (H) *Commelina erecta* L. (Commelinaceae). \_\_\_\_\_ 204

**Figura 40** - Áreas do topo da serra Lagoa Seca/Coqueiros compreendidas pelos transectos (1, 2, 3 e 4) onde foram obtidos os dados dos indicadores da degradação ambiental (MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE). \_\_\_\_\_ 226

**Figura 41** - Segmentos da encosta da serra Lagoa Seca/Coqueiros (T1, T2, T3 e T4) presentes na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE, onde foram coletadas as amostras e os dados aqui analisados. \_\_\_\_\_ 229

**Figura 42** - Panoramas das condições biofísicas do topo da serra do Tecelão presente na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE. \_\_\_\_\_ 236

**Figura 43** - Porções da encosta da serra do Tecelão presente na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE, onde se fez as coletas. \_\_\_\_\_ 242

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Principais conceituações de bacia hidrográfica (BH). _____	27
<b>Quadro 2</b> - Indicadores utilizados por diversos autores para analisar e avaliar a degradação dos sistemas ambientais. _____	62
<b>Quadro 3</b> - Relação geral da densidade do solo para o crescimento da raiz com base na textura do solo _____	73
<b>Quadro 4</b> - Resultados das análises geoquímicas das lâminas petrográficas da MH. _____	123
<b>Quadro 5</b> - Síntese das características, processos, tipos de degradação, capacidade de suporte e cenário tendencial dos subsistemas ambientais presentes na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE. _____	221
<b>Quadro 6</b> - Indicadores utilizados para analisar a degradação ambiental no interior do subsistema topo da serra Lagoa Seca/Coqueiros, localizada na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE. _____	224
<b>Quadro 7</b> - Indicadores utilizados para analisar a degradação ambiental da encosta da serra Lagoa Seca/Coqueiros, presente na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE. _____	230
<b>Quadro 8</b> - Indicadores utilizados para analisar a degradação ambiental do topo da serra do Tecelão, constituinte da MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE. _____	235
<b>Quadro 9</b> - Indicadores utilizados para analisar a degradação ambiental presente na encosta da serra do Tecelão, localizada na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE. _____	240
<b>Quadro 10</b> - Indicadores utilizados para a análise interespecífica dos subsistemas ambientais da MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE. _____	245
<b>Quadro 11</b> - Número de espécies totais e semelhantes entre os subsistemas da MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE. _____	246
<b>Quadro 12</b> - Resultados dos Coeficientes de Similaridade de Sorensen ( $SO_{if}=2C/a+b$ ) entre os subsistemas ambientais da MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE. _____	247
<b>Quadro 13</b> - Quadro comparativo entre os levantamentos florísticos desenvolvidos em áreas degradadas da Caatinga com MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE. _____	251

## LISTA DE MAPAS

<b>Mapa 1</b> – Mapa de localização da MH do riacho Carrapateiras/Tauá-CE.....	84
<b>Mapa 2</b> – Mapa geológico da da MH do riacho Carrapateiras/Tauá-CE.....	99
<b>Mapa 3</b> – Mapa hipsométrico e da distribuição dos transectos da MH do riacho Carrapateiras/Tauá-CE.....	143
<b>Mapa 4</b> – Mapa de declividade da MH do riacho Carrapateiras/Tauá-CE.....	144
<b>Mapa 5</b> – Mapa geomorfológico da MH do riacho Carrapateiras/Tauá-CE.....	145
<b>Mapa 6</b> - Mapa geomorfológico e de perfis de elevação digital da MH do riacho Carrapateiras/Tauá-CE.....	148
<b>Mapa 7</b> – Mapa pedológico da MH do riacho Carrapateiras/Tauá-CE.....	169
<b>Mapa 8</b> – Mapa dos subsistemas ambientais da MH do riacho Carrapateiras/Tauá-CE.....	208

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	19
<b>2 BACIA HIDROGRÁFICA: UM SISTEMA AMBIENTAL E UNIDADE DE PLANEJAMENTO</b> .....	23
<b>2.1 A água: a transversalidade de um recurso natural limitado</b> .....	23
<b>2.2 A bacia hidrográfica: a compreensão do conceito</b> .....	25
<b>2.3 A Teoria Geral dos Sistemas (TGS) e a bacia hidrográfica sob as perspectivas de Bertalanffy (1977) e Christofolletti (1989): a emergência de um sistema ambiental concreto passível de estudo</b> .....	31
<i>2.3.1 A Teoria Geral dos Sistemas – TGS: Origem e características</i> .....	31
<i>2.3.2 Os sistemas e a bacia hidrográfica: discussão conceitual e a aplicabilidade</i> .....	37
<i>2.3.3 A morfometria de bacia hidrográfica: parâmetros para medições dos atributos do sistema</i> .....	44
<b>2.4 A degradação e os indicadores geobiofísicos aplicados ao sistema e subsistemas ambientais</b> .....	47
<i>2.4.1 A degradação dos sistemas ambientais: uma revisão conceitual e histórica</i> .....	47
<i>2.4.1.1 Aspectos conceituais da degradação ambiental</i> .....	47
<i>2.4.1.2 Análise crítica da história da degradação ambiental na Terra</i> .....	51
<i>2.4.2 Indicadores biofísicos de degradação ambiental</i> .....	60
<b>3 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS E METODOLÓGICOS</b> .....	65
<b>3.1 Levantamentos geoambientais para fins de caracterização da área de estudo</b> .....	65
<i>3.1.1 Levantamento dos dados socioeconômicos dos moradores e de uso-ocupação da MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE</i> .....	66
<i>3.1.2 Levantamento geológico</i> .....	67
<i>3.1.3 Obtenções e análises dos dados climáticos</i> .....	69
<i>3.1.4 classificação geomorfológica</i> .....	70
<i>3.1.5 Levantamento pedológico</i> .....	71
<i>3.1.6 Levantamento florístico</i> .....	73
<b>3.2 A escolha da TGS, caracterização e delimitação dos (sub)sistemas ambientais</b> .....	75
<b>3.3 Procedimentos utilizados para construção do material cartográfico e morfometria da MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE</b> .....	77
<b>3.4 Indicadores biofísicos empregados e as comparações intra e interespecífica nos/entre os subsistemas da MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE</b> .....	78

<b>4.1 Análise dos elementos ambientais da MH do riacho Carrapateiras (Tauá-CE): da morfometria/ uso e ocupação aos aspectos litoestruturais da MH.....</b>	<b>82</b>
4.1.1 <i>Aspectos morfométricos e de uso-ocupação das paisagens da bacia hidrográfica.</i>	82
4.1.2 <i>Perfil socioeconômico dos moradores da fazenda Tecelão e Belém – Independência e Tauá/CE.....</i>	88
4.1.3 <i>A dimensão litoestrutural da área de estudo .....</i>	96
<b>5 ANÁLISE DOS ELEMENTOS AMBIENTAIS DA MH DO RIACHO CARRAPATEIRAS (TAUÁ-CE): DOS ASPECTOS CLIMÁTICOS AOS GEOMORFOLÓGICOS .....</b>	<b>125</b>
<b>5.1 Análise dos aspectos climatológicos da área de pesquisa .....</b>	<b>125</b>
<b>5.2 Estudo integrado dos elementos geomorfológicos da área de estudo.....</b>	<b>135</b>
5.2.1 <i>Topos e cristas da Serra Lagoa Seca/Coqueiros .....</i>	146
5.2.2 <i>Encosta da Serra Lagoa Seca/Coqueiros.....</i>	150
5.2.3 <i>Topo da Serra do Tecelão .....</i>	151
5.2.4 <i>Encosta da Serra do Tecelão .....</i>	153
5.2.5 <i>Fundo de vale e seus cursos fluviais: aspectos hidrogeomorfológicos .....</i>	155
5.2.6 <i>Planície Fluvial .....</i>	161
<b>6. ANÁLISE DOS ELEMENTOS AMBIENTAIS DA MH DO RIACHO CARRAPATEIRAS (TAUÁ-CE): DA DIMENSÃO PEDOLÓGICA À BOTÂNICA..</b>	<b>164</b>
<b>6.1 A compreensão sistêmica dos solos.....</b>	<b>164</b>
6.1.1 <i>Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos típicos: aspectos de um solo neoformado.....</i>	170
6.1.2 <i>Neossolos Litólicos Eutróficos Típicos: da gênese as limitações de uso.....</i>	176
6.1.3 <i>Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos lépticos/vertissólicos: breves considerações sobre as características morfológicas, físico-químicas e de uso .....</i>	182
6.1.4 <i>Luvisolos Háplicos Pálicos abruptos: explicações genéticas, morfológicas, físico-químicas e de uso .....</i>	187
6.1.5 <i>Luvisolos Háplicos Órtico típicos: aspectos morfogenéticos e físico-químicos ..</i>	191
<b>6.2 Análise da comunidade vegetal da área de estudo.....</b>	<b>195</b>
<b>7. ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DO SISTEMA E SUBSISTEMAS DA MH DO RIACHO CARRAPATEIRAS .....</b>	<b>207</b>
<b>7.1 Os subsistemas ambientais: breves considerações .....</b>	<b>207</b>
7.1.1 <i>Topo da Serra Lagoa Seca/Coqueiros .....</i>	207
7.1.2 <i>Encosta da Serra Lagoa Seca/Coqueiros.....</i>	210
7.1.3 <i>Topo da Serra do Tecelão .....</i>	212

7.1.4 Encosta da Serra do Tecelão .....	214
7.1.5 Cursos Fluviais .....	216
7.1.6 Planície Fluvial .....	218
<b>7.2 Análise biofísica intraespecífica da degradação ambiental nos subsistemas.....</b>	<b>222</b>
7.2.1 Análise intraespecífica da degradação ambiental no topo da serra Lagoa Seca/Coqueiros.....	222
7.2.2 Análise intraespecífica da degradação ambiental da encosta da serra Lagoa Seca/Coqueiros.....	228
7.2.3 Análise intraespecífica da degradação ambiental no topo da Serra do Tecelão ..	233
7.2.4 A degradação ambiental na encosta da Serra do Tecelão .....	237
<b>7.3 Análise interespecífica dos subsistemas ambientais .....</b>	<b>243</b>
<b>7.4 Análise da MH do Riacho Carrapateiras: Breves Considerações.....</b>	<b>248</b>
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>252</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>262</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>283</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A degradação ambiental é um dos temas mais debatidos em diversos pontos do mundo e tem sido um fenômeno correlacionado com danos ao meio ambiente causados pelo trabalho humano de maneira extensiva, insustentável e descomprometida com o respeito à coexistência dos seres vivos. Estas atitudes são advindas do modo como a humanidade vê, compreende, percebe-se e age sobre sua realidade, produzindo seu espaço ou sistema.

Destarte, a degradação tem sido entendida de diversas maneiras, cujas variações dependem do interesse e da visão de mundo que o indivíduo que utiliza o conceito de degradação ambiental possui (LIMA; RONCAGLIO, 2001; ALMEIDA; SOUZA, 2013). Contudo, presentemente, esta abrange um conjunto de processos contínuos desencadeados pelo ser humano, o qual age de modo generalizado nos sistemas ambientais ou, ao ponto de transformar seus elementos, processos e funções ecológicas além da sua capacidade de resiliência (BRASIL, 1981; DREW, 1986; MATALLO JÚNIOR, 2003). Gerando, portanto, danos que chegam a ser irreversíveis para a manutenção da vida e das funções ecológicas.

Os processos degradativos têm atingido diversos sistemas ambientais terrestres e marinhos em diversas partes da Terra, configurando-se como um dos maiores males para a manutenção e qualidade da vida, crescimento econômico e desenvolvimento sustentável (WILLIAMS, 2003; SANTOS, 2004; PESSOA; RIGOTTO, 2012; IPCC, 2014; SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015). Dentre as várias regiões terrestres com tendência natural à degradação ambiental, estão as áridas e as semiáridas, porque são naturalmente mais frágeis que as demais, em função da escassez hídrica durante muitos meses do ano. Este déficit hídrico condiciona e compromete o desenvolvimento das reações químicas presentes e entre os elementos dos sistemas ambientais.

A região Nordeste do Brasil, por deter predominantemente o clima Tropical quente semiárido, está inserida na situação exposta (TRICART, 1977; MATALLO JÚNIOR, 2003), o que aumenta sua suscetibilidade a ser degradada. Em razão disso, tem-se desenvolvido pesquisas para a compreensão dos processos degradativos e quais as principais metodologias para revertê-los na região citada. Diante da carência hídrica, as bacias hidrográficas (BH) têm sido preferencialmente estudadas pelos pesquisadores porque são entendidas como um sistema ambiental aberto e unidade de planejamento passível de

delimitação natural, de análise integrada e intervenções políticas (BRASIL, 1997; CHRISTOFOLETTI, 1980).

Neste contexto, insere-se a microbacia hidrográfica (MH) do riacho Carrapateiras, situada no Nordeste semiárido brasileiro em Tauá/Ceará. Esta possui condições geoecológicas significativamente suscetíveis à degradação ambiental, a qual é desencadeada em razão dos usos e ocupações de seus sistemas ambientais por meio de tecnologias rudimentares, falta de gestão, planejamento e ordenamento territorial (OLIVEIRA *et al.*, 2003; OLIVEIRA, 2006; TRIGUEIRO; OLIVEIRA; BEZERRA, 2009).

Sendo assim, muitos pesquisadores têm focado suas atenções para Tauá, por ser um município cearense sob atuação do clima semiárido e por deter as nascentes do rio Jaguaribe, o maior rio do Ceará (OLIVEIRA *et al.*, 2003; ARAÚJO, 2003; CEARÁ, 2010). Ademais, por terem detectado, através de indicadores biofísicos, a ocorrência de diversos tipos de degradações (erosão dos solos, perda da biodiversidade, desertificação e perdas na produção primária de biomassa) sobre seus sistemas ambientais (OLIVEIRA, 2006; CEARÁ, 2010; TRIGUEIRO; OLIVEIRA; BEZERRA, 2008; GONÇALVES; OLIVEIRA; BEZERRA, 2008). Por consequência, tal situação tem subsidiado o aumento da pobreza, do êxodo rural e a diminuição do bem-estar da população do município posto.

Porém, majoritariamente dos trabalhos realizados costumam tratar de elementos, processos ou setores específicos das paisagens. Além disso, apesar de trabalharem com a abordagem sistêmica, não realizam as comparações entre os (sub)sistemas ambientais distintos em busca de aferir a forma e a intensidade da degradação nos aludidos, muito embora estes possam ter particularidades comuns. Os estudos expostos também não analisam as condições geoambientais do setor que abrange os primeiros cursos fluviais e a nascente principal do riacho Carrapateiras, o que é imperativo para compreender e gerir uma BH.

Com base nas pesquisas citadas, acredita-se que a MH do riacho Carrapateiras também esteja degradada devido à má utilização de seus recursos naturais. Portanto, este trabalho parte da hipótese de que é possível identificar e analisar a degradação ambiental presente na MH do riacho Carrapateiras e de seus subsistemas por meio das comparações intra e interespecíficas de seus indicadores biofísicos (indicadores pedológicos - carbono orgânico, densidade global, espessura do horizonte A, erosão e outros; tipo de uso e indicadores florísticos: número de famílias e índice de similaridade de Sorensen).

Nesta perspectiva, foi salutar a realização de estudos que investiguem os processos degradativos, suas causas e sua delimitação sobre os sistemas ambientais, tendo em vista a sua mitigação. Por isso, o presente trabalho tem como objetivo geral analisar a degradação ambiental do sistema e subsistemas da microbacia hidrográfica do riacho Carrapateiras (Tauá/Ceará) por meio de comparações intra e interespecíficas de indicadores biofísicos.

Para tanto, foram elencados os seguintes objetivos específicos: 1) executar o levantamento ambiental da MH do riacho Carrapateiras com escala compatível; 2) examinar sistemicamente os dados e informações levantadas; 3) identificar os subsistemas ambientais da área de estudo; e 4) analisar a degradação ambiental dos subsistemas por meio de comparações intra e interespecíficas, bem como por indicadores biofísicos.

No segundo tópico, promoveu-se uma série de discussões conceituais sobre bacia hidrográfica (BH), concatenada com a abordagem sistêmica da Teoria Geral dos Sistemas – TGS (BERTALANFFY, 1977). Desta maneira, a BH passa a ser entendida como um sistema ambiental dotado de especificidades singulares, passível de caracterização, hierarquização, análise integrada e quantificação. Posteriormente, foi realizado um levantamento histórico da atuação da degradação ambiental na Terra, assim como uma análise crítica de seus principais conceitos e dos indicadores utilizados para detectá-la em diversos ambientes.

Já no terceiro tópico, são expostos os procedimentos técnico-metodológicos empregados nos levantamentos ambientais, as principais obras consultadas e o que motivou a realização desta pesquisa na MH aqui tratada. Destarte, explicou-se como foram feitas a delimitação e caracterização dos sistemas ambientais, a construção dos mapas, a escolha e tratamento dos indicadores de degradação adotados, dentre outros.

A partir do quarto tópico, são apresentados os resultados desta pesquisa. Nesta perspectiva, o segmento em questão exhibe a análise dos dados morfométricos, do uso-ocupação das paisagens e do perfil socioeconômico dos agentes sociais da área estudada. Além disso, são discutidos os aspectos litoestratigráficos e geoquímicos das rochas da MH do riacho Carrapateiras.

Ainda no tópico citado, trata-se da dimensão climática da área estudada, destacando seus principais fatores reguladores, características, processos e inter-relações funcionais com a MH. Feito isso, são demonstrados e discutidos, sistemicamente, as principais formas de relevos até o quarto nível categórico da classificação de (ROSS;

MOROZ, 1995), destacando suas principais características morfológicas, interativas e funcionais ao longo do tempo.

No quinto tópico, discorre-se sobre os principais tipos de solos levantados e classificados na MH em questão, dando ênfase as suas gêneses, características morfológicas, físico-químicas e inter-relações funcionais com os demais elementos naturais. Em seguida, é promovida uma análise sobre a Caatinga, a sua biodiversidade e as principais pesquisas que desenvolveram levantamentos florísticos nas proximidades do objeto amostral desta pesquisa. Ademais, é apresentada a listagem florística da MH do riacho Carrapateiras, a qual subsidiou, por meio de suas informações juntamente com os trabalhos de campo, o exame da comunidade vegetal, da biodiversidade, da distribuição, da etnobotânica, das características morfológicas e funcionais do espaço aludido.

No sexto tópico, são demonstrados os subsistemas ambientais encontrados, delimitados e caracterizados fisionomicamente. Além disso, há os resultados das comparações da degradação ambiental intra (dentro) e inter (entre) dos subsistemas identificados na MH, por meio da utilização dos indicadores biofísicos selecionados, bem como suas análises. Por conseguinte, fez-se as considerações gerais sobre a degradação referida na MH, a qual representa o sistema mais complexo.

Por fim, o sétimo tópico abrange as considerações produzidas pelas caracterizações, análises e inter-relações de todos os dados e informações levantadas e os aspectos que devem fomentar a execução de novas pesquisas na área de pesquisa.

## **2 BACIA HIDROGRÁFICA: UM SISTEMA AMBIENTAL E UNIDADE DE PLANEJAMENTO**

### **2.1 A água: a transversalidade de um recurso natural limitado**

A humanidade tem exigido uma grande quantidade de recursos naturais para o seu crescimento e desenvolvimento, tendo em vista que seu paradigma de crescimento é pautado, segundo Camargo (2003), na lógica da superprodução de bens, consumo, degradação ambiental e acumulação de capitais. Por isso, a exploração dos recursos naturais tem sido de maneira predatória e temporo-espacialmente distinta, em função dos vários contextos socioculturais, das demandas e também, como coloca Venturi (2006), do modo direto e indireto da apropriação dos recursos citados.

A água é um dos recursos naturais mais demandados e tem sido utilizada com intensidades e possibilidades variadas ao longo do tempo e do espaço. Autores como Cirilo *et al.* (2007), Yoshida (2007), Tundisi e Tundisi (2011), Machado e Torres (2012) e Cunha *et al.* (2012) tratam de diversos aspectos que envolvem os recursos hídricos terrestres, sobretudo os associados às bacias hidrográficas (BH) e suas características morfológicas e funcionais; aos usos múltiplos da água pelos sistemas naturais/sociais, planejamento e gestão do uso da água, dentre outros. Por isso, nos parágrafos seguintes, são expostas algumas das ideias principais que estes trabalhos discutem.

Com relação à obra de Cirilo *et al.* (2007), há uma maior delimitação de seu objeto de discussão no uso sustentável da água nas regiões semiáridas, especificamente, no Nordeste do Brasil. Por isso, são apontadas diversas características hidrogeológicas do âmbito citado, bem como alternativas metodológicas de modelagem e práticas conservacionistas que possibilitam uma melhor adaptação do homem às condições de semiaridez e contribuem para a mitigação da degradação ambiental no âmbito em questão.

No estudo realizado por Yoshida (2007) é possível ter uma leitura mais ampla e teórica da importância da água para a sociedade humana. No decorrer de seus capítulos são discutidas as questões éticas; a apropriação da água como bem privado, difuso ou público; dos aspectos jurídicos e da questão da preservação hídrica.

Já Tundisi e Tundisi (2011) destacaram a necessidade fisiológica de água para o ser humano e suas atividades produtivas. Desse modo, assinalam o crescimento da demanda

de água ao longo do tempo e a degradação ambiental causada pelas ações antrópicas que vão de encontro com a finitude dos recursos naturais, em especial da água. Isto tem gerado uma série de conflitos ambientais, em prol da apropriação de novos recursos e fontes hídricas.

De acordo com Machado e Torres (2012), a água é um dos recursos elementares para a vida e para os sistemas ambientais. Estes autores fazem uma discussão geral sobre a questão hídrica e citam diversas informações sobre o ciclo hidrológico, BH e sua análise morfométricas, precipitação, evapotranspiração e escoamento superficial. Assim, destacam-se, sobretudo, a quantidade de água nos seres vivos e seu consumo de água para sua sobrevivência, como por exemplo: o ser humano adulto precisa de 2,4 litros de água por dia para manter suas funções vitais (esta pode ser bebida ou incorporada pelos alimentos); o cérebro humano é composto por cerca de 75% a 80% de água; pulmões e fígados, 86%; frutas que são largamente utilizadas para alimentação humana, como tomate, alface, melancia e banana, possuem respectivamente -95%, 95%, 92% e 74% de água.

Em suma, Machado e Torres (2012) afirmam que uma pessoa precisa em média de 50 litros de água de qualidade por dia para suas atividades domésticas, mas este valor cai, em regiões pobres, até a 25 litros de água por dia. No caso do Nordeste do Brasil, quando ocorre uma grande seca há a ativação da operação Carros-Pipa, a qual é desenvolvida pelo Conselho Municipal de Defesa Civil – CONDEC e pelo Exército Brasileiro, os quais fornecem em média 20 litros de água por pessoa/dia para consumo humano (isto é beber, cozinhar, banho e outros).

À vista disso, percebe-se que essa quantidade hídrica é bem inferior ao que Machado e Torres (2012) citam em relação à quantidade média necessária para o uso doméstico por dia de uma pessoa em regiões pobres. Nesta perspectiva, é nítido que as cifras de água dada pelas instituições governamentais mencionadas são insuficientes até para as famílias nordestinas de baixa renda desenvolverem todas as suas tarefas domésticas. Nestes termos, as referidas desembolsam parte de seus proventos econômicos para comprar água ou adaptar-se a tal condição.

Cunha *et al.* (2012) destacam os conflitos gerados pela demanda e oferta de água na Paraíba, fazendo inclusive um mapeamento das áreas mais tensas. Esta abordagem é muito relevante para os tomadores de decisões planejarem com mais cautela os usos dos recursos hídricos. Afinal, “[...] a água, vital para a vida, assume este papel, com reflexo no campo político [...]” (CUNHA *et al.*, 2012, p.33). Desta forma os controladores das águas passam a

ter a possibilidade de ordenar, a seu critério e interesse, o espaço, e a disciplinar o indivíduo, numa relação próxima da escravidão. Em decorrência disso, os autores afirmam que a água é um instrumento de controle e de poder, o qual nomeia, distingue e exclui.

Com base no exposto, percebe-se que a água tem sido tratada, no âmbito acadêmico, com diversas perspectivas, porém o debate de tal temática suplanta a dimensão científica, pois a água é um componente vital para os sistemas ambientais. Por isso, a referida perpassa transversalmente todas as instâncias da sociedade humana, sendo, no caso brasileiro, um dos tópicos dos temas transversais do Meio Ambiente a serem ensinados nas escolas (BRASIL, 1997).

Ademais, a questão hídrica tem despertado grandes preocupações na sociedade, dada a sua distribuição irregular, a sua superexploração, a sua contaminação e escassez. Estes fenômenos têm comprometido o abastecimento dos reservatórios, trazendo prejuízos econômicos, ambientais e conflitos sociopolíticos em diversas regiões do Brasil (VICTORINO, 2007; TORRES; VIANNA, 2008; ALMEIDA; PEREIRA, 2009; QUEIROZ, 2011; CUNHA *et al.*, 2012; LAVOR, 2014; OLIVEIRA, 2014; RODRIGUES; BRENHA, 2014; VENDRAMINI, 2014).

Com base na discussão posta, faz-se necessário ampliar esforços para compreensão das BH, levando em conta suas características morfo-fisionômicas para subsidiar os tomadores de decisões na elaboração de projetos de planejamento e gestão sustentáveis. Portanto, favorecendo a conservação integral da BH e seus recursos naturais, especificamente, os hídricos e fomentando o desenvolvimento humano na dimensão tratada.

## **2.2 A bacia hidrográfica: a compreensão do conceito**

Muitos são os trabalhos científicos internacionais (HORTON, 1945; STRAHLER, 1957, 1979; MAZENC; SANCHEZ; THIERY, 1984; ALTIN; ALTIN, 2011; PUMO *et al.*, 2014); brasileiros (CHRISTOFOLETTI, 1979, 1980, 1981; ALVES; CASTRO, 2003; BOTELHO; SILVA, 2004; LIMA, 2005; CUNHA, 2006, 2007; VICTORINO, 2007; COELHO NETO, 2009; MACHADO; TORRES, 2012; ANA, 2013; RAUBER; CRUZ, 2013); nordestinos (TORRES; VIANNA, 2008; SOARES *et al.*, 2011; CUNHA *et al.*, 2012; MAIA; BEZERRA, 2013; MARTINS, 2013) e cearenses (LIMA, 1982; FRANÇA, 1997; CEARÁ, 1999; PINHEIRO, 2003; GONÇALVES, 2003; ARAÚJO, 2003; PEREIRA

JUNIOR, 2005; SOUZA *et al.*, 2005; MAIA, 2006; VICTORINO, 2007; GONÇALVES; OLIVEIRA; BEZERRA, 2008; SOUSA *et al.*, 2011; SOUSA, 2012; SOUZA; SANTOS; OLIVEIRA, 2012) que têm utilizado a BH como célula de análise e/ou como sistema que comporta determinado(s) subsistema(s) alvo(s) de estudo. Todos estes trabalhos têm dado uma grande contribuição para o entendimento do ciclo hidrológico, da erosão, da esculturação do relevo, da formação dos solos, do uso-ocupação, além de despertar a atenção para a necessidade de entender a BH como um objeto de estudo dinâmico e complexo.

Tais trabalhos fundamentam a afirmação de que a BH é uma célula de análise bastante utilizada desde a dimensão internacional à estadual e empregada para examinar diversos objetos amostrais. As obras científicas expostas também indicam quais os principais aspectos que têm sido analisados quando tratam de BH, no caso: a análise morfométrica de bacia e cursos fluviais via sensoriamento remoto ou não; estudos hidrossedimentológicos; análise da qualidade hídrica; análise ambiental sistêmica, diagnósticos ambientais e hidroterritórios. Neste último caso, os trabalhos científicos têm sido escassos, visto que o conceito de hidroterritório encontra-se em construção conceitual e metodológica, em virtude de ser um conceito recente (TORRES; VIANNA, 2008), por isso sua abordagem tem sido relativamente escassa.

Dada essa quantidade e diversidade de estudos, buscou-se identificar e compreender o(s) conceito(s) de BH que os autores aludidos utilizam em comum, bem analisá-los para verificar se há variações teóricas bruscas relacionadas ao conceito em questão. Tais procedimentos são imperativos para o entendimento teórico substancial de um conceito e/ou célula de análise, como é a BH, sendo essencial para a condução de uma pesquisa que a trate como objeto amostral.

Em razão disso, foi construído o quadro 1, o qual apresenta múltiplos conceitos de BH propostos pelos cientistas clássicos e atuais. Estes autores vêm trabalhando com a temática até o ano de 2009, visto que os trabalhos posteriores a este ano citam os clássicos (HORTON, 1945; STRAHLER, 1957, 1979; CHRISTOFOLETTI, 1979, 1980; CUNHA, 2006, 2007) ou outros presentes no Quadro 1. Assim, não foi oportuno citá-los para evitar a prolixidade conceitual.

**Quadro 1 - Principais conceituações de bacia hidrográfica (BH).**

<b>Autor (es)</b>	<b>Definições de BH.</b>
Horton (1945)	A BH é um sistema composto por um conjunto de canais que drenam uma determinada superfície terrestre com limites naturalmente definidos. Além disso, o autor destaca que os canais fluviais poder ser hierarquizados e quantificados para fins de compreensão do ciclo hídrico, da erosão e dinâmica natural da bacia.
Chorley (1962)	Acredita que a BH é um sistema aberto de captação de água, composto por setores mais elevados, divisores topográficos, donde partem os cursos de água para um rio principal rumo a uma saída comum. Esta é pensada como um sistema aberto devido aos seus elementos estarem inter-relacionados por meio de diversos processos interacionais (hídricos, morfogenéticos, pedogenéticos e outros), os quais são desencadeados em função da matéria e energia que entra e sai no sistema e seus subsistemas.
Strahler (1979)	Por meio de sua definição de sistema de drenagem, é possível ter uma noção do que ele compreendia deste conceito: visando escapar progressivamente para níveis inferiores e finalmente ao mar, a água do escoamento superficial ordena-se em sistemas de drenagem, o qual é, mais ou menos, piriformes limitadas por linhas divisórias, dentro das quais as vertentes e redes ramificadas de canais estão ajustados para dispor eficientemente as águas do escoamento superficial e sua carga de partículas minerais até lograr a denudação do relevo rampeado em direção ao mar. Isto é, um sistema de drenagem se resume é um mecanismo hídrico, no qual vão sendo adicionados formas de escoamentos débeis e difusos até originar cursos mais profundos e de atividade intensa.
Christofoletti (1980)	Compreende a bacia de drenagem como uma área drenada por um determinado rio ou por sistema fluvial. Porém, ao longo de sua obra, percebe-se que tem um pensamento mais complexo sobre este conceito, pois o entende como um sistema dinâmico aberto, passível de ser hierarquizado, delimitado naturalmente pelos divisores de

Autor (es)	Definições de BH.
	água e produto de inúmeras inter-relações processuais de energia, matéria e informações.
Sanjaume e Villanueva (1996)	A BH ( <i>cuenca hidrográfica</i> ) é um sistema, uma das premissas fundamentais da Hidrologia e tem sido adotado pela Geografia física e Geomorfologia, com intuito de desenvolverem suas análises. Com isso, os autores dizem que o sistema de BH/fluvial é um conjunto de águas que drenam uma área para um mesmo ponto, compondo uma unidade hidrológica e geográfica definida. Por isso, em qualquer setor de um curso fluvial é possível traçar uma bacia que constitui a sua alimentação até chegar à área máxima de convergência das águas. Porém, acrescentam que mesmo que a BH tenha limites definidos pelos seus divisores de água, isso não impede que parte dos aportes hídricos saia do sistema por falhas e fraturamentos geológicos subterrâneos para as BH vizinhas sem passarem pelo enxutório.
Brasil (1997)	Dispõe no artigo 1º, inciso 5, que a “bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos”.
Suguio (1998)	Também aborda sobre o conceito de BH, a qual entende ser sinônimo de bacia de drenagem. Além disso, acrescenta as equivalências deste conceito em línguas estrangeiras como: <i>drainage basin - bassin drainage</i> (inglês); <i>cuenca hidrográfica</i> (espanhol) e <i>hydrographisches becken</i> (alemão). Esse autor destacou ainda que é parte da superfície terrestre ocupada por um sistema de drenagem ou colabora com água superficial para o sistema referido.
Botelho e Silva (2004)	Explicam que a BH é reconhecida como uma célula básica de análise ambiental, pois permite avaliar diversos componentes, processos e interações que nela ocorrem. Ademais, também é entendida como um sistema e unidade de planejamento.

Autor (es)	Definições de BH.
Santos (2004)	É a circunscrição de um território drenado por um rio principal e seus (sub)afuentes permanentes e intermitentes. Segundo a autora, tal conceito está associado à noção de sistema, de nascentes, de divisores de águas, de cursos hierarquizados e foz.
Cunha (2007)	Conceitua a BH como um espaço drenado por um conjunto de canais fluviais interligados que drenam água para um ponto comum.
Torres e Vianna (2008)	Propõem o conceito de hidroterritório, o qual pode ser entendido como uma porção do espaço dotado de recursos hídricos politicamente administrados pela gestão pública por meio de normatizações, gestão, controle, planejamento, cobranças de impostos e pelas relações de pertencimento e identidade que dadas populações têm com aquela área. Assim, este conceito abrange desde as relações de poder como as relações simbólicas e culturais daqueles que habitam hidroterritório. Este pode ser uma BH ou uma parcela menor desta, a qual não necessariamente é uma bacia.
Guerra e Guerra (2008)	Entendem que área de drenagem, bacia de drenagem, bacia fluvial e BH são sinônimos. Além disso, define uma bacia hidrográfica como um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes, os quais são depressões longitudinais que concentram as águas do escoamento superficial. Assim, segundo os autores, a noção de BH requer naturalmente a existência de divisores de águas, onde há nascentes dos cursos de água. Nesta perspectiva, eles destacam que uma bacia de drenagem é passível de hierarquização dos cursos fluviais e é dotada de dinamismo, dado às transformações que a bacia passa devido à erosão e outros processos morfogenéticos.
Novo (2008)	Conceitua BH como uma área da superfície terrestre drenada por um rio principal e seus tributários, por isso esta corresponde a uma área de captação natural da precipitação, fazendo-a convergir para um único ponto de saída. A autora também frisa que a bacia é delimitada por divisores de água, os quais são delimitados via uma carta topográfica ou imagem tridimensional do terreno.

Autor (es)	Definições de BH.
Melo (2009)	A BH ou de drenagem é uma área da superfície terrestre, a qual drena água, sedimentos, e materiais dissolvidos para o exutório. Tal autor frisa que os limites da BH são os divisores de água ou topográficos.
Karmann (2009)	A BH é conceituada como uma área de captação de água da precipitação, delimitada por divisores topográficos, onde toda água converge para uma saída comum, exutório. Com base nisso, esta é um sistema físico, passível de quantificação do ciclo hidrológico.

Com base nas definições expostas, intui-se que o conceito mais empregado para BH é o de uma superfície da Terra, onde assenta um sistema fluvial que drena sedimentos e águas para um exutório, ou final da BH. Entretanto, é notável que emergem outras qualificações. Além do conceito hidrológico citado, como é o caso de Brasil (1997), o qual entende a bacia como uma unidade territorial passível de gestão e planejamento. Já no âmbito geomorfológico, a supracitada é pensada como uma área espacial composta por interflúvios, vertentes e depressões.

Enquanto isso, autores como Torre e Vianna (2008) e Martins (2013) compreendem a BH como um hidroterritório. Já Horton (1945), Chorley (1962), Strahler (1979), Christofolletti (1970, 1980), Santos (2004) e Cunha (2007) concebem-na como um sistema ambiental aberto, dinâmico, com limites naturais definidos, passível de ser hierarquizada e estudada sob diversos enfoques analíticos e sistêmicos.

Com o exposto, nota-se que tais definições, apesar de distintas e com enfoques diferentes, não se anulam ou são contraditórias, mas se sobrepõem e complementam-se mutuamente. Então, não é sensato optar por um dos conceitos abordados, visto que todos podem ser articulados para qualificar de modo complexo o que de fato é uma BH. Caso contrário há uma redução expressiva do que de fato é a entidade em discussão.

É evidente que todas as definições apresentadas estão imersas em contextos históricos e paradigmáticos, por vezes, distintos. Contudo, não foi possível vislumbrar nenhum elemento que contraponha a mesclagem das concepções para gerar uma mais complexa, nem mesmo aquela que parte do princípio de que a BH é um território, como apresentam Lima (2005), Torres e Vianna (2008) e Martins (2013). Nesta linha de

pensamento, todas as qualificações podem ser combinadas e aplicadas sob o enfoque sistêmico, o qual integra todas as dimensões conhecidas (naturais e sociais) dos seus objetos de estudo.

Portanto, para fins deste trabalho, entende-se a BH como sistema fluvial ou ambiental aberto, dinâmico que drena uma parcela de um dado espaço e/ou território, sendo delimitado naturalmente por divisores de águas. Destes surgem as nascentes dos riachos que confluem para um rio principal, o qual drena água, sedimentos clásticos e iônicos, energia e informação para um ponto de saída comum, exutório, onde está ligado a outro sistema ambiental mais complexo.

Destarte, a BH é uma célula de análise que representa um *locus* transformado pelas forças de trabalho, dotada de representações culturais que criam a identidade e o sentimento de pertencimento nos seus habitantes. Estes, por sua vez, exercem relações de poder, gestão, neste sistema passível de transformações ambientais e subdivisões hierárquicas para fins de sua compreensão holística e eficiência do seu uso e ocupação.

### **2.3 A Teoria Geral dos Sistemas (TGS) e a bacia hidrográfica sob as perspectivas de Bertalanffy (1977) e Christofolletti (1989): a emergência de um sistema ambiental concreto passível de estudo**

#### **2.3.1 A Teoria Geral dos Sistemas – TGS: Origem e características**

O amplo processo de pensamento e as conquistas técnico-culturais engendradas no século XX permitiram o desenvolvimento de um novo paradigma na Ciência, fomentando os questionamentos da eficácia dos conceitos e métodos tradicionais de ver, perceber e explicar o mundo. É neste cenário que surge o paradigma sistêmico, por meio, sobretudo, da sua sistematização em uma teoria geral capaz de unificar as ciências, facilitar as inter-relações entre os saberes fragmentados e compreender a complexidade dos fenômenos do mundo (BERTALANFFY, 1977).

A Teoria Geral dos Sistemas - TGS (*General Systems Theory*) foi concebida nos Estados Unidos da América por Ludwig von Bertalanffy em 1932, o qual a aplicou na Biologia (CHRISTOFOLETTI, 1979). Porém, a compreensão de sistemas já vinha sendo utilizada em diversos ramos científicos com denominações, perspectivas e funções diversas.

Contudo, no sentido *stricto*, o termo “sistema” era utilizado como um objeto de estudo e não havia a organização de um corpo teórico e metodológico da TGS.

Diante disso, Bertalanffy (1977) organizou e propôs o conceito em discussão, entendido como conjunto de elementos em interação formando uma organização, bem como sistematizou a TGS. Para Morin (2013a) a definição de sistema sempre foi de noção-apoio para adjetivar todo o conjunto de relações entre partes que formam uma totalidade. De tal modo, o conceito posto já era utilizado em vários campos científicos, mas não com a nova conotação dada. Por isso, Bertalanffy (1977) destacou que o conceito de sistema tem uma longa história e estava presente em trabalhos de vários filósofos e pesquisadores, por exemplos: Nicolau de Cusa (1401-1464), Leibniz (1646-1716), Giambattista Vico (1668-1744) e Ibn-Kaldun (1332-1406), Karl Marx (1818-1883) e Hegel (1770-1831).

Desta maneira, o autor citado informa que houve o lançamento de obras importantes que precederam o surgimento da TGS como: a ‘*Gestalten*’ de Wolfgang Kohler (1887-1967), muito embora fosse limitada e voltada para a *Gestalten* em física, assim como fenômenos bio-psicológicos interpretados nesta perspectiva. Ademais, destaca-se a obra de Alfred Lotka (1880-1949), a qual mais se assemelhou com objetivo da TGS, por tratar uma comunidade como sistema.

A TGS surge em um momento no qual o mecanicismo cartesiano e o reducionismo de tudo aos fenômenos físicos eram os constituintes do paradigma científico dominante. Em função disso, os objetos de estudos eram examinados de modo fragmentado, conforme sugeriu Descartes (2003) em seu segundo e terceiro preceitos, os quais consistem de fragmentar os problemas em quantas partes forem necessárias para examiná-las e resolverem suas questões e ordenar o pensamento iniciando pelo mais simples ao complexo.

O método indicado por Descartes (2003) e amplamente utilizado nas análises científicas modernas despreza ou considera como fraca as inter-relações estabelecidas entre as totalidades, pois sem tal condição não é possível fazer a fragmentação cartesiana. Além disso, esta perspectiva foi envolvida pelo mecanicismo que entende os fenômenos por meio da casualidade linear, relações de dependências, na verdade absoluta (CRUZ, CILLO, 2008) e acredita na reversibilidade dos processos naturais.

Contudo, estes paradigmas que foram utilizados pela Ciência Moderna mostraram-se limitadas em face dos novos processos tecnocientíficos mundiais (CAPRA, 2010). Deste modo, a TGS surge como um contraponto ao modo de pensar o mundo na

modernidade e questiona a redução dos fenômenos. Afinal, o complexo era decomposto em unidades simples e explicadas à luz dos processos físicos; através do binarismo do verdadeiro/falso; da casualidade linear, ignorando os circuitos retroativos e também da visão maniqueísta, a qual não enxerga além do bem e do mal (MORIN, 2013a).

Estas questões se contrapunham com os novos desafios da Ciência, a qual passava a perceber que a realidade não era formada ou dinamizada por uma causa simples, mas por um conjunto de fatores que, concomitantemente, produzem inúmeras ações e desdobramentos de forma probabilística e caótica.

Com o desenvolvimento da Biologia, Ecologia, Sociologia, Psicologia e outras ciências, foi necessário repensar o paradigma reducionista moderno porque os objetos de estudos destas ciências não podem ser explicados somente através do comportamento físico da matéria e vitalismo. Isto é, apresentam características emergentes, cuja simples soma das partes não é capaz de produzir e explicar tal organização dotada de funções complexas. Deste modo, Bertalanffy (1977) diz que o enfoque mecanicista parecia negar ou desprezar tudo aquilo que é essencial nos fenômenos da vida.

Assim, a Ciência atual precisa desenvolver-se. Para Morin (2013b) isto não se dá mais por meio da acumulação de informações, mas pela transformação da supracitada através de mudanças paradigmáticas. Neste sentido, a TGS desponta como uma proposta para transformar o paradigma e a situação postos executando os seguintes objetivos:

- 1) Construir princípios válidos para os sistemas em geral de qualquer natureza para criar uma ciência da totalidade, por meio de mecanismos unificadores que atravessam verticalmente as ciências;
- 2) Integrar as ciências;
- 3) Centralizar a integração científica pela TGS;
- 4) Ser importante, como uma teoria geral capaz de ser aplicada nas ciências físicas ou sociais;
- 5) Conduzir a integração da educação científica.

Dado o exposto, é notória a grandiosidade da transformação que a TGS deseja efetuar na sociedade e na Ciência. Sua proposta visa, especialmente, a integração dos saberes e a maximização do emprego da visão sistêmica para estudar-se os

todos/sistemas/organizações complexas cujos processos não podem ser explicados pela casualidade simples e pelo pensamento linear. Porém, por meio de modelos probabilísticos e multivariados, capazes de fornecer informações tanto qualitativas como quantitativas, integrando-as para o entendimento holístico da realidade.

Em vista disso, Bertalanffy (1977, p. 37) acrescenta, a seguir, os principais problemas concernentes à abordagem sistêmica na Ciência:

O problema do sistema é essencialmente o problema das limitações dos procedimentos analíticos na ciência. Isto costuma ser expresso em enunciados semimeta físicos, tais como evolução emergente ou ‘o todo é mais do que a soma de suas partes’, mas tem uma clara significação operacional. ‘Procedimento analítico’ significa que um entidade pode ser estudada resolvendo-se em partes e por conseguinte pode ser constituída ou reconstituída pela reunião destas partes. Estes procedimentos são entendidos tanto em sentido material quanto em sentido conceitual [...].

Esta citação demonstra o que motivou o surgimento da TGS e aquilo que a referida crítica. É válido destacar que sua base teórica não é inteiramente nova, pois como é visível na expressão ‘o todo é maior que as partes’, trata-se do nono axioma de Euclides de Alexandria (EUCLIDES, 1944). Além do mais, esta sugere algumas limitações para se entender os sistemas pelo paradigma mecanicista tradicional, o qual realiza uma análise dos objetos que estuda.

O método analítico fragmenta seu objeto amostral, como se inexistisse interação entre as partes e preza pelo emprego de explicações casualistas e relações lineares, as quais explicam o comportamento do todo pelas mesmas equações que elucidam suas partes. Portanto, o procedimento analítico pautado nas características descritas, segundo Bertalanffy (1977), não tem capacidade para compreender e explicar os sistemas porque esses são todos interacionais e complexos.

A TGS não objetiva estudar partes anatômicas das coisas, mas as inter-relações e interdependência dos sistemas gerais. Então, o “[...] problema metodológico da teoria dos sistemas consiste, portanto, em preparar-se para resolver problemas que, comparados aos problemas analíticos e somatórios da ciência clássica, são de natureza mais geral” (BERTALANFFY, 1977, p.38). Isto quer dizer que, em comparação com os objetos de estudo vistos pela abordagem analítica, a compreensão dos sistemas não se dá exclusivamente em função de suas partes ou subsistemas, mas através do complexo conjunto de inter-relações que os tornam um todo organizado.

Destarte, a TGS desponta como uma proposta revolucionária em relação ao contexto em que foi gerada e seus seguidores foram tidos como os novos utópicos de então. Porém, como o próprio nome, TGS, expõe, esta é geral, visto que deve atravessar ‘verticalmente’ todas as ciências (VALE, 2012).

Nesta racionalidade, Bertalanffy (1977) discute esta questão exaustivamente e defende que sua teoria não é generalista e não intenta fazer indagações ou produzir respostas simplista e vaga, como alguns céticos costumavam rotulá-la. Porquanto, defende que esta possui isomorfismo próprio capaz de particularizá-la e torná-la aplicável em diversas disciplinas por meio de enfoques ou métodos variados passíveis de quantificações através de equações multivariadas, por exemplo.

Por mais que Bertalanffy (1977) tenha defendido e rebatido às críticas de que a TGS é generalista, ele não deixa claro muitas questões, particularmente, as relacionadas às técnicas de como aplicar esta teoria, a qual ele informa está em evolução. Não obstante, ele aponta para alguns enfoques, os quais utilizam os sistemas como objetos de estudo: Teoria da decisão, Teoria da fila, Teoria dos jogos, Teoria dos autômatos, Teoria da informação, Cibernética, Teoria das redes, dos conjuntos e dos compartimentos.

Em alguns destes casos, o autor citado tece críticas sobre a qualidade dos modelos e questiona se de fato tratam do mesmo sistema que ele entende. Entretanto, o referido vê que há uma estrutura isomórfica entre as referidas, mas não diz qual é, deixando margens de dúvidas sobre qual a melhor técnica a ser adotada.

Ademais, com base nestes enfoques e outros, Bertalanffy (1977) intui a existência de princípios universais e as propriedades isomórficas da TGS vista em diferentes campos científicos. Mas a grande questão é: Qual deve ser a técnica para se aplicar esta teoria? Tal indagação não foi compreendida totalmente pelas explicações fornecidas pelo autor supracitado porque ele disserta que a TGS é uma teoria geral, a qual deve ser aplicada a diferentes contextos com diferentes técnicas, desde que os princípios isomórficos da teoria sejam respeitados. Ou seja, “a prática da análise aplicada aos sistemas mostra que é preciso aplicar diversos modelos de sistemas, de acordo com a natureza do caso e os critérios operacionais” (BERTALANFFY, 1977, p. 50).

Nesta situação, desponta-se outra interrogação: Quais as propriedades dotam a TGS de isomorfia estrutural própria? Com base na leitura da obra citada, percebeu-se a solução deste questionamento está associada a um conjunto de elementos que sustentam esta

teoria, os quais são: 1) os objetos de estudos são tidos como sistemas, conjunto de elementos que se inter-relacionam para executarem uma dada função; 2) apreço pela utilização de uma abordagem holística, negando o reducionismo e mecanicismo; 3) valorização da teleologia e finalismo; 4) valorização da presença das características emergente do sistema; 5) foca-se nos problemas gerais e organizacionais; 6) busca a integração entre as ciências e as abordagens qualitativas e quantitativas; 7) nega o vitalismo; 8) ausência de uma técnica particular para aplicação do método; e 9) tem a ordem hierárquica como conceito fundamental para o estudo desde os sistemas mais complexos e energéticos aos mais simples e vice versa.

É importante salientar que Bertalanffy (1977) não defende o abandono completo do método analítico, apesar de fazer severas críticas às suas limitações. Ele diz que é preciso não somente estudar as “[...] partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante da interação dinâmica das partes, tornando o comportamento das partes diferentes quando estudado isoladamente e quando tratado no todo” (BERTALANFFY, 1977, p.53). Este trecho fundamenta a assertiva inicialmente, afinal estudar o sistema por si mesmo é uma tentativa complexa e quase nunca tratada atualmente, tendo em face às limitações dos modelos, a predominância do paradigma mecanicista e devido ao fato dos referidos serem abstrações.

Em virtude, da sua nova perspectiva de entender a complexidade dos fenômenos por meio de um conjunto de características, sobretudo pelas suas inter-relações, Bertalanffy (1977) afirma que o conceito de sistema passa a ser utilizado nos mais diversos âmbitos científicos e populares, inclusive através de gírias e pelos de comunicação de massa. Porém, isso não foi aceito unanimemente sem críticas e resistências ideológicas e paradigmáticas. Não é casual que quem utilizava este conceito era tido como os ‘novos utopistas’ de então.

Durante as décadas de 30 a 80 do século XX, a TGS passa a influenciar ou ser vastamente empregada em diversas áreas da Ciência, contribuindo para uma nova leitura e produção de modelos qualiquantitativos de representação da realidade; criação de novas ciências; aperfeiçoamento de muitas disciplinas e das formas com as quais se inter-relacionavam. Logo, trabalhos como os de Tansley (1935), Horton (1945), Chorley (1962), Strahler (1957, 1979), Bertrand (1969), Tricart (1977), Sotchava (1977), Christofolletti (1979; 1980, 1981), Drew (1986) e Monteiro (2001) são exemplos consagrados da literatura internacional e nacional que utilizam a abordagem sistêmica, mesmo com objetos de estudos, escalas e funções distintas.

Então, para se escolher a melhor técnica para apreender-se os sistemas, faz-se necessário entender o que são os sistemas, sua natureza, como são classificados e sua aplicabilidade para o estudo, neste caso, da bacia hidrográfica. Assim, tais questões são discutidas nos tópicos seguintes.

### ***2.3.2 Os sistemas e a bacia hidrográfica: discussão conceitual e a aplicabilidade***

Há uma grande discussão com relação aos conceitos de sistema. Entretanto, nesta pesquisa adota-se o conceito de Bertalanffy (1977): conjunto de elementos em interação. Deste modo, tal autor compreende que há dois grandes tipos de sistemas conforme a suas inter-relações com os demais, os quais são:

**a) Sistemas concretos** – são representados por objetos, ambientes físicos, máquinas, os seres vivos e outros. Podem ser fechados ou abertos conforme as suas inter-relações energéticas, troca e transformação de matéria e energia com o sistema maior que o comporta.

**b) Sistemas abstratos** – são constituídos por ideias, hipóteses, softwares e outros.

Os trabalhos científicos majoritariamente consultados para esta pesquisa tratam dos sistemas concretos e abertos (STRAHLER, 1957, 1979; CHRISTOFOLETTI, 1979, 1980; FRONTIER, 2001; TRGUEIRO; OLIVEIRA; BEZERRA, 2009; SOUZA; SANTOS; OLVEIRA, 2012; SOUSA, 2012). Portanto, para fins desta discussão é dado foco a tal tipo de sistema, visto que a BH é um de seus exemplos.

Os sistemas abertos realizam trocas energéticas, de matéria e informações com seus elementos e outros sistemas. Logo, há fluxos energéticos e ciclagens de materiais constantes entre os sistemas, de tal modo que os seus subprodutos excedentes tendem a sair destes (*output*) e entrar em um outro, configurando-se entrada (*input*) de matéria e energia no referido. Esta inter-relação possibilita a articulação e criação de sistemas com níveis de complexidades, qualidades e dimensões variadas. Portanto, os sistemas ambientais integram a categoria dos abertos (CHORLEY, 1962).

Já os sistemas fechados ou isolados são aqueles que não recebem ou exportam matéria, energia ou informações de ou para outros sistemas. Este tipo está relacionado aos ambientes controlados, sobretudo os presentes em laboratórios, onde químicos e físicos

realizam seus experimentos. A equivalência entre os sistemas fechados e isolados não é usual porque autores como Christofolletti (1979) ou Tundisi e Tundisi (2011) entendem o sistema fechado como aquele que somente recebe energia do seu universo circundante (para fins de exemplificação, os autores citam a Terra) e o isolado não recebe e nem exporta nada (em tese, é representado pelo universo).

O sistema fechado tem sido uma fonte de questionamento, especialmente por parte do autor desta pesquisa, que vem tentando encontrar um sistema realmente fechado, porque tudo que existe no universo é susceptível a receber energia e matéria. Um dos exemplos clássicos de sistemas fechados é o ciclo hidrológico e a Terra. Entretanto isso não é muito aceito, pois, diariamente, uma infinidade de corpos cósmicos são pulverizados quando adentram na atmosfera terrestre. Então, toda a matéria e energia deles são incorporadas pelo sistema planetário.

Tundisi e Tundisi (2011) concordam com o exposto e informam que, no final de 1980, pensava-se que o ciclo hidrológico era fechado, mas descobertas recentes indicam que “bolas de neves ou pequenos cometas” de 20 a 40 toneladas atingem a atmosfera terrestre, sendo capazes de acrescentar três trilhões de toneladas de água no planeta a cada 10 mil anos. Esta informação é mais que suficiente para refutar a racionalidade de que o ciclo hidrológico é fechado.

Os sistemas fechados, em laboratórios, parecem também ser abertos, pois todos os materiais sintéticos ou naturais existentes na Terra possuem poros de tamanhos variados por onde fluídos e energia podem escapar em diminutas quantidades. Desta maneira, em tese, não é possível ter-se um sistema fechado em laboratório, pois, via poros, pode haver troca de matéria com o ambiente que o cerca. Talvez quem criou estes conceitos, deve ter subestimado as trocas energéticas entre esses meios, mas, de todo modo, o conceito é claro, se há troca de matéria não importa a quantidade, trata-se de um sistema aberto.

Um exemplo controverso de sistema isolado é o Universo. Como não há indícios de que haja outro cosmo além desse, em tese, é um sistema isolado, visto que toda sua matéria e energia são oriundas de si mesmo. Entretanto, isso tem que ser analisado com parcimônia, pois a melhor resposta somente poderá vir com o desenvolvimento das pesquisas astrofísicas mais sofisticadas que as atuais para delimitarem o Universo.

Partindo disso, surge outra indicação relevante concernente a um atributo do sistema: qual o tamanho deste? Tal indagação é relativa porque depende do tipo de sistema

que é abordado, por exemplo: idealmente, o tamanho de um sistema aberto associa-se com o número de subsistemas e/ou elementos que possui e quais parâmetros que o pesquisador vai utilizar para delimitá-lo. Por mais que o limite do aludido seja “natural”, este é obra da abstração humana, que o hierarquiza e isola-o de todos mais complexos. Então, “distinguir um sistema na multiplicidade dos fenômenos da superfície terrestre é um ato mental, cuja ação procura abstrair o referido sistema da realidade envolvente” (CHRISTOFOLETTI, 1979, p.3).

A BH, enquanto um sistema ambiental aberto, tem sua delimitação executada levando-se em consideração os seus divisores de água, os quais orientam os fluxos hídricos (superficial e subsuperficial) e sedimentos para o rio principal da bacia (HORTON, 1945; STRAHLER, 1957; CHRISTOFOLETTI, 1981; COELHO NETO, 2009). No entanto, é possível notar dois problemas nesta delimitação: 1) nem sempre a água de uma bacia é orientada para o rio principal, conseqüentemente, para seu exutório, pois a água pode transpor os limites naturais de uma bacia, por meio de um sistema de cavernas e gerar aportes de matéria e energia na bacia vizinha; 2) no segundo caso, a delimitação despreza o sistema atmosférico, como se este não fosse relevante para a delimitação de uma bacia, relegando sua atuação às funções de *input* e *output* de matéria e energia.

Logo, é notório que a BH é um sistema delimitado a partir de critérios geomorfológicos e hidrológicos, sobretudo superficiais. Isto é, sua demarcação obedece a parâmetros (arbitrários) estabelecidos para isso, o que de fato não torna sua delimitação “natural” se este conceito excluir a sociedade e os pesquisadores envolvidos em tal trabalho. Contudo, percebe-se que é necessário estabelecer o limiar para a separação entre duas classes de sistema, estabelecendo a diferença entre o menor e o de maior dimensão (hierarquização), pois caso contrário não há um sistema que é uma entidade mental discreta e isolada dos outros todos (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Então, é importante informar que o conceito e delimitação do conceito de BH possui um cunho muito físico-naturalista, o que de fato não é mais suficiente para explicar todas as manifestações ocorridas nesta. Atualmente, a BH é mais que uma área de drenagem hídrica e de sedimentos, é um complexo sistêmico onde há múltiplas inter-relações funcionais socioambientais, carecendo assim de reformulações conceituais.

Até este ponto, demonstrou-se o que é um sistema, as suas classificações gerais e limites, mas quais são suas características e como aplicá-lo à análise de BH? Para tanto,

utiliza-se Christofolletti (1979, 1999), as quais são obras clássicas brasileiras direcionadas para BH e que fazem uma discussão teórica, mas também pragmática da aplicação da TGS.

Além disso, há alguns detalhes em Christofolletti (1979, 1999) que causam choques metodológicos e conceituais com a TGS de Bertalanffy (1977). Dois destes são nítidos: o primeiro é o entendimento sobre a classificação dos sistemas e o segundo, compete à utilização da perspectiva analítica como abordagem complementar no estudo dos sistemas.

Quanto à classificação dos sistemas Christofolletti (1979) entende que são isolados e não isolados. O primeiro não mantém inter-relações com seu universo circundante, por isso não troca nem matéria e energia com seu meio: é o correspondente ao sistema fechado de Bertalanffy (1977). Já os sistemas não isolados podem ser abertos, quando realizam inter-relações de trocas de energia e matéria com o seu universo; e fechado, que compete aos sistemas que somente recebe energia de outros sistemas. Esta classificação não é adotada por Bertalanffy (1977).

O segundo choque conceitual e metodológico entre Christofolletti (1999) e Bertalanffy (1977) está no fato do primeiro dizer que os sistemas podem ser analisados pela abordagem holística e pela reformulação da analítica, conforme expõe a seguir:

Torna-se inadequado entender que haja oposição entre as perspectivas reducionista e holística. Elas complementam-se e se tornam necessárias aos procedimentos de análise em todas as disciplinas científicas. O fundamental é sempre estar ciente da totalidade do sistema abrangente, da complexidade que o caracteriza e da sua estruturação hierárquica. A abordagem reducionista vai focalizando elementos componentes em cada nível hierárquico do sistema, mas em cada hierarquia também se pode individualizar as entidades e compreendê-las em sua totalidade. Sob uma concepção reformulada, substitui a antiga concepção de analisar parte por parte e, depois, realizar a síntese (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 4).

Com base no exposto, percebe-se que o autor citado não segue fielmente o que Bertalanffy (1977) preconiza, pois este diz que a abordagem analítica não é capaz de compreender e explicar a totalidade e o finalismo dos sistemas. Porém, é visível que Christofolletti (1999) informa que o procedimento analítico a ser empregado é reformulado para a compreensão e foco das hierarquizações dos sistemas. Assim, acredita-se que este autor aborda uma questão plausível, visto que Bertalanffy (1977) não deixa claro como se deve analisar os sistemas, simplesmente, discute sobre várias questões teóricas e aponta diversas disciplinas que têm aplicado a TGS, sem indicar qual a mais aceita.

O emprego das abordagens analíticas de Christofolletti (1999) permite a execução da hierarquização dos sistemas, a qual é um conceito básico na TGS. Sabe-se que para

hierarquizar é necessário abstrair todos/organizações complexas em outras mais simples, ou seja, menos complexos. Esse exercício acaba sendo uma fragmentação, mas distintamente do que vinha sendo aplicado tradicionalmente, esta não segrega as partes elementares dos sistemas para posteriormente fazer uma síntese e explicar a totalidade, mas sim segrega sem perder a visão do sistema mais complexo que é mais energético e tem propriedades emergentes distintas de suas partes.

Com base nesse e em outros argumentos discorridos por Christofolletti (1979, 1980, 1999), intui-se que a abordagem sugerida por este autor é uma forma adaptativa para se estudar os sistemas, sobretudo os ambientais abertos. Em relação a estes sistemas, Christofolletti (1979) diz que são compostos pelos seguintes elementos:

- a) **Elementos ou unidades** – Refere-se às partes ou componentes constituintes de um sistema;
- b) **Relações** – Concernem as inter-relações estabelecidas entre os elementos dos sistemas;
- c) **Atributos** – São as qualidades atribuídas aos elementos dos sistemas para fins de sua caracterização (comprimento, área, volume, composição, densidade dos fenômenos e outros);
- d) **Entrada (*input*)** – corresponde a entradas de matéria, energia e informações no sistema, logo é tudo aquilo que entra no sistema para ser processado para que este atinja sua função;
- e) **Saídas (*output*)** – refere-se ao produto processado pelo sistema que é encaminhado para a saída dele, assim todo produto representa um tipo de saída.

Isto posto, percebe-se quais são os principais elementos estruturais que constituem um sistema. Partindo disso, é possível saber que característica é passível de quantificação, pois, para Christofolletti (1979), não se pode medir um sistema ou seus elementos, mas sim seus atributos. Isso também é relevante para o estudo dos sistemas em sequências como diferentes graus de detalhamento como: caixa preta, cinza e branca.

Entretanto, quando é imperativo examinar um sistema por meio de outras escalas e subsistemas, deve-se centrar atenção a três características estruturais do sistema:

- a) **Tamanho** – É determinado pelo número de sistema que o compõe, sendo a sua complexidade e tamanhos expressos em espaço-fase (bidimensional, tridimensional etc.);
- b) **Correlação** – Obtida a partir da correlação de variáveis do sistema, cuja análise dá-se por meio de linhas de regressão, correlação simples e da correlação canônica;
- c) **Casualidade** – Nesta a direção da casualidade aponta qual a variável dependente e independente.

Esses critérios são utilizados para facilitar o desmembramento e delimitação das totalidades, visto que focam nos aspectos morfológicos e interativos dos sistemas e seus subsistemas. Portanto, servindo para mitigar um dos problemas oriundos para se reconhecer e delimitar um sistema, os quais se dão pelas suas inter-relações e atributos (CHRISTOFOLETTI, 1999; LANG; BLASCHKE, 2009).

As pesquisas sistêmicas costumam ser realizadas com enfoques diferentes para cada situação tratada, mesmo que haja objetos semelhantes, pois sua função é estudar as inter-relações funcionais estabelecidas entre os elementos de um sistema (TRICART, 1977; SOTCHAVA, 1977; FRONTIER, 2001; SOUZA; OLIVEIRA, 2011). Para tanto, é investigada a estrutura do referido, por meio de seus atributos, correlações, retroalimentação, entropia, sinergia, entradas e saídas de energia oriundas de um ou mais elemento, que é a unidade básica do sistema.

Diante disso, a compreensão das variáveis supracitadas depende da técnica utilizada, a qual pode por meio das abordagens qualitativa e quantitativa. Todavia, os estudos dos atributos sistêmicos é um ponto de partida, porque indica o modo como o sistema está organizado para executar a sua função. A apreensão da organização principia-se no entendimento de sua morfologia, visto que esta influencia e é influenciada pelos processos interativos desenvolvidos no sistema para se alcançar à máxima autorregulação e entropia.

Apesar de todo o caráter teórico e pouco pragmático da discussão posta, Christofolletti (1979) disserta alguns atributos e elementos devem ser analisados quando se estuda uma BH:

Para o caso de bacias hidrográficas, as condições climáticas, geológicas e biogeográficas constituem o seu ambiente. Desta maneira, os parâmetros relevantes

que descrevem fornecimentos para as bacias de drenagem são relacionadas com a quantidade de calor (expressa pela temperatura), precipitação (chuvas, neves, etc.), área e volume dos afloramentos litológicos, área e densidade da cobertura vegetal, profundidade do manto de alteração e outros. A rede de canais e as vertentes são os dois principais elementos da bacia hidrográfica, e a estruturação da rede de canais é reflexo do comportamento hidrogeológico tendo em vista, também, os diversos tipos de controles atuantes (CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 7-8).

Com base neste trecho, é possível intuir sobre as inter-relações estabelecidas entre os elementos. Tal exercício possui uma grande variedade de técnicas, porém ainda depende muito do bom senso do pesquisador. Deste modo, cita-se um exemplo da BH, a qual tem como função de drenar água e sedimentos via canais fluviais. Ao executar tal funcionalidade, o sistema precisa ser ajustado morfológicamente e funcionalmente, perdendo parte da sua energia livre e aumentando sua entropia.

Desta feita, o sistema atinge seu equilíbrio dinâmico e a máxima entropia, o que indica, em tese, que já passou pelos ajustes necessários para cumprir sua função com a máxima eficiência. Por isso, a compreensão dos tipos de solos, rochas, clima, relevos, vegetação, morfometria dos canais fluviais e outros são variáveis que devem ser analisadas para entender os processos que ocorreram e ocorrem no âmbito deste sistema, porque são produtos e condicionantes de uma série de processos que os interligou processualmente. Consequentemente, a estrutura de um sistema é influenciada pelos processos sistêmicos, os quais também são induzidos, posteriormente, pela estrutura que criaram (BETALANFFY, 1977).

Convém salientar que, para o sistema funcionar sincronizadamente, é necessário que um agente regulador para controlar a intensidade dos processos manifestados nos sistema. Bertalanffy (1977) compara isso como uma ópera, na qual há um elemento mais forte ao ponto de regular os demais em perfeita harmonia. Christofolletti (1979, p.16) também destaca isso e diz: o importante “[...] é lembrar que dentro de cada subsistema deve haver um regulador que trabalhe a fim de repartir o *input* recebido de matéria ou energia em dois caminhos: armazenando-o ou atravessando-o”.

Os sistemas ou agentes reguladores dependem do sistema ambiental analisado. Por exemplo: o solo absorve parte da água pluvial, por meio da infiltração e direciona-a para os setores rebaixados da paisagem paulatinamente e promovendo uma grande gama de processos pedogenéticos, biológicos e hidrológicos. Já o excedente hídrico, o que não é absorvido pelo solo, formam correntes de deflúvios que migram para os rios levando água,

sedimentos animais e outros. Neste caso, a vegetação também é um agente regulador, pois fixa parte da água em sua estrutura e devolve-a para a atmosfera, bem como protege os solos, por meio de suas raízes e serapilheira, dos agentes erosivos.

Por fim, a aplicabilidade da técnica para se estudar um sistema depende do enfoque que o pesquisador pretende dar a sua pesquisa. Todavia, o estudo das inter-relações é essencial, seja por meio de técnicas morfométricas, observação, direta e correlação. O ideal é aplicar todas as técnicas conjuntamente, pois somente assim é possível ter uma aproximação mais segura do que ocorre na realidade. Contudo, isso é uma tarefa difícil e dispendiosa dado ao tamanho e complexidade dos sistemas ambientais.

### ***2.3.3 A morfometria de bacia hidrográfica: parâmetros para medições dos atributos do sistema***

Com base no que foi discutido, nota-se a importância e as dificuldades existentes para delimitar um sistema, sobretudo, o ambiental, dado o seu dinamismo, ser composto por inúmeros elementos e seus aportes e saídas de matéria e energia ocorrerem por diversos meios. Porém, a literatura científica já dispõe de técnicas de modelagens eficientes para superar tais desafios, como a morfometria de BH, por meio do Sistema de Informações Geográficas-SIG (ARAÚJO, 2003; LANG; BLASCHKE, 2009; ALTIN; ALTIN, 2011). Diante destes, Christofolletti (1979, 1999) são obras clássicas brasileiras que prezam pela abordagem sistêmica e abundam de aplicabilidade em BH.

Os cálculos e análise morfométricas de BH têm sido importantes para o entendimento da dinâmica fluvial, compreensão do ciclo hidrológico, ordenamento territorial e distribuição dos recursos naturais presentes nas bacias. A incompreensão disso acarreta no surgimento de uma série de problemas e conflitos ambientais ligados à falta do ordenamento territorial e uso racional dos recursos (CUNHA; GUERRA, 1996; CUNHA, 2006; ALMEIDA; PARENTE, 2009; TUNDISI; TUNDISI, 2011).

Em virtude disso, a apreensão dos aspectos morfométricos da BH/sistema ambiental desponta como elemento fundamental não somente para conhecer os atributos do sistema, mas também como está estruturado em função dos processos que neste ocorrem e o modifica.

Destarte, devido à grande quantidade de trabalhos que relatam estes parâmetros selecionou-se Machado e Torres (2012), pois estes autores realizam uma exposição sintética dos principais cálculos e índices utilizados na morfometria de BH, os quais foram utilizados para esta pesquisa e são descritos a seguir:

**a) Área** – É toda a área ocupada pela rede de drenagem da BH, sendo mensurada por meio da delimitação da bacia em um mapa planialtimétrico ou por meio dos Sistemas de Informações Geográficas-SIG e expressas em m<sup>2</sup> ou km<sup>2</sup>;

**b) Perímetro** – Corresponde ao comprimento em metros (m) ou quilômetros (km) de toda a linha que compõe o polígono da BH, sendo medida por SIG ou curvímetro;

**c) Hierarquização fluvial** - É a classificação hierárquica dos canais fluviais de uma rede de drenagem segundo um determinado modelo; no caso os de Horton (1945) e Strahler (1957) são os mais utilizados;

**d) Comprimento do rio principal** – Trata-se do comprimento em metros ou quilômetros da nascente à foz do rio principal de uma BH, medido, sobretudo por SIG;

**e) Densidade de drenagem (HORTON, 1945)** – Correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da BH, sendo expressa em km ou km<sup>2</sup> pela seguinte equação:  $Dd = \frac{Lt}{A}$ , onde: Dd é densidade de drenagem, Lt é o comprimento total dos canais e A é a área da BH;

**f) Coeficiente de manutenção** – Indica a área mínima em m<sup>2</sup> imprescindível para manutenção de um metro de canal de escoamento, sendo calculado pela seguinte expressão:  $Cm = \frac{1}{Dd}$ , onde: Cm é o coeficiente de manutenção, Dd é o valor de densidade de drenagem;

**g) Forma da bacia** – É determinação da forma da BH, correlacionando-a com uma forma geométrica, sendo calculada por:  $Ic = \frac{A}{Ac}$ , onde: A é a área da bacia (km<sup>2</sup>, m<sup>2</sup> ou hectare – ha), Ac é a área do círculo, Ic é o índice de circularidade;

**h) Declividade** – Concerne à média, em graus ou percentagem, das declividades de uma vertente, sendo mensurada por:  $DM = \sum C_n x \frac{\Delta h}{A} x 100\%$ , onde:  $\sum C_n$  representa a soma em quilômetros dos comprimentos das curvas de nível,  $\Delta h$  é a equidistância (km) entre as cursas de nível,  $A$  é a área da BH (km<sup>2</sup>) e  $DM$  é a declividade média;

**i) Gradiente altimétricos** – compreende a variação altimétricas entre a nascente e a foz do rio principal, com o comprimento do referido, sendo obtido por meio da seguinte equação:  $G = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{C}$ , onde:  $G$  é o gradiente altimétricos,  $H_{\max}$  é altura máxima do canal,  $H_{\min}$  é representa altura mínima desse,  $C$  corresponde ao comprimento do canal.

Com o exposto, percebe-se que há uma significativa quantidade de cálculos/equações para mensurar diversos atributos da microbacia hidrográfica (MH) do riacho Carrapateiras em Tauá-CE. Todos estes parâmetros são cruciais para o entendimento da morfologia, elucidar as direções da ciclagem da matéria e fluxos energéticos que são desconhecidos no que tange a esta área de estudo. Convém frisar que há outros índices morfométricos para BH seus elementos (HORTON, 1945; STRAHLER, 1957; CHRISTOFOLETTI, 1979, 1980, 1999; MACHADO; TORRES, 2012), porém, suas utilizações estão além do nível de detalhamento deste estudo.

## **2.4 A degradação e os indicadores geobiofísicos aplicados ao sistema e subsistemas ambientais**

### ***2.4.1 A degradação dos sistemas ambientais: uma revisão conceitual e histórica***

#### ***2.4.1.1 Aspectos conceituais da degradação ambiental***

A gênese do conceito de degradação vem dos experimentos físicos realizados no século XIX, que conduziram à criação do segundo princípio da termodinâmica, concernente à entropia. Este foi descrito por Sadi Carnot (1796-1832), em 1824, para explicar que a energia mecânica se transforma irreversivelmente em calor e somente parte deste pode gerar trabalho (LIMA; RONCAGLIO, 2001).

Para Lima e Roncaglio (2001) a utilização do conceito de degradação para fins ambientais deu-se em função da sua imprecisão, pois assim poderia ser utilizado indistintamente para qualificar alterações, desgastes contínuos, destruição e perda física de inúmeros componentes ambientais. Por exemplo, a erosão dos solos, poluição do ar e das águas, desflorestamento, dentre outros.

Quanto ao significado conceitual de degradação ambiental, Unasylyva (2011) explica que este é um conceito técnico e cientificamente difícil de ser definido e sua conceituação pode ter implicações políticas que dificultam chegar a consenso de sua qualificação. A definição posta é um dos temas comumente utilizados por cientistas, técnicos, políticos e cidadãos voltados para a comunicação da temática. Não chega a construir uma categoria ou conceito claramente definido, mas antes abrangem princípios e lógicas que guiam a compreensão e a investigação de um objeto (LIMA; RONCAGLIO, 2001).

O termo degradação ambiental ou da terra tem sido utilizado para qualificar alguns contextos com problemas ambientais, muito embora, em certos casos, seu emprego seja prolixo e impreciso (ALMEIDA; SOUZA, 2013). Atualmente, a degradação ambiental é concebida de várias maneiras (BRASIL, 1981; HILL *et al.*, 2008; MATALLO JÚNIOR, 2009; AQUINO; OLIVEIRA, 2012). Não obstante, fundamentalmente, designa rearranjos, qualitativos ou quantitativos, nos fluxos de energia-informação e ciclagem de matéria nos sistemas ecológicos, através de transformações morfo-fisionômicas destes por processos naturais e/ou sociais.

Com base nisso, percebe-se que a degradação ambiental não se caracteriza pela destruição de um recurso (ALMEIDA; SOUZA, 2013) ou pela atuação de um processo degradativo isolado a um elemento natural, como erosão dos solos, desmatamento ou poluição dos rios. Trata-se de um conjunto de processos degradativos generalizados que transformam todas as estruturas dos sistemas ambientais, alterando gradativamente toda sua dinâmica, morfologia e funções ecológicas de modo contínuo.

Por isso, a degradação ambiental abrange as perdas das características físico-químicas e da produtividade biológica dos solos, desmatamentos, mudanças climáticas antropogênicas e até impactos sociais negativos. Estes promovem mudanças fisionômicas paisagísticas e em danos socioeconômicos que podem ser reversíveis ou não.

Não obstante, cabe destacar que o termo degradação ambiental adquire uma conotação diferente quando ocorre nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, onde o índice de aridez é inferior situa-se entre 0,05 e 0,65 (MATALLO JUNIOR, 2003; Lima *et al.*, [200-?]). Logo, tal processo passa a ser denominado de desertificação, ou seja, um tipo de degradação ambiental presente nos espaços sob as condições climáticas citadas e desencadeadas em função da utilização de práticas de manejos inadequados pela sociedade.

Diante disso, desponta uma confusão conceitual sobre a temática, pois há quem pense que a desertificação é a fase extrema da degradação ambiental, sendo também uma situação eminentemente irreversível. Mas também, há trabalhos que conceituam a degradação da terra e desertificação, praticamente como sinônimos (MATALLO JÚNIOR, 2009). Contudo, há pesquisas que partem da premissa de que a desertificação é dada pela erosão dos solos (TRAVOSSOS; SOUZA, 2011). Enfim, há igualmente pesquisadores que utilizam uma barra separando o conceito de desertificação e o de degradação como se estes fossem conceitos distintos, conforme pode ser visto em Trigueiro, Oliveira e Bezerra (2009) e Aquino e Oliveira (2012).

Ao realizar-se uma análise crítica das visões conceituais mencionadas, detecta-se que a primeira perspectiva é imprecisa no que tange a degradação extrema, uma vez que não deixa claro qual o nível mínimo, normal e extremo do processo aludido. Ademais, desprezou a convenção proposta pela Organização das Nações Unidas (Lima *et al.*, [200-?]) que particulariza a desertificação como um tipo degradação relacionada às zonas climáticas específicas e ao mau uso das paisagens pelo ser humano. A irreversibilidade é outro ponto polêmico, pois não é possível reconstruir um ambiente tal como foi antes da sua degradação,

visto que esta deixa marcas indeléveis na paisagem, mesmo esta sendo reconstituída de modo semelhante ao inicial.

A segunda concepção apresentada está equivocada, visto que a ocorrência da degradação ambiental em qualquer parte da Terra independe de limitações quanto aos aspectos climáticos ou do índice de aridez de uma determinada paisagem. Deste modo, o processo referido é mais geral e compreende a desertificação como um caso particular das regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas.

A terceira denominação é demasiadamente reducionista porque coloca a erosão dos solos como o fator principal para incidência da desertificação nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas. Na realidade, a desertificação é a degradação ambiental, sob os climas supracitados, causada ou intensificada pelas ações antrópicas. Desta maneira, o primeiro é um tipo peculiar do segundo processo discutido.

Já a quarta designação é generalista e possivelmente ambígua. Inicialmente porque os trabalhos não indicam quais os segmentos das áreas de estudo estão degradados ou desertificados, ou seja, inexistem os limites da ocorrência do primeiro e segundo processo. Outrossim, é ambígua, pois mesmo entendendo a diferença entre os conceitos discutidos, não delimitam sua expressão o que induz o leitor ou o próprio pesquisador a pensar que são aplicados como sinônimos.

Tal questão pode está correlacionada com dificuldade de delimitar a área degradada, porém não desertificada. Isto porque, para a ocorrência da primeira qualidade, é necessário a degradação de um elemento ambiental, sem que haja a degradação generalizada do ambiente (degradação ambiental ou desertificação). Entretanto, este fenômeno não é habitual, dadas às inter-relações sistêmicas estabelecidas entre os elementos naturais das paisagens, portanto geralmente a alteração de um elemento repercute sobre os demais.

As questões levantadas estão concatenadas com a adaptação do conceito de degradação ambiental para o de desertificação nas regiões informadas e também por ser uma nova ressignificação/abstração conceitual cunhada para atender questões políticas estratégicas das Nações Unidas em 1992. Isto posto, “a definição é propositadamente vaga quando trata de caracterizar a degradação das terras e os fatores que podem causar a desertificação [...]” (SAMPAIO; ARAÚJO; SAMPAIO, 2005, p.92).

Por isso, Oliveira (2006) diz que este termo tem um significado complexo, controverso frequentemente sendo empregado erroneamente e de difícil compreensão, dada à

imprecisão de seu significado. Ademais tal conceito é impreciso, subjetivo e revestido pela perspectiva antropocêntrica, por isso carecendo de um aprofundamento conceitual crítico e histórico para seu melhor entendimento e desenvolvimento enquanto uma categoria de análise.

Logo, através da revisão bibliográfica empreendida para este trabalho, compreende-se a degradação ambiental como um conjunto de processos socioambientais inter-relacionados que atuam na degradação ou modificação da condição “natural” ou habitual da paisagem ou sistema ambiental até que estes alcancem um novo equilíbrio dinâmico físico, químico e biocultural. Portanto, trata-se de um fenômeno complexo desencadeado pelas ações antrópicas, sendo mais abrangente que a desertificação.

A degradação ambiental é causada por diversos fatores e processos sociais e naturais provocados pelo ser humano enquanto faz suas transformações paisagísticas. Dentre os principais fatores causadores do processo em questão desponta: a visão economicista do mundo juntamente com as abordagens analítica e a reducionista; a pecuária extensiva; o superpastoreio; sobrepesca; monocultura com uso de inseticida, herbicida e excesso de adubação química. Além destes, há também a deposição de efluentes industriais ou domésticos nos cursos fluviais; queimadas; devastação das florestas; atividades mineradoras; uso de tecnologias rudimentares, ausência de práticas de manejo e ordenamento territorial (CAMARGO, 2003; CONTI, 2008; TUNDISI; TUNDISI, 2011; PESSOA; RIGOTTO, 2012; IPCC, 2014).

Já os principais processos que agem em prol da degradação ambiental são: assoreamento; erosão; lixiviação; poluição; contaminação; acidificação; desmatamento; incineração dos compostos orgânicos. Destacam-se também a mineração; adição de espécies exóticas nos sistemas ambientais; urbanização desenfreada; crescimento populacional; favelização e muitos outros (DREW, 1986; CUNHA; GUERRA, 1996; ARAÚJO, 2003; HILL *et al.*, 2008; BOGAN *et al.*, 2009; SOUZA; OLIVEIRA, 2015; SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015).

Enfim, acredita-se que a mitigação da degradação ambiental dá-se a partir da adoção de planos de manejo que respeitem a capacidade de carga dos sistemas ambientais, através do emprego de tecnologias verdes e eficientes e por meio de mudanças paradigmáticas. Estas devem prezar pela concepção de transformar o mundo respeitando a coexistência entre todos os seres vivos, sejam estes humanos ou não.

#### 2.4.1.2 Análise crítica da história da degradação ambiental na Terra

A ocorrência da degradação ambiental sobre a Terra não é algo novo e não está vinculada diretamente à sociedade moderna, pois vem atuando nos sistemas ecológicos desde a pré-história (HONG *et al.*, 1994; MILLER *et al.*, 1999; PAPAVERO; TEIXEIRA, 2001; WILLIAMS, 2003; KOCH; BARNOSKY, 2006; FUCHS, 2007; MAZOYER, 2010). A degradação referida iniciou-se quando os primeiros seres humanos realizavam caças taxonomicamente seletivas, introduziam novos animais nos sistemas ambientais, ateavam fogos para criar clareiras, desenvolviam agricultura e favoreciam a dispersão seletiva de vegetais ou fundiam metais como o chumbo e prata liberando gases tóxicos.

Os casos mais remotos registrados a cerca da degradação causada pelo ser humano sobre seu meio remete ao Pleistoceno. Isto, pois Koch e Barnosky (2006) afirmam que o homem tem relação, pelo menos como fator secundário, com o desaparecimento da megafauna pleistocênica em diversas partes do mundo, em virtude da caça predatória e modificação dos habitat naturais, os quais nutriam estes grandes animais. Esta indicação já expõe a capacidade do ser humano em degradar o ambiente, não somente pela caça indiscriminada, mas também devido às transformações paisagísticas promovidas para diversos fins.

Tratando-se de exemplos mais específicos da capacidade humana de degradar o ambiente, Miller *et al.* (1999) indicam que aborígenes, os quais adentraram na Austrália há 45 mil anos atrás, foram os principais responsáveis pela extinção de parte da megafauna representada por aves do gênero *Gernonis* do país. Inicialmente, devido à caça predatória; conseqüentemente, pelas queimadas e destruição dos habitat destes animais.

No âmbito das grandes civilizações antigas, Bertoni e Neto (2008) citam que as decadências da Mesopotâmia e do Egito foram ocasionadas pelo uso intensivo dos solos para fins agropecuários e sem práticas de manejo adequadas. A partir disso, houve a salinização e erosão dos solos, gerando perdas agrícolas.

No Egito, as ilhas e as planícies fluviais no Delta do rio Nilo também foram significativamente degradadas, tendo em vista os constantes desmatamentos, extração de madeiras, exploração de argilominerais e uso de seus espaços para a agricultura. Tais ações contribuíram para a gradual perda da biodiversidade e erosão dos solos destas porções espaciais.

Já nos setores adjacentes às planícies citadas ou mesmo no interior do deserto do Saara, eram construídas grandes cidades, com palácios, templos, pirâmides e casas com diferentes dimensões (SILIOTTI, 2006). Estas demandavam grandes quantidades de madeira, calcário e argila para suas construções, o que contribuiu para a intensificação da exploração dos recursos naturais e, conseqüentemente para a degradação ambiental, dado que inexistia uma planificação ou consciência conservacionista do meio.

Um exemplo que fundamenta a perspectiva exposta é citado por Siliotti (2006), o qual informa que somente a pirâmide de Quéops, o maior monumento construído no Egito Antigo, cuja altura superava os 140 metros, foram utilizados pelo menos sete milhões de toneladas de rochas. A partir disso, é possível compreender a dimensão da degradação ambiental causada pelas minerações no Egito Antigo.

No que tange à degradação ambiental no contexto europeu, Fuchs (2007) percebeu que houve uma acentuação dos processos erosivos na região mediterrânea e no Peloponeso durante o Holoceno. Diante disso, passou a investigar tal fenômeno através de vários indicadores geoarqueológicos e notou que a erosão surgiu graças aos desmatamentos e às alterações espaciais antrópicas nestas áreas, sobretudo para fins agrícolas sem práticas conservacionistas.

Na antiguidade clássica, especificamente durante o surgimento e florescimento dos impérios greco-romanos, também são relatados casos de degradação ambiental na Europa. Hong *et al.*(1994), ao estudarem os núcleos de gelo na Groelândia, buscando entender as emissões de chumbo na atmosfera desde o início de sua utilização há 6.000 anos, detectaram que a concentração do referido no gelo aumentou até quatro vezes entre 2.500 e 1.700 anos atrás. Isto corresponde uma emissão de aproximadamente 80.000 toneladas por ano, sendo a mesma taxa alcançada durante a Revolução Industrial.

Com base nisso, Hong *et al.* (1994) concluíram que isso deu-se em função das grandes emissões gasosas causadas pela exploração e fundição em larga escala de chumbo e prata durante os Impérios greco-romano. Tais emissões originaram impactos regionais e atingiram a troposfera, sendo apontadas como um dos fatores da decadência romana, em virtude da contaminação plúmbica.

Ademais, deve-se considerar que as construções das cidades greco-romanas também impulsionaram a degradação ambiental na Europa, tendo em face a exploração desordenada de mármore, calcários, metais (cobre, ouro e ferro), madeiras, caça predatória e

largos desmatamentos para criação de campos agrícolas e pastagens. Tal constatação é facilmente fundamentada quando são observadas as materializações destas sociedades que ainda persistem no espaço através das paisagens culturais repletas de ruínas, templos, aquedutos, anfiteatros, estradas e arcos romanos (DENNA, 2014; GOMBRICH, 2015).

Igualmente, destacam-se as alterações espaciais promovidas na Mesoamérica pelos Otomis e Totonacas. Por exemplo, a cidade de Teotihuacán era ocupada por 100 mil habitantes distribuídos em uma área “urbana” de 20 km<sup>2</sup> no ano 200 d.c. (DENNA, 2014). Esta era a cidade mais importante do império maia e era uma grande consumidora de madeiras (bioenergia e matéria prima para instrumentos) e rochas para construções arquitetônicas. Todavia, por volta do ano 600, tal cidade começou a entrar em declínio, tendo como um dos fatores o “[...] impacto ambiental da demanda contínua de madeira para cozer, aquecer e construir, assim como para a queima de calcário na fabricação de massa de revestimento de edifícios e esplanadas [...]” (DENNA, 2014, p.68). Isto indica que a degradação ambiental já vinha acentuando a decadência de cidades e civilizações há bastante tempo e em meios culturais e econômicos distintos dos atuais.

As ações degradativas antrópicas não se limitaram aos espaços continentais, pois também atingiram alguns contextos insulares. Os malaios polinésios, os quais ocuparam a ilha da Páscoa por volta do ano de 1300 d.c., são responsáveis por vastos desmatamentos durante o século XIV e indução da erosão nos solos da ilha da Páscoa (*Rapa Nui*), sendo que alguns efeitos erosivos e a perda da biodiversidade persistem até hoje, como ocorre na península de *Poike* (PAPAVERO; TEIXEIRA, 2001; MIETH; BORK; FEESER, 2002; MIETH; BORK, 2003, 2005).

A ocupação, desmatamentos, introdução de animais exóticos e a extinção da fauna insular provocada pelos polinésios também são estudadas por Holdaway e Jacomb (2000). Estes pesquisadores aplicaram técnicas estatísticas para avaliar o tempo em que os Moais, polinésios, dizimaram 45 espécies de aves da megafauna da Nova Zelândia desde sua inserção por volta de 1300 d.c. nas ilhas. Os autores concluíram que a extinção das espécies mencionadas foi empreendida, aproximadamente, em menos de 100 anos. Esta foi tida como a segunda maior extinção em massa registrada, superada apenas pela grande extinção estimada pelo modelo ‘Blitzkrieg’ na América do Norte durante o Pleistoceno Tardio.

A degradação ambiental também ocorreu em civilizações, tradicionalmente, vistas como exemplos harmônicos de convivência com a natureza. Com base nos relatos de Coe,

Snow e Benson (2006), bem como na análise das paisagens culturais de *Machu Picchu*, é notório que o império Inca causou significativas degradações sobre os sistemas ambientais onde habitavam. Tal constatação é fundamentada pelo grande quantidade de blocos rochosos extraídos das montanhas para a construção da cidade referida e seus campos agrícolas em patamares, por exemplo.

A construção de obras arquitetônicas incas alteraram localmente os balanços de sedimentos e os hídricos. Afinal, reorientaram os fluxos hídricos, desmataram a mata nativa, bem como introduziram espécies vegetais (batata - *Solanum tuberosum* e milho - *Zea Mays*) e de animais (vicunha – *Vicugna vicugna* e a lhama - *Lama glama*), onde antes não existiam, causando transformações paisagísticas vistas e cultuadas como patrimônio cultural recentemente.

Nesta perspectiva, vale frisar que se excetuando as degradações ambientais causadas pelas grandes civilizações antigas ocidentais, orientais e clássicas, todos os demais agrupamentos humanos impactavam de modo localizado. Isto é, a degradação ambiental não ocorria em grandes dimensões territoriais nos espaços ocupados por agrupamentos humanos primitivos de caçadores e coletores.

Com base no exposto, quando a degradação ambiental era desencadeada, atuava, sobretudo, nos recursos naturais relacionados aos estoques de alimentos humanos: fauna e flora. Assim, sabe-se que o “[...] ambiente é alterado pelas atividades humanas e o grau de alteração de um espaço, em relação a outro, é avaliado pelos seus diferentes modos de produção e/ou diferentes estágios de desenvolvimento da tecnologia” (CUNHA; GUERRA, 1996, p. 340). Portanto, como o desenvolvimento cultural destas sociedades era relativamente baixo em relação aos padrões das grandes civilizações, as primeiras degradavam menos os seus espaços.

Correntemente, as sociedades pré-industriais e pré-capitalistas são apontadas como exemplos que estabeleciam relações harmônicas com a natureza. Contudo, Foladori e Taks (2004) desmistificam tal afirmação e acrescentam que a referida tem o apelo de citar casos reais de sociedades que tinham relações ‘harmônicas’ com a natureza. Muito embora, os autores expostos acreditem que seja uma afirmação duvidosa, tendo em mente a generalização de todas as comunidades, as quais existiram ou existem no mundo e pelo seu romantismo ao acreditar que as comunidades detinham consciência e atividades planificadas.

Com base nos antecedentes, é notório que muitas das comunidades aborígenes e/ou tradicionais tidas como exemplos de sociedades harmônicas com a natureza, provocavam a degradação ambiental. Afinal, “os caçadores primitivos, utilizando o fogo como técnica de caça já alteravam a vegetação, as populações de insetos, de répteis, de pequenos mamíferos e etc.” (TRICART, 1977, p. 17).

Desta maneira, a grande diferença entre as degradações ambientais causadas pelas sociedades “primitivas” e pelas “desenvolvidas” inclusive a moderna, no ocidente, reside no fato de que as primeiras promoviam o processo em voga com graus, modos, técnicas e dimensões menores das quais passam a vigorar na Terra a partir do século XV com o advento do capitalismo e do paradigma analítico-mecanicista.

Em relação a isso, Capra (2010) explica que a partir do século XV, há o início da mudança do modo de vida organicista, o qual está associado ao desenvolvimento tecnológico e paradigmático europeu que fomentaram a expansão ultramarina e o domínio da natureza. Assim, principia-se, largamente, o processo de dominação e transformação da natureza ao redor da Terra.

A degradação ambiental foi impulsionada como nunca pela Terra com as expansões ultramarinas europeias, visto que os europeus passaram a colonizar e explorar intensivamente diversas partes do mundo antes desabitadas. No caso brasileiro, a zona ocupada pela Mata Atlântica sofreu com intensos desmatamentos para o cultivo de cana-de-açúcar e pela extração predatória taxonomicamente seletiva do Pau-Brasil (*Caesalpinia echinata* Lan.), o qual foi quase extinguido (FAUSTO, 2006; OLIVEIRA, 1977; DEAN, 1996).

O “descobrimento” do Brasil ou de outros espaços da América possibilitou a parcial dizimação dos seus nativos, por conta da introdução de microrganismos patógenos (FAUSTO, 2006; CHAME; BATOULI-SANTOS; BRANDÃO, 2008). Isto pode ser exemplificado pelos relatos de Coe, Snow e Benson (2006), os quais indicam que uma epidemia de varíola matou cerca de 30 mil indígenas entre 1562 a 1565 no estado da Bahia.

Enquanto isso, na América espanhola, durante o século XVI, Coe, Snow e Benson (2006) relatam que a entrada dos europeus no contexto referido também trouxe grandes agravantes para as populações ameríncolas indígenas. Dentre estas, destaca-se a introdução e dispersão das epidemias de varíola, sarampo e gripe, as quais provocaram drásticas mortandades humanas.

Deste modo, os autores mencionados informam que, em meados do século XVI, o território, hoje tida como México, somente detinha 5% da sua população indígena em relação a 1492. Já o território peruano também passou por isso, uma vez que Coe, Snow e Benson (2006) estimam que a população nativa decresceu de nove milhões, em 1533, para pouco mais de 500 mil indivíduos no princípio do século XVII.

Tratando-se da introdução de espécies exóticas de parasitas patógenos no Brasil, Chame, Batouli-Santos e Brandão (2008) identificaram 52 espécies que afetam a saúde humana e foram introduzidas, no país referido, por meio das migrações humanas e de animais. Das 52 espécies, seis foram introduzidas na pré-história (*Mycobacterium tuberculosis*; *Ascaris lumbricoides*, *Ancylostoma duodenale*), 15 espécies durante o período colonial e 28 entre os séculos XIX e XX.

Quanto às demais espécies, não foi possível correlacionar com o período de introdução. Em função disso, acredita-se que a tendência é que haja uma maior inserção de microrganismo no Brasil, uma vez que este está cada vez mais integrado com outros países por diversos meios de transportes de massa.

Um dos exemplos mais conhecidos dos efeitos da degradação ambiental em um contexto insular e que envolveu a extinção de um animal ocorreu nas ilhas Maurícios. A colonização destas ilhas por europeus, no século XVIII, contribuiu para a extinção dos Dodôs (*Raphus cucullatus*), em virtude de sua caça predatória, da inclusão de porcos, roedores e cachorros nos habitats destes animais (CHEKE, 2004). Assim, os animais exóticos predavam facilmente os Dodôs e seus ovos, o que precipitou decisivamente sua extinção e provocou desequilíbrios ecológicos nas ilhas.

A Revolução Industrial é tida como um marco para o surgimento da degradação ambiental, sobretudo no âmbito europeu. Sabe-se que esta revolução promoveu intensas modificações culturais e sócio-espaciais. Estas se manifestaram na formação das grandes e tumultuadas cidades, as quais demandavam uma grande quantidade de energia e recursos naturais para seu crescimento e acumulação de capital. Por isso, os sistemas ecológicos não somente londrinos, como também de outras potências europeias e coloniais foram degradadas, tendo em face o colonialismo e o fornecimento de recursos naturais demandados por suas metrópoles.

Há inúmeros exemplos de degradações ambientais causados pela Revolução Industrial. A poluição do ar, em função da queima de carvão mineral e liberação dióxido de

carbono, enxofre e metano e óxido nitroso na atmosfera, os quais fomentaram problemas respiratórios nas populações de algumas cidades inglesas são exemplos da referida (MONTEIRO, 1976; BOGAN *et al.*, 2009).

Outro caso clássico é o que ocorreu na cidade de Manchester, onde havia dois tipos de mariposas (*Biston betularias*) uma de coloração branca e outra preta. A primeira sucumbiu com a poluição do ar, a qual a tornou mais evidente no ambiente para seus predadores, enquanto a mariposa preta prevaleceu. A devastação das matas para a criação de ovelhas (DREW, 1986), dada à política de cercamento inglesa e a contaminação das águas do rio Tâmis por efluentes industriais, resíduos sólidos e líquidos urbanos, também são variáveis que reforçam a degradação ambiental não só terrestre, mas também aquática.

Sabe-se que o Potencial de Hidrogênio (pH) das águas pluviais sofreu alterações a partir da Revolução Industrial até o presente. De acordo com Bogan *et al.* (2009), a concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) aumentou em até 100 ppm na atmosfera durante 1800 a 2007. Segundo estes autores, em 1850, houve o maior pico inicial do CO<sub>2</sub> na atmosfera, devido à segunda Revolução Industrial e uso do motor de combustão interna, ferrovias e máquinas a vapor.

O acréscimo na concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera promoveu a acidificação química das águas pluviais, ao ponto que, em 1800, o pH da referida era 5,68 e já em 2007, passou a ter o pH de 5,62 (BOGAN *et al.*, 2009). A diminuição do pH da água da chuva contribui para o aumento da dissolução química do patrimônio cultural arquitetônico, para acidificações das águas fluviais e impactos sobre a biota terrestres, tendo em vista que o gás carbônico distribui-se ‘igualmente’ sobre o planeta.

Já no século XIX, houve uma grande epidemia de cólera na Europa. Na Inglaterra, esta doença vitimou grande cifra da população, por isso passou a ser investigada por diversos médicos higienistas e alvo de preocupações do governo inglês (SANTOS, 1994). John Snow apontou em seus ensaios, publicados em 1849 e 1855, que a contaminação do sistema de abastecimento de água no bairro de *Soho*, na capital inglesa, era oriunda das águas contaminadas do poço onde está a bomba pública da *Broadwick Street*.

Deste modo, a contaminação deu-se por conta do mau isolamento de uma fossa, a qual contaminou o lençol freático. Convém frisar que a contaminação do rio Tâmis, onde eram despejados esgotos a montante da área de captação, o não asseio diário das pessoas, a ausência de saneamento básico, esgotos e água clorada (1908) também auxiliaram para

fomentar a epidemia colérica em Londres. Isto demonstra como a introdução de espécies exóticas e as transformações dos espaços naturais desordenadamente impactam sobre a sociedade e sobre os sistemas ambientais em que vive, pois favorecem a proliferação e contaminação dos recursos naturais.

Ao longo do tempo, várias degradações ambientais foram ocorrendo pelo mundo, devido aos intensos desmatamentos, contaminação das águas fluviais pelos dejetos líquidos e sólidos urbanos. Além disso, houve o aumento da mineração de carvão, da exploração de minerais e rochas ornamentais, das queimadas, das perdas da biodiversidade, das alterações paisagísticas e ocupação de terrenos instáveis.

Durante o século XX, a degradação ambiental ficou mais evidente diante da sociedade global, tendo em face as grandes destruições resultantes das I e II Guerras Mundiais, notadamente as provocadas pelas bombas atômicas e posteriormente pelo desastre de Chernobyl (BOFF, 1999; CAPRA, 2010).

Ademais, a erosão dos solos e a perda da biodiversidade nos EUA, a contaminação por mercúrio em Minamata, a contaminação de Cubatão, os impactos causados pelo agente amarelo no Vietnã, o acidente radiológico em Goiás, a extinção dos *Thylacinus cynocephalus* australianos e tasmânicos e muitos outros também evidenciaram os problemas ambientais (HORTON, 1945; CARSON, 1962; DREW, 1986; BOFF, 1999; JOHNSON; WROE, 2003; MATALLO JUNIOR, 2003; SANTOS, 2004; CAPRA, 2010; PROWSE *et al.* 2013).

Estes eventos contribuíram decisivamente para que a sociedade global repensasse a forma como estava produzindo e transformando o mundo. Isto possibilitou o florescimento do movimento ambiental, a realização de vários eventos em prol do desenvolvimento sustentável e inovações tecnológicas mais eficientes e menos poluidoras (BOFF, 1999; CARMAGO, 2003; SANTOS, 2004).

Presentemente, no século XXI, apesar de todo o movimento ecológico e inovações tecnológicas, a degradação ambiental ocorre com velocidades escalas jamais vistas anteriormente. Por isso, Barnosky *et al.* (2011) realizaram diversas análises estatísticas comparando as taxas de extinção atribuídas para as cinco grandes extinções pretéritas, tendo a finalidade de checar se uma 6ª extinção em massa pode ser desencadeada pelas ações antrópicas.

Apesar das limitações de dados de fósseis, identificação das espécies pretéritas e das atuais, os autores acreditam que, hipoteticamente, levando em conta os últimos 500 anos, seria possível extinguir a mesma quantidade de espécies que as últimas extinções em massa promoveram e com um tempo mais curto em certos casos.

Desta feita, outros trabalhos também atestam o avanço da degradação ambiental no exterior (HILL *et al.*, 2008; OLIVEIRA, 2011; IPCC, 2014), assim como no Brasil (SANTOS *et al.*, 2009; CEARÁ, 2010; OLIVEIRA, 2011; GOMES; OLIVEIRA, 2011; MEIRELES, 2011; SOUSA *et al.*, 2012; PINTO *et al.*, 2014; SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015; BEUCHLE *et al.*, 2015). Estes tratam desde o avanço da desertificação aos extensivos desmatamentos e uso-ocupações da zona costeira que têm sido efetivados nos Brasil e no seu Nordeste.

Atualmente, um dos fenômenos mais discutidos e correlacionados com a degradação ambiental é o efeito estufa. Tal processo caracteriza-se pela elevação das temperaturas globais em virtude do acréscimo de CO<sub>2</sub> na atmosfera desde a Revolução Industrial até o presente.

Segundo o IPCC (2014), a temperatura média dos continentes e das superfícies dos oceanos combinados em dados calculados em uma tendência linear revela um aumento de 0,85 C° na temperatura global a partir de 1880 até 2012. O relatório também aponta os desdobramentos ambientais causados pelo efeito estufa, por isso cita a acidificação do mar (está com pH 0,1 mais ácido), desequilíbrios e mortes de corais, derretimento das calotas polares, elevação no nível do mar em até 0,19 metros (1901 – 2010) e dentre outros.

Mesmo que o IPCC (2014) seja um relatório construído por diversos pesquisadores e instituições renomadas no mundo, Maruyama (2009) questiona a perspectiva de que é o CO<sub>2</sub> o grande vilão do aquecimento global. Segundo este autor, os vapores de água, o CO<sub>2</sub> e o metano são tidos como os gases de efeito estufa, porém a atmosfera é composta por 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio, logo o 1% restante é representado argônio, vapor de água, ozônio e o CO<sub>2</sub>. Assim, este corresponde 0,054% da massa e 0,040% do volume da atmosfera.

Diante da baixa concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, dos balanços de radiações solares, formações de núcleo higroscópios e dentre outros, Maruyama (2009) tece um questionamento se de fato o aumento do CO<sub>2</sub> é o causador e não um efeito do aumento da temperatura global. Para este autor, o CO<sub>2</sub> é um efeito do aumento da temperatura e critica os

estudos que o colocam como o causador do efeito estufa global, pois acredita que estes têm interesses econômicos voltados para renovação dos meios de produção.

Com base no exposto, percebe-se que a degradação ambiental é um fenômeno antrópico complexo, antigo e composto por subprocessos que, quando atuam, tendem a desencadear outros, compondo um quadro degradativo generalizado em todos os elementos dos sistemas ambientais.

#### ***2.4.2 Indicadores biofísicos de degradação ambiental***

A degradação ambiental é um dos processos complexos que foi avaliado por muito tempo via abordagem qualitativa, mas, por volta de 1940, passou-se a dar ênfase à questão quantitativa. Um dos exemplos desta mudança é o trabalho de Horton (1945), que versa sobre a questão da erosão hídrica, quantificação e sistematização dos cursos fluviais.

Além do mais, as pesquisas que abordam a degradação não podem limitar-se somente aos aspectos físicos do ambiente, pois para se entender o problema “[...] de forma global, integrado, holística, deve-se levar em conta as relações existentes entre a degradação ambiental e a sociedade causadora dessa degradação que, ao mesmo tempo, sofre os efeitos e procura resolver, recuperar, reconstituir as áreas degradadas” (CUNHA; GUERRA, 1996, p. 337-8).

Dada a amplitude da degradação sobre o planeta, Tundisi e Tundisi (2011) afirmam que houve uma série de encontros nacionais e internacionais para discutirem sobre os principais problemas emergentes que assolavam o mundo. Os problemas discutidos em tais encontros, a partir de 1990, foram sintetizados em oito temas centrais para o futuro do planeta: a) mudanças globais; b) perda da biodiversidade; c) depleção estratosférica de ozônio; d) degradação dos recursos hídricos; e) degradação dos solos e desertificação; f) desmatamento e uso não sustentável de florestas; g) degradação dos recursos e ambientes marinhos; h) poluentes orgânicos persistentes (POPs).

Estes encontros foram fundamentais para aperfeiçoar e impulsionar economicamente, politicamente e culturalmente as temáticas citadas. Nestes eventos foram sistematizados conjuntos de normas ambientais, projeções, propostas técnicas e métodos mitigadores da degradação ambiental (CARMAGO, 2003; ABRAHAM; MONTAÑA; TORRES, 2006).

Os avanços tecno-científicos possibilitaram melhores compreensões sobre os fenômenos naturais e antrópicos. A partir disso, percebeu-se que tais fatos poderiam ser comprovados, caracterizados e analisados através da utilização de indicadores. Estes são entendidos como parâmetros ou funções advindas destes que possuem capacidade de descrever um estado e as respostas dos fenômenos do meio (SANTOS, 2004). Sua utilização desponta como parte do processo de investigação e interpretação das coisas, cuja função é chegar cada vez mais próximo da “verdade” ou realidade.

Há autores que entendem o indicador de forma mais específica, dada a sua formação e foco acadêmico, como é o caso de Boluda, Carrasco e Oliveira (2005) que acreditam que um indicador é um parâmetro ou conjunto destes que são passíveis de medições e servem para relacionar condições, indicar um estado ambiental ou mudanças de qualidade ou de estado dos elementos de um ecossistema. Para os supracitados, um indicador deve ser capaz de prover informações sintéticas dos estados e tendências dos processos complexos dos sistemas ambientais.

Os indicadores têm sido qualificados em função da sua aplicabilidade, como por exemplo: indicadores ambientais, pedológicos, cinemáticos, climáticos, térmicos e socioambientais (ROSÁRIO, 2004; ABRAHAM; MONTAÑA; TORRES, 2006; TRIGUEIRO; OLIVEIRA; BEZERRA, 2008). O emprego de determinados indicadores deve ser selecionada conforme a logística e a natureza daquilo que se estuda, visto que os referidos precisam ser viáveis, comprováveis, de fácil aplicabilidade, amplamente aceitos pela comunidade científica e passíveis de serem correlacionados e refutados.

Em consonância com exposto, o uso dos indicadores tem sido frequente na literatura técnica e acadêmica, dada a sua característica de fornecer parâmetros que possibilitam os pesquisadores compreenderem e delimitarem um determinado fenômeno de modo mais aproximado da realidade. Por isso, no que tange à degradação ambiental, a grande maioria dos trabalhos consultados emprega os indicadores biofísicos para suas análises (LOPES *et al.*, 2010; OLIVEIRA, 2011; SOUSA *et al.*, 2012; SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015).

Estas pesquisas normalmente não tratam do processo degradativo como um todo, mas o discutem através de seus processos específicos, como a erosão dos solos, contaminação das águas, assoreamento, perdas econômicas e perda da biodiversidade da vegetação (ROSÁRIO, 2004; BOLUDA; CARRASCO; OLIVEIRA, 2005; GOMES; FILIZOLA, 2006;

ABRAHAM; MONTAÑA; TORRES, 2006; OLIVEIRA, 2006; ARAÚJO; MONTEIRO, 2007; LOPES *et al.*, 2009; CONTADOR *et al.*, 2010; MELO; SALES; OLIVEIRA, 2011; UNASYLVA, 2011; AQUINO; OLIVEIRA, 2012; ANDRADE *et al.*, 2013; ORTEGA; CARVALHO; RODRIGUES, 2013).

De modo geral, percebeu-se que as obras que discorrem sobre a degradação ambiental e a utilização de indicadores costumam ser muito específicas em um dado recurso natural ou elemento dos sistemas ambientais. Os trabalhos que discorrem sobre processo em discussão de modo mais complexo estão relacionados à desertificação (PINHEIRO, 2003; ROSÁRIO, 2004; TRIGUEIRO; OLIVEIRA; BEZERRA, 2009; SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015). Para tanto, são utilizados indicadores ambientais de quase todos os recursos naturais ou subsistemas de uma BH, bem como da dimensão sociocultural para sua análise.

Tal ocorrência, para Abraham, Montaña e Torres (2006), dá-se em função da natureza complexa e integrada necessária para análise e avaliação da desertificação e seus impactos sobre os sistemas naturais e sociais. Muito embora, o desenvolvimento de pesquisas desta monta requer equipes inter/multidisciplinares para sua execução, pois somente assim é possível agregar diversos saberes e técnicas para se entenderem os sistemas ambientais complexos e sua degradação.

Portanto, para fins de sintetização, no

Quadro 2 são apresentados os principais indicadores ambientais e sociais utilizados para análise e avaliação da degradação dos sistemas ambientais.

**Quadro 2** - Indicadores utilizados por diversos autores para analisar e avaliar a degradação dos sistemas ambientais.

<b>Indicadores Geobiofísicos utilizados para analisar e avaliar a degradação dos sistemas ambientais</b>	
<b>Material parental (litologia)</b>	Grau de dissolução das rochas dado aos compostos químicos antropogênicos; contaminação dos poros das rochas por metais pesados e agrotóxicos; fragmentação das rochas por explosivos; modificação da estética geológica; presença de sais e desagregação granular dos minerais; depressões ou superfícies que indicam atividade humana e evidência de queima superficial do material rochoso ou sedimentar.
<b>Clima</b>	Tipo de clima; índice de aridez; taxa de evaporação; temperatura; quant. de material particulado em suspensão na atmosfera; presença de néveis

<b>Indicadores Geobiofísicos utilizados para analisar e avaliar a degradação dos sistemas ambientais</b>	
	elevados de gases – CO <sub>2</sub> ; albedo, chuvas ácidas e mapeamento da temperatura de superfície pela banda termal das imagens de satélites.
<b>Relevo</b>	Presença de taludes; declive; elevada densidade de uso-ocupação de superfície; desmatamento; existência de lixões e movimentos de massa.
<b>Solo</b>	Tipologia; potencial de hidrogênio – pH; índice de qualidade dos solos; erosividade; erodibilidade; complexo sortivo; granulação; espessura dos horizontes, espessura do horizonte A; quant. de matéria orgânica e seus fracionamentos físico-químicos; nitrogênio disponível; quantidade de fibras no horizonte A; pedregosidade; biomassa bacteriana; respiração do solo; quociente de respiração; atividade enzimática do solo; presença de fungos, bactérias, minhocas e insetos; percentagens de O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> e N <sub>1</sub> ; presença de metais pesados; compactação do solo; condutividade hidráulica; quant. do carbono microbiano; presença de estruturas laminares; microsselamento superficial do solo; qualidade do banco de semente; presença de processos erosivos e etc.
<b>Água</b>	Escoamento, oxigênio dissolvido; coliformes termotolerantes; pH; demanda bioquímica de oxigênio – DBO; temperatura; nitrogênio total; fósforo total; turbidez; resíduo total; sistema Microtox; teste de Ames; clorofila e feofitina; elementos químicos dissolvidos (Al, N, Ni; Na, Pb, Hg e P).
<b>Vegetação</b>	Biodiversidade; dominância biológica; estrutura da comunidade vegetal; padrão físico; densidade; matéria orgânica; biomassa; normalized difference vegetation index – NDVI; índice de área foliar (IAF); índice de valor de cobertura da espécie (IVC); índice de valor de importância ecológica da espécie (IVI); nodulação de rizóbio; resistência à seca; risco de incêndio; microfauna; atividade química metabólica; presença de animais consumidores de níveis tróficos elevados; análise dos constituintes químicos da biomassa, frequência e abundância de espécies.
<b>Sociedade</b>	Índice de desenvolvimento humano – IDH; densidade demográfica; grau

<b>Indicadores Geiofísicos utilizados para analisar e avaliar a degradação dos sistemas ambientais</b>	
	de escolaridade dos habitantes da área; índice de vitalidade; índice de iliteracia; sazonalidade da habitação; renda <i>per capita</i> ; êxodo rural e urbano; tipo de atividade econômica desenvolvida; percepção da população; disponibilidade e qualidade de recursos para as atividades socioeconômicas; impostos sobre veículos; consumo doméstico de eletricidade; número de telefones fixos e dentre outros.

Fontes: (ROSÁRIO, 2004; BOLUDA; CARRASCO; OLIVEIRA, 2005; ABRAHAM; MONTAÑA; TORRES, 2006; OLIVEIRA, 2006; GOMES; FILIZOLA, 2006; ARAÚJO; MONTEIRO, 2007; TRIGUEIRO; OLIVEIRA; BEZERRA, 2009; LOPES *et al.*, 2009; CONTADOR *et al.*, 2010; MELO; SALES; OLIVEIRA, 2011; UNASYLVA, 2011; AQUINO; OLIVEIRA, 2012; ANDRADE *et al.*, 2013; ORTEGA; CARVALHO; RODRIGUES, 2013).

Enfim, estes são os parâmetros que têm sido citados pela literatura internacional, nacional, regional e local. Nenhum trabalho utiliza todos por questões de complexidade, logística, tempo e delimitação de seus objetos de estudo. Os trabalhos que tratam da desertificação são aqueles que mais apresentam indicadores, os quais também são mais articulados e trazem as variáveis socioculturais para o rol de discussão da degradação ambiental dos sistemas nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas.

Porquanto, cada pesquisador tem a liberdade de escolher quais e quantos indicadores deseja utilizar em sua pesquisa, levando em conta seu tempo, dimensão territorial do fenômeno a ser analisado, logística e seus objetivos. Idealmente, quanto mais indicadores forem utilizados, maior e melhor serão as respostas adquiridas para o entendimento e delimitação da manifestação estudada, podendo com isso sugerir cenários tendenciais e melhores formas de usos e conservação das paisagens, por exemplo.

Para fins deste trabalho, foram escolhidos alguns parâmetros para serem aferidos no estudo da degradação intra e intersistemas ambientais da microbacia hidrográfica (MH) do riacho Carrapateiras-Tauá/CE, os quais serão apresentados e discutidos nos procedimentos metodológicos.

### 3 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS E METODOLÓGICOS

#### 3.1 Levantamentos geoambientais para fins de caracterização da área de estudo

A presente pesquisa utilizou o método de abordagem sistêmico proposto por Bertalanffy (1977), porém adaptado e aplicado ao estudo dos sistemas ambientais, notadamente em bacias hidrográficas por Christofolletti (1989). Este propõe o estudo dos elementos, dos seus atributos e das inter-relações funcionais de um todo, por meio do levantamento de suas características ambientais, da sua morfometria, do reconhecimento da organização complexa dos processos desencadeados pelos fluxos de matéria e energia.

A escolha desta abordagem deu-se por conta do seu caráter integrador e holístico, pois possibilita o agrupamento das informações e dados das pesquisas bibliográficas e de campo reduzindo o risco de análises e explicações reducionistas e fragmentadas.

A escolha da MH do riacho Carrapateiras como alvo desta pesquisa deve-se: 1) por compreender as nascentes do rio Carrapateiras, afluente do Alto Jaguaribe; 2) por estar inserida dentro da Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) das Águas Emendadas dos Inhamuns (unidade de conservação de uso sustentável); 3) está em um espaço marcado pelo uso insustentável dos recursos naturais, 4) é parte de um dos três núcleos de desertificação do Ceará; 5) por oferecer condições e elementos ambientais que juntamente com esta pesquisa possam servir para fundamentar a conservação dos sistemas ambientais semiáridos, sobretudo as BH e as serras secas do Ceará (maciços residuais cristalinos submetidos integralmente ao clima Tropical quente semiárido).

A produção de dados e informações contou com uma série de levantamentos geoambientais, cujos procedimentos técnico-metodológicos são descritos a seguir. A execução destes deu-se por diferentes técnicas, todavia prezou-se pela utilização de quatro transectos com larguras de 20 metros e comprimentos correspondentes à distância entre os divisores de água do setor da bacia em que os referidos foram feitos. Porém, no levantamento florístico e geológico, escolheu-se também utilizar coletas assistemáticas <sup>1</sup>para agrupar maior diversidade de elementos presentes na bacia e seus sistemas ambientais.

---

<sup>1</sup> Quase todas as coletas geológicas, florísticas e pedológicas foram feitas dentro das áreas compreendidas pelos quatro transectos. Contudo, para obter e identificar as espécies florísticas, bem como os tipos de rochas fora dos espaços citados, foi necessário realizar coletas assistemáticas. Estas consistiram na obtenção de amostras situadas fora dos transectos por meio do percorrimento de trilhas que transpassavam de todos os subsistemas ambientais da BH.

### ***3.1.1 Levantamento dos dados socioeconômicos dos moradores e de uso-ocupação da MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE***

O levantamento socioeconômico foi desenvolvido durante os meses de fevereiro a março do ano de 2015, para tanto empregou-se algumas técnicas sugeridas por Lakatos e Marconi (2010), as quais compreendem a pesquisa documental e, posteriormente os trabalhos de campo para as fazendas Tecelão, situada parcialmente nos municípios de Independência e Tauá/CE, e na faz. Belém em Tauá/CE. Assim fez-se quatro trabalhos de campo para executar a observação assistemática e direta, a observação participante, as entrevistas não/semi-estruturadas, bem como o preenchimento de formulários socioeconômicos (apêndice A).

O formulário citado questionou sobre a quantidade de pessoas que residem e usam a MH do riacho Carrapateiras; sua renda aproximada; a quantidade de pessoas desenvolvendo atividades produtivas; a escolaridade dos agentes sociais do contexto posto; o que estes produzem; quais as infraestruturas que dispõem, a presença e a condições de saneamento básico; sobre as fontes hídricas e a acessibilidade ao local.

Além disso, levantou-se o número de quartos e banheiros das residências; tipos de transportes; participantes de políticas de assistência social; assistências técnicas governamentais para a agricultura, a saúde e a educação; êxodo rural; tamanho físico dos agrossistemas e a história do uso-ocupação.

Das 17 pessoas residentes na bacia, foi possível aplicar os formulários e alguns diálogos com 11 delas, as quais representam o montante total empregado para exposição dos dados. As demais pessoas não foram consultadas porque três eram crianças com idades inferiores a cinco anos e as outras três eram donas de casas que não dispuseram de tempo para responder as questões postas. Porém, os dados obtidos refletem o quadro socioeconômico da MH, visto que demonstram a situação dos agentes sociais que atuam diretamente na referida.

Nesta perspectiva, para melhorar a exposição dos dados e informações, optou-se apresentá-los por meio de valores percentuais. Este foi elaborado a partir da transformação do número total de indivíduos sociais que foram interrogados, no caso 11, em percentagem. Portanto, a resposta de uma pessoa representa 9,09% do universo amostral citado.

O desenvolvimento da pesquisa documental do âmbito local foi comprometido dado ao tamanho da área de estudo, o que dificultou encontrar documentos que tratem do contexto analisado. Assim, não foi possível encontrar o tamanho oficial da propriedade na qual grande parte da bacia está assentada, em virtude de tratar-se de uma posse que foi

vendida para terceiros, inexistindo o documento oficial da terra. Já os dados sociais oficiais disponíveis somente podem ser utilizados para explicações do contexto municipal da bacia (CEARÁ, 2013), visto que não possuem detalhamento apropriado para a área posta.

Por isso, a pesquisa de campo foi largamente empregada para os trabalhos de levantamentos geoambientais e execução de diversas observações assistemáticas do panorama ambiental da MH e seu entorno. Igualmente, a observação participante e as entrevistas não/semi-estruturadas sugeridas por Lakatos e Marconi (2010), as quais permite com que o pesquisador tenha acesso aos espaços sem restrições, bem como informações mais particularizadas dos atores sociais envolvidos na pesquisa.

Portanto, durante todo o desenvolvimento desta pesquisa foram realizados diversos diálogos com os atores sociais que atual diretamente e indiretamente na MH do riacho Carrapateiras. Com base nos antecedentes, todos os dados foram discorridos qualitativamente e expostos nos tópicos correspondentes aos contextos socioeconômicos dos moradores do entorno da MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE.

### ***3.1.2 Levantamento geológico***

O levantamento geológico da área de estudo foi construído a partir da realização de quatro procedimentos técnicos e metodológicas consecutivos. O primeiro concerne à consulta de todo o material cartográfico e bibliográfico que versam sobre a área de estudo (BRASIL, 1981; CEARÁ, 1998; CAVALCANTE *et al.*, 2003; FORGIARINI; BRAGA, 2011). Já o segundo relaciona-se à pesquisa de campo, a qual foi orientada por adaptações de IBGE (1998) e Lisle e Brabham (2014) para melhor operacionalização desta etapa. A terceira compete às confecções das lâminas petrográficas, e a quarta, abrange as análises geoquímicas das lâminas e a apreensão e descrição destas no microscópio petrográfico.

O levantamento geocartográfico, especificamente dos mapas bases e geológicos (BRASIL, 1981; CEARÁ, 1998; CAVALCANTE *et al.*, 2003; FORGIARINI; BRAGA, 2011) fora utilizado para compreensão do contexto local e regional em função de suas escalas (1:1.000.000; 1:500.000 e 1:100.000) respectivamente. Estes trabalhos subsidiaram os trabalhos de campo, as análises das lâminas e confecção do mapa com escala 1:50.000 para a bacia.

Durante os trabalhos de campo, foram georreferenciadas (empregando o GPS Garmin ETREX 30) e medidas (com a bússola tipo Bruton) todas as direções das famílias de fraturas e inclinações dos 41 afloramentos rochosos examinados, cujos dados foram tratados e utilizados para confecção do diagrama de roseta no programa *Estereonet for Windows 9.1* (2014). Posteriormente, as rochas foram descritas, levando em conta, sobretudo, sua textura, estrutura e mineralogia (lupa óptica de 20X). Desta feita, foram coletadas amostras de cada um dos 11 litotipos encontrados na área de estudo.

As amostras foram enviadas para o Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura (Dep. de Geologia – UFC), onde foram encaminhadas para confecção das 15 lâminas petrográficas. Para tanto, seguiu-se a metodologia indicada pela NBR 15845 (ABNT, 2010) para rochas e revestimentos. Logo, as amostras foram serradas com uma serra de disco diamantado em tabletes de mesmas medidas (20 mm x 40 mm x 15 mm, sendo L x C x E).

Após a etapa descrita, as amostras foram encaminhadas à politriz para desbaste do material grosso e fino, auxiliando a fixação da lâmina feita na lamínula de vidro, onde foi colada com cola Epóxi dissolvida em Xilol. Conseqüentemente, a lâmina volta para a serra de desbaste para redução de sua espessura, passando, posteriormente, por um novo polimento abrasivo até chegar a espessura de três micras. Convém citar que, nos intervalos entre desbastes e polimentos, as amostras foram encaminhadas para estufa, a fim de serem mantidas secas.

De posse das lâminas petrográficas, estas passaram por análises geoquímicas, por meio da técnica de Fluorescência de Raios X por Dispersão de Energia (EDXRF). Por isso, foi utilizado o Microscópio Eletrônico de Varredura Hitachi Tabletop TM – 3000 com detector EDS SWIFTED 3000 do Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura do Departamento de Geologia (UFC). A técnica empregada tem sido largamente utilizada para exames qualitativos e quantitativos de elementos inorgânicos em diversos materiais, especialmente, em rochas.

Em seguida, as 14 lâminas foram examinadas no microscópio petrográfico OLYMPUS (*modelo BX41*), onde foi possível identificar as principais feições petrográficas, os seus minerais constituintes, estimar sua expressão na rocha e classificar/determinar o nome das referidas, tendo como base sua mineralogia.

Para fins de organização, todas as amostras obtidas em campo foram nomeadas de R (rocha) acrescido de um número, o qual indica a sequência de coleta, por exemplo R2.

Além disso, em alguns casos, os exemplares são denominados de R5-1 e R5-2, isso ocorreu porque foram feitas duas lâminas petrográficas de uma mesma amostra, com o intuito de aferir direções de algumas estruturas petrográficas.

Enfim, de posse de todos estes dados, foi confeccionado o mapa geológico da MH do riacho Carrapateiras com escala de 1:50.000, o qual apresenta os principais litotipos encontrados, sua distribuição espacial e as zonas de cisalhamentos.

### ***3.1.3 Obtenções e análises dos dados climáticos***

Ao longo de toda a execução da pesquisa, a obtenção dos dados climáticos da bacia tem sido a tarefa mais complexa e permeada de imprecisão. Isto porque a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME dispõe de centenas de estação meteorológica no território cearense. Porém, a mais próxima da microbacia em questão está cerca de 14 quilômetros (km) da área de estudo e as demais estão situadas em um raio de, pelo menos, 30 km ou mais desta.

A grande dificuldade e complexidade da obtenção dos dados meteorológicos estão no fato das estações da FUNCEME informarem somente dados pluviométricos desorganizados e descontínuos temporalmente, em função das panes que as referidas são acometidas periodicamente. Isto compromete a confiabilidade do banco de dados, sobretudo quando se constrói uma série histórica superior a dez anos. Ademais, as temperaturas precisam ser estimadas, porque as estações citadas não fornecem este tipo de dado.

Diante da ausência dos dados térmicos, de insolação, de direção de ventos e da baixa periodicidade e confiabilidade temporal das informações, optou-se por utilizar os dados da estação meteorológica de Tauá, a qual pertence ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Esta estação dista, aproximadamente, 70 km, em linha reta da área de pesquisa e começou registrar informações desde 1974. Contudo, há vários anos, por vezes sequenciais, que não há dados ou a qualidade destes não é confiável.

Portanto, para fins desta pesquisa, selecionou-se a sequência temporal (temperatura e pluviometria) de 1995 até 2014. O primeiro ano foi eleito devido aos dados apresentarem boa qualidade e baixa descontinuidade até 2014. Mas, cabe frisar que os valores concernentes ao ano de 2001 apresentam limitações, pois houve um problema na estação.

A fim de agregar mais elementos à caracterização climática da área de estudo, utilizou-se as informações (insolação, intensidade dos ventos, balanço hídrico e outros) das normais climatológicas fornecidas por INMET. Estas foram compostas a partir de medições de 1961 a 1990, as quais passaram por sucessivas correções estatísticas para aumentar sua confiabilidade e precisão. Seu emprego nesta pesquisa em dissonância com a primeira série temporal (1995-2014) deu-se por conta dos dados desta série temporal deterem informações comprometidas para as variáveis além da precipitação e temperatura, restando somente as normais climatológicas como fonte segura.

A partir dos dados descritos, foram feitas médias pluviométricas e térmicas mensais do período de 1995 a 2014. Assim, foram gerados os climogramas e a média anual das variáveis citadas, os quais são analisados posteriormente.

### ***3.1.4 classificação geomorfológica***

Para a discretização e classificação morfogenética do modelado presente na MH do riacho Carrapateiras, seguiu-se os preceitos de morfoestrutura e morfoescultura propostos por Ross e Moroz (1996) e Ross (2006). A partir disso, foram analisados os contextos geológicos e geomorfológicos regionais em busca de estudar suas as variações geomórficas, para assim entender a dimensão local da área de estudo. Por isso, o relevo foi classificado até o quinto nível taxonômico indicado por Ross e Moroz (1996).

Para tanto, foram utilizadas imagens da Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM), a fim de gerar o Modelo Digital de Terreno (MDE) em um mapa hipsométrico, onde foram traçadas curvas de níveis de 20 a 20 metros (M) no programa ARCGis. Posteriormente, foram estimadas as declividades do modelado de acordo com a classificação de declividade da Embrapa (0% a 3% - plano; 3% a 8% - suave ondulado; 8% a 20% ondulado; 20% a 45% - fortemente ondulado; 45% a 75% - montanhoso; > 75% fortemente montanhoso).

Com base nos antecedentes e na análise da paisagem, sobretudo na sua morfologia, os relevos da MH do riacho Carrapateiras foram delimitados a partir da combinação da sua altitude, declividade, morfologia, litologia e atuação de processos agradacionais e dissecativos (aplainamento, pedimentação, erosão fluvial, erosão regressiva, agradação e pedogênese) na sua esculturação presente e pretérita.

Em suma, considerou-se uma unidade de geomorfológica como uma porção do sistema de relevo dotado de características geológicas, morfológicas simples, pedológicas, vegetacionais e climatológicas específicas (IPT, 1981). A unidade citada agrupa elementos, como uma vertente – formada pela crista, flanco e sopé o que possibilita uma classificação hierárquica de seus constituintes.

Convém destacar que a unidade citada acaba gerando uma unidade de paisagem com um morfofisionomia distinta do entorno. Trabalhos como os de Souza (2007), Ross e Moroz (1996), Ross (2006) e Rodriguez e Silva (2002) indicam isso. No que tange ao mapa geomorfológico, a orientação das vertentes deu-se em função da direção do fluxo hídrico, por isso a encosta SE foi entendida como NO e NO como SE. Portanto, todos os procedimentos foram utilizados para a classificação, descrição e delimitação dos relevos da MH do riacho Carrapateiras.

### ***3.1.5 Levantamento pedológico***

Atualmente, a área de pesquisa não dispõe de levantamentos pedológicos detalhados. O único trabalho disponível é o levantamento exploratório e de reconhecimento dos solos do Ceará (BRASIL, 1973). Porém, este possui um escala de 1:600.000, o que não oferece o detalhamento pedológico complexo presente na MH alvo deste estudo. Assim, houve a necessidade de desenvolver-se um levantamento pedológico com escala compatível com a área de pesquisa.

Diante disso, inicialmente, foram realizados trabalhos de reconhecimento de campo, onde se observou, preliminarmente, as possíveis manchas de solos através da situação geomorfológica onde estão; cores; texturas; estruturas superficiais dos solos e a vegetação que os referidos comportam. Além disso, examinaram-se os perfis produzidos por sulcos erosivos e ravinamentos presentes nos diferentes sistemas ambientais.

Desta feita, notou-se a necessidade de desenvolver o levantamento em questão por meio da perfuração dos perfis orientados em quatro transectos ou catenas dispostas ortogonalmente ao curso fluvial. Isto é, as catenas têm início e fim nos topos dos divisores de água Leste e Oeste, perfazendo perpendicularmente toda a largura da bacia, por isso os transectos possuem dimensões variantes conforme a morfologia fluvial da bacia estudada.

Ao todo, foram feitos e examinados 15 perfis de solos contidos em 3 transectos (1,3,4). Não foram construídos perfis no transecto 2, visto que havia muitos sucros erosivos e ravinas, as quais expuseram perfis de solos truncados, pelos quais se concluiu que a condição pedológica desta porção da bacia era semelhante com a apresentada pelo transecto 3. Em função disso, fez-se 4 sondagens nos solos, onde se coletou quatro amostras superficiais (S1, S2, S3 e S4) com a profundidade de 0 - 25 cm.

*In situ*, constatou-se, através das características morfológicas e por meio dos perfis feitos pelas ações erosivas, que as amostras citadas pertencem aos horizontes A de dois Neossolos Litólicos (S1, S4) e aos topos dos horizontes Bt de Luvisolos truncados. De igual modo, também foram coletadas duas amostras superficiais de solo, N1 e N2, das duas nascentes principais do riacho Carrapateiras, cujos solos eram semelhantes ao do transecto 1.

Com relação aos 15 perfis pedológicos, estes foram perfurados em locais relativamente conservados diante da alteração humana e/ou bioturbação até atingirem a rocha (camada R) ou saprólito, tendo um metro de largura e dois metros de extensão. Posteriormente, os perfis foram fotografados (Sony Hx100V), medidos (trena de três metros) e georreferenciados por meio do GPS Garmin ETREX 30.

Em seguida, fez-se a separação dos horizontes e camadas de cada perfil, bem como a retirada de amostras para as análises morfológicas *in situ* conforme sugeridas por IBGE (2007), Oliveira (2011); Santos *et al.* (2013) e também para os exames laboratoriais indicados por Embrapa (2011) no Laboratório de solos da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME e da Universidade Federal do Ceará - UFC.

Quanto aos exames físico-químicos realizados nas 43 amostras dos perfis, bem como das seis sondagens, fizeram-se as seguintes análises conforme Embrapa (2011):

a) Físicas - composição granulométrica (argila natural – total, silte, areias fina e grossa); grau de flocculação; densidade global e da partícula; capacidade de campo; ponto de murcha; água útil; porosidade total;

b) já as químicas foram - pH em água; determinação de Ca, Mg, Na, K, (H+Al), Al e CaO<sub>3</sub>; carbono orgânico; nitrogênio; relação C/N; matéria orgânica e condutividade elétrica. Além destes, foram feitas análises de Ki (relação sílica e alumínio x 1.7) para as amostras do Perfil 12, em virtude da presença de *stones lines* e caráter flúvico.

De posse dos resultados das análises citadas e das descrições morfológicas dos perfis de solos, estes foram classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação dos

Solos (SANTOS *et al.*, 2013a). Conseqüentemente, diante dos antecedentes, as informações foram agrupadas e sistematizadas conforme o IBGE (2007), para fins de delimitação dos táxons em polígonos espaciais e construção do mapa pedológico no Arcgis.

Para examinar se algum horizonte e camada dos solos identificados apresentavam densidades globais ao nível que denotasse limitações para os sistemas radiculares dos vegetais, empregou-se o quadro da USDA (1999) que expõe valores e classificações relacionadas a diversos intervalos de densidades, segundo poder ser visto no quadro 3 a seguir.

**Quadro 3** - Relação geral da densidade do solo para o crescimento da raiz com base na textura do solo

Texturas do Solo	Densidade do solo ( $\text{g.cm}^{-3}$ )		
	Ideal	Limitante	Restritiva
Arenosa ( $<150 \text{ g/kg}^{-1}$ )	$< 1,60$	$> 1,69$	$> 1,80$
Franca, Franco- Arenosa, Franco-argilosa-arenosa e franco-argilosa	$< 1,40$	$> 1,60$	$> 1,75$
Areno-argilosa, argilo-siltosa, franco-argilosa ( $350 - 450 \text{ g/kg}^{-1}$ argila)	$< 1,10$	$> 1,49$	$> 1,58$
Argilosa ( $> 450 \text{ g/kg}^{-1}$ argila)	$< 1,10$	$> 1,38$	$> 1,47$

Fonte: Adaptado de USDA (1999).

Logo, estas foram os procedimentos técnico-metodológicas adotados para o levantamento pedológico da MH do riacho Carrapateiras, cujos resultados são apresentados nos capítulos seguintes.

### 3.1.6 Levantamento florístico

O levantamento florístico da MH. do riacho Carrapateiras (Tauá-CE) ocorreu concomitantemente com os demais estudos. Todavia, em virtude desta técnica requerer mais tempo e esforço, esta demandou mais atenção que os demais, pois foram demandados 19 dias de trabalhos de campo ao longo de dois anos, nos quais se aplicaram as técnicas sugeridas por Rotta, Carvalho e Beltrami (2008) e por Rodal, Sampaio e Figueiredo (2013).

Rotta, Carvalho e Beltrami (2008) indicam as técnicas para coleta, preenchimento das fichas de campo e como se fazer as exsicatas a serem enviadas para o herbário. Já Rodal, Sampaio e Figueiredo (2013) explicam quais os melhores procedimentos para se delimitar a área de estudo, os tipos de levantamento conforme os objetivos das pesquisas; discorrem sobre a altura, os estratos, as formas de vida e etc.

Assim, optou-se executar as coletas em quatro transectos contínuos com 20 metros de largura, com extensões variadas que perpassassem ortogonalmente todos os sistemas ambientais analisados, tal como as catenas dos solos. Contudo, notou-se que os transectos não abrangiam todas as espécies importantes para fins da caracterização florística da área, então se fez também levantamentos assistemáticos para aumentar a riqueza de espécies da listagem.

Para tanto, foram coletadas três amostras de cada espécie encontradas nas áreas dos transectos e fora destes durante os meses chuvosos (janeiro, fevereiro, março, abril e maio) e nos meses secos (junho, agosto, setembro, outubro e dezembro) ao longo da execução desta pesquisa. Não foi possível realizar coletas mensais dadas às limitações logísticas que este estudo foi submetido.

Para as coletas das fitoamostras, contou-se sempre com o auxílio de dois mateiros locais, os quais fornecerem os nomes populares das espécies coletadas que foram fotografadas pela câmera Sony Hx100v e georreferenciadas pelo GPS Garmin Etrex 30. Preenchidas as informações ambientais, latitude, longitude, nome popular na caderneta e na ficha de campo, as referidas foram inseridas juntas com suas fichas na prensa, que consiste de grande de madeira de 40 x 30 cm.

Posteriormente, as amostras vegetais foram levadas para o Herbário Prisco Bezerra - EAC da Universidade Federal do Ceará, onde foram selecionadas as de melhor qualidade, identificadas por especialistas e depositadas em seu acervo, gerando um número de tombamento (Voucher EAC). As amostras que não atenderam o padrão de qualidade do EAC foram igualmente identificadas e constam na listagem florísticas como espécies observadas em campo.

Com a classificação e tombamento das exsicatas, foi elaborada uma tabela, onde são apresentadas as famílias, nomes das espécies coletadas e observadas em campo, o nome popular das referidas, porte florestal, o sistema ambiental em que ocorrem e sua função etnobotânica. Este procedimento foi desenvolvido por meio da listagem preliminar que foi

apresentada aos moradores da área de pesquisa. Estes, por sua vez, informaram as funções que atribuem a quase todas as espécies encontradas.

### **3.2 A escolha da TGS, caracterização e delimitação dos (sub)sistemas ambientais**

Conforme foi exposto, a caracterização geoambiental foi construída por meio dos levantamentos bibliográficos, geocartográficos e geoambientais (Geologia, Climatologia, Geomorfologia, Pedologia, Fitologia e Socioeconômico). Com as informações e dados oriundos desta etapa, executou-se o inter-relacionamento dos referidos, tendo a finalidade de obterem-se as interseções dos elementos sistêmicos e, através disso identificar e delimitar os sistemas ambientais/ paisagens presentes no contexto posto.

A escolha da abordagem sistêmica (BERTALANFFY, 1977) aplicada aos sistemas ambientais, deve-se ao fato da análise do modelo analítico moderno ser criticado pelo autor mencionado, bem como por Capra (2010) e Morin (2013). Estes afirmam que o paradigma analítico, propicia a redução do complexo e da visão do mundo das pessoas, logo fomentando a crise multidimensional que a sociedade atual enfrenta. Assim, a degradação ambiental, desencadeada pelas ações antrópicas, ocorre em função visão mecanicista, reducionista, imediatista e disciplinar humana.

Então, os estudos ambientais, o que também inclui a sociedade, devem prezar pela abordagem sistêmica/integrada para dar conta da complexidade sistêmica das paisagens. Deste modo, “[...] a abordagem sistêmica pode servir como meio de previsão das mudanças, de avaliação da sensibilidade dos sistemas naturais e de determinação dos pontos de interferências e dos limites de sistemas que terão de ser modificados” (DREW, 1986, p. 32). Desta maneira, este é o principal motivo da TGS ter sido vastamente aplicada em estudos de diversas ciências e como método de abordagem desta pesquisa.

Partindo do pressuposto de que um sistema é um conjunto de elementos inter-relacionados geralmente para desenvolverem uma ou mais funções (BERTALANFFY, 1977), a paisagem pode ser vista como um sistema ambiental. Isto, pois segundo Bertrand (2004, p.141) a referida é “[...] uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (BERTRAND, 2004, p. 141).

Com isso, averigua-se que a paisagem é um sistema, dada a sua organização composta por elementos geobiofísicos inter-relacionados, pelos fluxos de matéria, energia e informações, e interdependentes, que buscam atingir sua evolução e estabilidade. Outro aspecto importante é a perspectiva de que paisagem é uma entidade dinâmica, formada e caracterizada por um complexo jogo de elementos e processos interativos contraditórios estabelecidos entre seus subsistemas devido ao fluxo de energia e ciclagem de matéria. Em razão disso, todo sistema ambiental é aberto, ou seja, está sujeito a receber matéria, energia e informações de outros sistemas.

Desta maneira, a paisagem/sistema é igualmente susceptível às variações morfoestruturais e funcionais lentas ou bruscas, sendo ambas relacionadas com a intensidade das transformações e capacidade de resiliência de cada sistema. Tais mudanças ocorrem, dada às alterações dos seus atributos e processos, o que fomenta uma reconfiguração e tendem a torná-lo um sistema diferente.

A delimitação e classificação de um sistema/paisagem podem ser realizadas de diversos modos, que abrangem desde seus aspectos morfológicos aos fisionômicos, com diferentes escalas de abordagem. A demarcação espacial e denominação das paisagens da MH do riacho Carrapateiras foram efetivadas a partir de adaptações das metodologias utilizadas por Bertrand (1969), Rodriguez e Silva (2002), Lang e Blaschke (2009), Oliveira (2011), Yarham (2011) e Sousa (2012), os quais entendem a paisagem como sistema ambiental, passível de análise integrada, caracterização, hierarquização e mensuração.

A adaptação metodológica empreendida neste trabalho consiste na espacialização de todas as informações e dados oriundos dos levantamentos geoambientais e bibliográficos em mapas temáticos. Assim, faz-se a sobreposição dos referidos, com o intuito de identificar-se as porções paisagísticas homogêneas, tendo como base a interseção de seus atributos ou elementos geobiofísicos e atuação de processos ambientais específicos (pedogênese, agradação, dissecação, morfogênese, pediplanação e outros).

Isto posto, entende-se que as áreas homogêneas apresentam, geralmente, mesmo tipo de rocha, de clima, de relevo, de solo, de vegetação e de uso-ocupação da paisagem, os quais são inter-relacionados pelos processos de agradação, de erosão, de dissecação, de pedogênese e de morfogênese. Estes processos agregam e dinamizam as partes dos sistemas, fomentando composição de uma unidade morfo-fisionômica específica. Por isso, que Oliveira (2011) afirma que os sistemas ambientais tendem a apresentar um arranjo espacial

em virtude das suas inter-relações energéticas e pelos ciclos geobioquímicos entre seus componentes, portanto essas relações materializam-se em diferentes padrões de paisagísticos.

Vale destacar que, graças à complexidade dos sistemas ambientais e à escala de detalhamento dos levantamentos supracitados, é possível haver variações expressivas dentro de um sistema. Desta maneira, sabendo que um sistema é composto por outros subsistemas (BERTALANFFY, 1977), quando houve variações de classes de solos, rochas ou microrrelevos, prezou-se pelo agrupamento destes em uma unidade paisagística, visto que a expressão morfológica do sistema ambiental que os comportam teve maior predominância.

Nesta perspectiva, o relevo teve uma importância superior na delimitação dos sistemas, visto que condicionam os fatores e processos biofísicos e tem sido utilizado com sucesso por Souza (2007), por Souza e Oliveira (2011) e por Souza, Santos e Oliveira (2012).

### **3.3 Procedimentos utilizados para construção do material cartográfico e morfometria da MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE**

A produção cartográfica deu-se pela realização de uma série de procedimentos interdependentes, os quais foram iniciados com o levantamento geocartográfico das seguintes obras: Brasil (1973), Brasil (1981), Brasil (1981a), Cavalcante *et al.* (2003), Forgiarini e Braga (2011).

Para a delimitação da microbacia, criou-se o Modelo Digital de Elevação- MDE no programa ARCGIS pela função *ASCII to raster da toolbox conversion tools*, a partir da imagem ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) (out. de 2011), cenas S06w041, S06w041, S07w040 e S07w041 com resolução  $xy = 30$  m e  $z = 5$  m.

Inicialmente, a reamostragem gerada do MDE foi de 30 m, mas isso foi aprimorado, passando a ser 10 m por meio método de interpolação *krigagem*. Após isso, os limites da bacia foram gerados por vetorização manual, criando o mapa hipsométrico da bacia, cuja escala gráfica é de 1: 20.000.

De posse do *shapefile* da delimitação física da MH do riacho Carrapateiras e do mapa hipsométrico, fez-se a aplicação: *Arctoolbox Spatial Analyst>Surface Raster>Slope* com a opção *percent raise* e aplicação da classificação de declividade da Embrapa. Em seguida, foi gerado o mapa de declividade da MH do riacho Carrapateiras.

Quanto à delimitação da microbacia, prezou pela delimitação manual, pois as imagens de satélite, principalmente a utilizada para o Modelo Digital do Terreno, não detinha a qualidade necessária construção de uma delimitação precisa. Por isso, vetorizou-se manualmente no programa ARCGIS todos os riachos existentes na bacia citada.

Já para as construções dos mapas geológicos, geomorfológicos, pedológica e dos sistemas ambientais, utilizou-se as informações obtidas durante os trabalhos de campo, análises laboratoriais e interpretação das imagens de satélites do Google Earth, SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) e dos resultados dos levantamentos geoambientais. Tais informações foram associadas às bases cartográficas existentes para fins de melhor aprimoramento das informações.

### **3.4 Indicadores biofísicos empregados e as comparações intra e interespecífica nos/entre os subsistemas da MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE**

Os indicadores são importantes elementos que podem ser utilizados para analisar e avaliar o modo e a intensidade da degradação ambiental em um dado sistema (BOLUDA; CARRASCO; OLIVEIRA, 2005; ABRAHAM; MONTAÑA; TORRES, 2006). Em razão da complexidade dos sistemas ambientais, procurou-se selecionar o máximo de indicadores possíveis para fornecerem informações sobre a conservação e degradação dos referidos.

Todavia, limitações logísticas e ausência de determinados elementos em alguns sistemas ambientais inviabilizam a utilização de inúmeros indicadores dos componentes das paisagens (rocha, clima, geomorfologia, solos, vegetais e interações sociais). Assim, em consonância com o exposto, utilizou-se 12 indicadores, que compreendem os aspectos pedológicos dos horizontes A ou Bt dos solos levantados (horizonte, espessura, estrutura, cor, porosidade total, densidade global, textura, carbono orgânico, tipo e grau dos processos erosivos) para a realização das análises intraespecíficas dos subsistemas.

Além destes, empregou-se também a biodiversidade (n. de espécies e de famílias) e o tipo de usos e ocupações das paisagens para as análises intraespecíficas da degradação ambiental de quatro subsistemas (topo e encosta da serra do Tecelão e da serra Lagoa Seca/Coqueiros<sup>2</sup>).

---

<sup>2</sup> Este topônimo designa o mesmo relevo, mas como este possui morfologia e altimetria irregulares, os morados locais chamam-no de serra da Lagoa Seca (no setor mais elevado, onde há a nascente do riacho Carrapateiras),

Não foi possível fazer a análise exposta nos subsistemas cursos e planície fluvial. Esta não passou pelo exame de degradação intraespecífica por ser um subsistema homogêneo e pequeno espacialmente, então os dados de um perfil de solo e as coletas florísticas realizadas explicam eficientemente todo o contexto da planície citada.

Já os cursos fluviais, também não passaram pela análise citada, pois são subsistemas com morfologias - elementos distintos e instáveis, dadas às atuações dos processos erosivos e agradacionais. Estes possibilitam a ocorrência de setores com maior e menor biodiversidade naturalmente. O tipo de uso deste sistema também não viabiliza o exame aludido, porque os referidos apresentam acentuadas limitações para o uso social, desta maneira, exibem poucas ou nenhuma marca de uso direto de seus recursos.

Nesta perspectiva, cada um dos quatro subsistemas examinados, teve os seus dados organizados em quadros. Nestes foram representadas as relações dos indicadores de degradação ambiental com os transectos, onde foram coletados. A partir dos quadros, comparou-se cada indicador com seus pares dos demais transectos. Assim, o transecto que compreendeu a maior quantidade de indicações dos processos degradativos, foi entendido como o setor mais degradado do subsistema, o inverso também é verdadeiro.

Os procedimentos adotados para a análise interespecífica foi semelhante ao exame anterior, porém a seleção dos indicadores sofreu modificações para adequar-se com o contexto posto. Isto é, prezou-se pelo número de espécies e famílias vegetais, tipo e grau de uso da terra, erosão sobre os solos e índice de similaridade de Sorensen (ISS) -  $(SO_{if}=2C/a+b)$ , onde: a - N. de espécies do subsistema x; b - N. de espécies do subsistema y e c e N. de espécies comuns entres os subsistemas xy. Assim, os subsistemas serão mais semelhantes entre si, quando os valores de ISS forem próximos de um e vice-versa.

Convém destacar que não foi possível empregar todos os indicadores utilizados nas análises intraespecíficas, pois seria arbitrariedade, tendo em vista a diversidade geológica, geomorfológica, pedológica e uso das paisagens. Assim, foram utilizados indicadores que eram comuns entre os subsistemas, e deu-se maior peso a biodiversidade e, sobretudo ao tipo de uso dos subsistemas examinados.

A partir daí, cruzaram-se os dados e o subsistema que apresentou a maior quantidade de indicadores degradativos foi eleito o mais degradado, enquanto, o que menos apresentou tais indicadores, foi entendido como o mais conservado.

Logo, a escolha destas variáveis deu-se em função de serem amplamente utilizadas e consagradas pela literatura científica e técnica do âmbito mundial ao municipal (ROSÁRIO, 2004; BOLUDA; CARRASCO, OLIVEIRA, 2005; GOMES; FILIZOLA, 2006; TRIGUEIRO; OLIVEIRA; BEZERRA, 2009; AQUINO; OLIVEIRA, 2012; SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015). Ademais, a maioria dos indicadores adotados não requerem análises laboratoriais ou testes de campo complexos e onerosos, são de fácil obtenção; são parâmetros confiáveis e passíveis de mensuração e comparações.

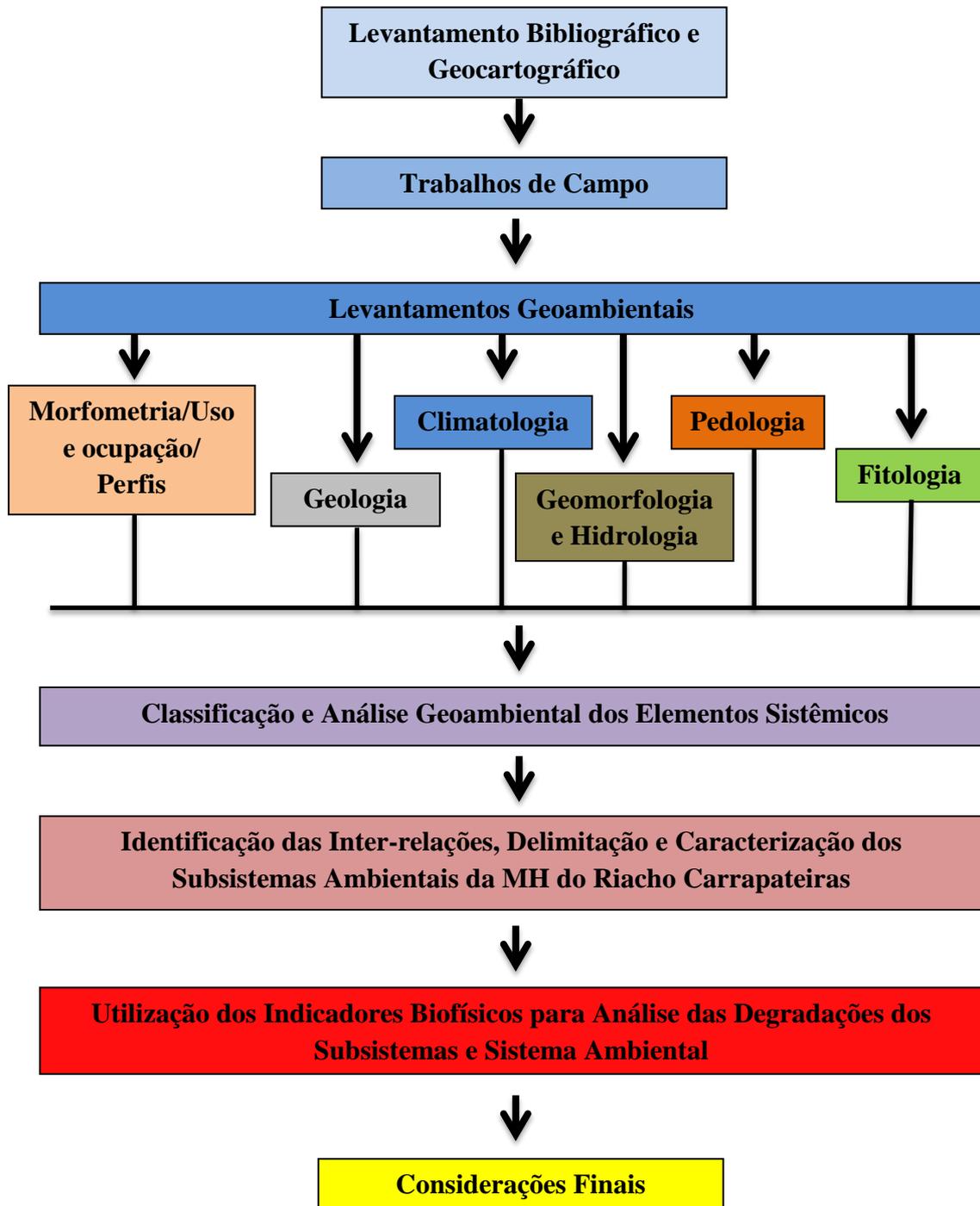
Convém destacar que os subsistemas foram degradados temporo-espacialmente distintos, criando setores ora mais ou menos degradados. Então, despertou-se para a necessidade de executar comparação intraespecífica, por isso os levantamentos geoambientais foram desenvolvidos também por transeptos sistemáticos, os quais foram situados sobre parcelas dos subsistemas que apresentavam intensidades variadas de degradação ambiental.

Todavia, é pertinente frisar que estas comparações possuem limitações relacionadas ao seu referencial de qualidade, por que inexitem dados biofísicos anteriores a ocupação e degradação da MH, a qual nunca passou por levantamentos ou diagnósticos ambientais até então. Ademais, quando este estudo foi iniciado, a supracitada já se encontrava com indícios expressivos da degradação em toda a sua totalidade. Então, a MH não é uma área intocada e não detém suas qualidades geoambientais antes do uso e ocupação humano.

Inclusive, tal problemática tem sido questionada por Almeida e Souza (2013), ao tratarem da degradação, desertificação e das limitações do uso de indicadores para a identificação de espaços degradados. Os autores aludidos discorrem que os estudos não possuem uma referência local, em função da ausência de estudos prévios e também em razão das limitações das próprias pesquisas, as quais costumam utilizar informações padrões e “semelhantes” de outros contextos.

Portanto, as técnicas e indicadores expostos foram utilizados para as identificações e compreensões dos subsistemas degradados na MH do riacho Carrapateiras. Com relação à análise do sistema, ou seja, da MH, esta se deu através da compreensão de seus subsistemas componentes, os quais, juntos indicaram o panorama degradativo da referida.

Deste modo, todos os procedimentos técnico-metodológicos desta pesquisa estão representados, a seguir, pela figura 1.



**Figura 1** - Fluxograma metodológico da pesquisa realizada na MH do riacho Carrapateiras, no município de Tauá-CE/ Brasil.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Análise dos elementos ambientais da MH do riacho Carrapateiras (Tauá-CE): da morfometria/ uso e ocupação aos aspectos litoestruturais da MH.

#### 4.1.1 Aspectos morfológicos e de uso-ocupação das paisagens da bacia hidrográfica

O estudo das BH hidrográficas em áreas semiáridas, sobretudo na região dos Inhamuns no Ceará/Brasil, desponta com uma relevante estratégia em prol da compreensão da dinâmica ambiental/hidrológica e como um subsídio para adoção de práticas de manejos adequadas para maximizar as produções agropecuárias, a conservação ambiental e mitigar a degradação desses sistemas.

Diante disso, emerge a MH do rio Carrapateiras, cujo padrão de drenagem é dendrítico, composto por rios efêmeros e intermitentes, que drenam uma área de 470,9 km<sup>2</sup> e o seu rio principal, que nasce na serra do Tecelão junto a serra da Lagoa Seca/Coqueiros, mede 80 km de extensão até desaguar no rio Jaguaribe (GONÇALVES, OLIVEIRA; BEZERRA, 2008). Assim, essa bacia é a principal responsável pelo abastecimento hídrico do açude Várzea do Boi, o qual fornece água para os agrossistemas do seu perímetro irrigado e de significativa parcela da população do município de Tauá (ARAÚJO, 2003).

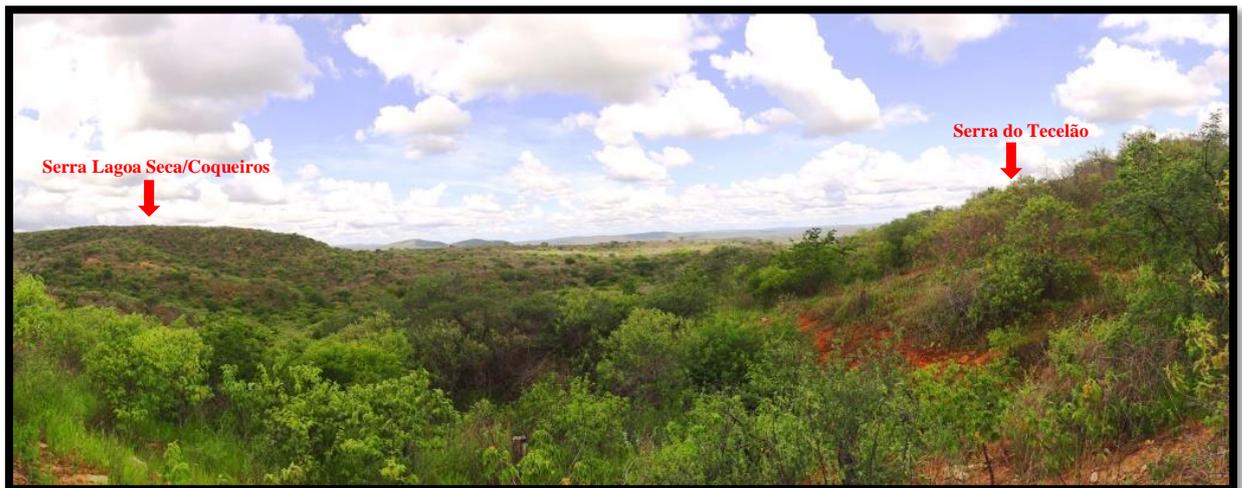
Esta BH já foi parcialmente estudada por Araújo (2003), Gonçalves (2003); Oliveira (2006); Gonçalves, Oliveira e Bezerra (2008), Trigueiro, Oliveira e Bezerra (2009) e outros. Tais estudos tratam sobre a questão da degradação ambiental ou aspectos hidrossedimentológicos de segmentos específicos da referida. Entretanto, suas nascentes, que se encontra entre as serras do Tecelão e Lagoa Seca/Coqueiros, até o momento, não foram alvos de pesquisas científicas, muito embora estejam em uma área estratégica para a conservação ambiental, notadamente dos recursos hídricos da BH do rio Carrapateiras, do Poti e do Banabuiú.

Visando a conservação desse ambiente e suas nascentes, foi criada a Área de Relevante Interesse Ecológico (Arie) das Águas Emendadas dos Inhamuns, com 407,0366 ha, pelo decreto Nº 31.403, no dia 24 de janeiro de 2014 (CEARÁ, 2014). Diante do exposto, percebeu-se que é imperativo o desenvolvimento de uma pesquisa científica voltada para analisar a degradação ambiental da MH do riacho Carrapateiras (mapa 1), donde todo sistema fluvial do rio homônimo começa, e também onde parte da unidade de conservação citada está

assentada. Além disso, a concretização deste esforço investigativo corrobora com a produção de informações mais detalhadas e realistas com a escala local, ou seja, aumentando a qualidade de informações sobre esta bacia do semiárido cearense.

Neste sentido, a MB do riacho Carrapateiras (Figura 2) está situada na extremidade Nordeste do município de Tauá/CE, junto às divisas desse com Independência e Pedra Branca mapa 3. Esta é composta por riachos efêmeros e intermitentes de primeira, segunda e terceira ordens (mapa 1).

Quanto à morfometria da MB citada, constatou-se que seu sistema fluvial drena uma área de 2,086 km<sup>2</sup>, cujo perímetro é de 9,437 km e seu rio principal possui 4,458 km extensão. Já a sua densidade de drenagem é de 2,97 km/km<sup>2</sup>, seu coeficiente de manutenção é de 18.000 m<sup>2</sup>, a forma da bacia é de 0,294, sua relação de bifurcação é 5,5. O coeficiente de rugosidade da referida é de 15,381, sua declividade média é de 19,31%, o seu gradiente altimétricos é de 36,788 m/km e as suas altimetrias máxima e mínima são respectivamente: 553,30 - 720, 51 m.



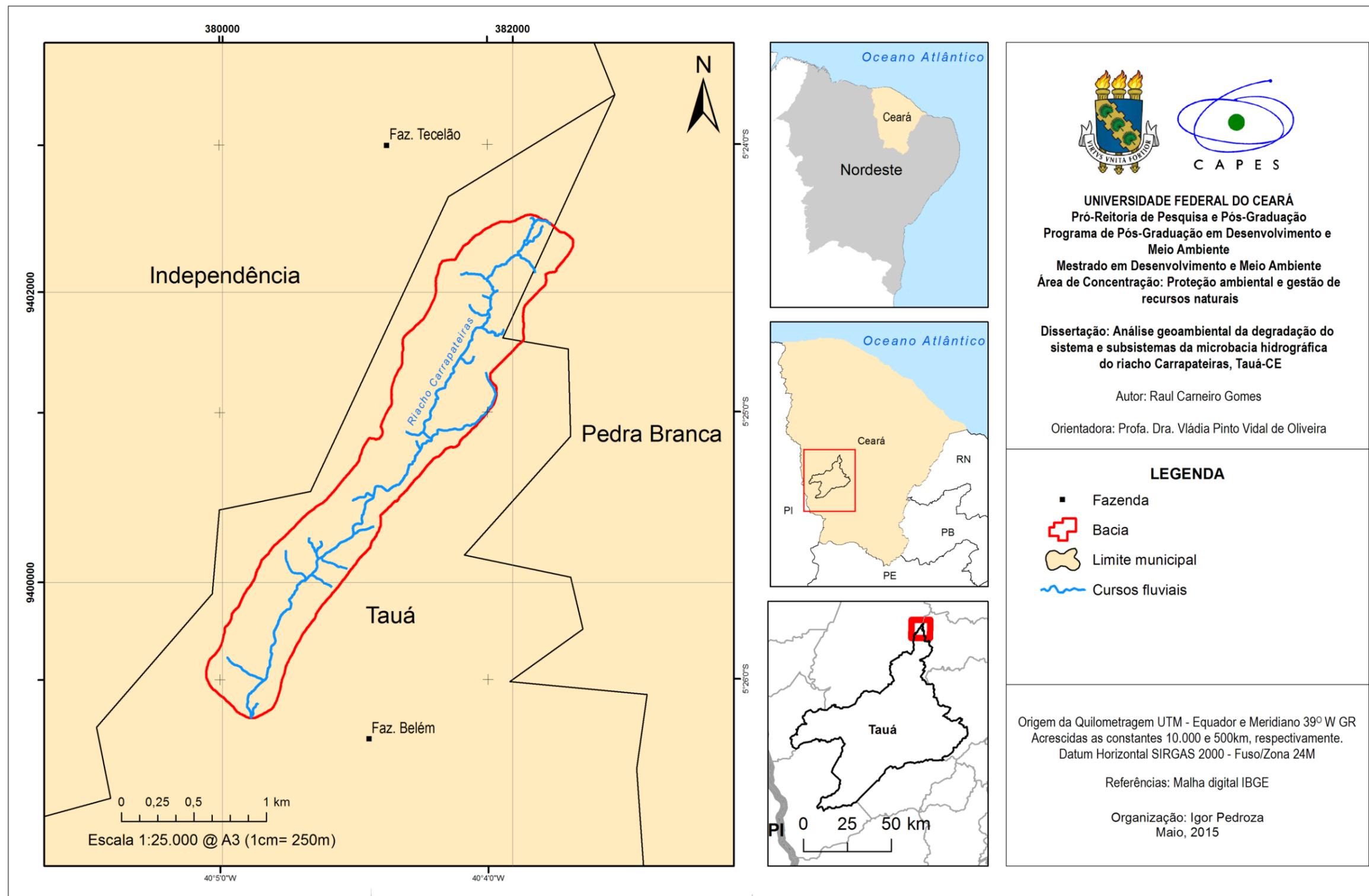
**Figura 2** - Vista panorâmica da MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE com setas vermelhas indicando os seus interflúvios.

Uma bacia desta magnitude pode ser enquadrada no qualitativo de microbacia ou sub-bacia discutidos por Teodoro *et al.* (2007), quando discute sobre conceitos aplicados a bacias hidrográficas de dimensões distintas. Porém, para fins deste trabalho, prezou-se pela a utilização do termo microbacia, por conta da dimensão espacial e dominância de cursos fluviais de primeira e segunda ordem na MH analisada. Todavia, sabe-se que uma BH pode

# MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO CARRAPATEIRAS, TAUÁ-CE

## Localização da área de pesquisa

### Mapa 1



ter diferentes tamanhos, os quais variam desde a bacia do rio Amazonas até bacias com poucos metros quadrado que drenam águas, sedimentos e íons para um pequeno canal erosivo ou, simplesmente, para o eixo de um fundo de vale não canalizado Coelho Neto (2007).

Logo, não importa o tamanho da bacia, pois sempre será o que é, independentemente de sua área espacial. Assim, os empregos dos outros qualitativos representam um esforço para demonstrar, via o termo, a dimensão da área de pesquisa e sua hierarquização. Como a área de estudo não corresponde a toda a BH do rio Carrapateiras, a unidade aqui estudada foi conceituada como MH do riacho Carrapateiras, dada sua diminuta área espacial mediante a bacia em que está inserida e também por abranger os primeiros e segundos cursos fluviais (riachos e nascentes) do rio supracitado.

Atualmente, a MH do riacho Carrapateiras está inserida quase que totalmente nos cerca de 1.448 ha de propriedade de um dos moradores do Tecelão, excetuando pequenos seguimentos do topo Oeste e Leste da bacia, bem como aproximadamente os últimos 1,8 km do curso fluvial principal até sua Foz.

Com relação ao uso e ocupação da MH em destaque, esta tem uma história relativamente recente se comparada com outras do estado do Ceará. Tal situação deriva de uma série de fatores socioecológicos que condicionam o sistema ambiental e sua dinâmica populacional. Isto é, as suas condições biofísicas, sobretudo o relevo, limitam o desenvolvimento da agricultura de sequeiro com técnicas rudimentares, pecuária extensiva e qualquer outra atividade econômica do modo como tem sido empreendido até o momento.

A MH em questão não contém moradias dentro de seu território, porém é utilizada diretamente por nove cidadãos, os quais a usam para extração de madeira para fins de subsistência, caça, desenvolvimento da pecuária extensiva de corte, ovinocultura e caprinocultura. E há também, na planície fluvial da referida, há um campo agrícola de agricultura de sequeiro (milho, feijão, melancia, jerimum e fava) (Figura 3).



**Figura 3** - Vista do baixo curso da MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE e uso da planície fluvial como campo agrícola indicada pela seta vermelha.

Segundo alguns moradores da faz. Tecelão, parte das terras onde se assenta a MH do riacho Carrapateiras foram compradas no ano de 1972 e, nesse período, onde grande parte do terreno, que bordeja ou inclui parte da MH, não havia “nada”, além de muito “mato” e “onças”. Tal quadro começa a mudar quando um dos proprietários das terras foi residir e trabalhar de forma mais intensiva nestas em 1980; para tanto mandou construir dois “cacimbões” (poços amazonas) e um pequeno barreiro, a fim de poder construir seu agrossistema na adjacência da MH do riacho Carrapateiras.

As atividades produtivas desenvolvidas na MH supracitada giravam em torno dos cultivos de milho, feijão, melancia, abóbora, fava e na criação de bovinos, caprinos e ovinos. Um morador antigo relatou que, quando foi trabalhar nas terras MH do riacho Carrapateiras, havia uma “capoeira grossa”, isto é, uma formação vegetal secundária oriunda do pousio da terra, por aproximadamente 20 a 30 anos, uma vez que aquele local já tinha sido utilizado antes para fins agropecuários.

Em relação a isso, um outro morador da fazenda Tecelão afirma que as paisagens, especialmente as encostas da MH do riacho Carrapateiras, já eram aproveitadas para cultivos de sequeiro desde 1960. O senhor citado acrescenta que a terra era muito boa e produtiva, pois plantavam milho, feijão, fava, algodão, melancia e outros. Para tanto, os antigos donos costumavam derrubar a mata nativa, a qual tinha espécies de árvores de grande porte, brocavam e cultivavam na terra ou campo por dois anos consecutivos. Quando findava este

tempo, a terra ficava “fraca” e a broca não ajudava mais na fertilidade do solo, o que baixava a produtividade e partia-se para desmatar, brocar e cultivar em um novo campo com mata.

A partir disso, é possível compreender por que, correntemente, a vegetação presente na MH do riacho Carrapateiras fisionomicamente é homogênea, indicando que a mesma foi degradada. Tal fato tem ocorridos em outras áreas do Nordeste brasileiro, conforme são citados por (CEARÁ, 2010; SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015).

As encostas das serras mencionadas eram mais empregadas para os cultivos, devido as suas condições ambientais. Por isso, houve significativos desmatamentos e, posteriormente, o uso intensivo de seus solos. Isto acarretou na perda da diversidade biológica e, em contextos extremos, a sucessão ecológica secundária sofre limitações para desenvolver-se, tendo em face a severa erosão dos solos presentes em diversos setores dos subsistemas ambientais citados.

Outro morador relatou as principais espécies florísticas que havia na MH do riacho Carrapateiras desde em que foi trabalhar no local, que eram: Aroeira, Catingueira, Jurema preta, Angico, Burra Leitera, Emburana de Espinho, Almeixa, Juazeiro e Pereiro. Ademais, pontuou que a Ameixa gosta de “terra carrascada”. Dessas, a única espécie vegetal a qual não foi detectada expressivamente, senão no baixo curso da bacia, durante os trabalhos de campo foi o Pereiro.

Depois de um período de pousio<sup>3</sup>, os trabalhadores passaram a laborar nos solos da MH. Um deles informou que trabalhou nas terras da bacia em voga por cerca de dez anos (1985-1995), e usava “Nitrozina” para matar as formigas roçadeiras que devastavam as lavouras, quando as abandonou, devido à falta de mão de obra para os cultivos e também em função de baixas na produtividade. A relação de produção entre donos e trabalhadores era por meio de parceria e meeiros.

Atualmente, a fazenda Tecelão dista 30 km da sede municipal de Independência, é ocupada por cerca de 17 pessoas, composta por seis casas, dois açudes, um barreiro, um poço artesiano de água salgada e dois currais. Das seis casas presentes na fazenda, quatro estão desocupadas em virtude do êxodo rural, promovido pela seca, pela falta de infraestrutura, e oportunidades de emprego dentre outros.

---

<sup>3</sup> Pousio denomina o estado de recuperação das terras, por não serem utilizadas. Porém, quando esta palavra é empregada neste trabalho, compreende o estado em que há uma lenta recuperação das terras, todavia estas ainda continuam sendo usadas para fins da criação de gado de baixa intensidade.

#### ***4.1.2 Perfil socioeconômico dos moradores da fazenda Tecelão e Belém – Independência e Tauá/CE***

Com base nos procedimentos executados para levantar dados e informações socioeconômicas sobre agentes sociais que atuam na MH do riacho Carrapateiras, contatou-se que a MH é utilizada, direta e indiretamente, por cerca de 17 pessoas, as quais residem em suas adjacências.

O tempo de residência nos sítios Tecelão e Belém foi a primeira questão do formulário. Assim, 63,63% de pessoas moram nas fazendas há mais de 19 anos e 36,36% residem nestes no período de oito meses a um ano. As pessoas que moram há mais tempo são os donos das terras, seus filhos ou parentes próximos que construíram moradias ou trabalharam para familiares/donos durante muitos anos. Já os residentes recentes são moradores de sujeição, vaqueiros, parceiros que cuidam dos sítios que, em função das questões logísticas, baixa renda, estiagem e falta de estímulo, acabam migrando constantemente para outras fazendas.

Quanto às atividades econômicas dos moradores, 54,54% são agropecuaristas, 18,18% são donas de casa e 27,27% são agricultores. Os agropecuaristas também desenvolvem a ovinocultura e caprinocultura associadas à agricultura. Estas lhes asseguram uma renda maior em relação aos demais. Já as donas de casa são responsáveis também pela criação de galinhas, porcos e produzem queijos coalhos vendidos nas cidades e auxiliam na roça/plantio esporadicamente. Apenas duas famílias recebem bolsa família e quatro pessoas são aposentadas.

Deste modo, os moradores foram questionados sobre o que eles cultivam e em que meses costumam iniciar seu roçado. Desta feita, 90,90% dos moradores indicaram que plantam milho, feijão, fava, melancia, jerimum, pepino e, dependendo das chuvas, arroz. O mês de janeiro foi apontado como o inicial para o plantio dos cultivares. Porém, 9,09% não informou o que planta, nem o período.

Isto posto, é visível que as atividades agrícolas giram essencialmente em torno do cultivo de gêneros temporários, especialmente da agricultura de sequeiro, em função das especificidades climáticas e ausência de irrigação. Ademais, apesar da quadra chuvosa, em Tauá, principiar-se em fevereiro, durante o mês de janeiro há precipitações expressivas causadas pelo Vórtice Ciclone de Altos Níveis – VCAN. Estas precipitações contribuem para sejam empreendidos os primeiros plantios da agricultura de sequeiro.

Contudo, segundo os moradores, nos últimos 30 anos os invernos não são tão bons e há muita seca, o que tem dificultado o plantio inicial em janeiro e durante a quadra chuvosa. Esta constatação também foi feita pelo IPCC (2014), o qual indica que os últimos 30 anos foram os mais quentes no hemisfério Norte em relação aos últimos 1.400 anos.

Apesar da conclusão de aquecimento ser para o hemisfério Norte, esta pode ser abstraída para o Sul, visto que a distribuição do CO<sub>2</sub> na atmosfera é relativamente semelhante para o globo. O hemisfério Sul detém mais área com oceano, o que fomenta seu aquecimento superior ao do hemisfério Norte (AYOADE, 1996). Outrossim, os dados das estações climáticas do Sul não são tão confiáveis quanto as do Norte, por isso IPCC (2014) optou por estas.

Conforme foi dito, o desenvolvimento das atividades agrícolas é concentrado durante a quadra chuvosa (fev. a maio), período em que os agricultores e agropecuaristas trabalham intensivamente em seus roçados. Com o fim do período chuvoso, aproximadamente em junho, os agricultores passam a ser prestadores de serviços, fazendo diárias, cercas ou auxiliando em alguma atividade na fazenda em que residem ou não. Já os agropecuaristas e as donas de casa voltam a atuar nas demais atividades produtivas que desempenhavam.

As atividades econômicas estão correlacionadas com a escolaridade dos moradores. 54,54% são analfabetos, 36,36% detém o ensino fundamental, e destes, somente um ingressou no oitavo ano e os demais, estudaram até no máximo o quinto ano. Apenas uma pessoa (9,09%) estudou até o segundo grau. A baixa escolaridade dos moradores está atrelada a falta de incentivos para fomentar a formação do homem no campo, questões logísticas, falta de escolas que motivem os discentes e carência de oportunidade para o estudo há 20 anos, período no qual maioria dos moradores teriam mais condições para estudar.

Do total de pessoas amostradas, 45,45% são patrões e 54,54% são moradores de sujeição, sendo alguns destes familiares dos patrões. O baixo número de moradores dá-se em função das condições precárias no campo, as quais englobam dificuldades em labutar com tecnológicas rudimentares, estiagens, baixa renda e até questões pessoais correspondentes ao fascínio que os núcleos urbanos exercem sobre indivíduos sociais da zona rural.

Diversas vezes, os patrões reclamaram da falta de pessoal para trabalhar nas suas terras, as quais têm sido deixadas em pousio, justamente por falta de mão de obra e “invernos bons”. Esta questão é negativa do ponto de vista socioeconômico dos patrões, porém positiva

para os ecossistemas, pois estes passam pela sucessão secundária sem grandes intromissões humanas.

Com relação à carga horária de trabalho diária, 63,63% trabalham oito horas por dia, porém 9,09% labuta por seis horas e os demais que representam esta mesma percentagem laboram por nove a onze horas. O trabalhador que apresenta maior carga horária de trabalho é o vaqueiro, o qual desperta para seus trabalhos diários às três da manhã. Geralmente, todos os moradores acordam cedo (entre quatro ou cinco horas da manhã) para poder tirar leites das vacas, alimentá-las, ir ao roçado cedo para evitar o calor do sol ou fazer queijos. Estes trabalhadores, via de regra, não possuem horário de almoço definido, porém costuma ser meio-dia o horário de refeição da maioria, havendo o retorno ao trabalho por volta das 14:00 h.

No que tange à remuneração mensal, 9,09% obtém, aproximadamente, dois salários mínimos, 36,36% ganham até um e 54,54% conseguem ganhar menos de um. Com base nos trabalhos de campo, notou-se que tais dados não refletem fielmente a situação posta, pois algumas pessoas subestimaram o seu salário mensal. Via de regra, os patrões e vaqueiros vivem com um a dois salários mensais, enquanto os demais podem lograr uma renda mais baixa. Alguns agricultores chegam a ganhar R\$150,00 a R\$200,00 reais mensais. Quando questionados se a renda mensal era suficiente para satisfazer a necessidade de suas famílias, 54,54% responderam que não, 27,27% disseram que sim, 9,09% não respondeu e os outros 9,09% disse que às vezes.

Os baixos rendimentos estão correlacionados a uma série de fatores, dentre os quais se destacam: a produção de gêneros agrícolas de baixo valor agregado e desvalorizados no mercado em função de sua abundância no período de colheita, a falta de tecnologia, ausência de auxílio técnico, falta de logísticas para escoamento ou armazenamento da produção, bem como limitado mercado consumidor.

Em consonância com o exposto, perguntou-se como os moradores avaliavam suas profissões. Já 36,36% avaliaram como boa, 27,27% como regular, 18,18% como ótima, 9,09% como péssima. As pessoas que disseram que sua profissão era boa e explicaram que esse fato deu-se por gostarem do campo, da natureza, de sentirem-se livres e de trabalharem com a terra. Aqueles que qualificaram sua função profissional como regular fundamentaram tal rotulação por conta da secas e dos baixos rendimentos provindos da labuta na terra e na criação de animais. Os demais participantes não deram respostas explicando suas escolhas.

As moradias dos patrões e agricultores são humildes e contam com uma porta na entrada e outra nos fundos; o pé direito costuma ter três metros de altura e as faces laterais das casas possuem janelas para refrescar e iluminar o ambiente. De modo geral, as habitações possuem de duas a quatro quedas de águas e um alpendre na frente (três a quatro metros de largura e o comprimento da casa), onde ocorre boa parte da socialização e desporto familiar.

Internamente, as casas costumam ter uma sala de estar, uma média de dois quartos (no mínimo dois e no máximo três quartos), cozinha, uma pequena despensa e um banheiro, cuja maioria encontra-se no quintal, muito embora haja casas sem banheiros. Tratando de eletrodomésticos, em média, as casas contêm uma geladeira, uma televisão e o mobiliário costuma ser simples, porém funcional diante das necessidades dos moradores.

*In loco*, viu-se que nas casas dos patrões há até três quartos, uma sala de estar, cozinha e dois banheiros, um anexo a casa e outro no quintal, e o mobiliário. No que tange às casas dos moradores, somente teve-se relato da presença de banheiro na casa de um morador, pois nos demais havia apenas vaso sanitário, por vezes situados no muro e desconexo da tubulação de água. Para utilização do vaso era necessários baldes de água para a descarga. Em casos mais pontuais, as necessidades eram feitas “no mato”. Em relação aos móveis das casas dos patrões e dos moradores, ambos possuem semelhanças, pois são singelos e não demonstram a contradição entre patrão e morador de sujeição.

Ao redor das casas ficam os “terreiros”, áreas desmatadas, nas quais as pessoas costumam transitar, criar animais e plantar alguma árvore para sombrear a frente da casa. A uns 40 a 100 metros ao lado das casas ficam os currais e chiqueiros para a criação de porcos. Frequentemente, na frente das casas há poços onde se obtém parte da água utilizada nas propriedades. As outras fontes hídricas são poços amazonas e açudes, dos quais a água é bombeada para as casas e currais, via mangueiras e sucção de motores-bombas elétricos.

No que compete à casa própria, 45,45% das pessoas possuem casa e 54,54% não possuem. Os indivíduos sociais que possuem casas são os patrões e os demais desprovidos de habitações são moradores e residem nas casas sobressalentes dos primeiros sem pagar alugueis. Vale destacar que, geralmente, as pessoas que não possuem casa não buscam uma habitação em si, mas um agrossistema onde possam plantar e criar animais. Tal perspectiva é dissonante quando se comparada aos cidadãos que não tem moradia, pois estes sonham somente com a casa e, no máximo, com um carro.

Além disso, a média de indivíduos por habitat foi de 4,3 pessoas. Contudo, o mínimo de pessoas habitando as casas foi de um indivíduo e a máxima ocupação foi por sete. Das 11 pessoas consultadas, 72,72% são casados e 27,27% estão solteiros. Em relação aos casados, 36,36% é a percentagem da amostragem dos casais cujas pessoas participaram desta pesquisa. A média de filhos por casal é de 2,72. Todas as três crianças e os três adolescentes presentes nas fazendas examinadas estudam em escolas municipais de níveis fundamental e médio de Tauá e Independência e nesta última eles vão e voltam diariamente, utilizando carro escolar que os apanha a dois quilômetros de sua residência.

Em termos de posse de meios de transportes, 9,09% das pessoas possuem um carro usado, 9,09% uma bicicleta, 18,18% possuem moto e os demais 63,63% são desprovidos de meios de transportes e, portanto, dependem de carros de horários, táxis, transportes de amigos ou de seus maridos, visto que nenhuma mulher declarou ter meio de transporte. Durante o campo, constatou-se que os núcleos familiares tinham uma dominância da cultura machista/patriarcal nordestina, no qual o homem é o chefe do lar e o que mais ganha financeiramente.

Com relação ao acesso às unidades do sistema de saúde (hospitais, postos e clínicas odontológicas), 27,27% das pessoas consultadas avaliaram como regular, 36,36% como ruim e 36,36% como péssimo. Tais avaliações são plausíveis, pois a fazenda Tecelão dista cerca de 30 km da sede de Independência e 12 km da comunidade do Belém (Tauá-CE), onde há um posto de saúde. Porém, em ambos os casos, as unidades de saúde públicas oferecem serviços limitados e a falta de informação, a precariedade das estruturas e a lentidão dos atendimentos acabam afugentando os moradores de suas unidades. Tal problema ocorre a nível nacional e é agravado nas áreas mais pobres do Brasil, como no Nordeste e na área estudada por este trabalho.

Outro fato interessante, o qual é bastante abundante na zona rural brasileira, particularmente no Nordeste, é a falta de água tratada e encanada, bem como saneamento básico nas fazendas (IBGE, 2008). Quando indagados se os sítios tinham água tratada e encanada e saneamento básico ou coleta de lixo, os moradores foram unânimes, ou seja, 100% deles indicaram que não tem água tratada e encanada, nem mesmo esgotos ou coleta de lixo.

No que tange ao esgoto e ao lixo (resíduos sólidos), perguntou-se qual a destinação dos referidos. Assim, 27,27% dos moradores depositam o esgoto do banheiro em fossa, situada no seu quintal, e o restante é jogado “no mato”. Já o restante dos moradores,

correspondente a 72,72%, afirmaram que o destino do seu esgoto do banheiro ou do resto da casa, era despejado “no mato”. Isto é, jogados nos quintais ou conduzido por um cano extenso para áreas mais afastadas das casas ou cursos fluviais.

A destinação do lixo produzido pelas residências tem tratamentos e destinos semelhantes, pois 54,54% das pessoas jogam o lixo em um buraco no quintal, onde os incineram. Contudo, 27,27% dos moradores simplesmente jogam o lixo “no mato” (nas áreas no fundo dos quintais) e 18,18% das pessoas não responderam a destinação que dão ao seu lixo. A partir das respostas dadas, entende-se que, diante da condição logística e dos serviços públicos prestados a estas pessoas, enterrar e incinerar o lixo é a opção menos impactante e viável, levando em conta a consciência ambiental, a tecnologia, a ausência de saneamento básico e pobreza que estas pessoas enfrentam.

O lixo é queimado, pois, com o transcorrer temporal, há o amontoamento de resíduos e, além disso, o gado ou outro animal doméstico pode comer os plásticos e morrerem, trazendo prejuízo para os ruralistas. Não foi visto nenhuma iniciativa governamental para mitigar tal situação na área e na região dos Inhamuns, até o presente. Acredita-se que é imperativa a elaboração de projetos direcionados para esta questão, sobretudo de fomento aos biodigestores, em função de sua simplicidade, eficiência e baixo custo benefício. Indubitavelmente, a deposição de lixo no ambiente é uma ação degradadora e contribui para a poluição dos solos e dos cursos hídricos.

Tratando do desenvolvimento de atividades produtivas nos sistemas ambientais, como rios e encostas, 54,54% das pessoas consultadas plantam nas encostas, porém com declividades menores que 35%. Já 36,36% dos aludidos não utilizam as áreas de risco, tampouco as encostas, servindo-se das planícies e setores aplainados. Destes, 9,09% não respondeu a tal questão.

Os resultados mostram que as vertentes ainda são expressivamente utilizadas. Acredita-se que isso ocorre em virtude da presença de Luvisolos Háplicos Pálicos Abrúpticos e Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos lépticos ou vertissólicos. Segundo os moradores estes solos eram cultivados, pois possuem cores fortes, maiores espessuras e, quando foram cultivados, produziram muitos legumes.

Além disso, o relevo regional e parte do local são ondulados ou montanhosos. Portanto, não restando muitas áreas aplainadas para os plantios, assim as vertentes desponta como um local propício para os agricultores plantarem, muito embora ofereçam limitações de

acesso, escassez de água e erosão. As áreas de risco não são utilizadas em razão de sua periculosidade e fiscalização do órgão ambiental, o qual tem conseguido banir a prática de queimadas ou brocagem dos terrenos para fins agrícolas.

Quando os moradores foram questionados se recebiam ou receberam auxílio técnico governamental ou de alguma entidade para aprimorarem seus plantios e/ou utilizarem práticas conservacionistas, 90,90% responderam que não e nunca ninguém foi às fazendas para aplicar tal fim. Somente, 9,09%, informou que já tinha recebido auxílio para vacinação do gado e como fazer hortas. Porém, este não residia na fazenda analisada quando recebeu tal suporte técnico.

Neste ponto, vê-se a negligência do Estado enquanto agente fomentador do desenvolvimento sustentável e crescimento econômico regional. Com base nos antecedentes, grande parcela das pessoas da área é analfabeta e possui uma renda relativamente baixa, o que, em tese, seriam condições essenciais para fundamentar a ação de técnicos agropecuaristas, agrônomos e outros para orientar meios para maximização produtiva e mitigação da degradação ambiental.

Apesar de tradicionalmente o agricultor ter arraigado em sua cultura as suas formas de produção, eles se mostram abertos aos auxílios técnicos que venham ampliar a produção, a renda e suas condições de trabalho. Não foi casual que 81,81% sentem necessidade de auxílios técnicos para indicar modos eficientes de criação de galinhas, bovinos, caprinos e ovinos, além de orientar as execuções de plantios mais fáceis, produtivos e construção de hortas. Em suma, eles buscam melhorias de vida e mais bem-estar. Os 18,18% restantes, preferiram não responder a questão.

Diante das limitações socioeconômicas expostas, buscou-se investigar quais os agentes sociais aqui examinadas percebem no seu contexto. Desta feita, perguntou-se quais os piores problemas em morar na zona rural. Com isso, 63,63% indicaram estes correspondiam à falta de transporte, logística (mercados, postos de saúde e posto de trabalho) e os demais 36,36% apontaram a falta de inverno ou estiagem como a principal limitação.

De fato, apesar do acesso as fazendas ser, boa parte, por vias asfaltadas, para chegar na fazenda Tecelão é preciso transitar 12 km em uma estrada carroçal com situações muito precárias (cheia de depressões, afloramentos rochosos e baixa manutenção da via). Para a fazenda Belém, a situação é mais confortável, não sendo a toa que seus moradores não

atribuírem muito os problemas do campo às estradas e sim à seca e à carência de postos de saúde, de escolas e de auxílios técnicos para cultivarem suas culturas e criarem seus animais.

Em função da questão exposta, indagou-se o que poderia ser feito para melhorar a vida no campo. Para 63,63% das pessoas, as melhorias no campo seriam promovidas por meio da construção de boas estradas, creches, bons postos de saúde próximos, acesso à água encanada, um bom carro, condições para construção de granjas e hortas, além do governo dar alguma ajuda financeira. Para 9,09%, viriam através de invernos bons; os outros 9,09% gostariam que tivessem mais acesso à terra. Já os outros 9,09% sugerem que o custo da luz seja rebaixado e sejam construídas estradas; e o restante, 9,09%, indica que possuir emprego fixo é relevante para melhorar suas vidas.

Examinando os dados em voga, constatou-se que é necessária uma ampla reforma estrutural/logística e técnica para a melhoria das condições das zonas rurais e fomentação seu desenvolvimento. Sabe-se que tais transformações têm um custo relativamente elevado, tanto para as construções como para suas manutenções. Ademais, para tal feito, há que despertar os tomadores de decisão para vislumbrarem que a reestruturação destas áreas repercute diretamente para o crescimento econômico, mitigação da pobreza e conservação ambiental.

Analisando holisticamente o contexto posto, entende-se que somente as melhorias logísticas não resolveriam as limitações da área de pesquisa. Isto porque é imperativo ensinar melhores formas de produzir, de agregação de valor ao produto (beneficiamentos), técnicas de armazenamento para venderem a safra em períodos com preços melhores. Ademais, é importante aumentar a qualidade dos produtos e fomentar o consumo local ou regional das produções, por meio de estratégias de marketing em diferentes âmbitos.

Porquanto, questionou-se se os moradores tinham vontade de morar na cidade e, se sim, que dissessem os motivos. De acordo com 90,90% dos participantes das interpolações responderam que não, pois gostam de morar ao ar livre, trabalhar na roça, não gostam da movimentação e violência da cidade, bem como prezam em morar onde nasceram e se criaram. Já os 9,09% têm intenção de morar na zona urbana, porque nesta há empregos, maiores possibilidades de ter casa própria, proximidade com hospitais e escolas.

Durante as entrevistas semi-estruturadas, os entrevistados mostraram grande apreço pela terra, por suas atividades produtivas, muitas destas herdadas dos pais e mães. A cidade e seu estilo de vida não desperta grande interesse neste grupo de pessoas, pois elas estão habituadas a um estilo de vida, expressivamente, distinto do presente no âmbito urbano.

Na área de pesquisa, sentiu-se que as pessoas são menos preocupadas com o tempo, mais focadas na qualidade de seus trabalhos, trabalham “duro” e não buscam grandes riquezas, senão a necessária para melhorar um pouco sua condição simples, a qual é bastante para viverem felizes, conforme será demonstrado a seguir.

Em relação à qualidade de vida, inquiriu-se como eles a avaliavam. Desta maneira, para 45,45% dos moradores sua qualidade de vida é regular, já para os outros 45,45% a qualidade de vida é boa e 9,09% decidiram não responder a questão. Com base nisso, fez-se a última pergunta do questionário, a qual consiste em saber se os moradores eram felizes. A indicação do “sim”, indica que são felizes e alcançou o percentual de 81,81%, enquanto 9,09% disseram que não e os outros 9,09% não responderam a questão.

Logo, em função dos dados e informações mencionadas, compreende-se quais as características socioeconômicas dos indivíduos sociais que atuam direta-indiretamente na MH do riacho Carrapateiras. As informações ditas expõem as dificuldades que a população analisada sofre e também apontam algumas causas da degradação ambiental na área de estudo, como podem ser vistas na ausência de saneamento básico, falta de auxílio técnico, alta percentagem de analfabetismo, significativo quadro de pobreza e outros.

#### ***4.1.3 A dimensão litoestrutural da área de estudo***

A MH do riacho Carrapateiras está integralmente esculpida sobre o Complexo Cristalino Nordeste da Província da Borborema (SILVA *et al.*, 2002), que segundo Brito Neves (1999), compreende blocos rochosos paleoproterozóicos, rochas oriundas da colagem brasileira, cobertura fanerozóica e pequenas bacias sedimentares cretáceas. Apesar desta litodiversidade, a MH tem seu embasamento composto por rochas metamórficas e possui os condicionantes geoambientais semelhantes aos presentes na grande maioria das bacias de drenagem da região brasileira citada.

Atualmente, as pesquisas que versam sobre as características lito-estruturais da MH possuem escalas relativamente pequenas (1:1.000.000 e 1:100.000) diante do contexto estudado (BRASIL; 1981; CAVALCANTE *et al.*, 2003; FORGIARINI; BRAGA, 2011). Tais trabalhos representam mapeamentos geológicos com escalas e tempos distintos, demonstrando as atualizações que as unidades e complexos geológicos cearenses passaram ao

longo de 30 anos de estudos. Assim, para fins deste estudo, serão demonstradas somente as informações correspondentes a MH alvo desta pesquisa.

Os aspectos geológicos são de fundamental importância para a compreensão da morfometria, dinâmica fluvial e da qualidade da matéria e energia que transita dentro da BH (CHRISTOFOLETTI, 1981; MAIA, 2013). Deste modo, de acordo com Brasil (1981), com escala de 1:1.000.000, a bacia em questão circunscreve-se sobre o Complexo Pedra Branca, composto por diques de dacitos, riolitos, sendo alguns porfiróides, andesitos, traquitos e granitos finos. Ademais, Brasil (1981) informa que a área em questão está situada entre duas grandes falhas geológicas (Tauá e Sabonete-Inharé), em meio a um conjunto de estruturas distensivas que criaram diques de diabásios e dacitos.

Transcorridos 20 anos deste primeiro mapeamento, o referido passa por atualizações, as quais são demonstradas por Cavalcante *et al.* (2003), com escala de 1:500.000, quando descreve que a MH do riacho Carrapateiras está sobre o Complexo Cruzeta<sup>4</sup> especificamente sobre a Unidade Tróia, constituída por metagabros, metabasaltos, segmentos realçados de paragnaisses e micaxistos. Além de parte da Unidade indiferenciada-ortognaisses cinzentos, paragnaisses, migmatitos, lentes de anfibolitos, paragnaisses e micaxistos. Esta obra avança no detalhamento em relação a Brasil (1981), pois indica novos litotipos, datações de 2340 milhões (ma) de anos e a presença da zona de cisalhamento contracional, tracejada no centro da bacia em discussão.

Recentemente, Forgiarini e Braga (2011) indicam que a MH do riacho Carrapateiras está sobre o Complexo Cruzeta, Paleo-Neo Arqueano, na Unidade Tróia, integrada por Ortognaisses com bandamentos variados de textura média a grossa de natureza cálcio-alcálica, cuja constituição é granítica e granodiorítica. Possui também migmatitos estromáticos dobrados e falhados, com injeção de pegmatitos quartzo, k-feldspato e magnetita; além de lentes de rochas metaultramáficas (esteatitos, xistos verdes, tremolita e metamáficas anfibolitizadas); metabasaltos anfibolitizados e rochas metassedimentares. Convém frisar que neste mapa as datações que antes eram apresentadas por Cavalcante *et al.* (2003) desapareceram, possivelmente porque a construção deste mapa não prezou por tal variável.

---

4 Cavalcante *et al.* (2003), utilizou este termo para substituir o que era chamado por Brasil (1981) de Complexo Pedra Branca, a qual era uma associação polimetamórfica elipsoidal (ALMEIDA; PARENTE; ARTHAUD, 2007).

Dada à dimensão da sua área de estudo, não há trabalhos científicos ou técnicos que tratem das suas características geológicas de forma pormenorizada. Em função disso, foi feito o levantamento geológico da MH com escala de 1:50.000 (mapa 2), bem como análise geoquímica das rochas mais representativas na área posta. A seguir, são demonstradas as principais rochas, suas características macro e micromorfológicas, seus minerais constituintes e análise geoquímica de seus elementos<sup>5</sup>.

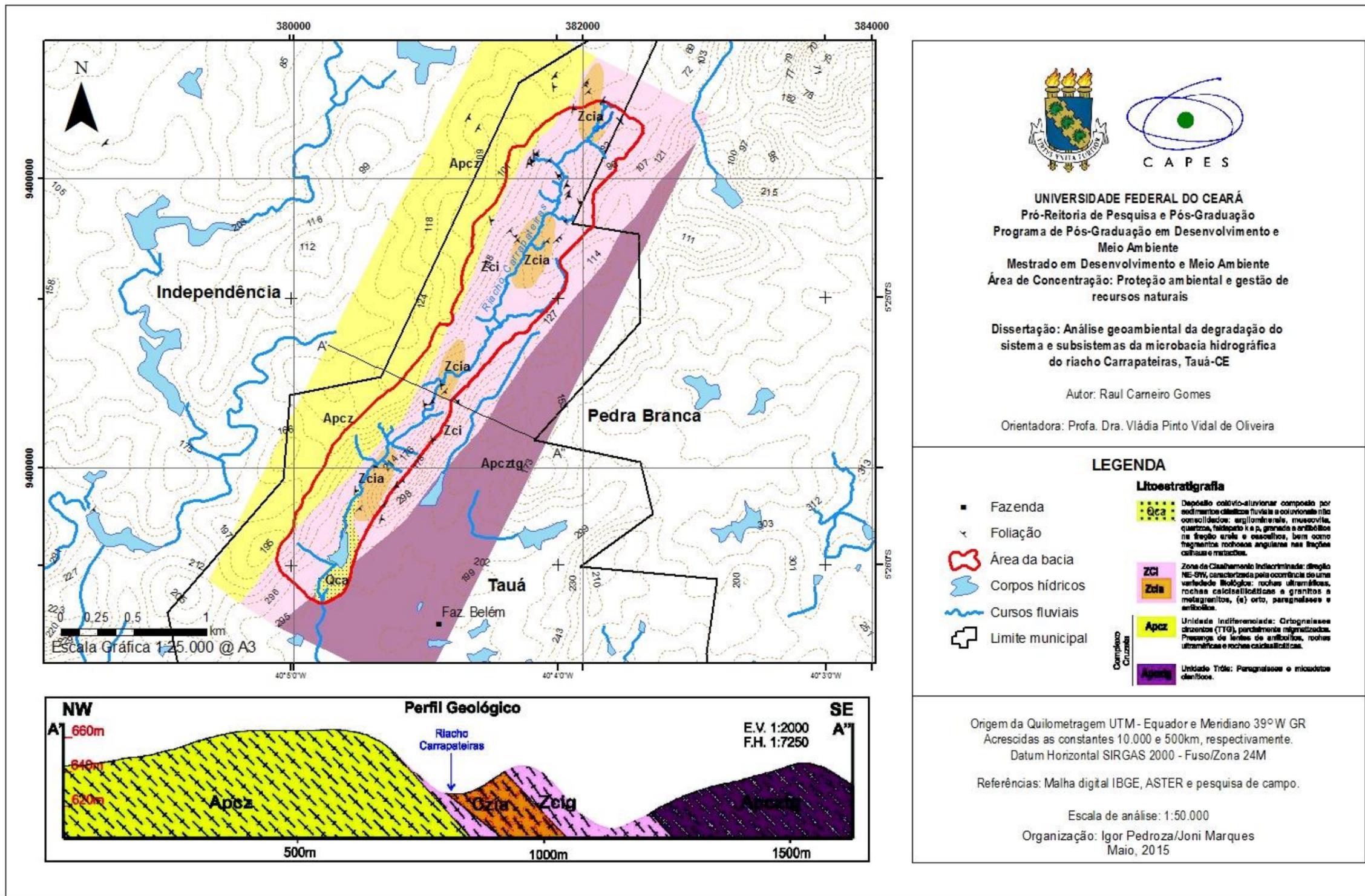
---

<sup>5</sup> Todas as informações desta seção da pesquisa foram descritas e analisadas pelo geólogo Ms. Joni Gaspar Marques – Doutorando em Geologia – UFC.

# MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO CARRAPATEIRAS, TAUÁ-CE

## Mapa Geológico

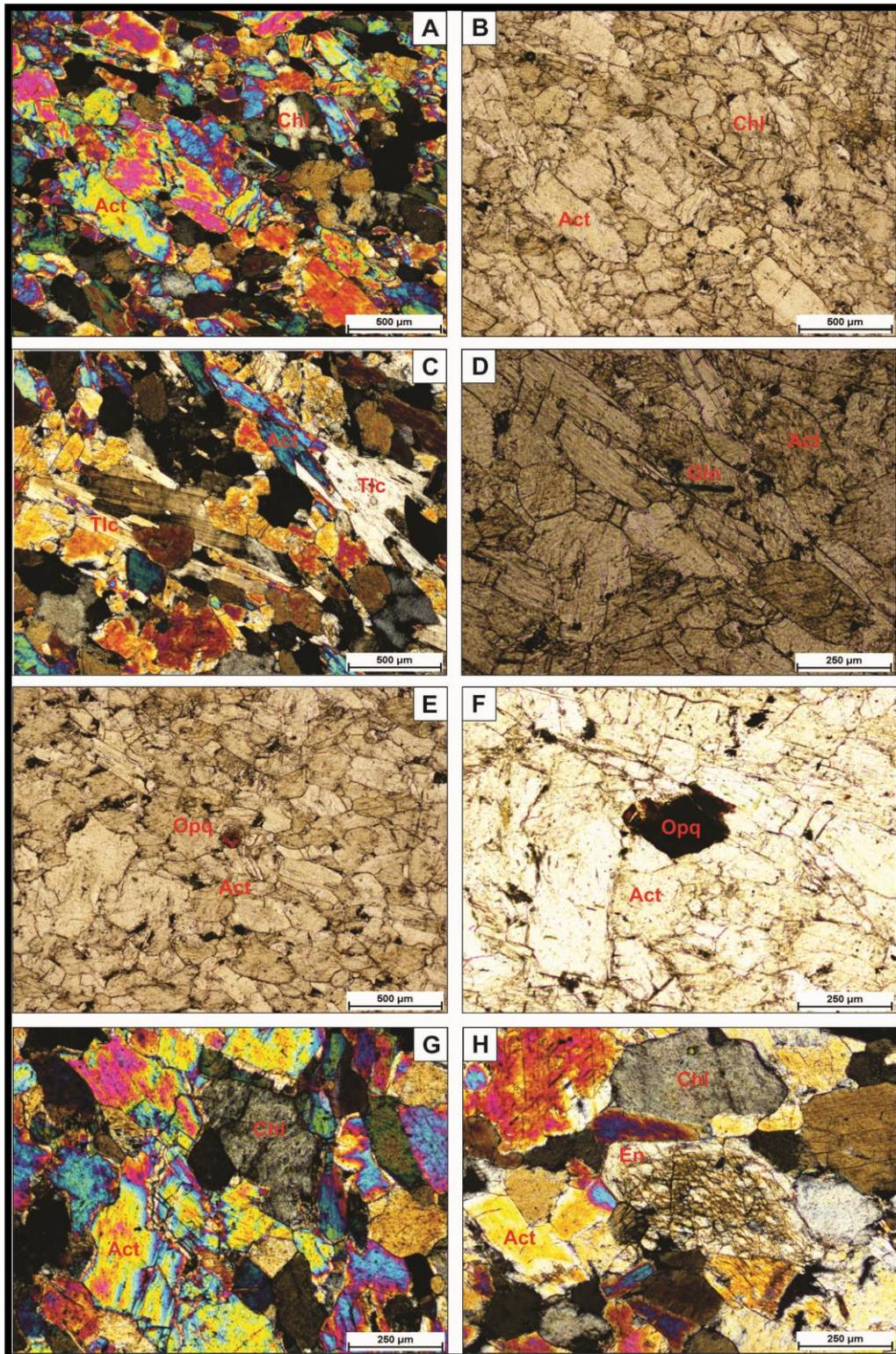
Mapa 2



A amostra litológica R5-1 apresenta, macroscopicamente, estrutura maciça, sem orientação marcada, com textura média, com coloração verde escura em sua porção não alterada e marrom em sua porção alterada (figura 4). A rocha tem cerca de 95% de anfibólio do tipo actinolita e 5% de anfibólio (glaucofana), opacos, talco, clorita e piroxênio - enstatita. Com relação a sua análise microscópica, equivalente para as lâminas (R5-01 e R5-02) oriundas da mesma rocha, apresenta estrutura maciça, sem orientação marcada, mostrando textura granoblástica inequigranular unimodal com granulação média (figuras 4 e 5). Com base no exposto, amostra R5-1 foi classificada como um actinolitito ou actinolita anfibolito.



**Figura 4** - Anfibolito maciço, sem orientação marcada, com textura média, com coloração verde escura em sua porção não alterada e marrom em sua porção alterada.



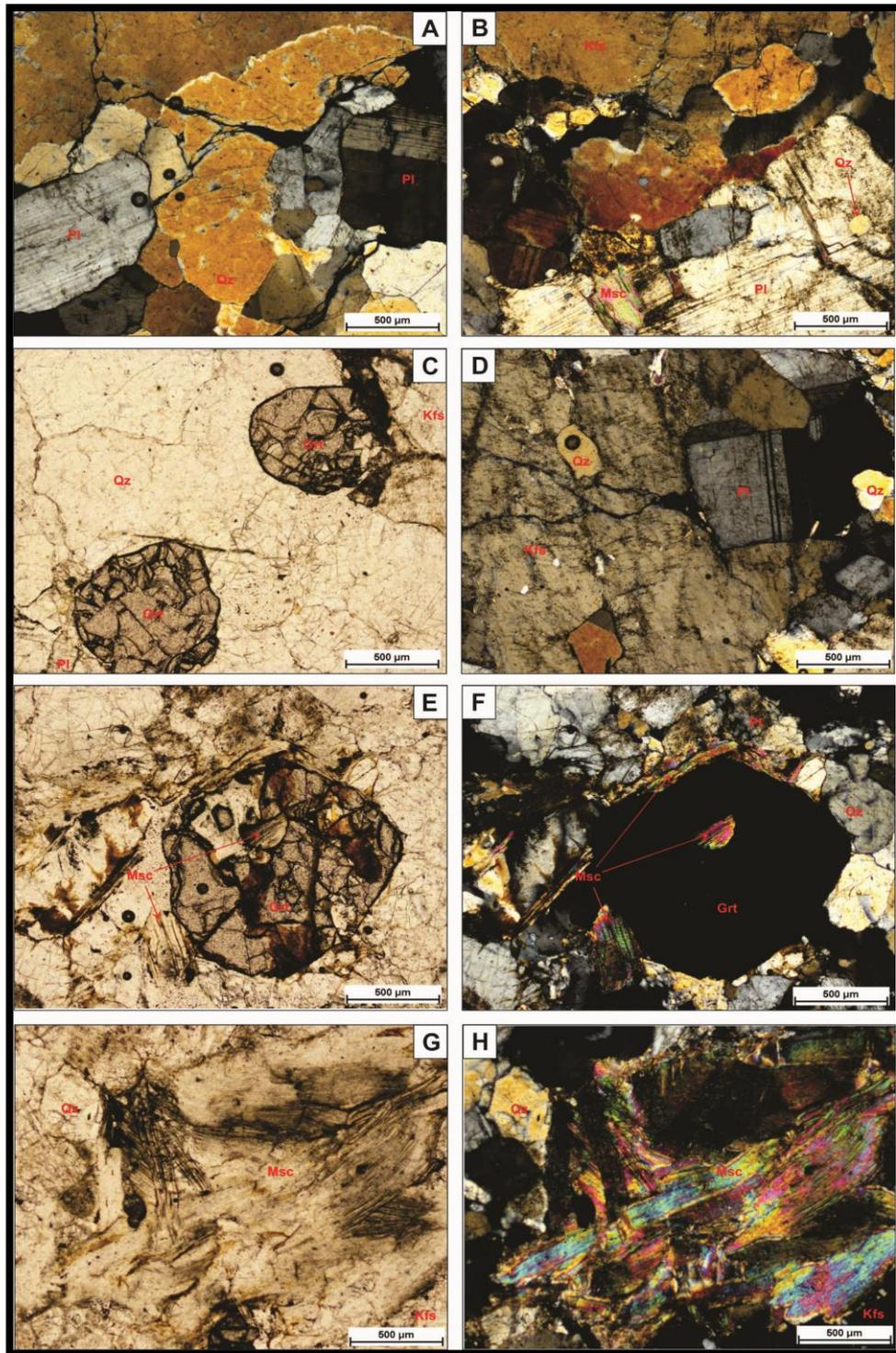
**Figura 5** - exibição da textura granoblástica da rocha, sob luz polarizada (A) e luz natural (B); mineral talco (Tlc) exibindo sua clivagem característica (C); grão alongado de glaucofana (Gln) inclusa no anfibólio (D); exposição dos dois tipos de opacos que ocorrem na rocha (E e F); grão de clorita (Chl), oriunda de substituição da actinolita (Act) (G); mostrando grão de enstatita (En) reliquiar com alto grau de fraturamento (H). Autor: Joni Marques (2015).

A amostra R8 (lâminas R8-1 e R8-2), macroscopicamente, é maciça, com textura grosseira inequigranular, possui coloração cinza clara a branca em sua porção não alterada e amarelada, cinza ou escura em alguns locais, provavelmente oxidação nos cristais de quartzo e feldspato (figuras 6 e 7). A rocha exhibe mineralogia básica composta por, aproximadamente, 30% de K-feldspato, 30% de quartzo, 25% de plagioclásio, 10% de muscovita e 4% de granada, zircão, apatita e 1% de opacos.

Na análise microscópica (figura 7), a amostra apresenta estrutura maciça, mostrando em sua maioria textura inequigranular unimodal com a granulação variando de média a grossa. O tamanho dos cristais apresenta, em sua maioria, tamanhos variando de menores que 100 $\mu\text{m}$  a até 2500 $\mu\text{m}$ . Portanto, a rocha foi classificada como Muscovita monzogranito com granada.



**Figura 6** - Muscovita monzogranito com granada com coloração cinza clara a esbranquiçada e amarelada com granulometria grossa.



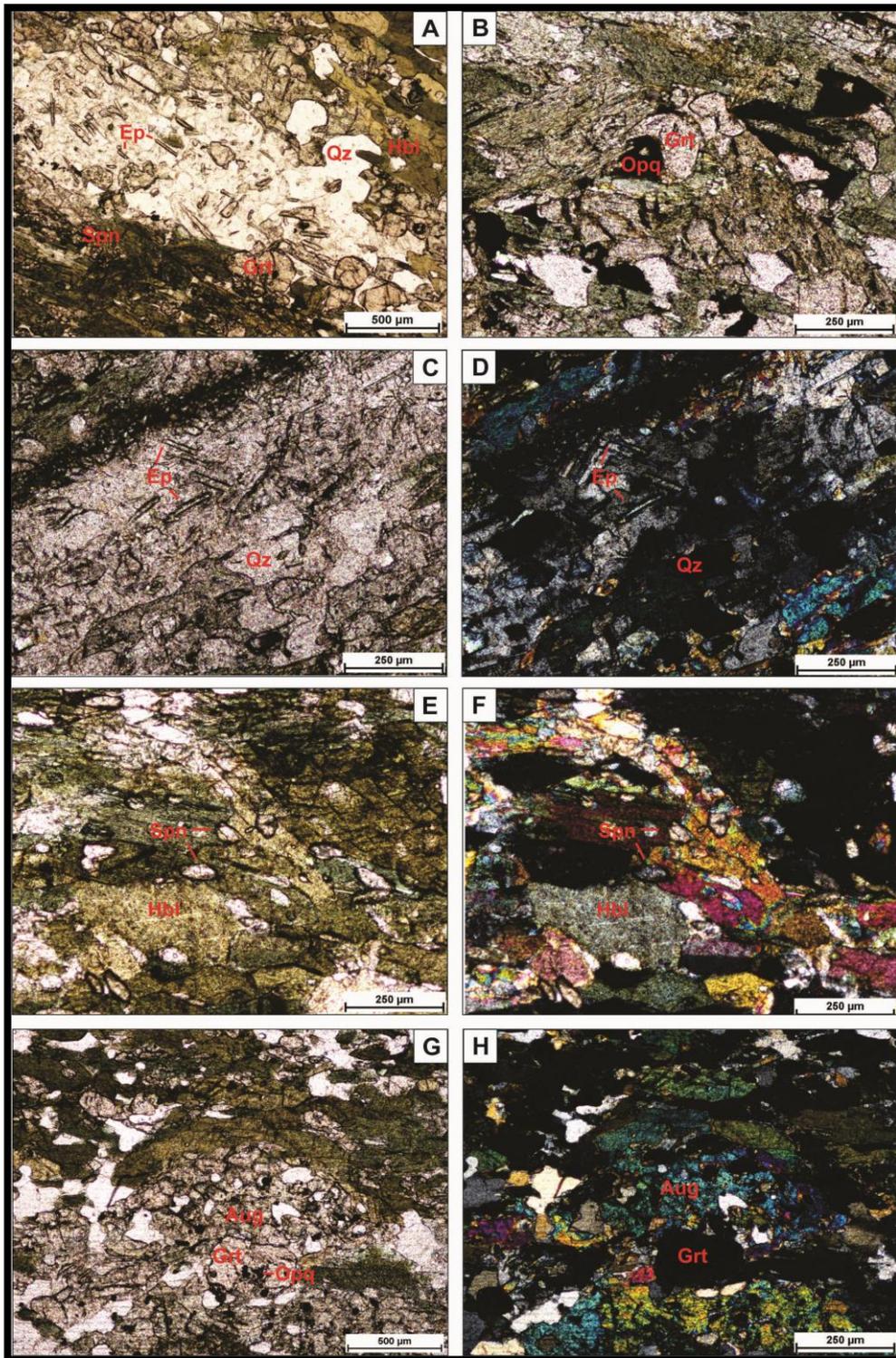
**Figura 7** - Fotomicrografia das lâminas mostrando: (A) minerais de plagioclásio (Pl) e quartzo (Qz), (B) feldspato potássico (Kfs) com granulometria grossa em luz polarizada; (C) grãos de granada (Grt) arredondadas em luz natural; (D) cristal de K-feldspato (Kfs) com plagioclásio em luz polarizada; (E e F) granada (Grt) com manchas de oxidação, possivelmente Fe, acompanhada de muscovita (Msc), quartzo (Qz) e plagioclásio (Pl) em luz natural e polarizada, respectivamente; (G e H) aglomerado de muscovita (Msc). Autor: Joni Marques (2015).

O exemplar R9 (figura 8) apresenta bandamento metamórfico não contínuo, possuindo banda de coloração verde escura, quase preto, e bandas milimétricas brancas a cinza claras, com textura média nas bandas escuras e fina nas claras. As bandas escuras são representadas, mineralógicamente, por anfibólio, enquanto as faixas claras possuem composição quartzo-feldspática, sendo plagioclásio o feldspato característico deste tipo litológico. Apresenta grau de alteração baixo a nulo e sua constituição mineralógica é representada por 60% de anfibólio (hornblenda), 15% de quartzo, 10% de granada, 5% de plagioclásio, 5% de Opacos e 5% de epidoto, titanita, piroxênio (augita).

Na análise microscópica (figura 9), a amostra apresenta estrutura bandada, mostrando textura granonematoblástica inequigranular, com a granulação variando de fina a média. O tamanho dos cristais apresenta, em sua maioria, tamanhos variando de menores que 1mm a até 2,5mm. Logo, a rocha analisada é Anfibolito.



**Figura 8** - Anfibolito bandado com bandas de coloração verde escura e branca a cinza clara com textura média nas bandas escuras e finas nas claras.



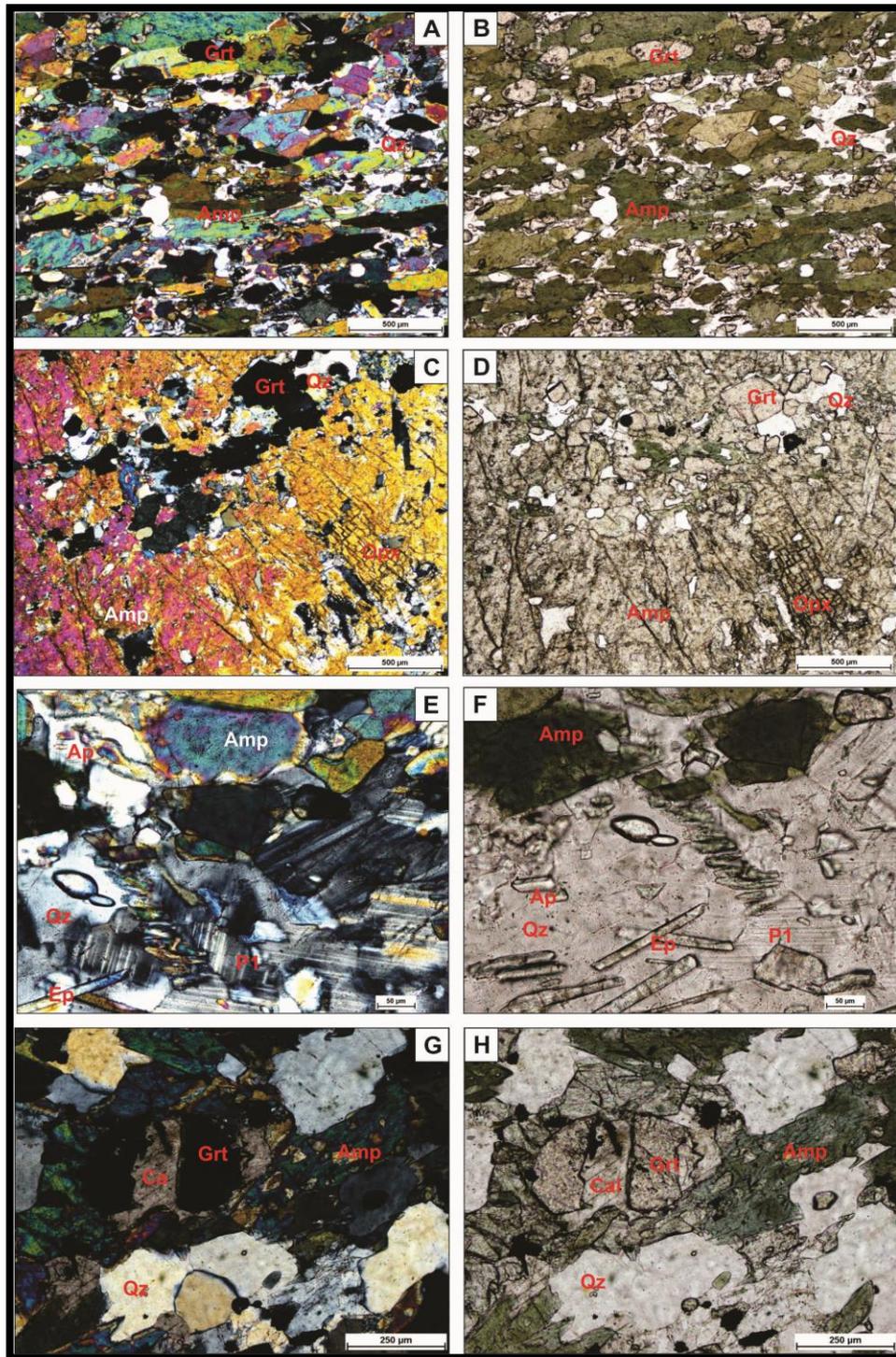
**Figura 9** - Fotomicrografia das lâminas mostrando: (A) visão geral da seção delgada, com as bandas de hornblenda (Hbl) e quartzo-feldspáticas; (B) associação de granadas (Grt) e opacos (Opq), com opaco consumindo a granada; epidotos (Ep) ripiformes inclusos no quartzo (Qz) sob luz natural (C) e luz polarizada (D); titanita (Spn) inclusa na hornblenda sob luz natural (E) e luz polarizada (F); padrão de distribuição de opacos, vinculados à augita (Aug) e granada, sob luz natural (G) e polariza (H). Autor: Joni Marques (2015).

No que tange aos aspectos macromorfológicos da amostra R10 (figura 10), esta é uma rocha de coloração predominantemente esverdeada, com algumas zonas de cor alaranjada a marrom e outras de cor mais esbranquiçada. Os minerais apresentam-se bem orientados em foliações, onde há intercalações de minerais esverdeados com os minerais alaranjados a marrom e os de cor branca. Esta configuração indica a atuação do metamorfismo neste litotipo. A identificação dos seus minerais constituintes não pode ser feita macroscopicamente, dado a sua granulometria ser fina; contudo, se consegue ver um brilho metálico de alguns deles.

Durante a análise microscópica, a amostra (figura 11) apresenta estrutura bandada, mostrando em sua maioria textura nemato grano-poiquiloblástica, com dois poiquiloblastos de anfibólio (figura 10). O tamanho dos cristais apresenta, em sua maioria, tamanhos variando de 0,05 mm a até 2,5 mm. A composição mineralógica é representada por: 44% de anfibólio (hornblenada), 13% de quartzo, 9% de granada, 7% de plagioclásio, 7% de piroxênio (clinopiroxênio – augita), 7% de clorita, 4% de K-feldspato, 4% de titanita, 2% de epidoto, 2% de opacos e 1% de zircão, apatita e calcita. Em função do exposto, a rocha foi identificada como um anfibolito.



**Figura 10** – Anfibolito exibindo foliação e o brilho metálico de alguns dos seus constituintes mineralógicos com granulometria fina.



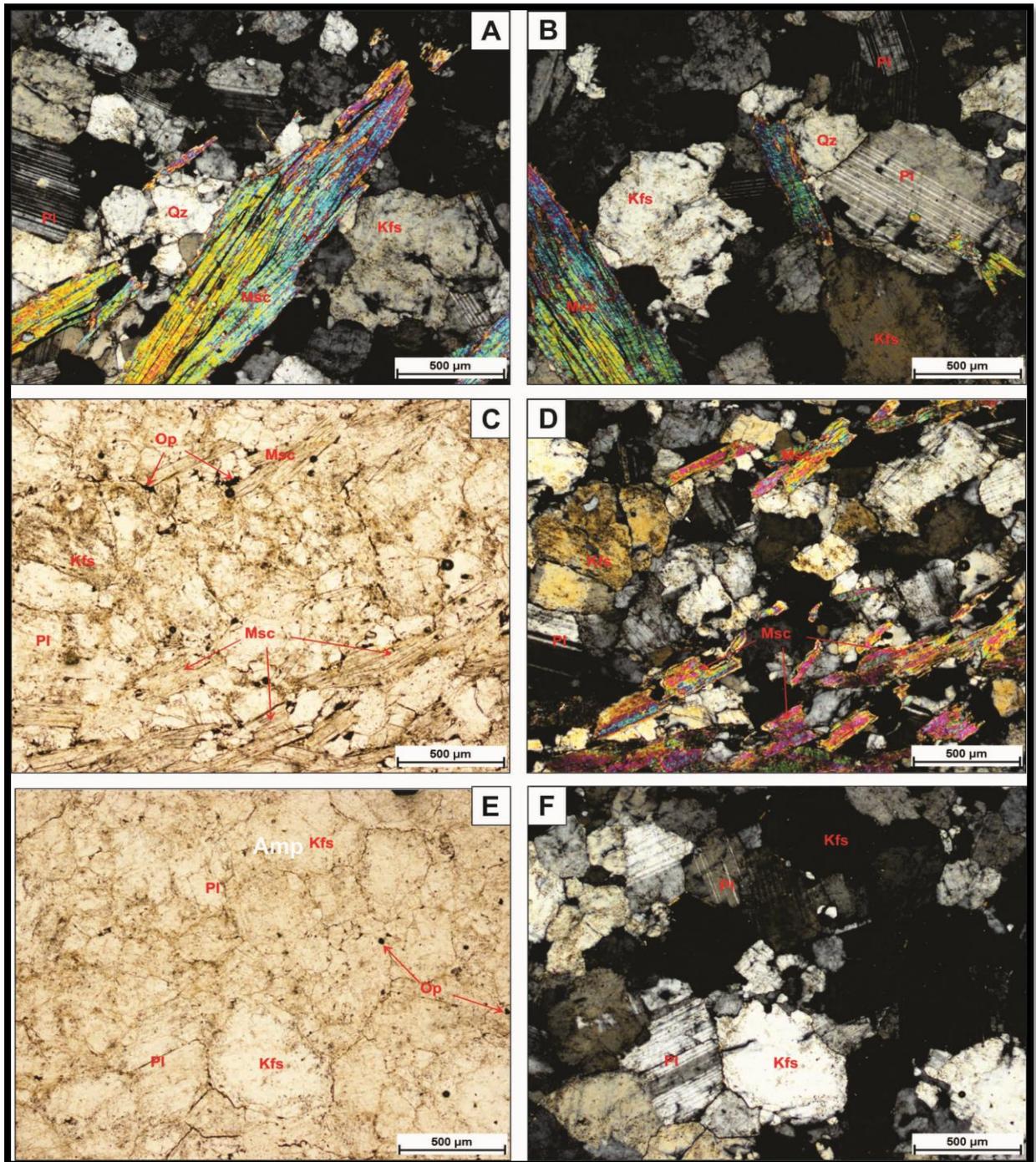
**Figura 11** - Fotomicrografia mostrando: visão geral da seção delgada com predominância de Anfibólio (Amp), quartzo (Qz) e granada (Grt), sob luz polariza (A) e natural (B); anfibólio (Amp) com restício de piroxênio (Cpx) e inclusões de quartzo (Qz) e granada (Grt) sob luz polarizada (C) e natural (D); veio félsico com quartzo (qz), plagioclásio (Pl) e epidoto (Ep) em luz polarizada (E) e natural (F); calcita (Cal) crescendo associada aos veios félsicos e à granada (Gr) e ao anfibólio (Amp) em luz polarizada (G) e luz natural (H). Autor: Joni Marques (2015).

A amostra R11 é maciça, com textura média a grossa, possui coloração cinza clara a branca em sua porção não alterada e cinza em alguns locais, provavelmente, oxidação nos cristais de quartzo e feldspato. A rocha possui mineralogia básica de k-feldspato, plagioclásio, quartzo e muscovita. Estruturalmente exhibe uma foliação formando pequenas camadas (figura 12).



**Figura 12** – Meta muscovita quartzo monzonitos com coloração cinza clara a esbranquiçada e com granulometria grossa.

Já com relação à análise microscópica, a amostra (figura 13) apresenta estrutura maciça, mostrando em sua maioria textura granolepidoblástica com a granulação variando de média a grossa (figura 13). O tamanho dos cristais apresenta, em sua maioria, tamanhos variando de menores que  $100\mu\text{m}$  a até  $2800\mu\text{m}$ . Mineralogicamente, o exemplar R11 é formado por: 40% de plagioclásio, 30% de K-feldspato, 20% de muscovita, 9% de quartzo, 1% granada, zircão, apatita e opaco. Portanto, a rocha em questão é Meta muscovita quartzo monzonitos.



**Figura 13** - Fotomicrografia mostrando (A e B) minerais de K-feldspato (Kfs) junto com quartzo (Qz) e plagioclásio (Pl) em luz polarizada; (C e D) minerais de muscovita (Msc) orientadas, feldspato potássico (Kfs) e plagioclásio (Pl) formando uma textura granolepidoblástica em luz natural e polarizada, respectivamente; (E e F) aglomerado de K-feldspato (Kfs) com plagioclásio (Pl) em luz natural e polarizada, respectivamente. Autor: Joni Marques (2015).

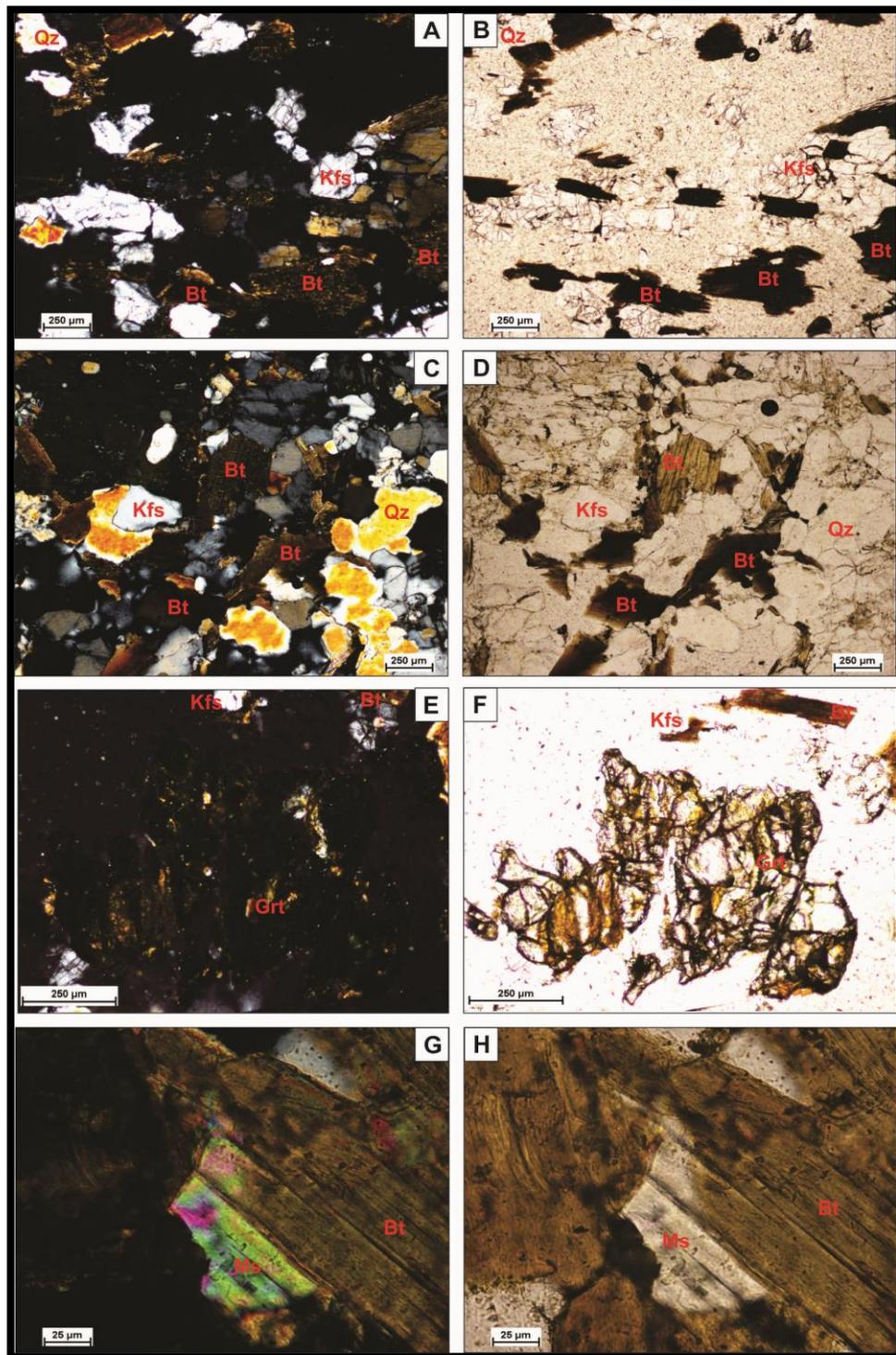
O exemplar R12 (figura 14) é maciço, com textura granoblástica a granonematoblástica equigranular, possui granulometria média a fina, coloração cinza clara a

branca em sua porção não alterada e amarelada ou cinza escuro em alguns locais. Estruturalmente, exibe um ligeiro bandamento formando pela alternância de minerais máficos e félsicos. A rocha exibe mineralogia composta por 15% de feldspato potássico (Kfs), 20% de biotita (bt), 25% de plagioclásio - Albita - (Pl), 15% de quartzo (Qz), 15% de muscovita (Ms), 9% de granada (Grt) e 1% de apatita (Ap), zircão (Zrn), clorita (Chl) e opacos. Ademais, a rocha apresenta grau de alteração baixo a nulo, logo sendo denominada como Muscovita biotita gnaiss com granada.



**Figura 14** - Muscovita biotita gnaiss com granada com colocação cinza clara a esbranquiçada e amarelada com granulometria média a fina.

A amostra apresenta uma estrutura maciça, levemente bandada, mostrando textura granoblástica a granonematoblástica equigranular com a granulação variando de média a fina (figuras 14 e 15). Corresponde a um material bastante alterado, em que o tamanho dos minerais, na maioria dos casos, varia de 0,25 a 1,5 mm.



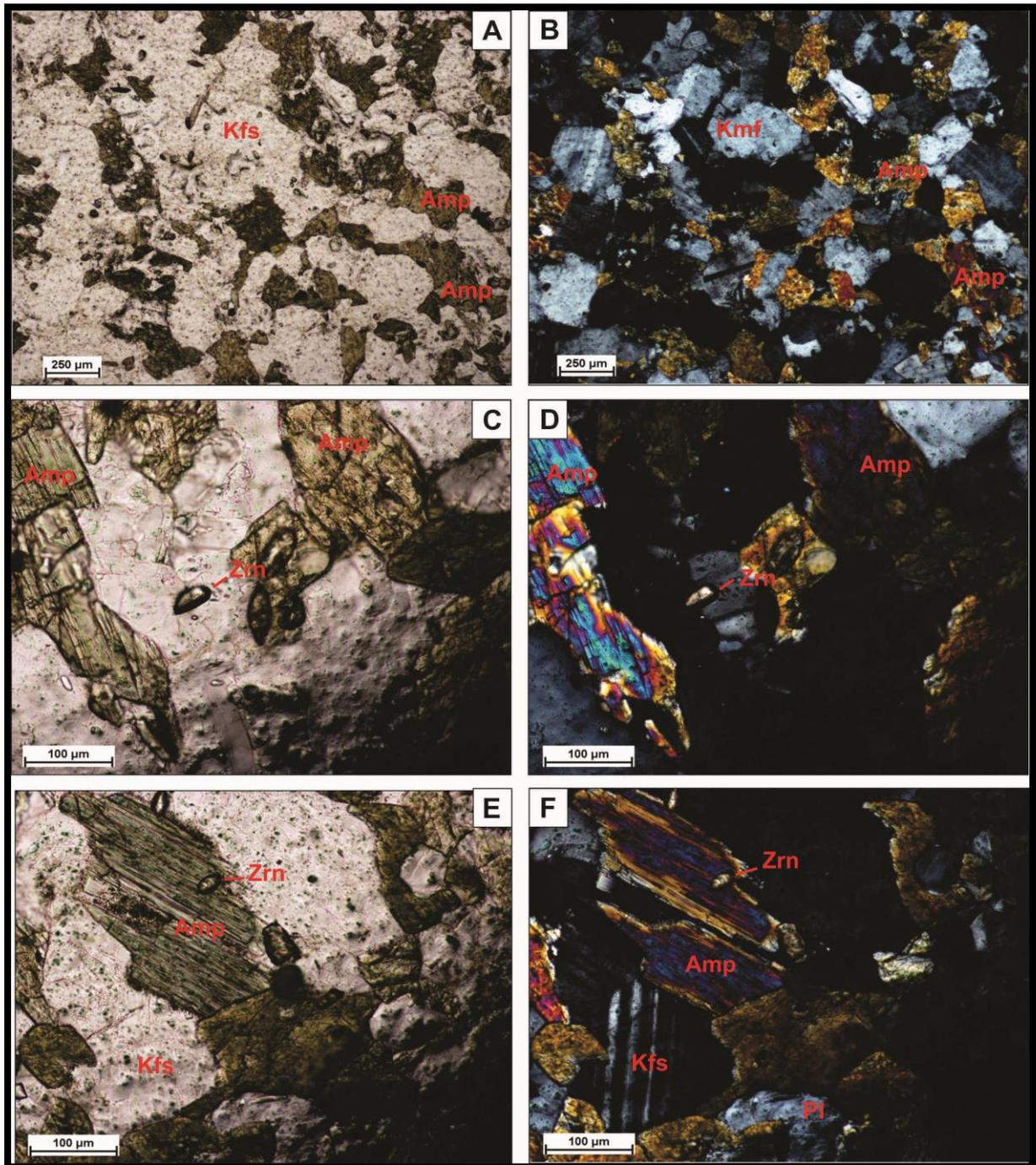
**Figura 15** - Fotomicrografia da lâmina mostrando: (A) textura granolepidoblástica com bandas de biotitas (Bt) com luz ortoscópica (B) textura granolepidoblástica com bandas de biotitas com luz natural polarizada (C) textura granoblástica em luz ortoscópica (D) textura granoblástica em luz natural polarizada (E) granada fraturada (Grt) com luz ortoscópica (F) granada fraturada com luz ortoscópica (G) alteração da biotita para muscovita (Ms) com luz ortoscópica. (H) alteração da biotita para muscovita com luz natural polarizada. Autor: Joni Marques (2015).

O exemplar R15 é maciço, possui uma textura granoblástica a granonematoblástica equigranular com a granulação variando de fina a média e coloração cinza escura. Estruturalmente, exibe um ligeiro bandamento formado pela alternância de minerais máficos e félsicos (figura 16). A rocha detém 40% de anfibólio – hornblenda- (Amp), 25% de quartzo (Qz), 15% de plagioclásio - Albita- (Pl), 15 % de feldspato (Kfs) e 5% de zircão (Zrn), apatita (Ap) e granada (Grt). Por isso, foi classificada como um anfibolito gnaisse.



**Figura 16** – Anfibolito gnaisse com coloração cinza escura a esbranquiçada e com granulometria fina a média.

Na análise microscópica, a amostra apresenta uma estrutura levemente bandada, mostrando textura granoblástica a granonematoblástica equigranular com a granulação variando de fina a média (figura 17). O tamanho dos cristais apresenta, em sua maioria, tamanhos variando de menores que 1 mm a até 2,5mm.



**Figura 17** - Fotomicrografia mostrando: (A) textura granonematoblástica com bandas de anfibólio com luz natural polarizada; (B) textura granonematoblástica com bandas de anfibólio com luz ortoscópica; (C) anfibólio e zircão, esse incluído no feldspato com luz natural polarizada; (D) anfibólio e zircão, esse incluído no feldspato com luz ortoscópica; (E) anfibólio e zircão, esse incluído no próprio anfibólio com luz ortoscópica e (F) anfibólio e zircão, esse incluído no próprio anfibólio com luz natural polarizada. Autor: Joni Marques (2015).

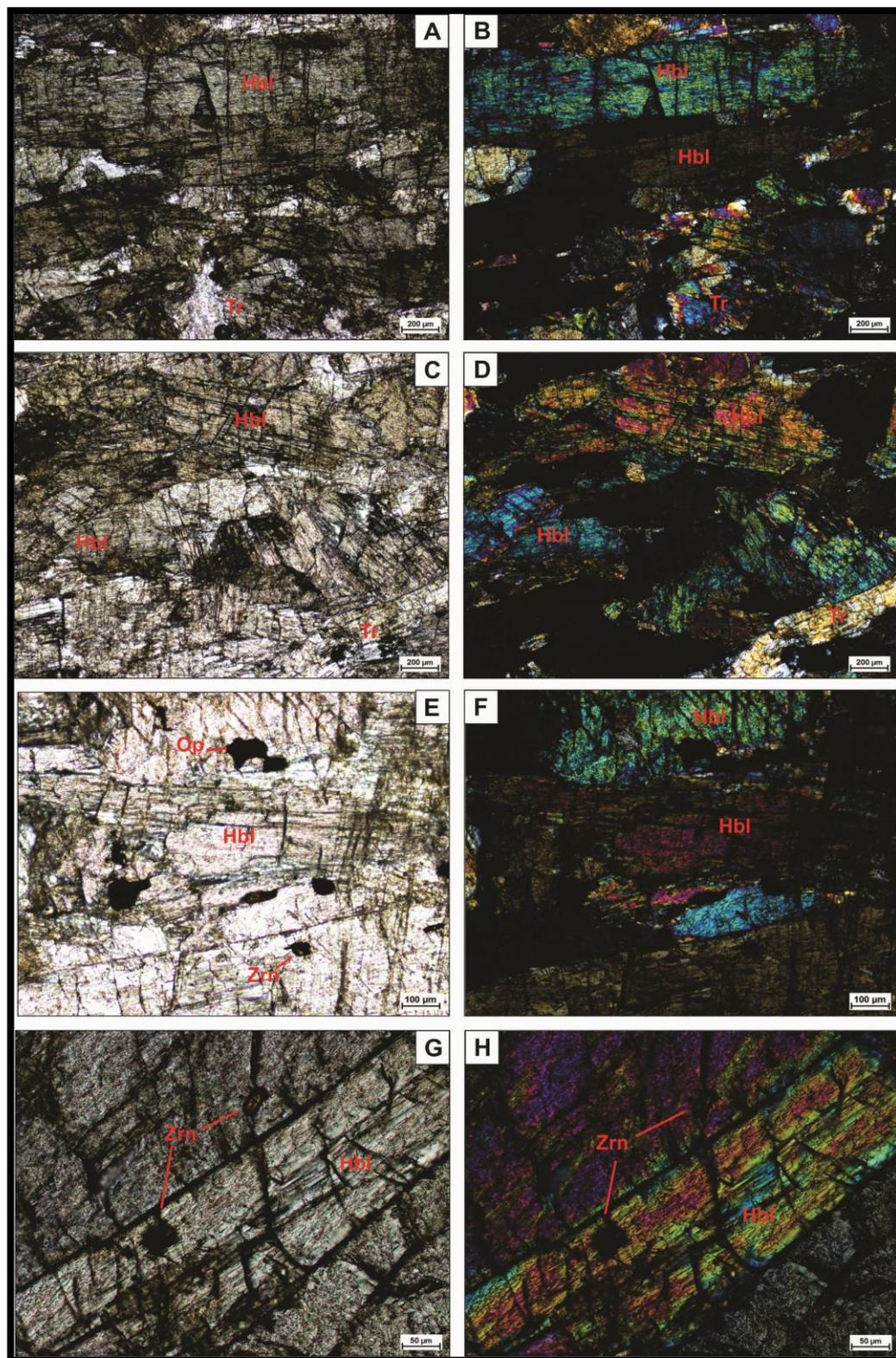
A rocha R27 apresenta estrutura foliada e com textura nematoblástica composta de pequenos cristais prismáticos de anfibólio. A rocha exibe coloração verde escuro, observou-se que a composição do exemplar é quase exclusivamente de anfibólio do tipo hornblenda, o qual forma 89% da rocha (figura 18). Os demais minerais constituintes da referida e suas percentagens são: 10% de tremolita, 0,5% de zircão e 0,5% de opacos. Por isso, o exemplar em questão é um anfibolito.

Os cristais dos minerais listados apresentam-se orientados e com tamanhos de aproximadamente 1 mm em seu eixo maior. A amostra R27 exibe algumas fraturas, mas não pontos de aumento do grau de alteração. No teste com o HCl (10%), a rocha não apresentou efervescência, indicando a ausência de minerais com carbonato de cálcio -  $\text{CaO}_3$ .



**Figura 18** - A rocha apresenta estrutura foliada, com textura nematoblástica composta de pequenos cristais prismáticos de anfibólio.

Na análise microscópica, a amostra apresenta textura foliada, com textura nematoblástica, formada pela orientação de cristais de hornblenda. Os tamanhos dos cristais variam de 0,2 a 1 mm, podendo chegar a 1,3 mm em seu eixo maior, geralmente seguindo um único sentido de orientação. A maioria dos cristais exibe forma subeudral, com contatos entre os grãos do tipo plano (figura 19).



**Figura 19** - Fotomicrografia da lâmina mostrando que a rocha exibe textura nematoblástica microgranular, mineralogicamente formada por hornblenda (Hbl), tremolita (Tr), zircão (Zr) e opacos (Op). Fotos A, C, E e G – Luz Natural e Fotos B, D, F e G – Luz Polarizada. Autor: Joni Marques (2015).

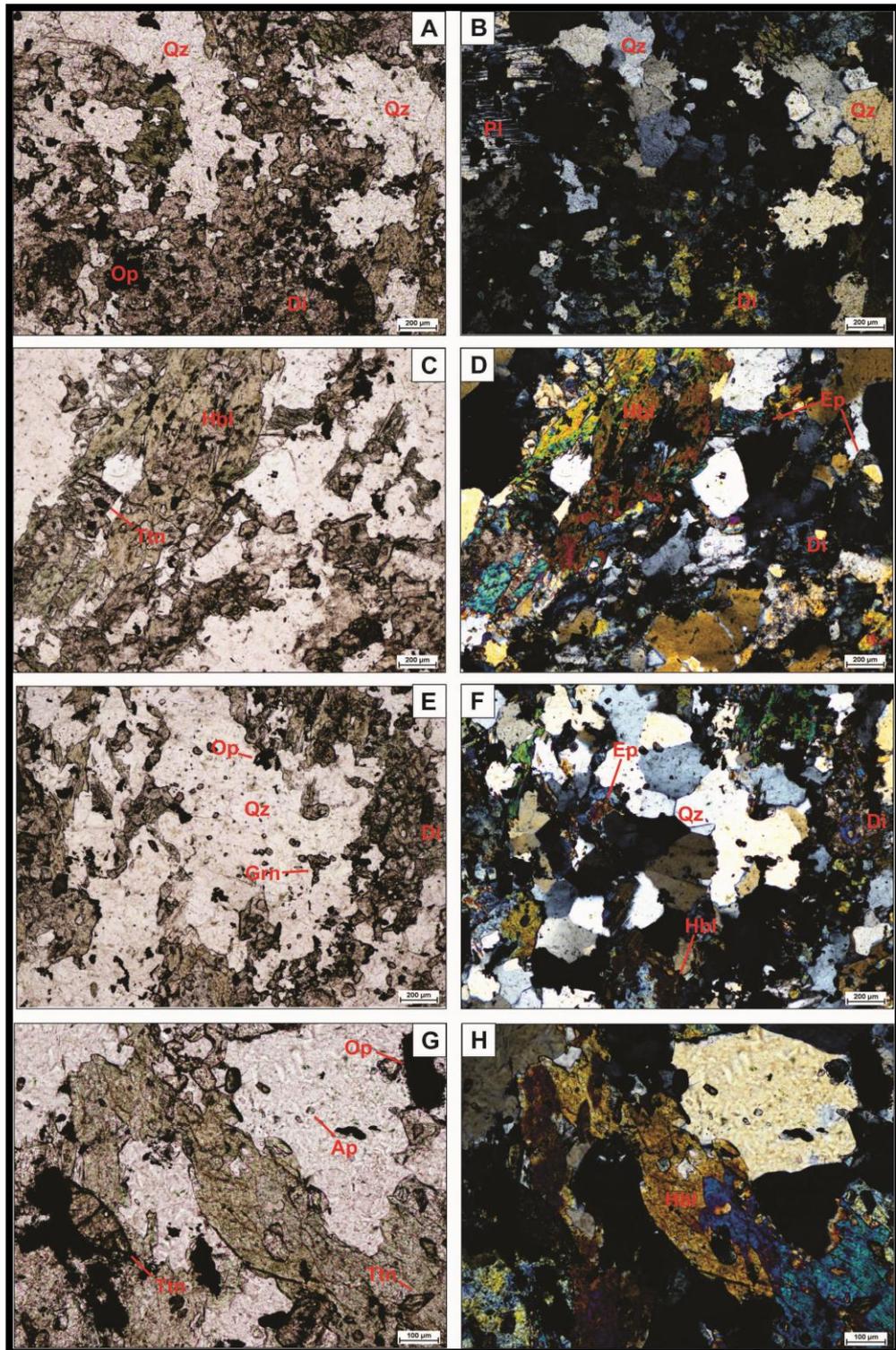
Macromorfológicamente, a rocha R39 apresenta coloração verde clara a acinzentada, com bordas de coloração marrom, produto de alterações intempéricas na liberação de carbonato de cálcio ( $\text{CaO}_3$ ). Apresenta estrutura maciça, com presença de pequenos cristais orientados de coloração escura e outro de coloração castanha, provavelmente anfibólio e granada respectivamente (figura 20).

Exibe uma crosta de alteração com material sedimentar característico de rochas calcissilicáticas, devido à interação com água meteórica, que gera uma crosta de oxidação de minerais ferro-magnesianos. Durante o teste com HCl (10%) não houve efervescência, indicando ausência de minerais com carbonato de cálcio -  $\text{CaO}_3$ .



**Figura 20** - Calcissilicática com estrutura maciça e crosta de alteração na porção externa da amostra.

Por meio do exame micromorfológico, detectou-se que a rocha é metamórfica. Esta possui estruturas granulares com leve tendência para foliação. A textura é granoblástica, mostrando uma matriz fina, cujos grãos de minerais apresentam poucas variações de tamanhos, geralmente exibindo dimensões de 0,3 a 0,8 mm (figura 21). Com base nisso, percebeu-se que a rocha protólito era sedimentar. 25% de quartzo, 18% de anfibólio (hornblenda), 16% de piroxênio (diopsídio), 10% de epidoto, 10% de titanita, 9% de plagioclásio, 6% de opacos, 5% de granada e 1% de apatita. Logo a rocha foi classificada como uma Calcissilicática.



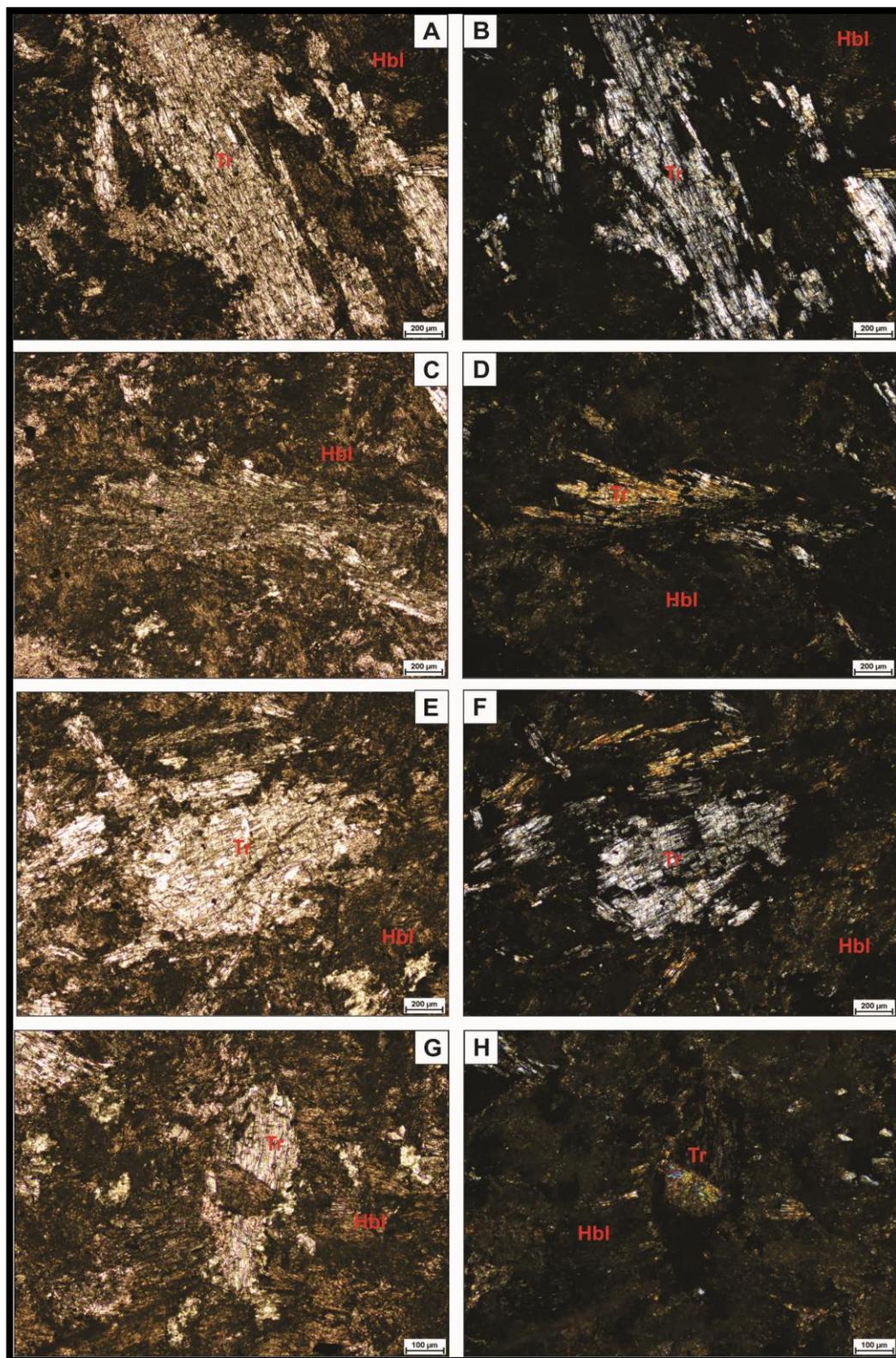
**Figura 21** - Fotomicrografia da lâmina mostrando que a rocha exibe textura granoblástica microgranular, mineralogicamente constituída por quartzo (Qz), hornblenada (Hbl), diopsídio (Di), epidoto (Ep), titanita (Ttn), plagioclásio (Pl), minerais opacos (Op). E com veio de composição mineralogia de quartzo (Qz) e calcita (Cal). Fotos A, C, E e G – Luz Natural; Fotos B, D, F e G – Luz Polarizada. Autor: Joni Marques (2015).

A amostra R41 (figura 22) apresenta estrutura foliada marcada pela orientação prismática de pequenos cristais de anfibólio, apresentando coloração verde clara, com pequenas zonas de coloração esbranquiçadas, produto da alteração intempérica. Em alguns pontos da rocha há uma leve textura xistosa, porém a morfologia dos cristais mostra que a rocha é composta por pequenos cristais prismáticos. Em dados setores da amostra, observam-se pequenos cristais de coloração escura, não sendo identificados em análise macroscópica. Em teste com o HCl (10%), a rocha não apresentou efervescência a ausência de minerais com carbonato de cálcio –  $\text{CaCO}_3$ .



**Figura 22** - Anfibolito evidenciando a estrutura foliada devido à orientação prismática de pequenos cristais que parecem ser de anfibólio, apresentando coloração verde clara, com pequenas zonas de cor esbranquiçadas, provavelmente produto de alteração intempérica.

No âmbito microscópico (figura 23), a amostra apresenta textura aparentemente foliada, mas com grau de alteração relativamente alto, pois a maioria dos cristais apresenta coloração amarronzada, provavelmente por exibirem maior grau de intemperismo. Devido a isto, não foi possível identificar todos os cristais presentes na lâmina, mas observou-se a presença de 83% de hornblenda, 15% de tremolita e 2% de opacos, provavelmente hematita e/ou magnetita (figura 23). A dimensão dos minerais não ultrapassa os 1,5 mm, sendo a média em torno de 0,8 mm em seu eixo maior. Com base nisso, a rocha foi identificada como um anfibolito.



**Figura 23** - Fotomicrografia da lâmina mostrando que a rocha exibe textura nematoblástica microgranular, mineralogicamente formada por hornblenda (Hbl), tremolita (Tr) e opacos (Op). Fotos A, C, E e G – Luz Natural; Fotos B, D, F e G – Luz Polarizada. Autor: Joni Marques (2015).

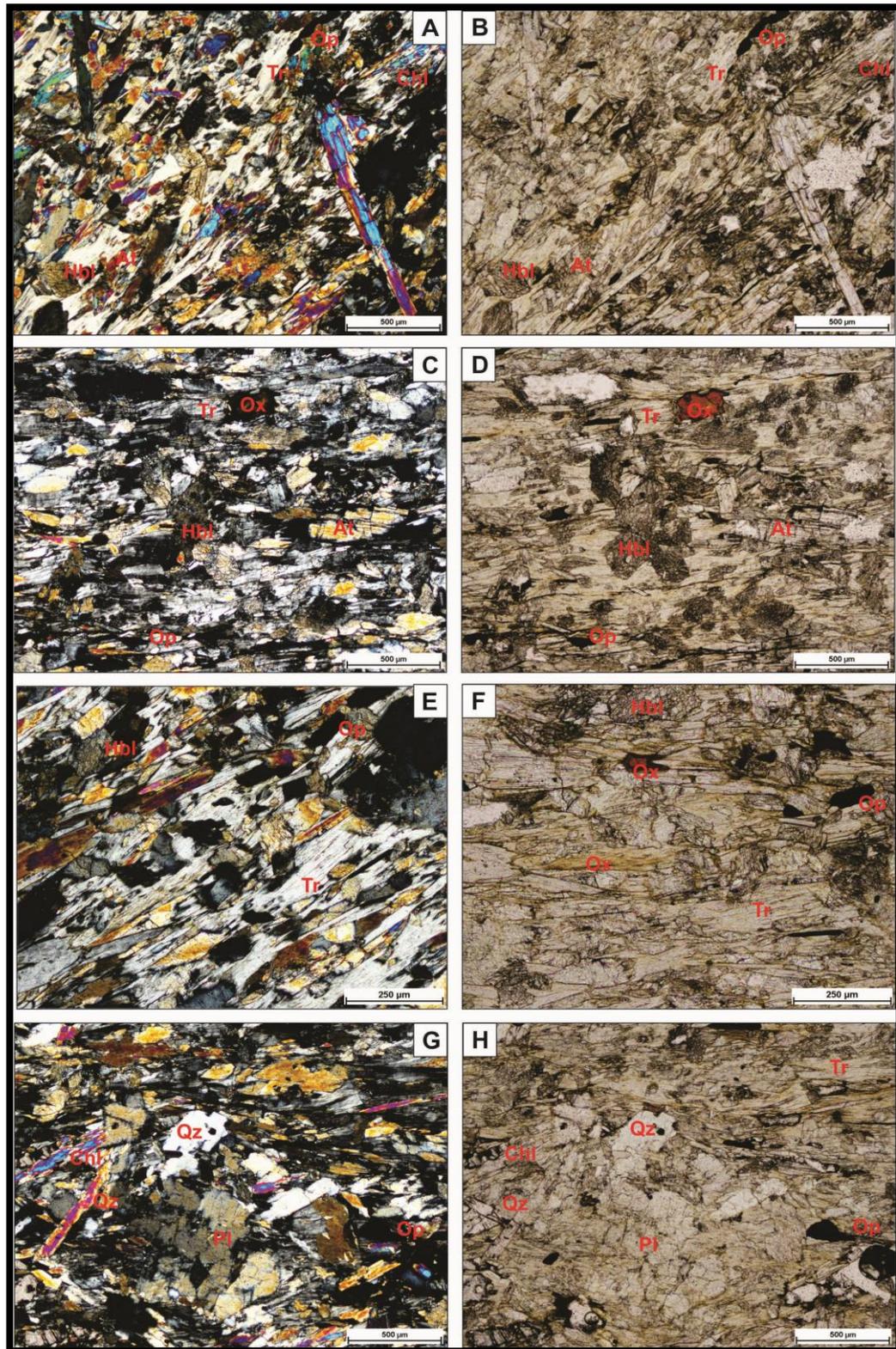
O exemplar R46 é uma rocha de cor predominantemente esverdeada, com várias zonas de cor alaranjada a marrom e poucas de cor esbranquiçada. Observou-se um bom desenvolvimento da orientação dos minerais (foliação), notando-se alguma intercalação entre os minerais de cor esverdeada com os minerais de cor alaranjada a marrom. Este fato é um indicador de que a rocha sofreu metamorfismo.

A identificação dos seus minerais constituintes não é passível de ser feita macroscopicamente, dado a sua granulometria ser fina. Contudo, consegue-se ver um brilho metálico em alguns dos referidos. Além disso, foi visível sinais de meteorização da rocha em suas faces laterais e em alguns setores internos (figura 24).



**Figura 24** - Fotografia mostrando as rochas com uma intercalação de coloração esverdeada e alaranjada a marrom, pontualmente esbranquiçada, com granulometria fina.

Na análise microscópica, a amostra apresenta estrutura foliada, mostrando em sua maioria textura nematoblástica microgranular. O tamanho dos cristais apresenta, em sua maioria, tamanhos variando de 0,050 mm a até 1,5 mm. Mineralogicamente, a referida é formada por: 80% de anfibólio, 7% de quartzo, 7% de plagioclásio, 3% clorita e 3% de opacos (figura 25). Logo, a amostra foi classificada como Anfibolito



**Figura 25** - Fotomicrografia das lâminas mostrando que as rochas exibem uma textura nematoblástica microgranular, formada por hornblenda (Hbl), tremolita (Tr), antofilita (At), clorita (Chl), quartzo (Qz), Plagioclásio (Pl), Óxidos (Ox) e opacos (Op). Fotos A, C, E e G – Luz Polarizada; Fotos B, D, F e H – Luz Natural. Autor: Joni Marques (2015).

Com base nas descrições acima, nota-se que a MH em estudo é composta por diversos litotipos (mapa 2), e estes são basicamente metamórficos e formados, sobretudo, pelos seguintes minerais: hornblenda, actinolita, plagioclásio, k-feldspato, quartzo, biotita, muscovita e granada. Tais ocorrências estão de acordo com o contexto regional (CAVALCANTE *et al.*, 2003; FORGIARINI; BRAGA, 2011) e expõe a intensa tectônica que a área de estudo sofreu ao longo do tempo geológico.

Tais minerais são compostos por inúmeros elementos e compostos químicos, os quais variam em percentagens e são fundamentais para o ciclo de matéria e fluxos energéticos em toda a MH aqui tratada. A análise geoquímica das rochas desponta como uma técnica que vem a subsidiar a identificação dos minerais, a classificação da rocha e sua correlação com os demais elementos paisagísticos, sobretudo com os solos.

Segundo o quadro 4, verifica-se que os minerais encontrados em todas as lâminas petrográficas são basicamente constituídos por sílica ( $\text{SiO}_2$ ), a qual está em maior e menor percentual nas amostras R8-1 (84,4%) e R5-2 (39,2%). Já o segundo maior componente dos minerais é o alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), o qual varia de 19,4%, na amostra R11, e 5,4% na R5-2. O óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ) é o terceiro composto ocupa percentagens significativas das amostras, pois varia de 12,1%, no exemplar R9, e 1,1% na amostra R11. O óxido de ferro ( $\text{FeO}$ ) é o quarto composto mais abundante nas rochas, para tanto varia entre 15,8%, da amostra R9, e 0,6% na amostra R8-1.

Os compostos menos expressivos encontrados foram o trióxido de enxofre -  $\text{SO}_3$  (0,3% na amostra R38), dióxido de carbono -  $\text{CO}_2$  (25,3% na amostra R5-2), óxido de manganês (0,3% do R8-2). Os demais apresentam percentagens variáveis conforme o litotipos que os contém e, no geral, são menos expressivos que os elementos mais abundantes citados.

**Quadro 4 - Resultados das análises geoquímicas das lâminas petrográficas da MH.**

Col.	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	MnO	FeO	CO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>
-----%-----											
R1	5,834	-	12,569	77,553	1,580	-	1,572	-	0,800	0,092	-
R5-1	-	21,991	6,990	53,763	6,644	-	10,613	-	-	-	-
R5-2	0,916	14,671	5,428	39,282	8,263	-	6,061	25,379	-	-	-
R8-1	3,685	-	9,230	84,404	1,325	-	0,636	-	0,702	0,019	-
R8-2	4,170	0,541	11,278	79,155	2,032	0,359	2,464	-	-	-	-
R9	1,334	5,822	14,043	48,942	12,153	-	15,898	-	0,522	1,286	-
R10	3,172	6,930	15,212	49,767	9,306	-	14,456	-	0,353	0,803	-
R11	8,262	-	19,472	68,878	1,129	-	0,688	-	1,571	-	-
R12	3,989	-	10,134	81,657	1,466	-	1,519	-	1,236	-	-
R15	4,622	5,354	16,381	53,157	10,034	-	10,453	-	-	-	-
R27	1,488	14,878	8,899	50,439	10,698	-	13,597	-	-	-	-
R39	0,708	0,966	16,688	69,148	10,056	-	1,851	-	0,013	0,207	0,362
R41	0,287	25,652	11,080	48,728	3,399	-	9,664	-	0,492	0,697	-
R46	0,566	25,958	12,809	45,233	3,432	-	11,791	-	0,212	-	-

Apesar das lâminas petrográficas mostrarem muitos exemplares de anfibolitos, estes não são os mais abundantes na área de pesquisa, visto que as rochas calcissilicáticas e metagranitos ocupam a maior parte da bacia, onde afloram irregularmente na paisagem, porém ocupando, especialmente, os topos laterais da MH do riacho Carrapateiras. Por outro lado, os anfibolitos costumam situar-se no terço médio a inferior da MH citada em forma de lentes encaixadas nos metagranitos, ricos em moscovitas, k-feldspatos, plagioclásios e quartzos.

Dentre os minerais detectados, a granada é um indicador de que as rochas sofreram metamorfismos de alto grau, isto é formaram-se em um contexto de altas pressões e temperaturas. Contudo, de acordo com a expressão e dimensões das granadas, acredita-se que foram formadas em um tempo geológico relativamente curto.

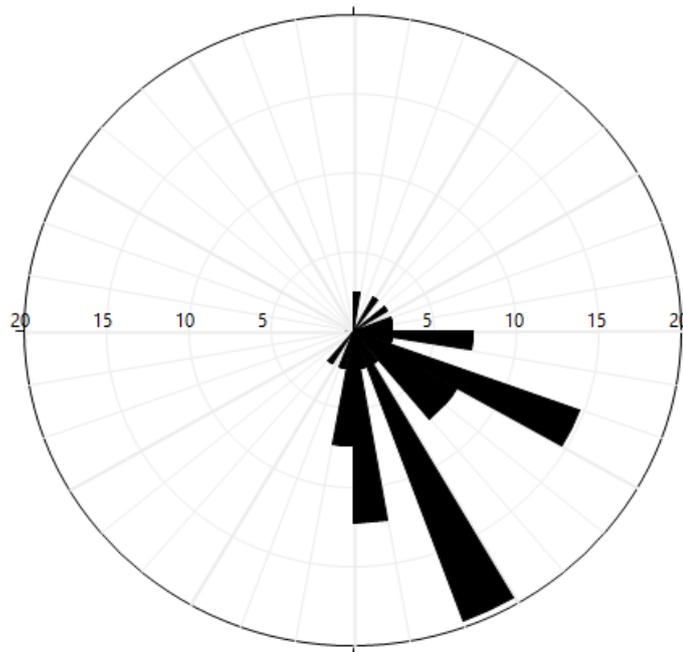
As ocorrências de foliações gnáissicas e xistosas em anfibolitos, gnaisses e rochas calcissilicáticas também sugerem a atuação do metamorfismo regional de pelo menos médio grau na área de estudo. A MH em análise está inserida em uma zona de cisalhamento antiga e estável, cuja gênese remete-se ao Pré-Cambriano, levando em conta as datações das rochas presentes nas adjacências.

Os processos metamórficos promovidos pelas movimentações das placas tectônicas desencadearam intensos dobramentos, fraturamentos, criaram sistemas distensivos, atualmente preenchidos por diabásios, e ativaram falhas antigas. Assim, houve o soerguimento regional de blocos rochosos do Complexo Cruzeta, criando os maciços

crystalinos (serras secas) do Tecelão, Lagoa Seca, Coqueiros, Pipocas, Belém e outros lineamentos de orientações NE-SO.

A fim de entender o arranjo estrutural associado à zona de cisalhamento presente na área, foram coletadas 41 medidas de direção de fraturas dispostas nos afloramentos rochosos. Esses dados estão representados no diagrama de roseta (figura 26), os quais indicam em primeira instância uma disposição preferencial NW-SE. As fraturas coletadas representam a área como um todo, estando dispostas em pontos bem dispersos, ora tendo mais de uma medida por afloramento.

Em um exame detalhado, foi constatado que aproximadamente 21% das fraturas estão na direção N-S, se consideradas atitudes variando até 10 graus. Cerca de 62% das fraturas coletadas estão orientadas na direção NW-SE e os outros 9% dos dados de fratura apresentam direção para E-W. Os 8% restantes representam fraturas de direções diversas.



**Figura 26** - Diagrama de roseta expondo as direções das principais três famílias de fraturas presentes nas rochas da MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE.

Esta análise permitiu aferir que existem três famílias principais de fraturas, de acordo com a amostragem coletada: a família principal de direção NW-SE, indicada pelo vetor médio preferencial de 136° Az e pela “pétala” mais expressiva entre 151° Az e 160° Az (19,5% dos valores); a segunda família mais expressiva de direção N-S e a terceira família de direção E-W. Portanto, estas são as principais características litoestruturais da área de pesquisa.

## **5 ANÁLISE DOS ELEMENTOS AMBIENTAIS DA MH DO RIACHO CARRAPATEIRAS (TAUÁ-CE): DOS ASPECTOS CLIMÁTICOS AOS GEOMORFOLÓGICOS**

### **5.1 Análise dos aspectos climatológicos da área de pesquisa**

Sabe-se que o movimento translacional, a inclinação do eixo de rotação e a esfericidade da Terra são os principais responsáveis pelas ocorrências dos diferentes climas do globo. Segundo Steinke (2012), estes fatores influenciam o fluxo de radiação que o planeta recebe do sol conforme a latitude e a estação do ano, pois condicionam a altura do sol (ângulo gerado entre o raio de sol incidente e a superfície terrestre).

As regiões equatoriais recebem maior quantidade de radiação solar em função do alto ângulo de incidência (aproximadamente 90°), provocada pela elevada altura do sol. Esta condição faz com que os dias e as noites tenham durações semelhantes, haja poucas variações climáticas, as temperaturas serem elevadas ao longo do ano inteiro e existam altos índices pluviométricos nas regiões citadas.

Dentro do âmbito equatorial, destaca-se o Nordeste brasileiro, o qual é comumente conhecido pela sua condição socioambiental, sobretudo no que tange à Caatinga e ao seu clima Tropical quente semiárido. Este clima, por sua vez, é caracterizado por longos períodos de estiagens durante o ano, altas taxas de insolação, temperaturas médias variantes de 20° a 28° e provoca inúmeros problemas socioeconômicos para a população que não está adaptada a conviver com tais fenômenos climáticos. Segundo Ab'Saber (1999), o clima semiárido no Nordeste é azonal, uma vez que este encontra-se próximo a linha do Equador, zona equatorial, onde era para existir uma condição climática quente e muito úmida, como ocorre em diversos setores desta zona ao longo da Terra.

Os fatores que causam tal fenômeno são complexos, ainda não são plenamente conhecidos e estão longe de suscitarem em um consenso em função da natureza complexa da dinâmica atmosférica e do ciclo hidrológico. No entanto, vários estudos foram e são desenvolvidos em busca de solucionar essa questão (NIMER, 1964; MOLION; BERNARDO, 2000; FERREIRA; MELLO, 2001; ZANELLA, 2007; KAYANO; ANDREOLI, 2009), pois inúmeros são os condicionantes que contribuem para a configuração climática e existência de quadras chuvosas no Nordeste brasileiro.

Atualmente, grande parte das pesquisas meteorológicas e climatológicas desenvolvidas para explicar o clima nordestino utilizam os sistemas atmosféricos para compreender as características climáticas da região mencionada. Por isso, para Molion e Bernardo (2000), os mecanismos dinâmicos de grande escala produzem de 30% a 80% das precipitações pluviais no Nordeste brasileiro, e os sistemas de meso e micro escala completam o restante. Nesta perspectiva, destaca-se Ferreira e Mello (2005), os quais indicam os principais sistemas atmosféricos inibidores e causadores de chuvas no Nordeste do Brasil que são apresentados a seguir.

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é um bandamento de nuvens que circunda o equador térmico da Terra. Para Ferreira e Mello (2005), este sistema atmosférico é formado pela confluência dos ventos alísios dos hemisférios Sul e Norte, cuja colisão entre os referidos, em baixos níveis atmosféricos, promove as ascensões do ar quente e úmido. Tal fenômeno desencadeia a convecção do ar, gerando assim nuvens, um setor de baixa pressão, a elevação térmica da superfície do mar e precipitações.

A atuação da ZCIT varia sazonalmente entre as latitudes 14° Norte, em agosto e outubro, até 4° Sul, entre fevereiro a maio, onde atinge o Norte da região nordeste, sendo por isso o principal sistema causador de chuva nesta região. Para os autores citados, o deslocamento latitudinal da ZCIT está correlacionado com a temperatura do oceano Atlântico, onde também há as maiores precipitações, em função de seu tamanho.

Isto é plausível porque, no verão do Hemisfério Sul, o Anticiclone do Atlântico Sul é enfraquecido com a elevação das temperaturas do mar causada pelo periélio (máximo em janeiro), cujas diferenças de térmicas entre a massa continental e oceano são reduzidas (NIMER, 1964). Logo, os ventos de E-W, sobretudo os de NW – SE são atenuados. Em oposição ao exposto, há o fortalecimento do Anticiclone do Açores, no hemisfério Norte, e dos alísios de NE-SW, que juntamente com a mudança do equador térmico da Terra deslocam a ZCIT para as baixas latitudes do hemisfério Sul, provocando as precipitações no Nordeste (KAYANO, ANDREOLI, 2009).

A Frente Fria é outro sistema causador de chuvas e na redução da temperatura do Nordeste brasileiro. Estas são bandas de nuvens formadas pela confluência de massas de ar fria e outra quente e úmida. Deste modo, a primeira penetra como uma cunha sobre a segunda, e, dada à baixa densidade desta, há sua ascensão e condensação, provocando chuvas no Nordeste entre os meses de novembro a janeiro (pré-estação chuvosa).

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) são sistemas de baixas pressões formados na alta troposfera no oceano Atlântico, constituídos por um conjunto de nuvens, as quais apresentam uma disposição relativamente circular com deslocamento no sentido horário (FERREIRA; RAMÍREZ; GRAN, 2009). Este sistema tem seu deslocamento direcional de E-W, geralmente expressa-se entre novembro e março, com maior representatividade nos meses de janeiro e fevereiro, e tendem a atuarem durante sete a dez dias na região Nordeste (FERREIRA; MELLO, 2005). Em suas bordas há o movimento ascendente do ar, o qual causa chuvas e, em seu centro, há a subsidência do ar frio, uma área de alta pressão, o que inibe as ocorrências de precipitações nesta porção.

As Linhas de Instabilidades também são sistemas convectivos que provocam chuvas no Norte do Nordeste e na Amazônia (COHEN; CAVALCANTI; BRAGA; NETO, 2009). As referidas são formadas pelas diferenças de temperaturas e pressões entre o mar e o continente, ou seja, o mar é aquecido e sua água evapora, provocando a convecção desta massa de ar quente e úmida geralmente no final da tarde.

Posteriormente, há atuações da brisa marítima, a qual mobiliza as nuvens cúmulos-nimbos produzidas pela convecção exposta em direção à costa do continente, para onde tendem a adentrar, apesar de sua atuação ser marcante nas zonas costeiras e adjacências. Assim, estes sistemas habitualmente ocorrem de fevereiro a março no Nordeste brasileiro, sendo um importante sistema produtor de chuva da zona litorânea.

Além dos sistemas citados, os Complexos Convectivos de Mesoescalas (CCMs) também têm funções essenciais para as chuvas nordestinas, pois, segundo Assunção *et al.* (2009), estes são os principais responsáveis pela maior parte das precipitações tropicais em vários locais de latitudes médias durante estações quentes. Em conformidade com os autores citados, um CCM é um sistema circular com excentricidade maior que 0,7, composto pelos agrupamentos de nuvens cumulo-nimbos, cujas bigornas compõem uma cobertura contínua e apresentam temperatura infravermelha menor que  $-32^{\circ}$  e compreendem áreas de 100.000 km<sup>2</sup>.

Estes sistemas formam-se na primavera e no verão, no final da tarde e principio da noite, são caracterizados pela alta atividade convectiva e alcançam sua maturidade durante a madrugada, justamente no horário de máxima intensidade dos Jatos de Baixos Níveis. Assim, pode haver a formação de tempestade, porém predomina a ocorrência de chuvas localizadas. Após 6 a 20 h da sua maturação, os CCMs tendem a dissiparem-se (FERREIRA; MELLO, 2005; ASSUNÇÃO *et al.*, 2009).

No âmbito cearense, estes sistemas costumam promover intensas precipitações torrenciais e contínuas durante horas seguidas, o que frequentemente causam os eventos pluviométricos extremos e grandes perdas econômicas, bem como inundações das áreas urbanas e destruição das plantações, estradas e pontes no sertão cearense.

As Ondas de Lestes são sistemas convectivos associados à costa oriental nordestina, porém podem promover precipitações, especialmente no Centro-Norte cearense nos meses de junho, julho e agosto (FERREIRA; MELLO, 2005). Contudo, sua atuação no Ceará não costuma ser frequente, em virtude da distância do seu centro formador e dos obstáculos orográficos que deve suplantar para chegar ao estado mencionado.

As brisas marítimas e terrestres podem influenciar na precipitação da zona costeira nordestina. Estes ventos são causados pela variabilidade térmica e de pressão entre o oceano e o continente. O oceano, por ser composto de água, carece de 4 vezes mais energia para se aquecer que o continente, devido ao seu calor latente (AYOADE, 1996).

Logo, durante o dia, o continente arrefece-se mais rápido do que o oceano, criando uma diferenciação de temperatura e pressão, fomentando o surgimento das brisas marítimas, as quais partem do mar com sentido ao continente e alcança até 100 km deste (FERREIRA; MELLO, 2005). O inverso é verdadeiro, pois quando chega a noite, os ventos mudam de direção e partem do continente para o mar. Tais brisas são denominadas brisas terrestres.

Estas brisas auxiliam para precipitações em função da sua capacidade de impulsionar e transportar massas de ar úmidas e quentes para o continente, onde estas encontram obstáculos orográficos ou ascendem, gerando chuvas.

Atualmente, tem-se levado em consideração a influência do *El niño* para o desencadeamento da estiagem no Nordeste, pois, conforme Ferreira e Mello (2005), o aquecimento anômalo do Pacífico corrobora para a alteração de toda a convecção equatorial para Leste, alterando a célula de Walker e criando uma célula de ar quente subsidente sobre a Amazônia e o oceano Atlântico.

Esta condição, vinculada aos dipolos do Atlântico Sul e Norte, corrobora diretamente para causar ou inibir chuvas no Nordeste do Brasil. Afinal, há anos que o *El niño* e o Anticiclone do Atlântico Sul estão fortalecidos, que há intensificação dos ventos alísios e que a ZCIT é empurrada para o Hemisfério Norte, por isso o dipolo é positivo. Porém, quando

o Anticiclone do Açores estar, energicamente mais forte, tende a empurrar a ZCIT para o Sul, subsidiando as ocorrências de anos normais ou chuvosos no Nordeste do Brasil.

Com relação à existência do período do estio no Nordeste, Dias e Silva (2009) acreditam que uma das explicações para a não formação de chuvas é o fato de, na estação chuvosa da Amazônia, as nuvens estarem atreladas a correntes de ar ascendentes que, majoritariamente, descendem sobre o Nordeste, contribuindo para a não formação de nuvens nesta região, apesar da proximidade com o mar e umidades dos ventos alísios.

Contudo, Nimer (1964), ao tratar das influências das massas de ar polares, do *doldrum*, das frentes intertropicais e da Massa Equatorial Atlântica (MEA), explica por que, durante os meses de julho a novembro, há existência dos bons tempos, baixa nebulosidade e estiagem no Nordeste. Para o referido autor, a proximidade da região citada com o Anticiclone do Atlântico Sul (ASAS), antigamente denominado Centro de Ação do Atlântico Sul, é a principal causa dos fenômenos expostos.

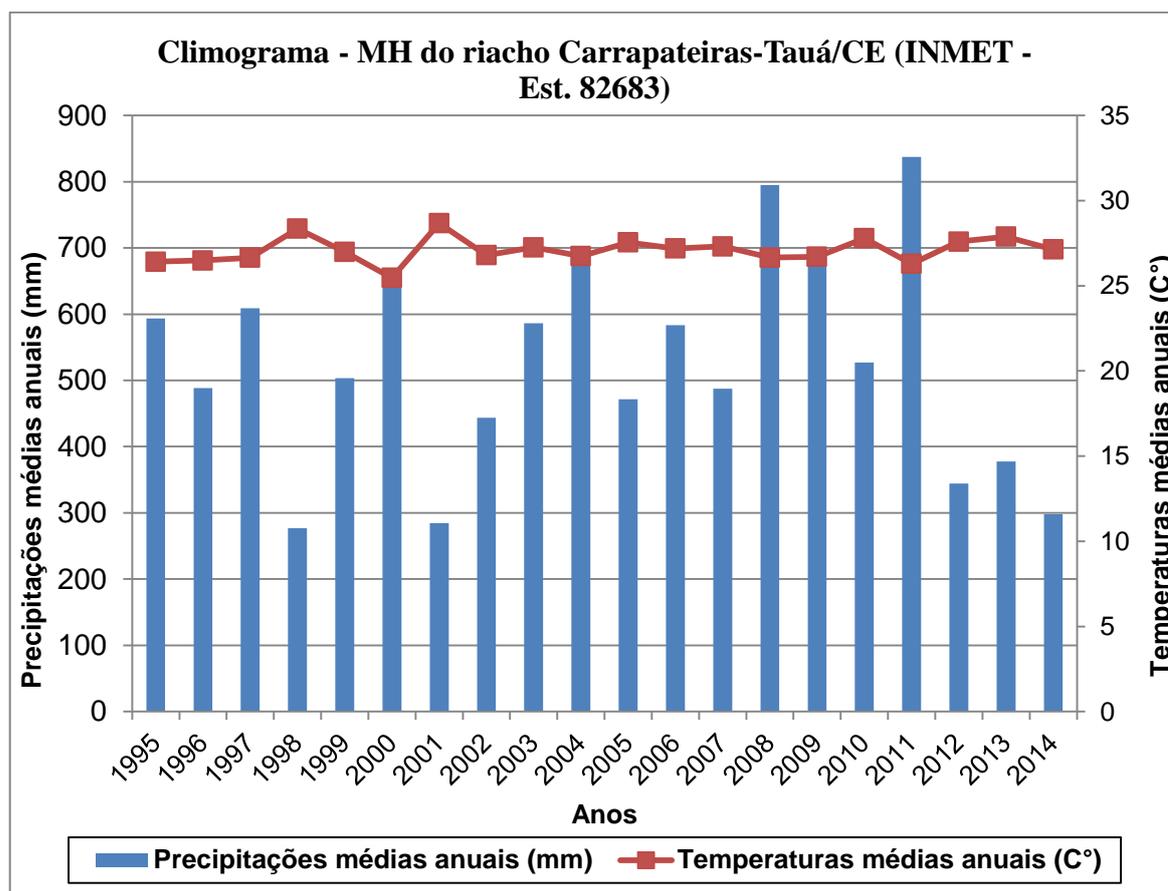
Como o ASAS é um sistema de alta pressão do hemisfério Sul, este é fortalecido com o advento do afélio. Assim, tal sistema aproxima-se mais do Nordeste brasileiro, fomenta a intensificação dos ventos alísios de SE e E que empurram a ZCIT para o Norte e impedem que esta migre para maiores latitude Sul, logo reduzindo sua influência na região aludida.

A intensificação do ASAS é fundamental para controlar os demais sistemas atmosféricos que atuam no Nordeste, pois nota-se que, tendo como base as discussões anteriores, praticamente todos os sistemas atmosféricos causadores de chuva na região mencionada ocorrem de novembro a maio, período que compreende o afélio, o verão e o outono.

Em razão disso, o movimento da translação da Terra e o periélio atuam de forma negativa para atuação do ASAS no Nordeste do Brasil. É neste período temporal que há as precipitações mais representativas do ano, inclusive a pré-estação e a quadra chuvosa. Logo, Nimer (1964) indica que a Massa Equatorial Atlântica é o sistema que exerce influências durante julho até meados de dezembro na região supracitada sendo, portanto, a causadora dos bons tempos e secas nordestinas.

Diante do exposto, estes são os principais sistemas atmosféricos que atuam no Norte do Nordeste brasileiro, onde se encontra o Estado do Ceará, que contém o objeto de pesquisa deste trabalho e tem 93% de seu território inserido no clima Tropical quente semiárido (SOUZA, OLIVEIRA, 2015).

Com relação ao clima atuante na MH do riacho Carrapateiras, este é classificado como Tropical quente semiárido (CEARÁ, 1997), pois apresenta temperatura média anual em torno de 26,89° Celsius (°C), média pluviométrica anual de 557,76 milímetros (mm)<sup>6</sup> (gráfico 1), concentrada entre os meses de fevereiro e abril, com insolações anuais acima de 2.515 horas e índice de aridez de 0,31 (INMET, 2015, FUNCEME, 2015).



**Gráfico 1** - Climograma da MH do riacho Carrapateiras demonstrando as temperaturas e pluviometrias médias anuais da série histórica de 1995 a 2014. Fonte: Inmet (2015).

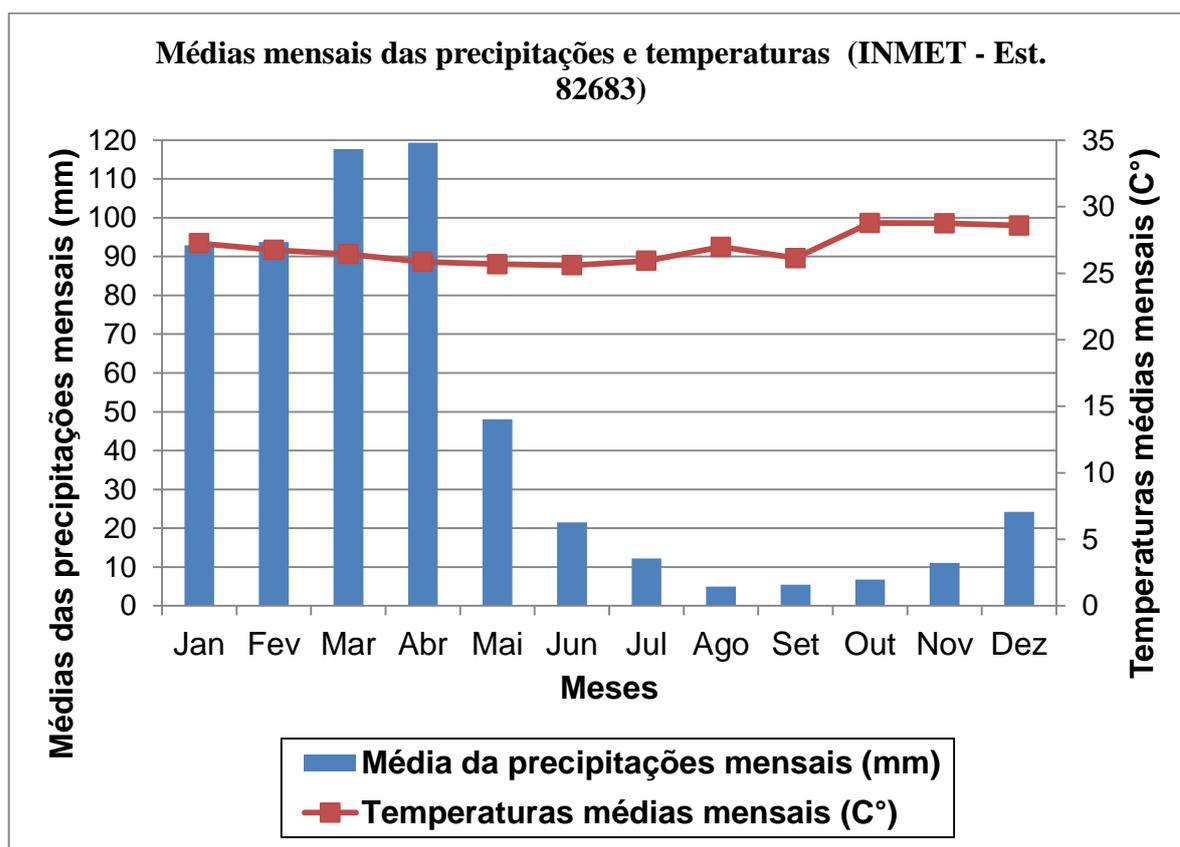
O gráfico 1 expõe as médias térmicas e pluviométricas anuais oriundas de uma série histórica de 19 anos. Com base no referido, percebe-se que as temperaturas médias anuais giram em torno de 26,89°C, enquanto que a pluviosidade atinge médias anuais de 557,76 mm. O ano de 1998 foi o mais seco e houve a precipitação de apenas 276,8 mm. Já o ano de 2011 foi o mais chuvoso, pois sua pluviometria anual atingiu 837,3 mm. As oscilações térmicas estão intrinsecamente correlacionadas com a quantidade de precipitação anual, visto

<sup>6</sup> A pluviometria e a temperatura médias dos últimos 19 anos foram calculadas tendo como base os dados de precipitações e temperaturas da série histórica de 1995 a 2014 da estação 82683 do INMET em Tauá - CE.

que, segundo o gráfico 1 apresenta, durante os anos mais secos, as temperaturas tendem a ser mais elevadas, enquanto que o inverso também é verdadeiro.

Acredita-se que a queda térmica presente nos anos chuvosos dá-se em função, primeiramente, do poder que a água tem de esfriar a superfície terrestre e transferir calor desta de volta para atmosfera. De igual modo, nestes anos há uma maior nebulosidade e as nuvens, principalmente as cúmulos-nimbos, exercem a parcial obliteração da radiação solar, diminuindo a quantidade desta que atinge a superfície e mitigando seu aquecimento.

Ao analisar-se o gráfico 2, que demonstra as médias pluviométricas e térmicas mensais durante os últimos 19 anos, nota-se as principais características do clima Tropical quente semiárido, isto é, precipitações concentradas, em basicamente quatro meses do ano e altas temperaturas, sobretudo a partir de agosto, onde há o decréscimo acentuado da pluviosidade.



**Gráfico 2**– Climograma representando as médias históricas mensais de temperatura e precipitações presentes na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE. Fonte: Inmet (2015).

Com base no gráfico 2, percebe-se que as precipitações começam a elevar-se em novembro, dezembro e janeiro, meses conhecidos pela pré-estação chuvosa, promovida pelo

início das atuações dos VCAN e dos CCMs. Sabe-se que os sistemas citados são fortalecidos tendo em face o enfraquecimento do ASAS, dado ao periélio, ocorrente em janeiro, e o início do verão no hemisfério Sul. Grande parte das chuvas de janeiro são oriundas das influências do VCAN, um importante sistema atmosférico que opera fortemente por meio de precipitações torrenciais e tempororo-espacialmente irregulares no mês citado.

Nos meses de fevereiro a maio, está inserida a quadra chuvosa da área de pesquisa. As precipitações destes meses correspondem a 67,91% do que chove durante o ano inteiro. Porém, ao considerar-se a percentagem das chuvas precipitadas durante os quatro meses mais chuvosos do ano (janeiro a abril), constata-se que 75,94% de todas as chuvas anuais concentram-se nos supracitados.

Isto indica que os eventos pluviométricos atuantes na MH do riacho Carrapateiras ocorrem massivamente nos quatro primeiros meses do ano. As explicações para tal fato são variadas e complexas, porém as chuvas são causadas pelos VCAN, CCMs e, especialmente, a ZCIT, o qual é de longe o sistema que provoca mais chuvas na MH.

Os meses de junho e julho mostram quedas bruscas no que tange às precipitações pluviais, visto que nestes meses inicia-se o inverno e, no mês de julho, há o afélio, os quais fortalecem o ASAS. O mês de junho pode ter precipitações ocasionadas pela ZCIT, pois, segundo Melo, Cavalcanti e Souza (2009), em anos chuvosos, caso a ZCIT inicie seu deslocamento no principio do mês de maio para o Norte, as chuvas tendem a se prolongarem até as primeiras semanas de junho.

Entretanto, em junho, julho e agosto há a operação das Ondas de Leste no Nordeste brasileiro. Em alguns casos particulares, este sistema pode causar chuvas na área de pesquisa, porém isso não é comum e, quando ocorre, as chuvas tendem a ser de baixa intensidade. A partir de julho as precipitações caem bruscamente e inicia-se o período da estiagem da área de pesquisa. Este fenômeno ocorre pela atuação da MEA, a qual é fortalecida até agosto/setembro e torna a enfraquecer no princípio de Novembro, onde as chuvas tornam a ser significativas.

Com relação às variações térmicas expostas no gráfico 2, conforme foi dito, estas alteram-se com a quantidade de precipitações mensais e pelas atuações dos sistemas atmosféricos. Vê-se que, de janeiro a junho, as temperaturas caem 1,66°C. Em tese, a temperatura durante este período deveria estar mais elevada, pois compreendem o verão e o outono. Estas estações recebem mais radiação solar, dado ao alto ângulo do sol

especificamente nestes meses, e ao periélio em janeiro. Assim, ao analisar-se as Normais Climatológicas das Médias Mensais de Insolação Total (1961-1990) do Inmet (2015) referentes ao mês de janeiro a dezembro (174,1h;153,8h; 148,3h;162,3h; 200,5 h; 220,5h; 229 h; 271h; 257,3h; 257,8h; 235h e 204h), percebeu-se que a insolação cresce de janeiro (174,1 h) até outubro (257,8h), donde decresce.

Este fenômeno repercute diretamente sobre as médias térmicas mensais, pois, assim como a insolação, as temperaturas caem em novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março. Contudo, estas continuam caindo até junho, o que não ocorre com a insolação. Tal fato pode ser causado pelas atuações da ZCIT, VCAN e CCMs, os quais provocam uma maior nebulosidade na área, suas nuvens obliteram parte da radiação emitida pelo sol e também as chuvas atenuam o calor.

Esta afirmação pode ser fundamentada por meio da análise das Normais Climatológicas das Médias de Nebulosidade Mensais em décimos (INMET, 2015), as quais são apresentadas a seguir e correspondem, respectivamente, aos dados inicialmente do mês de janeiro até dezembro (0,6; 0,6; 0,6; 0,6; 0,5; 0,4; 0,4; 0,3; 0,3; 0,4; 0,4; 0,5 e 0,5). Com base nos valores aludidos, percebe-se que a nebulosidade é maior entre os meses de novembro até maio, onde inicia seu declínio. Nos demais meses do ano, a nebulosidade tende a diminuir, sobretudo pela ausência de sistemas causadores de chuvas e o recrudescimento do ASAS.

Como em abril a radiação começa a crescer e a nebulosidade começa a cair, acredita-se que as temperaturas continuem despencando devido às precipitações da ZCIT que, ao injetar água na MH e áreas adjacentes, fomenta a transferência de calor destas rapidamente para a troposfera, via evaporação, mitigando o calor da superfície terrestre. Ademais, quando a Caatinga acorda de sua dormência, na quadra chuvosa, esta também passa a condicionar, parcialmente, o balanço de energia e umidade do ambiente em questão por meio da evapotranspiração, alteração do albedo da superfície e controle do pedoclima. Por esse motivo que as temperaturas continuam caindo até maio, mês no qual a ZCIT já está enfraquecendo e a maioria das plantas está entrando em dormência novamente.

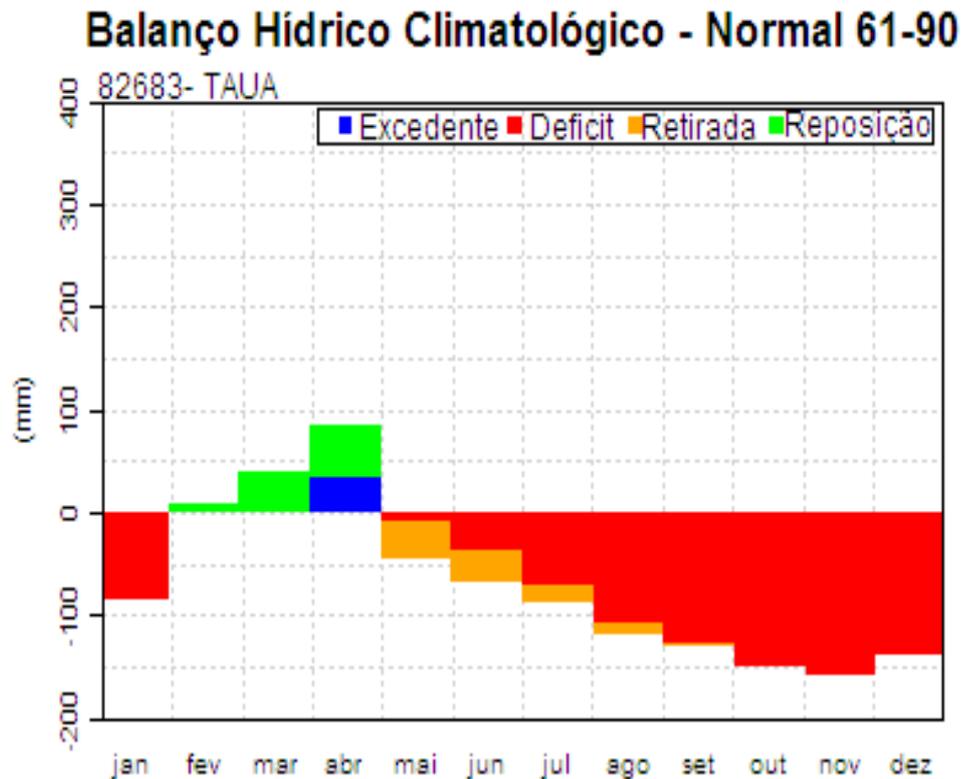
Não obstante, pelo inverno começar por volta do dia 20 de junho e terminar 23 de setembro, as médias térmicas mensais mostram um acréscimo das temperaturas neste período temporal. É notório que, entre estas datas, há o fortalecimento do ASAS, o qual, por sua vez, fortalece a intensidade dos ventos Alísios de Sudeste. Segundo os dados médios de intensidade de ventos das Normais Climatológicas do Inmet (2015), a média da velocidade de

ventos da área de pesquisa é em torno de 3,05 m/s, tendo os valores médios mínimos e máximos ocorrentes respectivamente nos meses de abril (2,43m/s) e setembro (3,54m/s). Assim, a diferença entre estas velocidade médias é apenas de 1,11m/s, valor relativamente baixo, se comparados outras diferenças presentes na zona costeira cearense.

Além disso, durante o inverno há o aumento das amplitudes térmicas diárias, pois os dias costumam ter elevadas temperaturas e as noites são mais amenas. Mas, ao correlacionar-se os dados térmicos e velocidade dos ventos, não foi possível compreender por que a temperatura média aumenta de junho a outubro. Todavia, quando se relaciona as variáveis citadas com as médias de insolação, conclui-se que a elevação do número de horas desta, associadas às baixas nebulosidades (tempos bons) e a dormência da maioria das espécies da Caatinga, provocam os acréscimos térmicos até o mês de outubro.

Diante do exposto, é notório que as variações térmicas e pluviométricas ocasionadas pelos movimentos cósmicos da Terra e atuações dos sistemas atmosféricas promovem mudanças radicais na paisagem, sobretudo no ciclo hidrológico anual da área de pesquisa. Em função disso, a figura 26 apresenta balanço hídrico climatológico condizente com o contexto da MH do riacho Carrapateiras.

Com base na análise da figura 27 é possível aplicar todas as informações discutidas e nota-se que somente nos meses de fevereiro a abril há a reposição hídrica do sistema, cuja abundância manifesta-se em abril. Nos demais meses há, inicialmente, a retirada, enquanto o *déficit* hídrico é acentuado, causado pelas altas taxas de insolação, baixa ou ausências de precipitações pluviais e elevados índices de evapotranspiração potencial que a área apresenta.



**Figura 27** – Balanço Hídrico Climatológico do município de Tauá/CE. Fonte: INMET (2015).

Então, estas são as principais características climatológicas atuantes na MH do riacho Carrapateiras. Todas as variáveis e fenômenos retromencionados são essenciais para coordenar e inter-relacionar os demais elementos sistêmicos da MH, repercutindo diretamente em suas alterações paisagísticas e funcionais. Devido às severas secas ocorridas durante os anos de desenvolvimento desta pesquisa, não foi possível ver águas lóxicas nos riachos, tampouco águas lânticas nos açudes, visto que ambos permaneceram integralmente secos.

## 5.2 Estudo integrado dos elementos geomorfológicos da área de estudo

Quando se estuda um sistema ambiental, especialmente uma BH, um de seus componentes mais aparente é o relevo, dada ao seu conjunto de vertentes inclinadas onde se assentam a hidrografia, os solos e os seres vivos. As diversas morfologias de uma BH não são produzidas por eventos pontuais em um determinado tempo e espaço, mas sim geradas por um conjunto de processos ordenados, concomitantes e contraditórios (soerguimentos,

subsidiências, erosão etc.) desencadeados pelas forças endógenas e exógenas da Terra (CHRISTOFOLETTI, 1980, 1981; CUNHA *et al.*, 2007; COELHO NETO, 2009).

A existência de subsistemas interativos é crucial para a formação de uma BH, que se origina através de esforços tectônicos, erosão e/ou impactos de asteroides na superfície da Terra ao longo do tempo geológico. Além disso, as BH também são influenciadas pelas ações climáticas, vegetação ou pelos solos, afinal os referidos são elementos que condicionam as atuações dos processos morfodinâmicos e pedogenéticos sobre o relevo (TRICART, 1977, LIMA, 1982; MACHADO; TORRES, 2012), subsidiando seu equilíbrio dinâmico.

Os relevos do Nordeste são compostos por extensas depressões interplanálticas planas a onduladas, por vezes colinosas, dissecadas por cursos fluviais de primeira e segunda ordem e intercaladas por *Inselbergs* (AB'SÁBER, 1999). Este autor destaca que tais formas geomorfológicas estão em consonância com as condições geoambientais, sobretudo com as variações climáticas que essa região tem sofrido nos últimos milhões de anos.

A trajetória genética destes relevos é extensa, imprecisa, dada às limitações de datações e complexa por serem poligenéticos. Ademais, a região citada passou por intensas atividades tectônicas ao longo de sua existência. Presentemente, sabe-se que já houve quatro aglutinações e fissões das grandes massas continentais (Atlântica, Rodínia, Panotia e o Pangeia) no decorrer dos últimos 3,5 Ga. Durante o Panotia, ocorreu uma grande colisão continental, orogênese brasileira, de porte himalaiano, onde hoje é o Nordeste brasileiro (BRITO NEVES, 1999). Esta gerou diversas fraturas, falhas, dobramentos e intrusões magmáticas (ALMEIDA; BRITO NEVES; CARNEIRO, 2000).

Isto posto, a orogênese brasileira (880-550 ma) foi um dos eventos mais relevantes para a configuração geomorfológica atual, tendo em vista que reconfigurou o panorama geológico e tectônico Pré-Cambriano do Nordeste. Adicionalmente, Maia e Bezerra (2014) explicam que a orogênese brasileira foi responsável pelas formações das zonas de cisalhamentos com direções predominantes de NE-SW e E-W, as quais controlam parte do sistema geomorfológico do Nordeste e do Ceará.

Como o Nordeste brasileiro permaneceu, tectonicamente, “estável” após o Brasiliano até o início da dispersão do Pangeia (BRITO NEVES, 1999; ALMEIDA, BRITO NEVES; CARNEIRO, 2000), seus relevos passaram um extenso período de denudação, o qual provocou as diminuições de seus tamanhos. Não obstante, tal quadro muda com o início da formação da margem continental ocidental da América do Sul, notadamente do Nordeste

brasileiro (ALMEIDA; BRITO NEVES; CARNEIRO, 2000). Uma vez que os esforços distensivos de direção NW-SE, que vinham fissurando e afastando os continentes sul-americano e africano, ativam os antigos lineamentos e zonas de cisalhamentos, desencadeando a instabilidade tectônica nordestina.

Os esforços compressivos e distensivos ocasionados pelas ativações das zonas de cisalhamento transcorrentes reconfiguraram, significativamente, os relevos do Nordeste e do Ceará, ao ponto que, no Neocamiano, os relevos nordestinos eram caracterizados pelas ocorrências de fossas tectônicas ativas, ao Sul e ao Norte, margeadas por relevos elevados dos ombros de *rifts*, por isso os maciços da Borborema, a Leste e Sudeste, e os do Ceará Central podem estar relacionados aos soerguimentos durante a fase *rifts* (CLAUDINO – SALES; PEULVAST, 2007).

Em razão disso, para Claudino – Sales e Peulvast (2007), os relevos do Nordeste são poligenético. Porém, boa parte destes foi soerguida, como ombros de *rifts* durante a abertura das bacias Potiguar - Cariri no Cretáceo. Estes, posteriormente, sofreram a influência do movimento flexural da borda da placa sul-americana e passaram por diversos estágios denudacionais até adquirirem suas feições atuais.

Com relação a isso, Maia e Bezerra (2014) também acreditam que, durante as fases sin e pós *rifts*, especificamente no Cenozóico, os esforços neotectônicos influenciaram os relevos rejuvenescendo-os através de seu soerguimento, bem como abatendo blocos por meio do processo de subsidência. Outra contribuição relevante que os referidos expõem é a influência que as zonas de cisalhamentos transcorrentes (NE-SW e E-W) têm sobre os relevos nordestinos, de tal modo a orientar suas disposições, suas morfologias e distribuição espacial.

Com base nisso, “[...] as zonas de cisalhamento exercem importante controle nas feições que incluem os maciços estruturais, cristas lineares e vales incisivos compondo altos e baixos topográficos orientados segundo a direção dos trends estruturais” (MAIA; BEZERRA, 2014, p.128). Isto por que as intrusões de fluídos magmáticos nas falhas e fraturas possibilitaram a formação de lineamentos estruturais compostos por granitóides e migmatitos no embasamento cristalino metamórfico. Este, ao ser intemperizado e erodido, exuma estes corpos plutônicos ou metamórficos mais recentes, que se materializam nas paisagens nordestinas e cearenses como maciços residuais cristalinos e cristas lineares.

Pesquisas importantes sobre o comportamento geológico, neotectônico e geomorfológico do Ceará têm sido construídas por Saadi e Torquato (1993), que

desenvolveram um modelo preliminar para interpretação da evolução morfo-tectônica cearense com base no exame dos dobramentos e movimentos que afetaram os sedimentos miocênico, pleistocênicos associados aos dados sismológicos, geológicos e geomorfológicos.

A partir disso, detectaram que depois da deposição da Formação Barreiras houve o soerguimento dos blocos rochosos do Ceará Central por esforços transpressivos ocasionados pelas transcorrências dextrais de orientações SW-NE, configurando como altos estruturais e principais divisores de água das BH no setor central cearense (SAADI; TORQUATO, 1993). Ao passo disso, os blocos do Norte e do Sul do Ceará Central foram rebaixados e comportam grandes BH do Ceará, como a do rio Jaguaribe e a do rio Acaraú.

Presentemente, não foi detectado nenhum trabalho que trate sobre as datações dos relevos Cearenses, logo não é possível situar a gênese destes a uma cronologia segura. Além disso, no que tange à evolução do relevo nordestino e cearense, tem-se utilizado, frequentemente, o modelo proposto por King (1956). O referido baseia-se nas atuações das isostacias pós-cretáceas, associadas às dissecações e às pediplanações dos relevos no contexto semiárido para explicar as superfícies escalonadas presentes no âmbito em questão. Em função disso, Maia e Bezerra (2011) afirmam que aplicação deste modelo para o Nordeste considera os processos de aplainamentos e elaboração de superfícies jovens como resultado da flexura continental nordestina.

Por conta disso, Souza (2007) explica que os relevos cearenses são resultantes de longos processos erosivos, os quais, via erosão diferencial, esculpiram as rochas pré-cambrianas, resultando no modelado hoje existente. As influências das oscilações paleoclimática, as intensidades dos intemperismos e a erosão são fatores que contribuíram, decisivamente, para a configuração do modelado atual (AB'SABER, 1999, 2003). Isto porque as suas atuações podem ser constatadas a partir da análise da quantidade e qualidade dos depósitos correlativos presentes no pedimentos, depósitos de talus e glaciais de acumulações.

Por meio da análise do mapa geológico de Cavalcante *et al.* (2003), notou-se que a MH do riacho Carrapateiras está inserida na Província da Borborema, especificamente no subdomínio do Ceará Central. Este, de acordo com Saadi e Torquato (1993), foi soerguido pós-Mioceno e concentra a maior parte dos divisores de água do Ceará e delimitado pelas zonas de cisalhamento Sobral/Pedro II, ao Norte, e Senador Pompeu ao Sul.

Este subdomínio corresponde a um grande e complexo bloco rochoso soerguido em relação aos demais em suas bordas, principalmente ao do Sul, onde há largas porções

deprimidas, provavelmente por conta dos falhamentos transcorrentes, lineamento Senador Pompeu e efeitos isostáticos pretéritos (SAADI; TORQUATO, 1993; MAIA, 2006). Por isso, o vale do rio Jaguaribe está encaixado nestas zonas falhadas e deprimidas.

Na porção Centro-Oeste do subdomínio citado, há um grande anfiteatro geomorfológico voltado para o Atlântico, representado por maciços cristalinos residuais com cotas altimétricas variantes entre 400 a 1.154 m. Dentre os maciços aludidos, destacam-se as serras Santa Branca e Pico da serra do Olho D'água, as quais são as duas maiores elevações cearenses.

De modo geral, os relevos referidos apresentam-se bastante dissecados pelos cursos fluviais de primeira e segunda ordem. Seus topos possuem morfologias diversificadas, muito embora, predominantemente tenham topos convexados expondo cristas compostas por granitos, metagranitos, metagabros, gnaisses e quartzitos (CALVACANTE *et al.*, 2003).

Estas cristas foram formadas a partir da erosão diferencial e paralela das rochas metamórficas ou ígneas, em razão disso, tendem a exibirem escarpamentos nas faces frontais. As vertentes costumam ser convexas ou côncavas. Tais variações estão correlacionadas às durezas dos litotipos, à disposição do relevo, fraturamentos, ações erosivas e atuações paleoclimática.

Os maciços residuais são circundados por amplas áreas aplainadas (depressões sertanejas) produzidas pelos processos de erosão paralelas e pediplanação dos paleo-relevos. Os pediplanos possuem cotas altimétricas inferiores aos dos maciços cristalinos e abrangem seus antigos espaços, onde são perceptíveis, em seus pedimentos, depósitos correlativos e testemunhos do desenvolvimento dos processos de erosão paralela, pedimentação, pediplanação, erosão e denudação/dissecação.

O pavimento desértico ou detrítico sobre os Luvisolos e/ou Neossolos Litólicos na depressão sertaneja fundamenta a afirmação exposta. Os seixos arredondados ou subarredondados denotam as gêneses fluviais e/ou coluvionais destes materiais, que ao longo do tempo geológico foram sendo depositados nos setores deprimidos ou aplainados da paisagem e sobre os solos mencionados. Posteriormente, as erosões eólica e laminar erodiram os materiais de texturas médias a finas superficiais dos solos ou dos depósitos correlativos e exumaram os seixos quartzosos, formando assim o pavimento desértico.

Com relação ao segmento Centro-Oeste do anfiteatro, onde a MH do riacho Carrapateiras está assentada, trata-se de um conjunto de maciços residuais cristalinos pré-

cambrianos irregulares constituídos por paragneisses, migmatitos, anfíbolitos, metabasaltos, micaxistos, rochas calcissilicáticas, metagabros, quartzitos e xistos das unidades Tróia e do Complexo Cruzeta indiferenciado (CALVACANTE *et al.*, 2003).

Estes relevos estruturais e dissecados estão em conformidade com a orientação dos demais do subdomínio geológico do Ceará Central e zonas de cisalhamentos nordestinas (MAIA, 2013; MAIA; BEZERRA, 2014), dispostos de NE-SW. Apresentam vertentes côncavas ou convexadas, possuem topos convexados e planos, geralmente com cristas e caos de blocos compostos por quartzitos ou de metagranitos e têm altitudes mínimas e máximas variantes entre 400 a 730 metros. O principal processo morfogênico atuante neste relevo é a erosão lateral, visto que a erosão vertical dos topos é inexpressiva, presentemente, por conta da deficiência hídrica que a área possui.

Em função do elevado grau de dobramentos, fraturamento e falhamentos da região, os relevos estão dispostos de NE-SW e com encostas voltadas para NW e SE. Essa conformidade deu-se por conta da ativação de zonas de cisalhamentos e esforços tectônicos compreensivos que atuaram na direção NW-SE.

A força tectônica direcional (NW-SE), atrelada aos falhamentos e lineamentos transcorrentes, induziram o cavalgamento dos blocos da zona de cisalhamentos, ativou algumas falhas paralelas e gerou aberturas (NE-SW) de diques diabásicos em regiões distais justamente no vetor de menor força. Com base no exposto, nota-se que as orientações das vertentes estão concordantes aos planos de falhas, evidenciando forte controle estrutural nas feições geomorfológicas.

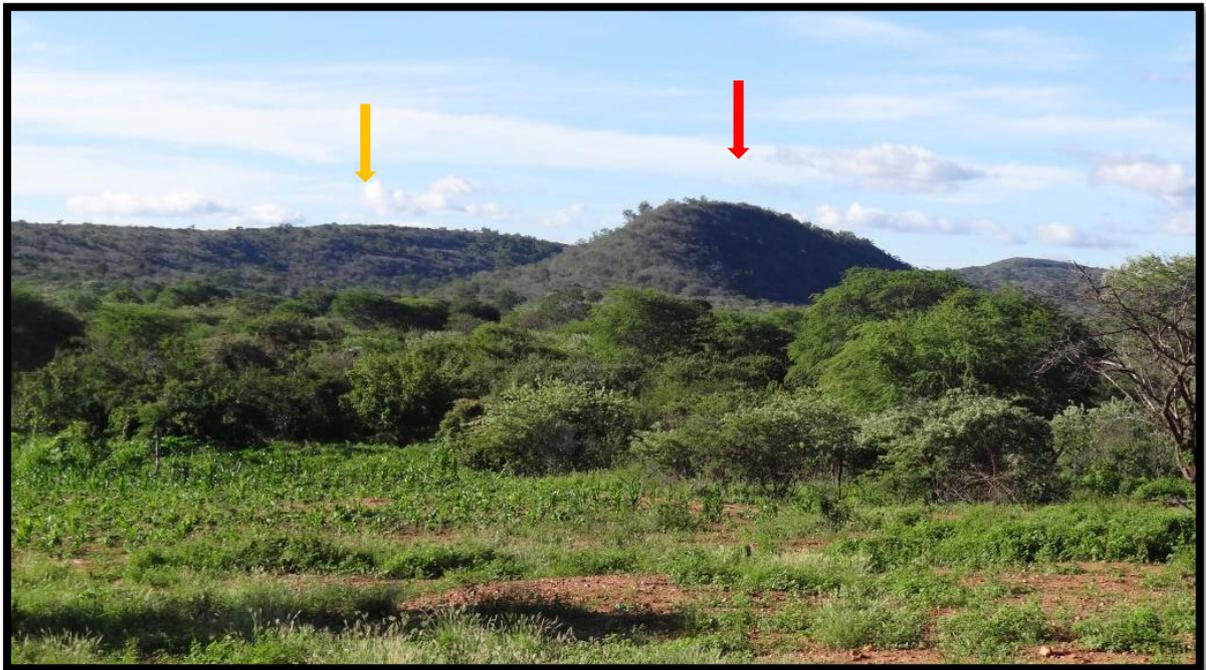
Diante deste contexto geomorfológico, despontam as serras do Tecelão e Lagoa Seca/Coqueiros, as quais são maciços cristalinos/interflúvios pré-cambrianos com direção NE-SW componentes de uma pequena parte do anfiteatro do Ceará Central. Levando em consideração que a MH do riacho Carrapateiras está assente sobre uma zona de cisalhamento com falha de cavalgamento, acredita-se que os seus interflúvios citados tiveram seus soerguimentos e orientações influenciadas pelo falhamento geológico.

Esta afirmação é feita levando-se em conta a perspectiva de Maia e Bezerra (2014), os quais informam que “[...] as zonas de cisalhamentos exercem importante controle nas feições que incluem os maciços estruturais, cristas lineares e vales incisivos compondo altos e baixos topográficos orientados segundo a direção dos *trends* estruturais [...]”. E, além disso,

tanto as foliações quanto as direções da MH estão em consonância com a zona de cisalhamento.

A serra do Tecelão mede cerca de 6,08 km de extensão, tem largura média de 840 metros e compreende as seguintes cotas altimétricas: 600 m - mínima e 715 m - máxima (figura 28). Suas vertentes estão orientadas para NW e SE, sendo esta abrangida pela MH do riacho Carrapateiras.

Este maciço cristalino é um relevo estrutural, formado parcialmente dentro da zona de cisalhamento, e que sofreu soerguimento pelo cavalgamento de blocos de falha nos maciços do Complexo Cruzeta, especificamente da sua Unidade indiferenciada composto por ortognaisses, paragnaisses e lentes de anfibolitos (FORGIARINI; BRAGA, 2011).



**Figura 28** - Foto das proximidades da foz do riacho Carrapateiras, mostrando as serras do Tecelão (seta laranja) e Lagoa Seca/Coqueiros (seta vermelha) em Belém-Tauá/CE.

A serra Lagoa Seca/Coqueiros possui 4,54 km de comprimento, uma média de 450 m de largura e compreende as seguintes cotas altimétricas: 590 - mínima e 720 - máxima (figura 28). Além disso, esta serra tem disposição NE-SW e vertentes orientadas para NW-SE. O maciço cristalino discutido é composto por rochas metamórficas do Complexo Cruzeta, como orto e paragnaisses, rochas calcissilicáticas, meta granitos de textura média e algumas

lentes de anfibólitos. Assim, como a serra do Tecelão, também foi formada pelas ações transformantes das falhas geológicas presentes na zona de cisalhamento onde está inserida.

Localmente, a serra Lagoa Seca/Coqueiros é conhecida pelos moradores por três nomes distintos, em função das suas variações topográficas, ora mais elevada e ora mais rebaixada. Logo, é denominada pelos seguintes nomes: serra da Lagoa Seca - no início da MH do riacho Carrapateiras; morro do Urubu - no segmento mediano do relevo onde há cristas, e Coqueiros - na parte final da serra junto à planície fluvial do rio supracitado.

Para fins de compreensão e compartimentação geomorfológica das serras expostas, foram produzidos o mapa hipsométrico e o de declividade das faces SE e NW das serras descritas e inseridas na MH do riacho Carrapateiras (mapas 3 e 4). Desta feita, optou-se traçar curvas de níveis espaçadas por 10 metros no mapa planialtimétrico, em função do tamanho reduzido das cotas altimétricas da BH e, por meio disso, facilitar a delimitação das formas de relevo até o quarto nível categórico (ROSS; MOROZ, 1995). Então, foram criados arbitrariamente sete curvas de níveis conforme são expostas no mapa aludido.

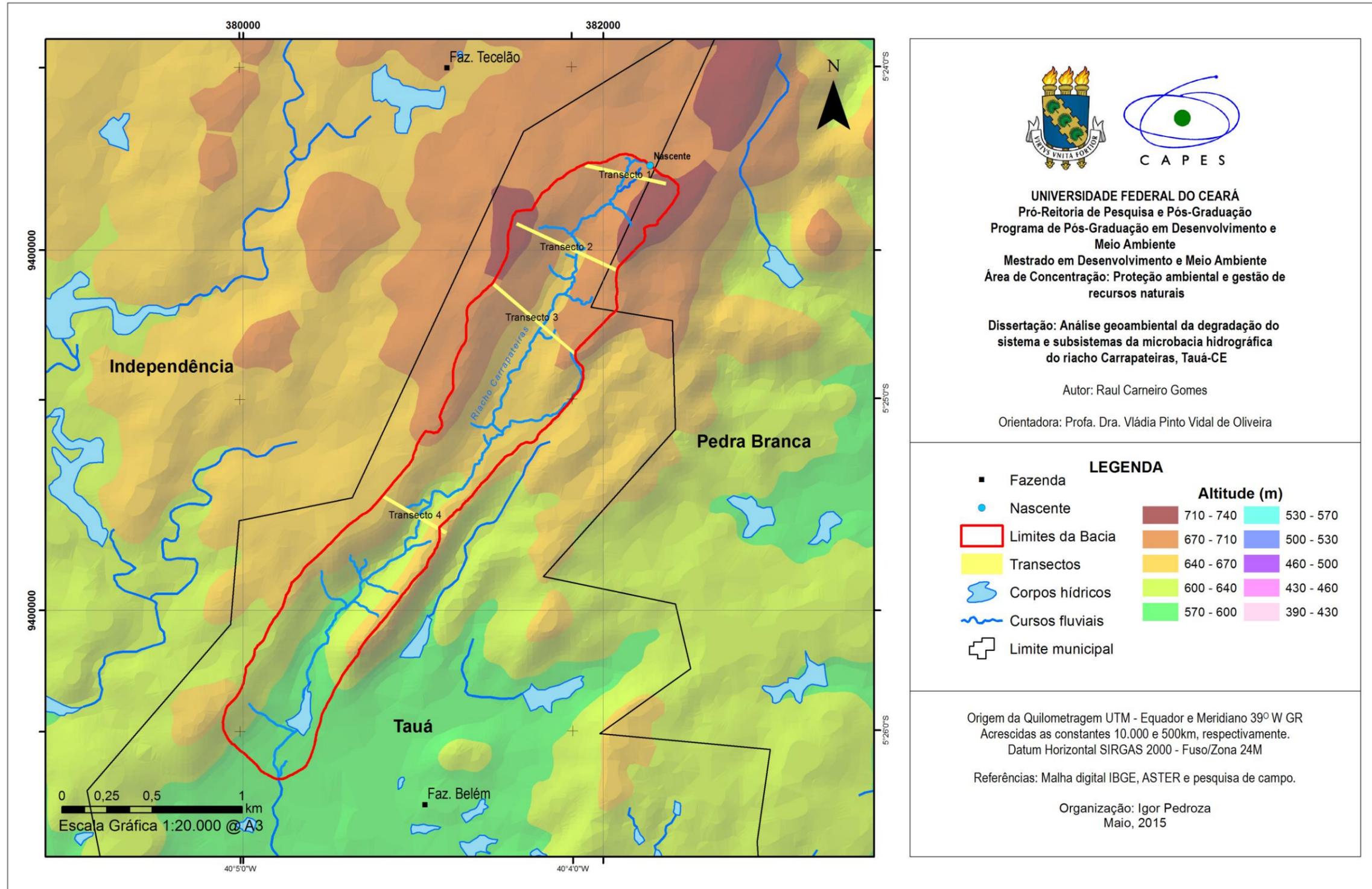
Através do MDE (Modelo Digital de Elevação) utilizado para construir o mapa hipsométrico, foi feito o mapa das declividades presentes na MB conforme a classificação da Embrapa. Tal procedimento demonstrou as classes de relevos, o tamanho do espaço que ocupam e a percentagem deste em relação à área total da MB. Portanto, estes dados estão representados na tabela dos dados de declividade no mapa 4.

Com base na compartimentação geomorfológica, encontrou-se seis tipos de relevos, os quais são: topos/cristas das serras do Tecelão e Lagoa Seca/Coqueiros; encostas das serras citadas, fundo de vales e planície fluvial (mapa 5). Cada unidade recebeu denominações referentes aos seus topônimos ou o nome do riacho, como ocorreu com os cursos e planície fluvial. Desta forma, nos parágrafos seguintes, há as descrições de cada unidade de relevo.

# MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO CARRAPATEIRAS, TAUÁ-CE

Mapa Hipsométrico e da distribuição dos transectos

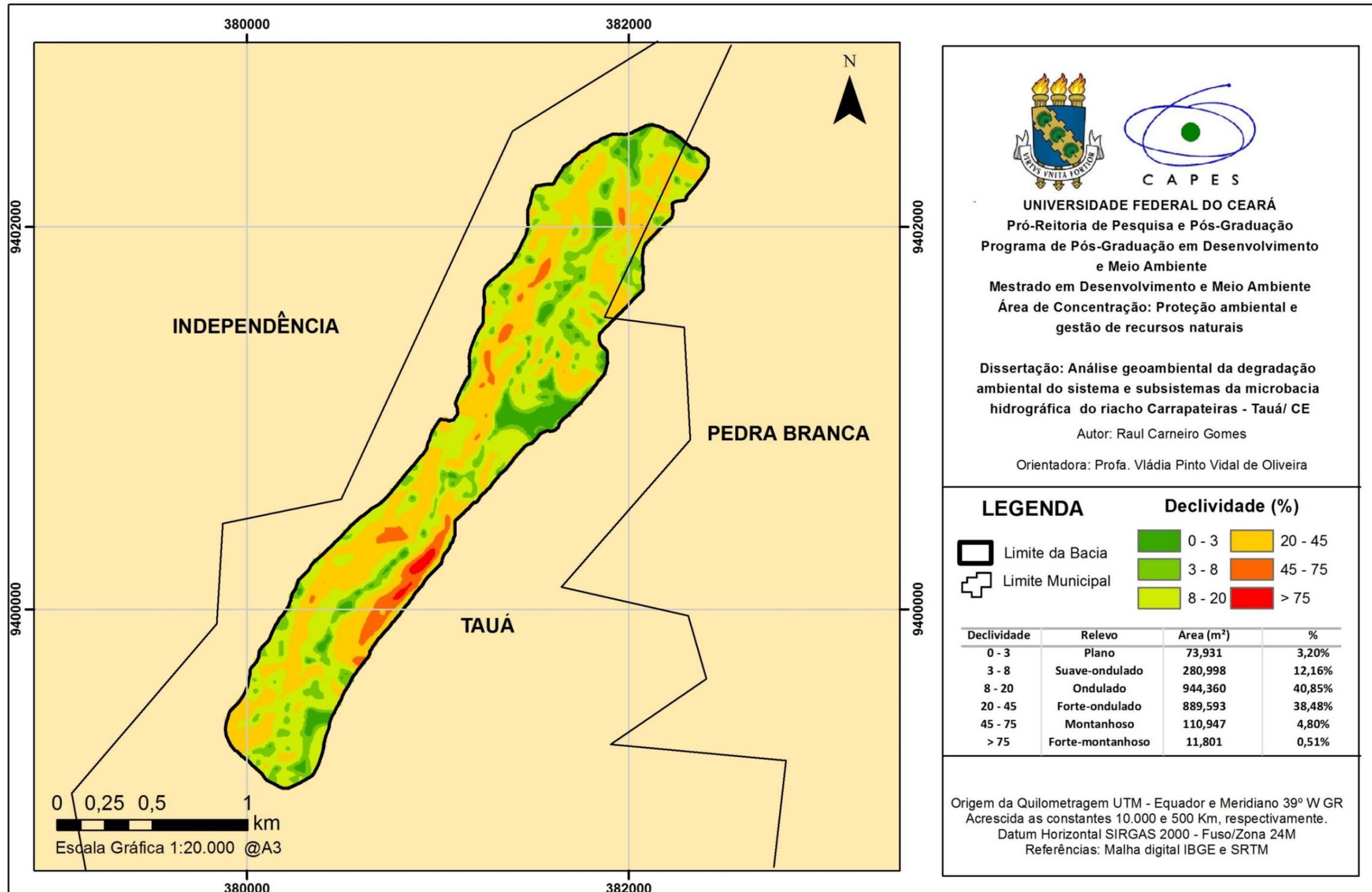
Mapa 3



# MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO CARRAPATEIRAS

## Mapa de declividade

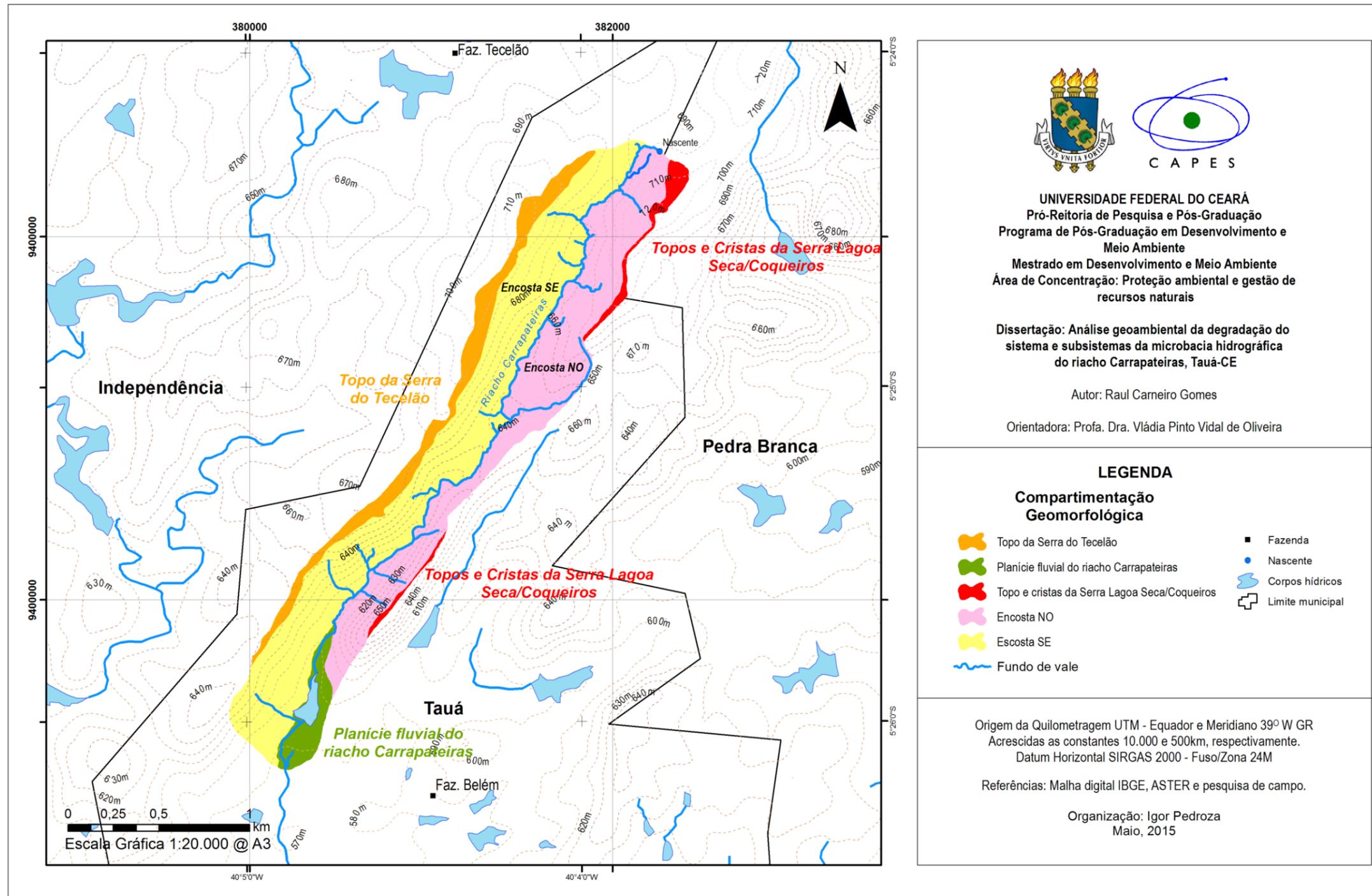
Mapa 4



# MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO CARRAPATEIRAS, TAUÁ-CE

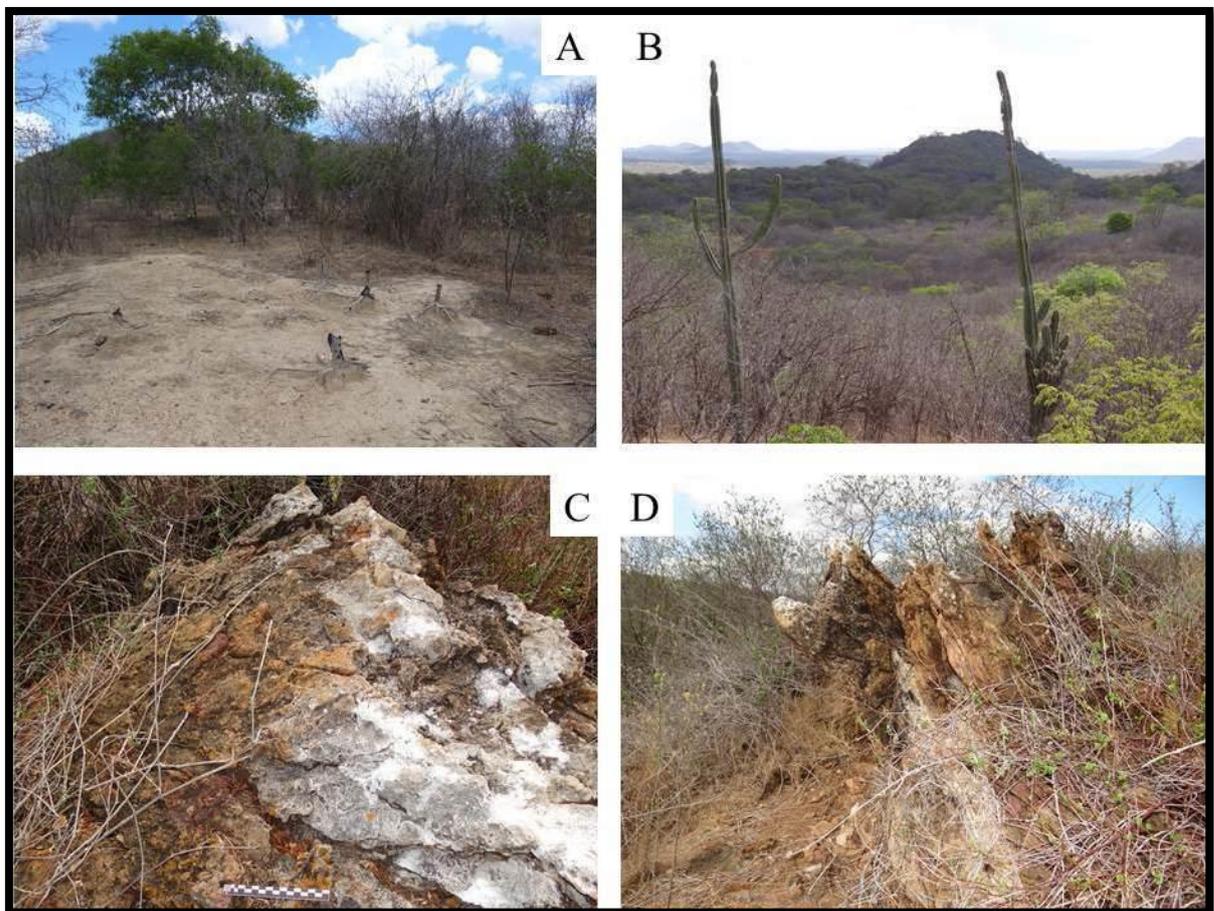
## Mapa Geomorfológico

Mapa 5



### 5.2.1 Topos e cristas da Serra Lagoa Seca/Coqueiros

Os topos e cristas da serra Lagoa Seca/Coqueiros são segmentos dos relevos cristalinos que apresentam morfologias convexas intercaladas por cristas rochosas. Situam-se nos setores elevados da paisagem, compreendendo altitudes de 625 m a 720 m, com declividades variantes de 0% ou superiores a 75%. Deste modo, estas geoformas são, frequentemente de planas a onduladas (figura 29), tendo como exceções os escarpamentos presentes em uma ou mais faces de suas cristas.



**Figura 29** – Geoformas presentes no topo da serra Lagoa Seca da MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE: topo convexo com parte mais elevada ao fundo (A); rebaixamento topográfico presente no setor mediano da serra Lagoa Seca/Coqueiros (B); cristas compostas por rocha de alto ângulo, bastante intemperizada e fraturada recoberta por fezes brancas de aves de rapina e urubus (C); vista lateral de crista com rocha de alto ângulo de mergulho (D).

Este tipo de relevo é produto de duradouras e complexas atuações dos processos intempéricos e erosão diferencial sobre suas rochas soerguidas, representadas por muscovita monzogranitos com granada, meta muscovita quartzo monzonitos, muscovita biotita gnaiss

com granada e rochas calcissilicáticas. Os topos e suas cristas eram mais elevados, em tempos remotos, quando foram gerados pelo processo de soerguimento, através de movimentos rúpteis e dúcteis dos blocos rochosos.

Porém, durante os milhões de anos de sua existência, foram intemperizados e erodidos vertical e lateralmente, devido aos paleoclimas que atuaram na região Nordeste. Isso contribui para que o relevo fosse rebaixado e assumisse morfologia convexadas resultantes da erosão diferencial e paralela, também responsáveis pelas cristas rochosas. De acordo com o exposto, os topos e cristas da serra Lagoa Seca/Coqueiros estendem-se por cerca de 2,7 km e possuem, em média, 43 m de largura – levando em conta a área abrangida pela MB - embora apresentem espessuras, declividades e altitudes variadas.

Segundo o perfil digital de elevação (B-B') presente no mapa 6, o início da serra Lagoa Seca, área das nascentes do riacho Carrapateiras, tem cotas altimétricas que atingem 710 m, a qual é, progressivamente, elevada a até 720 m, depois de 300 m à jusante da primeira altitude. Transcorridos, linearmente, uns 286 m da porção mais alta, esta é rebaixada 21 m, a partir de onde tende a ser menos elevada. Por isso, 1,65 km da cota inicial, a altitude cai para 652 m, já a 2,14 km, esta atinge 636 m, donde torna a elevar-se e chega a 650 m de altitude, no topo da serra do Coqueiros e, aproximadamente, 3,04 km da cota inicial de 710 m.

As variações topográficas criaram uma morfologia escalonada na serra da Lagoa Seca/Coqueiros (perfil B-B' do mapa 6), contribuindo para que os moradores locais entendam-na como três serras distintas: serra da Lagoa Seca, a parte inicial e mais elevada; morro do Urubu, o setor 21 m abaixo da maior cota, e serra dos Coqueiros, segmento final e que atinge cotas de 650 metros de altitude.

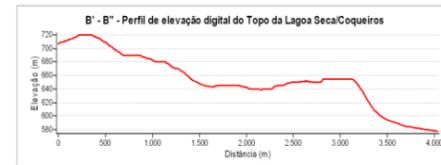
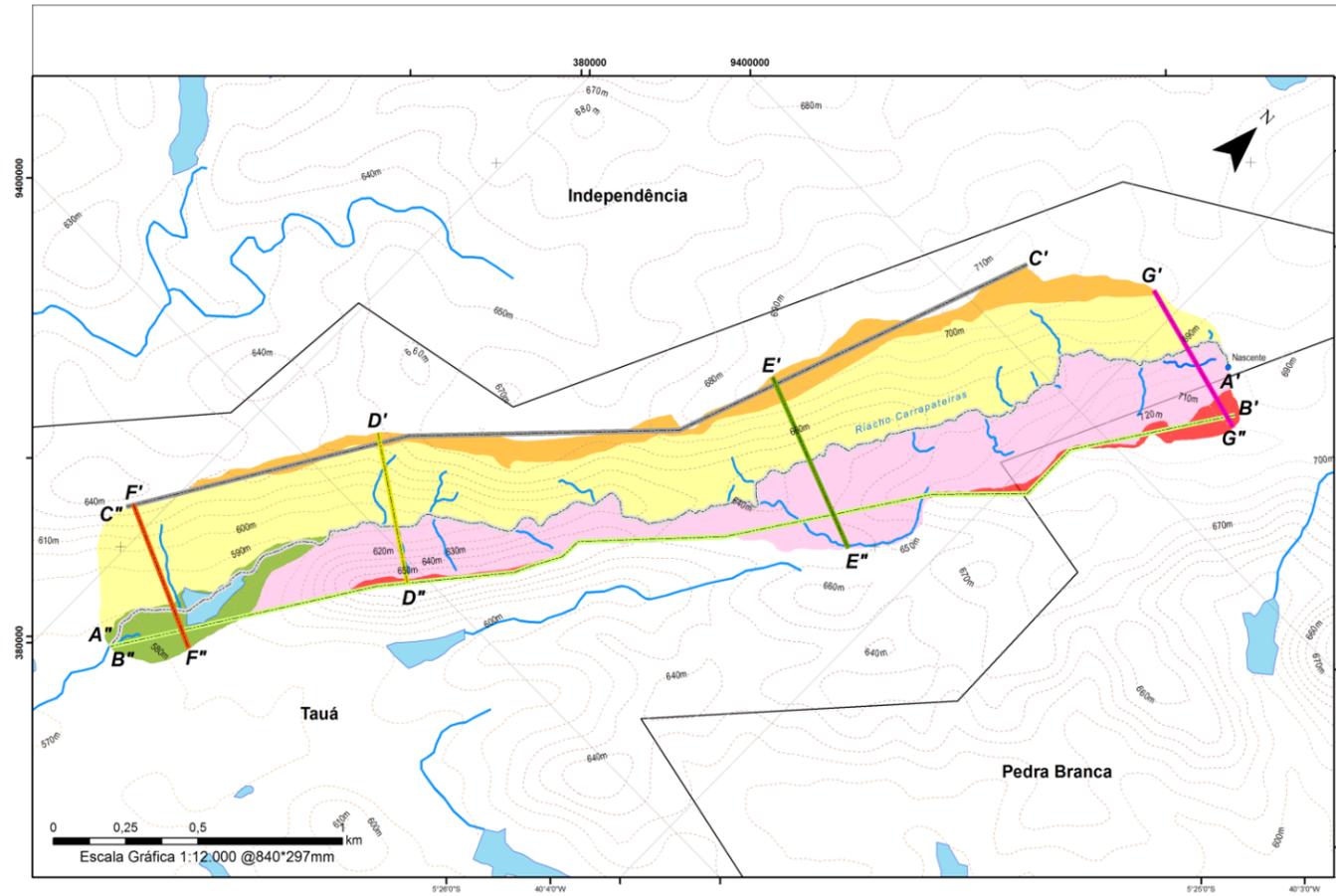
Estas diferenças altimétricas expressas nos topos e vertentes estão vinculadas aos processos de soerguimentos distintos. Esta afirmação é contatada pela análise de sua morfoescultura, contiguidade, disposição e presença da zona de cisalhamento com falha cavalgante. Segundo exposto, a erosão também teve seu legado em tal fato, porém, secundariamente.

A perspectiva de que os processos erosivos tiveram atuação principal no escalonamento geomorfológico não é plausível. Afinal, por mais que os eventos erosivos sejam considerados dentro de sucessivas mudanças climáticas ao longo prazo, estes não seriam fortes o bastante para criar esta morfologia, expressivamente, dissimétrica e dotada de rochas resistentes ao intemperismo químico e físico.

### MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO CARRAPATEIRAS, TAUÁ-CE

Mapa Geomorfológico e de perfis de elevação digital

Mapa 6





UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
 Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
 Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente  
 Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente  
 Área de Concentração: Proteção ambiental e gestão de recursos naturais

Dissertação: Análise geoambiental da degradação do sistema e subsistemas da microbacia hidrográfica do riacho Carrapateiras, Tauá-CE

Autor: Raul Carneiro Gomes

Orientadora: Profa. Dra. Vládia Pinto Vidal de Oliveira

---

**LEGENDA**

 Topo da Serra do Tecelão	 Perfil A'-A"
 Planície fluvial do riacho Carrapateiras	 Perfil B'-B"
 Topo e cristas da Serra Lagoa Seca/Coqueiros	 Perfil C'-C"
 Encosta NO	 Perfil D'-D"
 Encosta SE	 Perfil E'-E"
 Fundo de vale	 Perfil F'-F"
	 Perfil G'-G"
	 Nascente
	 Corpos hídricos
	 Limite municipal

Origem da Quilometragem UTM - Equador e Meridiano 39° W GR  
 Acrescidas as constantes 10.000 e 500km, respectivamente.  
 Datum Horizontal SIRGAS 2000 - Fuso/Zona 24M

Referências: Malha digital IBGE, ASTER e pesquisa de campo.

Organização: Igor Pedroza  
 Maio, 2015

Igualmente, em tese, deveria haver registros dos grandes ciclos erosivos em espessos depósitos correlativos na área de estudo ou próxima desta, o que não há.

Contudo, tal fundamentação pode ser questionada a partir da afirmação de que os sedimentos dos depósitos foram erodidos em razão das chuvas torrenciais e enxurradas oriundas do contexto semiárido, motivo pelo qual não foram encontrados. Entretanto, não há evidências que corroboram com tal asseveração, porque os depósitos correlativos (base das vertentes e da planície fluvial) demonstram pouco material sedimentar de granulação fina. Portanto, predominando as areias, cascalhos e matacões, os quais subsidiam a assertiva de que foram gerados em um contexto semiárido, no qual a erosão vertical é pouco expressiva.

Ademais, os registros sedimentares disponíveis evidenciam pela sua pouca espessura, espacialização e textura, que os eventos erosivos não foram expressivos ao ponto de criar as grandes dissimetrias geomorfológicas na bacia ou na serra Lagoa Seca/Coqueiros, muito embora tenham dado suas contribuições, enquanto agentes secundários. Uma vez que os pavimentos detríticos com expressiva quantidade de seixos quartzosos sobre os topos sugerem atuações da erosão laminar e eólica na denudação desta unidade geomorfológica.

Com relação às cristas da serra em discussão, estas são mais pronunciadas, nas imediações da porção central do topo da serra Lagoa Seca/Coqueiros, especificamente no morro do Urubu, com uma altitude de 696 m, e na serra dos Coqueiros a 650 m. Geralmente, as cristas são formas de relevos irregulares ou com ligeira morfologia retangular, exibindo topos relativamente planos e pontiagudos com faces escarpadas localizadas nas extremidades dos topos (figura 29).

Particularmente, estas geofomas são decorrentes das atuações dos intemperismos físicos (mecânico, alívio de pressão, termoclastia e esfoliação esferoidal), secundariamente, pelo químico (oxidação, hidrólise e dissolução) e pela erosão paralela que atua nos recuos paralelos das vertentes, notadamente, das rochas de altas angulações exumadas nos topos e encostas. Em razão disso, caracterizam-se por serem formas discretas e não vegetadas da paisagem.

Quanto à erosão vertical, segundo foi mencionado, é pouco expressiva, dada à condição climática semiárida que fortalece e assegura o predomínio dos intemperismos físicos sobre as rochas e na denudação do relevo, tendo em face às altas insolações diárias, a baixa umidade e a gravidade. Muito embora a erosão paralela seja vigorante, inegavelmente a vertical também atua sobre os topos, produzindo finos mantos intempéricos que os organismos transformam em solos (Neossolos Litólicos Eutróficos típicos e Cambissolos

Háplicos Ta Eutróficos lépticos). Portanto, estas são as principais características dos topos e cristas da serra da Lagoa Seca/Coqueiros.

### **5.2.2 Encosta da Serra Lagoa Seca/Coqueiros**

A encosta da serra Lagoa Seca/Coqueiros é uma superfície convexa presente entre o topo e o curso fluvial principal do riacho Carrapateiras. Esta vertente tem 3,25 km de extensão, largura média de 197 m, abrange cotas altimétricas de 575 m a 710 m e declividades variantes de 3% a mais de 75%, com destaque para 20% a 45% (figura 30).



**Figura 30** – Vista panorâmica da face NW da serra Lagoa Seca/Coqueiros presente na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE durante a estação seca.

Por meio dos trabalhos de campo e análise do mapa geológico (mapa 2), constata-se que esta vertente apresenta uma significativa litodiversidade, porém a distribuições de seus litotipos é complexa, uma vez que há setores, como o que dista 700 m da nascente principal. Neste, do terço inferior até a metade da encosta, há anfibolitos, e no segmento superior rochas calcissilicáticas ou metagranitos, que influenciam no menor intemperismo e denudação deste relevo.

Não obstante, isso não é uma regra, no princípio da MH, os anfibolitos estão presentes em um pequeno domo central na bacia. Assim, a encosta da serra da Lagoa Seca é integralmente formada por meta muscovita quartzo monzonitos e rochas calcissilicáticas, o que mostra a discordância entre estes relevos justapostos e na mesma porção da MH. Tal fato manifesta-se em virtude desta encosta sofrer cavalgamento promovida pela falha geológica, a

qual tem demonstrado sua capacidade em soerguer, sobretudo, os granitóides, possivelmente por serem os mais abundantes na área de pesquisa.

Ao examinar-se os perfis digitais de elevação do terreno (D-D', E-E, F-F' e G-G' no mapa 6), conclui-se que esta encosta é bem mais declivosa e menos larga que a vertente da serra do Tecelão. *In loco*, viu-se que os solos são rasos, frequentemente possuem 40 cm de espessura ou menos e detêm grande quantidade de rochas, seixos quartzosos e afloramentos. Estes indicam que o intemperismo físico é o processo mais atuante nesta vertente, seguido pela erosão paralela, pedogênese e erosão laminar e em sulcos, especialmente, ativadas pelas atividades antrópicas.

Em função do que se vem discutindo, esta porção do relevo destaca-se pelas atuações dos processos erosivos (erosão regressiva, laminar, sulcos e pedestais) nas porções declivosas, a pedogênese nas áreas planas a suaves onduladas, infiltração, pediplanação em seus topos e adições e perdas de materiais de textura média a fina pelas ações eólicas. Seu desenvolvimento geomorfológico está atrelado à erosão regressiva e a dissecação fluvial, a qual tende a diminuir as porções planas e acentuar a formação de cristas.

### **5.2.3 Topo da Serra do Tecelão**

O topo da serra do Tecelão é a porção superior do maciço residual cristalino convexo e pouco dissecado. Sua superfície costuma ser de plana a suave ondulada, em razão do seu gradual aplainamento, via erosão eólica e laminar. Além disso, é desprovido de cristas rochosas, porém detêm muitos afloramentos litológicos com diversas dimensões e fraturamentos, sendo resultantes das ações de soergimento, fraturamento, intemperismo, erosão e denudação do relevo.

Assim, trata-se de uma superfície contínua e inclinada (figura 31), cujo setor mais elevado está nas imediações das nascentes do riacho Carrapateiras e o rebaixado em sua foz (mapa 3 e 6). Em função de suas dimensões (extensão e largura), o topo da serra do Tecelão é maior que os da serra Lagoa Seca/Coqueiros, por isso este possui, aproximadamente, 3,753 km de extensão, 87 m de largura média e declividades que variam de 0% a 45%, dentre as quais dominam os aclives de 3% a 20%. Embora a geforma citada seja contínua espacialmente e maior que a serra da Lagoa Seca/Coqueiros, esta exhibe altitudes máximas e

declividades superiores, possivelmente por sofrer mais com o cavalgamento da falha geológica.



**Figura 31** – Topo da serra Tecelão, presente na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE, exibindo sua rochosidade e degradação.

O topo possui disposição espacial de NE-SW e está em conformidade com a orientação da MH. Esta orientação está fortemente vinculada à presença do falhamento geológico da zona de cisalhamento responsável pelo seu soerguimento e seu cavalgamento rumo a serra Lagoa Seca/Coqueiros. É válido destacar que, em termos evolutivos, os topos das serras aluídas passaram por processos semelhantes, porém o topo da serra do Tecelão foi mais intemperizado e denudado, em razão de sua largura, declividade e rochas ricas em muscovitas, biotitas e feldspatos.

Estas variáveis fomentaram maior intemperização e denudação da superfície de cimeira da serra do Tecelão, pois quanto mais largo o topo, mais plano ou suave ondulado tende a ser, porque contém espaços centrais mais distantes das encostas, sendo pouco afetado pela erosão paralela e pelo aumento da declividade associado a esta. Além disso, esta situação de relevo, atrelada às boas drenagens dos sedimentos e solos, viabiliza condições propícias para retenção de água nos elementos descritos.

Logo, impulsionando as atuações da oxidação, hidrólise, lixiviação, dissolução, recristalização de sais e hidratação, os quais são decisivos para o aumento do manto de intemperismo, doravante colonizados pelos organismos e transformados em solos. Estes, por deterem boa drenagem, mitigam os efeitos dissecativos, pois dificulta o escoamento superficial que, por sua vez, limita as incisões fluviais sobre as encostas e o topo.

Ao analisar-se o perfil de elevação digital desta unidade geomorfológica (C-C' no mapa 6), percebe-se que os primeiros 1,5 km (iniciando da nascente) são caracterizados pelas maiores elevações, as quais chegam a 707 m, donde são rebaixadas gradualmente. Depois de cerca de 2,6 km do início, há uma queda topográfica de 65 m, o que é expressivo levando em conta o curto espaço e a declividade. Este rebaixamento geomorfológico ocorre nas imediações do baixo curso, onde se acredita haver menos elevações causadas por flutuações do nível de base ou soerguimentos. Isto posto, nas demais porções da superfície de cimeira há pouca variação da altitude, tornando o topo plano.

Curiosamente, percebe-se que os topos das serras em questão apresentam relações quanto as suas máximas e mínimas de altitude. Isto é, o primeiro km do topo da serra do Tecelão apresentam as maiores elevações. Já no caso da serra Lagoa Seca/Coqueiros, as cotas máximas estão nos seus primeiros 700 m, iniciando da nascente do riacho Carrapateiras. Conforme observado em campo e no mapa 3, constata-se que os setores mais elevados dos topos citados encontra-se organizados obliquamente um em relação ao outro.

Desta maneira, conclui-se que houve uma maior atuação da tectônica via falhamentos oblíquos à MH e/ou erosão diferencial menos atenuada neste setor em razão de sua litologia mais silicosa. Igualmente, identificou-se, nas porções centrais (dois km ao longo da serra do Tecelão e 1,6 km da serra Lagoa Seca/Coqueiros, tendo com início a nascente do riacho), os que de ambas serras são, significativamente, mais rebaixados e possuem disposição oblíqua, o que sugere ações de falhamentos obliquamente entre as serras supracitadas.

Atualmente, o topo da serra do Tecelão encontra-se degradado devido aos intensos cultivos promovidos entre as décadas de 60 a 90 do século XX e também pelo seu emprego para o desenvolvimento da pecuária extensiva e extrativismo vegetal no presente. Isso possibilitou a formação de pequenos sulcos erosivos, que tendem a dissecar este relevo. As incisões, porém, tendem a ser rasas, em virtude dos seus solos e proximidade da rocha com a superfície.

#### ***5.2.4 Encosta da Serra do Tecelão***

A encosta da serra do Tecelão (figura 32) é segmento mediano entre o topo e o curso fluvial principal do riacho Carrapateiras. É caracterizada por ocupar a maior área

espacial da MH, ter acentuada declividade e compreender altitudes próximas a do seu topo. Trata-se de uma forma de relevo orientada de NE-SW, cuja exposição da sua superfície é para SE, donde recebe expressivas quantidades de vento e chuvas torrenciais no período chuvoso.

Esta vertente tem 3,753 km de extensão, largura média de 300 m, abrange cotas altimétricas de 575 m a 700 m e declividades variantes de 0% a 75%, com destaque para 8% a 20%. A partir dos trabalhos de campo, imagens de satélite e mapas 3 e 4, constatou-se que a encosta da serra do Tecelão possui formas convexas e côncavas.



**Figura 32** – Vista panorâmica da face SE da serra do Tecelão e, em seu sopé, o riacho Carrapateiras e sua planície fluvial (Belém-Tauá/CE).

Nas porções mais elevadas, a encosta tende a ser convexa, tendo seu terço inferior côncavo. Já nos segmentos cujas cotas altimétricas são menores, o setor próximo do topo costuma ser convexo, entretanto todas as demais partes da encosta são côncavas e concentram cursos fluviais de primeira ordem, conforme é visível no baixo e médio curso do riacho, por exemplo.

A encosta/vertente surgiu a partir do momento que a serra do Tecelão foi soerguida em um passado remoto, por meio da ativação da zona de cisalhamento, a qual, provavelmente, conferiu à encosta uma morfologia escarpada. Todavia, esta, ao interagir com a dimensão climática, foi sendo convexada e, onde a encosta era mais côncava, foi, paulatinamente, dissecada pelos primeiros cursos hídricos de 1ª ordem.

Com o transcorrer temporal, o sistema fluvial cresceu e aumentou a dissecção dos relevos e da MH. como um todo, alargando seu vale. À medida que a incisão fluvial ia

umentando, houve o recuo lateral e vertical das vertentes, cujos sedimentos eram depositados nos riachos e levados ao curso principal, assoreando-o. Mas, graças às chuvas torrenciais, estes eram rapidamente eliminados do sistema exposto ou depositados na planície fluvial.

Em campo, não foram detectados depósitos coluvionais significativos na base da vertente, a não ser em locais muito específicos, onde a declividade é muito acentuada. Porém, com base na morfologia da encosta, distribuição dos solos e presença de blocos rochosos rolados e depositados no terço inferior e curso fluvial, acredita-se que a encosta ainda sofre com os efeitos dos processos morfogenéticos, muito embora a pedogênese seja preponderante.

A diferença mais marcante entre as vertentes da serra do Tecelão e da Lagoa Seca/Coqueiros é que a primeira é mais larga, menos declivosa e não possui as oscilações altimétricas que a segunda possui. Mas, litologicamente e pedologicamente, assim como sua composição florística, possuem características similares.

Em suma, os principais processos atuantes nas encostas são: erosão em sulcos, laminar e pedestais; pedogênese, agradação pela deposição de sedimentos rolados ou erodidos dos topos; infiltração, pois possui solos mais espessos, o que possibilita maior expressividade deste processo neste setor da paisagem. Além disso, destaca-se a termoclastia de seus litotipos, possibilitando a formações de sedimentos para as encostas, desenvolvimento dos solos e carga de fundo para os cursos fluviais, dentre outros.

A encosta da serra em questão foi a mais utilizada para as práticas agrícolas durante as décadas de 60 a 90 do século XX. Estas atividades deixaram marcas irrecuperáveis na paisagem, ao ponto de ativar a morfogênese, que aumentou as incisões lineares na vertente e provocou a erosão dos solos. Estes foram abandonados devido à falta de mão de obra para que fossem labutados e em função da sua queda de produtividade, muito embora sejam eutrófico e com alta capacidade de troca de cátions (CTC).

#### ***5.2.5 Fundo de vale e seus cursos fluviais: aspectos hidrogeomorfológicos***

O fundo de vale compreende as porções mais deprimidas da paisagem, onde há os cursos fluviais intermitentes. Por isso, detém formas lineares, côncavas, interconectadas e de fundos achatados, gerados pelas ações erosivas do escoamento superficial associadas aos falhamentos geológico e alguns fraturamentos das rochas com direções NW-SE e NE-SW ao longo do tempo geológico.

Estes relevos, inseridos em vales em V, são responsáveis pela rede de drenagem da MH. Assim, o referido possui uma intensa morfodinâmica, pois é por onde a água, sedimentos clásticos, iônicos e matérias orgânicas são depositados e/ou transportados para a foz endorreica da bacia em questão.

Uma vez dentro dos cursos fluviais de primeira, segunda ou terceira ordem, conforme STRAHLER (1957), os sedimentos passam a ser remobilizados para os setores ainda mais rebaixados da MH. Isto é, são depositados na planície fluvial ou no barramento artificial (açude), a jusante da nascente, que representa o nível de base local.

O fundo do vale e seus cursos fluviais estão inseridos entre as cotas altimétricas de 700 m a 550 m, possuem declividades inferiores a 8% e abarca integralmente o riacho principal da bacia, o qual tem 4,458 km de extensão. Este juntamente com os demais cursos fluviais drenam uma área de 2,086 km<sup>2</sup>, logo perfazendo uma densidade de drenagem de 2,97 km/km<sup>2</sup>.

Os princípios de todos os riachos/cursos de primeira e segunda ordem são marcados pelo escoamento superficial efêmero e difuso, ocorrentes durante a quadra chuvosa. Assim, em função das declividades, texturas dos solos, zonas pouco vegetadas e presença de fraquezas geológicas, os escoamentos citados tendem a concentrarem-se e formarem sulcos erosivos nos solos, inicialmente com dimensões aproximadas de 25 cm de largura por 20 cm de profundidade.

À proporção que a declividade do relevo diminui, os sulcos erosivos/cursos fluviais ficam profundos, porém mais largos. Afinal, o embasamento cristalino, o qual está próximo da superfície (60 cm a 150 cm de profundidade), limita o desenvolvimento vertical dos referidos. Por isso, os riachos de primeira ordem habitualmente possuem dimensões pequenas, com médias de 20 cm a 80 cm de profundidade e 25 cm a 150 cm de largura. As extensões dos aludidos variam entre 40 m a 780 m e estão condicionadas ao declive dos topos e encostas, bem como aos tipos de solos presentes nestes.

Com base no diagrama de roseta (figura 26), na distribuição e sentido dos cursos fluviais (mapa 5) constatou-se que o curso fluvial principal do riacho Carrapateiras assenta-se, diretamente, na falha geológica principal da zona de cisalhamento com direção NE-SW. Por isso, detêm morfologia, relativamente, linear e bem encaixada entre as duas vertentes, onde, esporadicamente, faz curvas com angulações próximas a 90° quando esbarra em afloramentos rochosos ou há um prolongamento de uma encosta no sentido em que flui.

Majoritariamente dos cursos fluviais de primeira ordem localizam-se sobre rochas fraturadas nas direções E-W. As fraturas ocorrem em segmentos frágeis das rochas e dadas às disposições e morfologias das vertentes, geralmente convexas-côncavas, que orientam preferencialmente os fluxos hídricos nesta direção.

Durante os trabalhos de campo, notou-se que o riacho Carrapateiras disseca diversas litologias ao longo de seu curso, com destaque para as meta muscovita quartzo monzonitos, muscovita biotita gnaisses com granadas e anfibolitos, sendo as rochas ácidas mais expostas. Frequentemente, viu-se afloramentos rochosos com altas angulações, o que indica a atividade tectônica e o falhamento neste setor.

Conforme foi exposta, a densidade de drenagem não é adensada, porque a área espacial e a rede de drenagem são pequenas e menos complexas que a BH do rio Carrapateiras como um todo. Atualmente, os cursos fluviais têm expandindo-se, em virtude do aumento da erosão em sulcos nos solos degradados e pisoteados pelo gado.

Tais fenômenos têm acentuado a densidade de drenagem da MH, pois aumentam os números de sulcos, bem como sua expressividade espacial, capacidade de acúmulo, transporte hídrico e ativam a erosão remontante. Assim, este quadro tem provocado profundas perturbações nos sistemas ambientais, especialmente nos fluviais, pois têm desencadeado alterações nos balanços da sedimentação e erosão naturais, assim como o assoreamento de açudes a jusante conforme relata Araújo (2003).

Tratando-se do riacho principal (Carrapateiras), este nasce em uma porção ecotonal entre topo e encosta da serra Lagoa Seca, onde há um campo agrícola (mapa 5). *In loco* não há um olho d'água, lagoa ou um corpo hídrico natural perene como ocorre em outros rios de regiões menos estias ou mais úmidas, logo a nascente está assente em um setor seco, desmatado, erodido pela erosão laminar e em sulcos (figura 33 - a). Em razão disso, carece de políticas públicas conservacionistas para sua proteção efetiva.

Deste modo, o riacho começa com o escoamento difuso e efêmero, ocorrentes durante a quadra chuvosa, que, ao encontrar um microrrelevo do solo mais elevado, passa a concentrar água e sedimentos (areias, argilas, siltes e matéria orgânica). Quando a acumulação e pressão destes supera a da micro-elevação, há o rompimento desta, o que permite que a água e parte de seus sedimentos sejam erodidos com força, em virtude da acumulação de energia potencial dos referidos, corroborando para que seja criado um pequeno sulco erosivo

intermitente (15 cm de altura por 17 cm de largura), que passa a ser o princípio do curso fluvial.

Desta maneira, vertente abaixo, o curso fluvial aumenta suas dimensões devido à erosão remontante e por concentrar águas advindas dos demais sulcos erosivos ou do escoamento difuso, tornando-o maior e com elevado poder erosivo e evacuador de águas da paisagem. Logo, após os primeiros 100 m das nascentes, este riacho possui uma largura de 80 cm e 50 cm de profundidade, passando a dissecar as rochas do embasamento cristalino: fragmentando-as e dissolvendo-as levemente.

Afinal, a água do escoamento superficial é levemente ácida em razão da água pluvial e o gás carbônico reagirem na atmosfera, acidificando a primeira (BOGAN *et al.*, 2009). Quando esta chega ao solo, na forma de ácido carbônico, este passa por outra acidificação, decorrente da incorporação dos  $H^+$  liberados pelas reações de decomposição da matéria orgânica pelos organismos (FONTES, 2009; OLIVEIRA, 2011), portanto aumentando o grau de dissolução das rochas, particularmente as ricas em cálcio, como as calcissilicáticas e anfibolitos.

Quanto à fragmentação dos litotipos pelo riacho, inicialmente estas rochas são naturalmente fraturadas e/ou foliadas, devido aos processos geológicos e à sua elevada cronologia. Ao serem exumadas pelas ações erosivas do riacho, as rochas sofrem, por mais de oito meses do ano, com o intemperismo físico (termoclastia). Assim, nos quatro meses restantes há o período chuvoso, marcado por chuvas torrenciais que adicionam águas de alta energia cinética no riacho, que por sua vez flui fortemente, sulcando e fragmentando as frágeis rochas em seu curso (figura 33).

À medida que o curso fluvial do riacho Carrapateiras torna-se mais complexo, com maior capacidade de transporte hídrico e de sedimentos, este passa por uma remodelação morfológica para adequar-se às novas condições postas. Com isso, a largura do curso do riacho em discussão supera os 200 cm de largura e sua profundidade oscila de 100 cm a 150 cm. Porém, cabe frisar que estas dimensões variam segundo o encaixamento do curso entre as encostas for acentuado, pois quanto mais íngremes estas são, menos largo e mais profundo o canal fluvial tende a ser.

Ademais, transcorridos 400 metros após as nascentes principais, o curso hídrico passa a apresentar notáveis quantidades de cargas de fundo, compostas por calhais angulares e subangulares de anfibolitos, muscovita biotita gnaisses com granada, calcissilicáticas e meta

muscovita quartzo monzonitos. As quantidades das frações areias são medianas, enquanto que as de siltes e argilas são pouco expressivas, em virtude da eficiência de transporte que possui para carrear estas pequenas frações granulométricas.



**Figura 33** – Curso fluvial principal do riacho Carrapateiras-Tauá/CE: (A) nascente efêmera do riacho Carrapateiras, cuja seta vermelha indica direção do fluxo difuso e a amarela mostra a direção onde é formado o sulco erosivo/canal fluvial principal; (B) médio curso do canal do riacho Carrapateiras apresentando sua largura maior que a profundidade e calhaus como carga de fundo; (C) baixo curso do riacho em questão exibindo sua largura pronunciada e calhaus e matacões métricos como cargas de fundo.

A quantidade de matéria orgânica no riacho é muito expressiva, pois esta é erodida dos topos e encostas pelo escoamento superficial e pelos ventos, acumulando-se no canal fluvial, que as transporta para os setores à jusante das nascentes. Porém, galhos, árvores que caíram das bordas do canal e rochas em seu leito acabam sendo obstáculos naturais que promovem o amontoamento de matéria orgânica pouco decomposta em alguns segmentos do canal fluvial. Este, por sua vez, cria pequenos barramentos dentro do riacho porque obstrui os

espaços entre os blocos rochosos empilhados da carga de fundo. Então, este fenômeno é responsável pela acumulação de areia e frações menores nestas porções.

A decomposição da matéria orgânica no curso fluvial é pouco expressiva em virtude das oscilações térmicas, baixa umidade, ineficiência da decomposição dos microorganismos e fungos, tendo em face às condições ambientais limitantes. Ademais, não foram detectadas as presenças de planícies fluviais ao longo dos cursos hídricos ou do riacho principal, a não ser em seu baixo curso. Isto porque estão inseridos nos setores da MH, onde há o domínio da erosão, quase não há enxurradas e há declividade necessária para haver agradações expressivas de materiais em suas bordas. Tais fatores indicam os motivos pelos quais não se encontrou depósitos fluviais nas bordas da maioria dos cursos, a não ser delgados depósitos coluvionais.

No baixo curso do riacho Carrapateiras, as encostas das serras citadas tornam-se mais íngremes e menos largas. Deste modo, o riacho torna-se mais largo (entre 500 cm a 600 cm) e mais profundo (100 cm a 180 cm). Neste âmbito, há vários calhaus e matacões angulares e subangulares que chegam a ter menos de 60 cm, no caso dos primeiros, e mais de 150 cm, no que compete aos segundos.

As morfologias, proximidades das bordas do curso fluvial, bem como suas disposições sugerem que os blocos rochosos são, em parte, materiais coluvionais, fragmentados dos afloramentos das encostas e rolados para o riacho. Entretanto, alguns blocos menores que 100 cm apresentam vestígios morfológicos que denotam rolamento, o que indica que foram trazidos da região a montante pelo riacho, talvez não superior a 900 m do local.

A ocorrência de frações arenosas é mais expressiva no baixo curso fluvial, assim como as frações siltsas e argilosas. Contudo, estas aumentam, exponencialmente, quanto mais próximas estão da planície fluvial, onde atualmente o riacho tem erodido nitidamente, em função de variações no nível de base, possivelmente, regional. O material sedimentar oriundo desta erosão tem sido depositado no açude; a jusante e o restante do riacho, além dos limites da área de estudo deste trabalho, encontra-se seriamente assoreado, a tal ponto de, praticamente, não ser perceber a existência de um canal fluvial.

### 5.2.6 Planície Fluvial

A planície fluvial do riacho Carrapateiras situa-se na porção mais rebaixada da sua MH, entre as cotas altimétricas de 550 m a 575 m e cuja declividade média não ultrapassa 5°. Trata-se de uma forma de relevo sedimentar, localizada ao longo de parte do baixo curso do riacho citado, com morfologia plana a suave ondulada (figura 34). Por ter natureza fluvial e coluvional, este tipo de relevo é poligênico e neoformado, se comparado com os demais da MH.



**Figura 34** – Planície Fluvial desmatada do riacho Carrapateiras-Tauá/CE

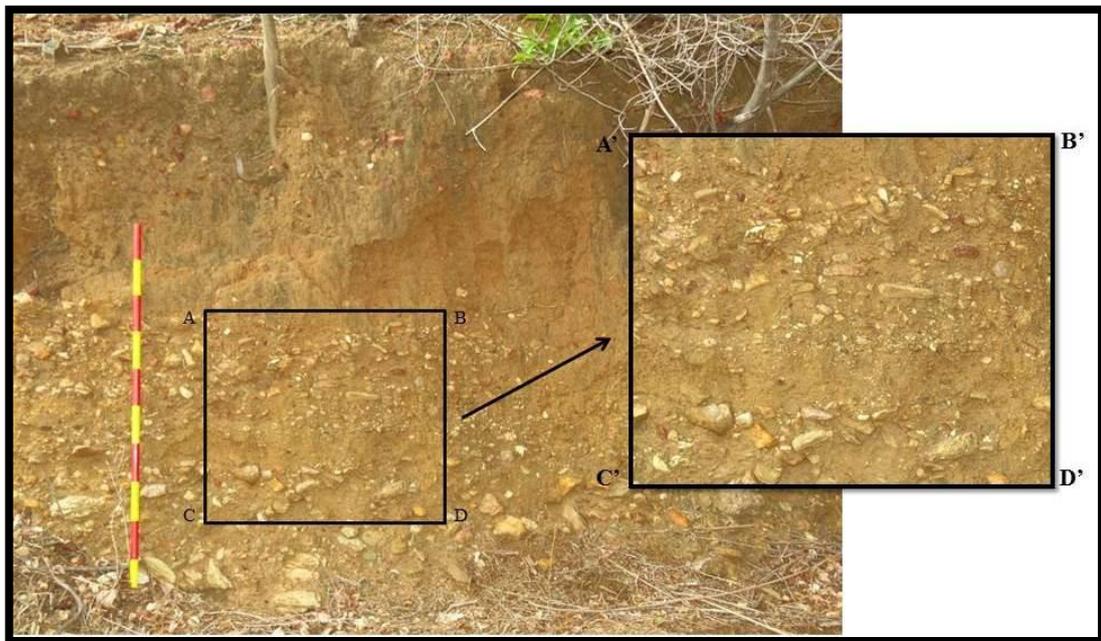
Inicialmente, pensou-se que esta unidade de relevo era um pedimento, em virtude de estar presente na base das serras do Tecelão e dos Coqueiros e por estar diretamente justaposta com o pediplano circundante. Porém, durante dos trabalhos de campo, percebeu-se que esta área detinha solos com texturas, coloração e espécies vegetacionais diferenciadas do seu entorno.

Nesta perspectiva, durante os trabalhos de campo, buscou-se identificar a gênese deste relevo. Por meio de um perfil litoestratigráfico construído pelo riacho na encosta da serra do Tecelão e com base na análise do perfil pedológico escavado na planície, detectou-se que o relevo posto tratava-se de uma planície fluvial. Por isso, seus solos foram classificados

como Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos típicos, em função de suas características morfológicas e físico-químicas.

Ademais, tais solos demonstraram possuir o caráter errático do carbono orgânico do horizonte superficial aos de subsuperfícies; de igual modo ocorreu com os Kis (relação molar entre  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 \times 1,7$ ). As relações de areia fina por areia grossa (utilizada para detectar discontinuidades litológicas) também exibiram oscilações relacionadas à discontinuidade citada e há a presença de *stones lines* nestes solos (tabela a, b e c no apêndice).

Apesar disso, tais atributos ainda não corroboram decisivamente para fundamentar a influência coluvional na construção da planície. Mas, ao observar-se o perfil litoestratigráfico (figura 35) com aproximadamente 145 cm de espessura, nota-se que os primeiros 75 cm são compostos por sedimentos franco arenosos, os quais são intercalados por um *stone line* irregular de quartzos angulosos e subangulosos provenientes de sucessivos fluxos laminares e rolamento de fragmentos rochosos e quartzosos encosta abaixo. Estes não possuem orientações de seu maior eixo em direção ao fluxo do riacho, imbricações ou organizações lineares que denotem terem sido depositados pelo aludido, portanto, fundamentando a assertiva de que há influência coluvional neste segmento do depósito.



**Figura 35** – Perfil litoestratigráfico representativo da planície fluvial da MH do riacho Carrapateiras, Tauá-CE.

Entretanto, abaixo dos 75 cm, após a superfície, verifica-se que os *stones lines* são mais espessos, organizados linearmente, constituídos por muito material clástico na fração calhaus e cascalhos dentro de uma matriz de textura franca arenosa. Os sedimentos líticos são compostos por distintos tipos de rochas presentes na MH, com destaque para meta muscovita quartzo monzonitos e calcissilicáticas, além de fragmentos quartzosos revestidos por uma delgada película de óxido de ferro.

Os fragmentos, ao contrário dos estratos sobrepostos, apresentam seu eixo de maior comprimento orientado em relação à direção do fluxo hídrico do riacho (NE-SW) e as fácies deposicionais apresentam depósitos clásticos com ondulações provocadas por antigas cargas de fundo do riacho, as quais barravam os sedimentos em trânsito.

Além disso, percebe-se que os *stones lines* são intercalados por deposições irregulares quanto à textura e a espessura dos estratos, o que sugere que o riacho depositou-os conforme os eventos pluviométricos adicionaram mais ou menos água na MH, aumentando ou não a energia cinética do fluxo hídrico. Isto, porque há estratos com partículas menores (textura franco arenosa, cascalhos e blocos rolados centimétricos), enquanto há outras porções com dominância da areia, cascalhos e calhaus conforme mostra a figura 34.

Com base nos indícios expostos, acredita-se que a planície fluvial foi formada pela coalização das deposições fluviais e coluvionais, quando o nível de base regional e local era mais rebaixado, permitindo a agração de materiais clásticos com texturas e naturezas distintas neste setor. Porém, atualmente, o riacho tem erodido, expressivamente sua planície em razão do aumento do nível de base regional, fomentando a elevação e erosão da antiga planície fluvial, a qual guarda em seus estratos parte da história morfogenética e climática do contexto posto.

## **6. ANÁLISE DOS ELEMENTOS AMBIENTAIS DA MH DO RIACHO CARRAPATEIRAS (TAUÁ-CE): DA DIMENSÃO PEDOLÓGICA À BOTÂNICA**

### **6.1 A compreensão sistêmica dos solos**

Os solos detêm funções essenciais para a manutenção vida dos seres terrestres, visto que induz a produção primária de biomassa, nutre e sustenta os vegetais, filtram e acumulam as águas superficiais, é habitat para inúmeras espécies animais, fungos e bactérias e é um relevante depósito de minerais e base para as construções arquitetônicas humanas (AZEVEDO; PEDRON; DALMOLIN, 2007). No contexto semiárido, como no Nordeste do Brasil, onde a sociedade tem a agropecuária como uma de suas principais fontes de renda, o solo tornar-se um recurso impar para o desenvolvimento social e dos sistemas ambientais.

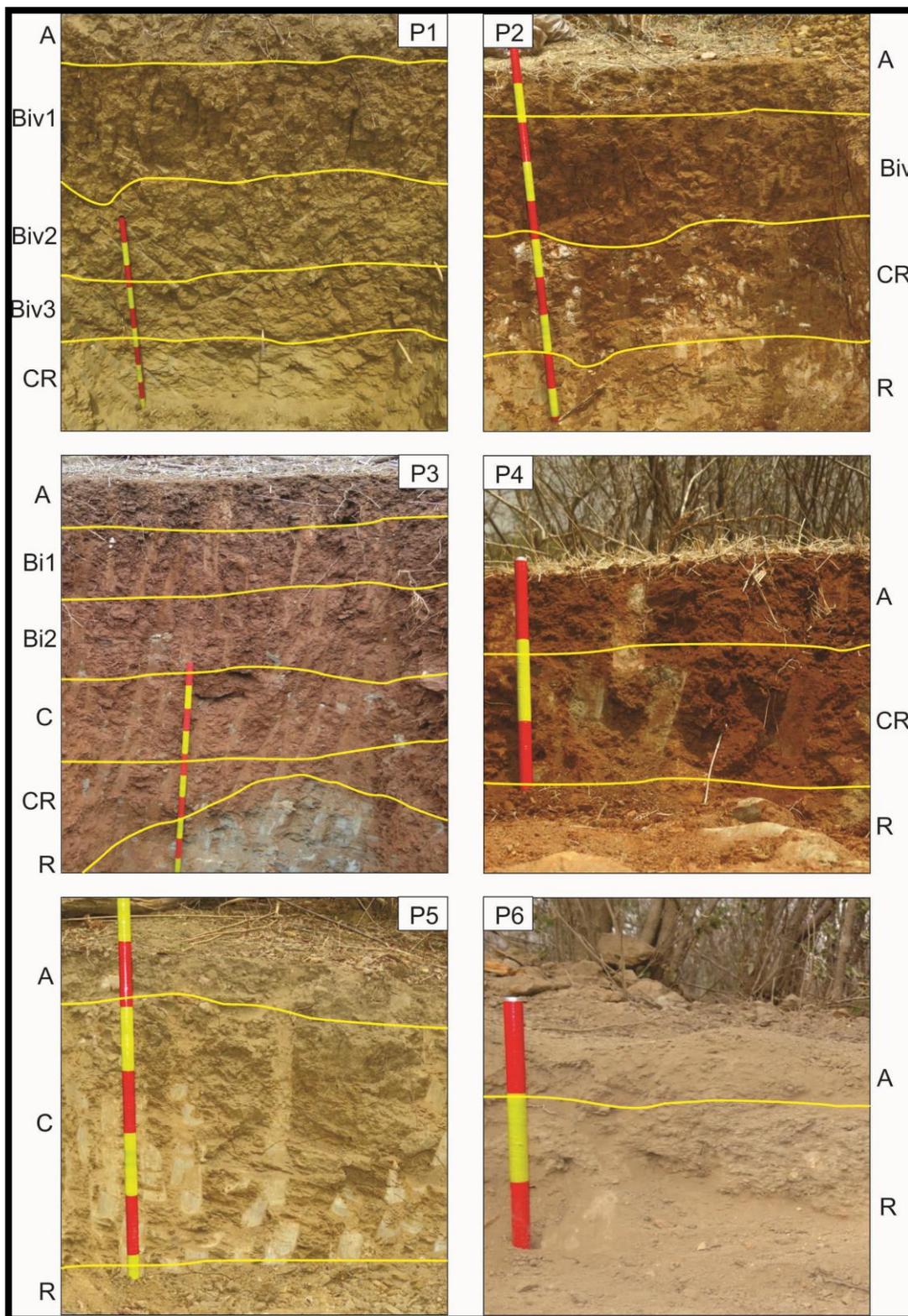
De acordo com Ab'Sáber (1999), as condições das terras secas ou semiáridas do Nordeste do Brasil estão relacionadas, sobretudo com as formas do modelado e com clima quente e seco, os quais possibilitam as formações de solos rasos e pedregosos. Tal explicação é plausível, uma vez que Jenny (2005), Oliveira (2011) e Lepsh (2011) explicam que os solos são formados pelas ações contraditórias e combinadas entre os fatores e os processos pedogenéticos, assim em cada contexto ambiental os referidos arranjam-se distintamente, compondo mosaicos de solos variados.

Ademais, sabe-se que solos advindos de materiais parentais diferentes em climas semelhantes tendem a formar táxons análogos. Porém, isso não é bem o caso do Nordeste brasileiro porque segundo Araújo Filho (2011, p. 2), à medida que se adentra no semiárido, o clima torna-se mais seco, logo há a diminuição do intemperismo químico, assim os aspectos geológicos vão ganhando importância sobre as características e propriedades dos solos. Isto explica, parcialmente porque dentro do contexto macroclimático nordestino, há tantas variações pedológicas, conforme são apresentadas por Brasil (1973), Romero e Ferreira (2010) e Araújo Filho (2011), por exemplo.

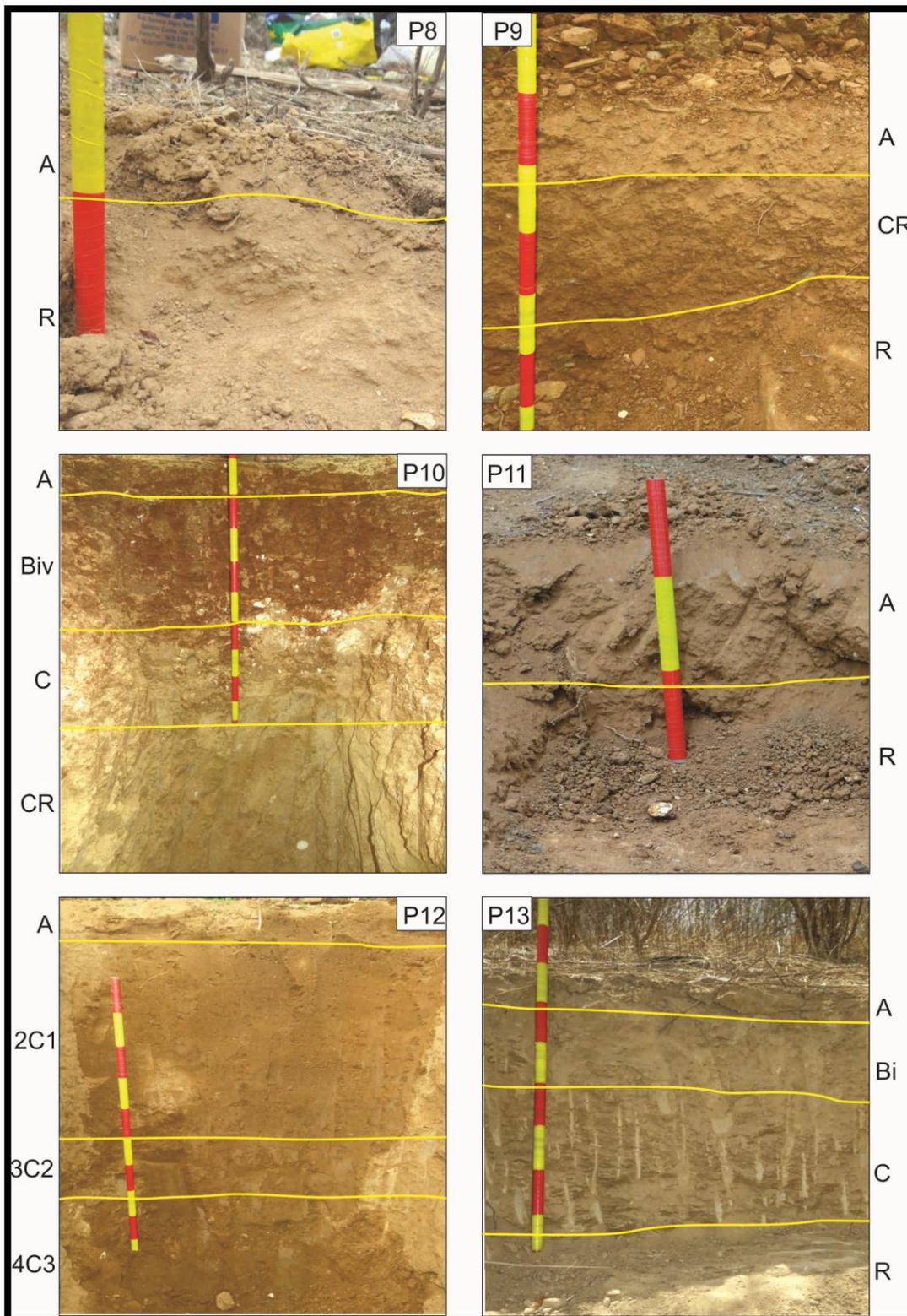
Apesar disso, sabe-se que mesmo que material parental seja importante nas gênese dos solos nordestinos, tal fator não é determinante, pois o clima, o relevo e os organismos também são igualmente relevantes no que tange a formação dos supracionados. Diante disso, destacam-se os solos da MH do riacho Carrapateiras, a qual é composta por diversos litotipos (FORGIARI; BRAGA, 2011) e apresentam táxons pedológicos com características, significativamente influenciadas pelos fatores de formação pedológicos

descritos, especialmente pelo material parental e relevo. Um dos trabalhos que apontam supostos tipos de solos presentes na MH do riacho Carrapateiras é Brasil (1973), o qual é o levantamento exploratório e de reconhecimento dos solos cearenses, que indica que a bacia citada está na associação pedológica composta por Brunos Não Cálcicos, Solos Litólicos Eutróficos e Planosols Solódico e Solonetz Solodizado. Estes atualmente são entendidos como Luvisolos, Neossolos Litólicos e Planossolos (SANTOS *et al.*, 2013).

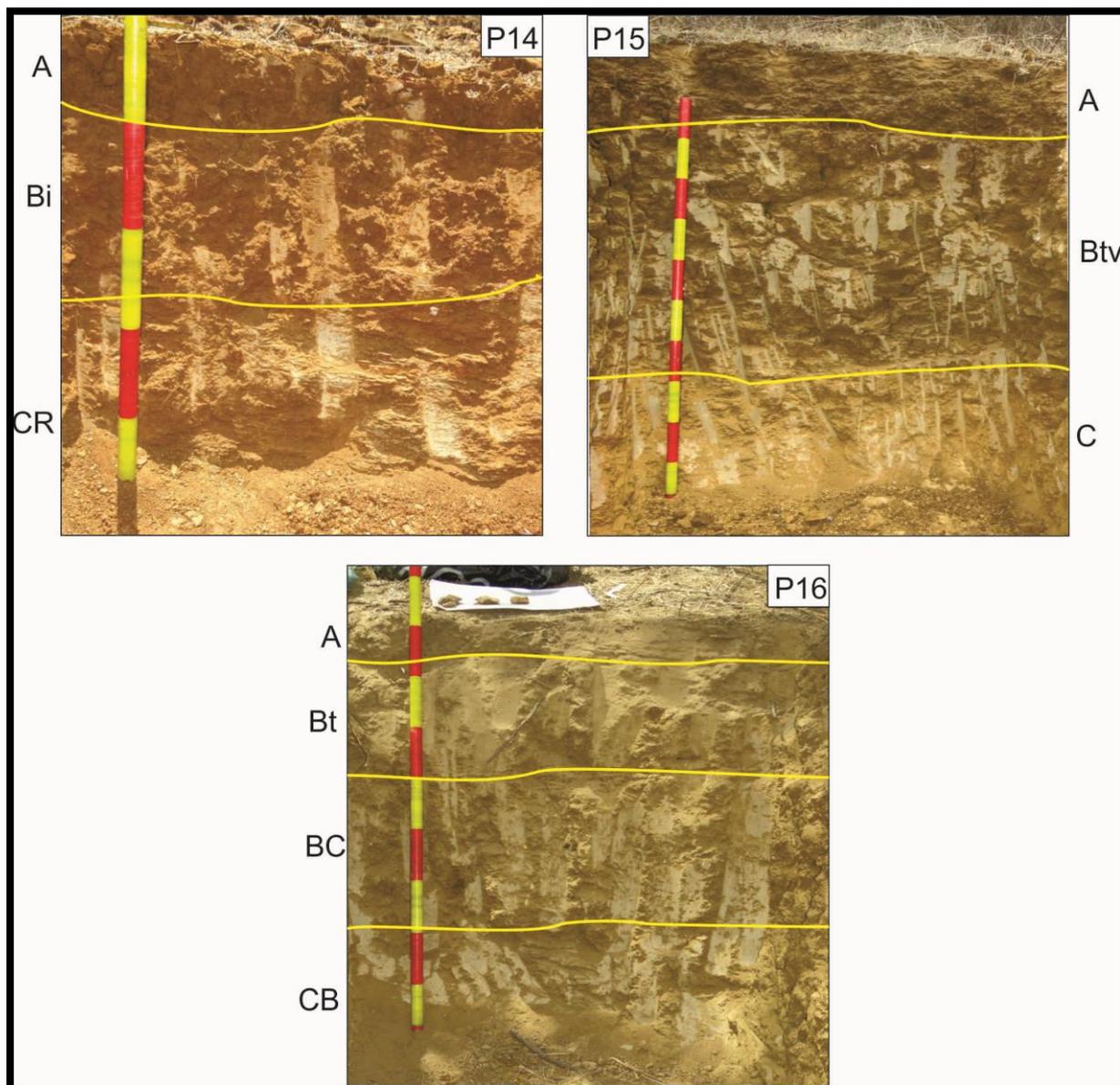
Porém, com base nos trabalhos de campo e análises laboratoriais, verificou-se que os solos presentes na MH do riacho Carrapateiras são: Luvisolos Háplicos Pálicos abruptos/ Órticos típicos (figura 38), Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos lépticos (figuras 36, 37 e 38), Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos vertissólicos (figuras 36 e 37), Neossolos Litólicos Eutróficos típicos (figuras 36 e 37) e Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos típicos (figura 37), cuja espacialização está representada no mapa 7. As informações específicas de cada um dos solos analisados e classificados encontram-se expressas nos apêndices b, c e d. Contudo, nos parágrafos seguintes, são expostos e discutidos os principais atributos dos supracitados.



**Figura 36** - Perfis pedológicos analisados na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE: Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos vertissólicos (P1, P3); Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos lépticos (P2) e Neossolos Litólicos Eutróficos típicos (P4, P5 e P6).



**Figura 37** - Perfis pedológicos analisados na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE: Neossolos Litólicos Eutróficos típicos (P8, P9 e P11); Neossolos Flúvicos Ta Eutrófico Típico (P12); Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos vertissólicos (P10) e Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos lépticos (P13).

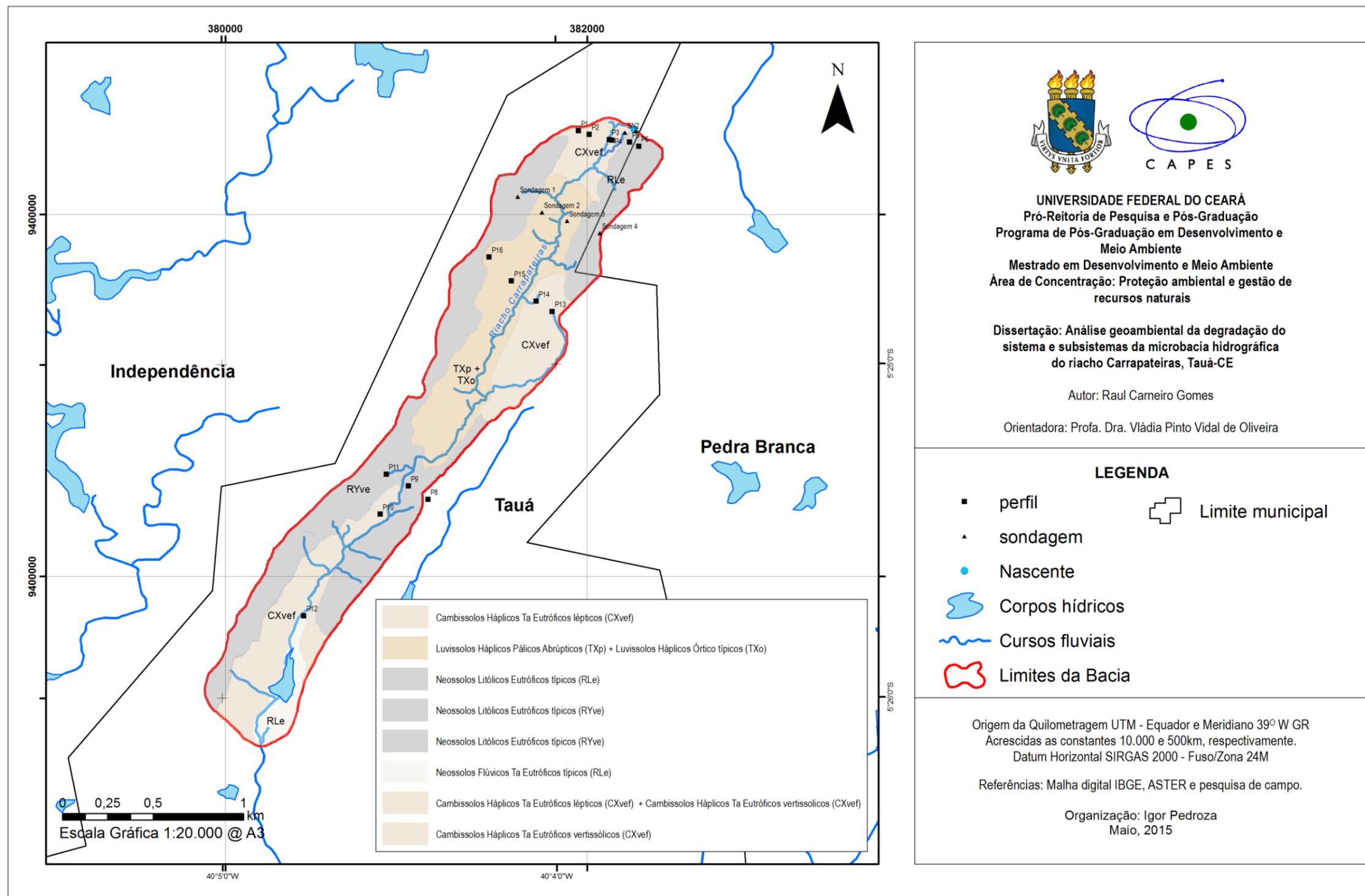


**Figura 38** - Perfis pedológicos analisados na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE: Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos lépticos (P14); Luvisolos Háplicos Pálicos abruptos (P15) e Luvisolos Háplicos Órticos típicos (P16).

# MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO CARRAPATEIRAS, TAUÁ-CE

## Mapa pedológico

## Mapa 7



### **6.1.1 Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos típicos: aspectos de um solo neoformado**

Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos típicos (Perfil 12 - P12, figura 37) são solos poligênicos de constituição predominantemente mineral, eutróficos ( $V\% > 50\%$ ), bem drenados, formados nas porções deprimidas ou planas das paisagens (SANTOS *et al.*, 2013), onde há intensas atividades colúvio-aluvionais responsáveis pela deposição de sedimentos de diferentes granulações e composições geoquímicas.

Tais solos apresentam variações físicas e químicas dentro de seu perfil em virtude dos sucessivos e variantes eventos erosivos e agradacionais influenciados pelos fenômenos climáticos e geomorfológicos, especialmente os fluviais ao longo do tempo. Uma vez que a pedogênese supera a morfogênese, há a formação deste solo marcado pela distribuição errática de matéria orgânica, granulações, cores, ausência de horizonte B (OLIVEIRA, 2011) e texturas arenosas a franco-argilosas.

O perfil de solo que representa esta unidade de mapeamento possui mais de 128 cm de espessura, horizontes e camadas - A, 2C1, 3C2, 4C3+, com cores 10YR 5/3 (úmida) e 10YR 4/3 (seca), cujo grau de desenvolvimento das estruturas grandes a muito grandes e em blocos subangulares é moderado.

A consistência quando seca oscila de macia a dura, enquanto que quando úmida e molhada é firme, não plástica e não pegajosa. Diante da ausência de grandes variabilidades de cores e texturas entre os horizontes e camadas, as transições entre os referidos são planas e difusas.

Quimicamente, o P12 é composto por argilas de alta atividade de trocas de cátions (ta), cujos valores oscilam de  $75 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  a  $94 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ , sugerindo a presença de argilas do grupo 2:1 (AZEVEDO; VIDAL-TORRADO, 2009; LEPSH, 2011). É um solo eutrófico (SANTOS *et al.*, 2013) porque sua saturação varia de 86% a 87%, tendo o cálcio, o magnésio e o sódio como as principais bases que estão retidas nos sítios de trocas dos argilominerais (apêndice c).

A alta saturação por bases neste solo ocorre por conta dos sedimentos minerais e orgânicos advindos dos setores mais elevados da MH e depositados pelo riacho Carrapateiras em sua planície fluvial. É notório, que os sedimentos da planície citada são complexos e abrangem uma grande série de minerais primários (anfíbolitos, moscovitas, plagioclásios, ortoclásios, hornblendas, quartzos, biotita, zircão, apatita e dentre muitos outros) advindos das rochas ígneas e metamórficas pré-cambrianas intemperizadas e erodidas a montante.

Ao examinar-se a percentagem de sódio trocável (PST), constata-se que esta é baixa e constante (1%) ao longo do perfil, o que isenta este solo dos caracteres sódicos e solódicos (SANTOS *et al.*, 2013). Com relação à quantidade de fósforo, esta varia de 40 mg.kg<sup>-1</sup>, no horizonte A, a 24 mg.kg<sup>-1</sup>, na camada 4C3. O pH oscila conforme os horizontes e camadas do perfil analisado (7,1; 6,9; 6,8 e 6,7), bem como em razão das presença de bases trocáveis (apêndice c). A quantidade de carbono orgânico total (3,34 g.kg<sup>-1</sup>; 4,57 g.kg<sup>-1</sup>; 3,12 g.kg<sup>-1</sup>; e 5,23 g.kg<sup>-1</sup>) também apresentou variações, as quais foram provocadas pelas distintas deposições de sedimentos orgânicos durante a formação do depósito colúvio-aluvional, onde os solos em análises desenvolveram-se. .

De modo geral, o solo apresenta uma diminuta quantidade de Al<sup>3+</sup>, representado por valores 0,05 cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>; 0,10 cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>; 0,10 cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>; e 0,10 cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup> (apêndice c) para os horizontes e camadas (A, 2C1, 3C2, 4C3). Além disso, segundo Mello e Perez (2009), em tese, o Al<sup>3+</sup> não se encontra como íon trocável, pois o pH do solo é acima de 5,5.

A pouca expressividade dos teores de Al<sup>3+</sup> deu-se por conta de sua pouca representatividade na geoquímica das rochas e também em função do predomínio do intemperismo físico (termoclástia) em detrimento do químico (monossilificação, bissialitização e alitização) do material sedimentar deste solo, o qual libera pouco Al<sup>3+</sup> dos minerais primários para o sistema pedológico (KÄMPF; CURI; MARQUES, 2009).

No que tange aos óxidos de ferros estes parecem ser pouco expressivos no solo levando-se em conta as cores do referido e a atuação do clima Tropical quente semiárido. Outrossim, sabe-se que as condições biofísicas da MH, sobretudo as altas temperaturas e baixa umidade, favorecem a formação da hematita (COSTA; BIGHAM, 2009). Assim, acredita-se que este deve ser o óxido mais abundante nos solos submetidos ao clima semiárido.

Já as argilas, por serem do grupo 2:1, indicam que estão condizentes com seu domínio climático e geomorfológico. Estes não possibilitam a larga atuação da monossilificação e ferralitização dado à escassez de água e altas temperaturas presentes na MH, portanto formando, principalmente, as argilas de altas atividades catiônicas neste solo (LEPSH, 2011).

No entanto, ao analisarem-se os valores da relação entre sílica e alumínio Ki<sup>7</sup> deste solo (A - 1,50; 2C1 - 0,35; 3C2 - 0,47; 4C3 - 0,29), constata-se que os referidos

---

<sup>7</sup> (Ki= SiO<sub>2</sub>/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> x 1,7)

designam solos cauliniticos, em função de expressarem teores abaixo de 2,2 (IBGE, 2007). Apesar da preponderância de formação de argilas do grupo 2:1 em climas semiáridos, convém citar que também há geração de argilas do grupo 1:1, mas estas não costumam ser expressivas.

Deste modo, os valores de  $K_i$  postos podem ser explicados pela presença de argilas do grupo 1:1 formadas em períodos temporais pretéritos em que o clima era mais úmido, bem como pelas argilas geradas nos tempos atuais. Ademais, a planície fluvial é uma unidade geomorfológica que recebe materiais com diferentes granulções e maturidades que foram erodidos dos setores elevados da MH. Assim, este subsistema ambiental concentra sedimentos colúvio-aluvionais mais intemperizados do que qualquer outro setor da MH, por isso é provável que detenha mais argilas do grupo 1:1. Portanto, há uma diversificação de grupos de argilas que foram formadas recentemente e herdadas de um contexto climático diferente do que é experimentado atualmente pela MH.

Com relação às variações dos teores de carbono orgânico, ao analisar-se os valores do referido no P12, percebe-se que este sofre oscilações ao longo do perfil, pois o horizonte A - apresenta  $3,34 \text{ g/kg}^{-1}$ ; na camada 2C1 -  $4,47 \text{ g/kg}^{-1}$ ; na 3C2 -  $3,12 \text{ g/kg}^{-1}$ ; e na camada 4C3,  $5,23 \text{ g/kg}^{-1}$  (apêndice c).

Tais cifras são discordantes do que ocorre, geralmente, em um solo de material sedimentar autóctone (BRASIL, 1973; SUDEC, 1981; OLIVEIRA, 2011; NOVAES FILHO *et al.*, 2012), visto que a tendência natural é haver mais carbono orgânico no horizonte A, a partir do qual a quantidade deste tende a decrescer, em razão à baixa atividade biológica e às diminutas atuações dos processos adição e melanização em subsuperfície. Com base nisso, há a indução de que este solo possui descontinuidade litológica e o caráter flúvico (SANTOS *et al.*, 2013).

Em adição ao exposto, a relação C/N (quantidade de carbono/quantidade de nitrogênio) é um importante indicador da taxa de decomposição, respiração do solo e competição entre os micro-organismos k-estrategistas, r-estrategistas e os vegetais (BRADY; WEIL, 2013). É comum na literatura especializada, admitir-se valores entre 25/30 para a relação C/N como um limiar, o qual indica que os vegetais tenham nitrogênio e carbono disponível para seu crescimento sem uma acirrada competição com os micro-organismos.

Afinal, segundo Brady e Weil (2013) estes precisam incorporar em média oito partes de carbono e uma de nitrogênio para nutrir suas funções metabólicas e crescimento

celular. Desta maneira, quando há materiais com relações C/N superiores a 25, os microorganismos passam a utilizar o nitrogênio do solo também para decompor os resíduos e compostos orgânicos, causando prejuízo aos vegetais, pois removem parte do carbono do solo, em decorrência de sua respiração, e somente liberarão os nutrientes incorporados em sua biomassa quando morrerem e decomporem-se. Logo, causando indisponibilidade de nitrogênio e carbono para os vegetais.

Assim, as relações C/N do solo em questão variam de 9 g/kg<sup>-1</sup> a 10 g/kg<sup>-1</sup> (apêndice c), denotando que a matéria orgânica deste solo é bem decomposta visto que a mesma está em solos sob clima semiárido (LEPSH, 2011; BRADY; WEIL, 2013). Com base nisso, supõe-se que os vegetais que se desenvolvem nestes solos não sofrem com limitações de nitrogênio e não há necessidade de inocular mais este elemento no sistema para melhorar as atividades agrícolas.

No que tange ao pH, este oscila de pH 5,6 a 6,9, em função da disponibilidade de OH<sup>-</sup> e H<sup>+</sup> do baixo intemperismo químico nos solos da MH, onde as argilas presentes nestes solos são Ta (Alta atividade de carga). Tais valores demonstram o potencial químico dos solos para suportar vegetais, manter a fauna e flora nutridas, bem como resistir à degradação, pois, com um quadro contrário, teriam uma grande suscetibilidade à degradação ambiental. No que compete a condutividade elétrica deste solo, esta manifestou valores de 0,12 dS.m<sup>-1</sup> a 0,45 dS.m<sup>-1</sup> (SANTOS *et al.*, 2013), sugerindo que o solo não possui caráter sálico ou salino como ocorre em grande parte dos solos nordestinos devido, especialmente, às suas condições climáticas (OLIVEIRA, 2011).

Sabe-se que as grandes limitações dos solos nordestinos não correspondem aos seus atributos químicos, pois costumam ser eutróficos e ter uma significativa reserva de minerais primários, os quais, ao serem decompostos, liberaram elementos quimicamente ativos no sistema pedológico (ROMERO; FERREIRA, 2010; LEPSH, 2011). Porém, em razão da pouca ou moderada maturidade dos referidos, estes costumeiramente apresentam severas limitações físicas, as quais abrangem desde suas diminutas espessuras até a presença de rochosidade e pedregosidade sobre ou dentro de seu corpo. Isto posto, os solos da região citadas, frequentemente apresentam limitações para as atividades econômicas, especialmente para a agropecuária.

Tratando-se dos atributos físicos do Neossolos Flúvicos Ta Eutrófico típico (P12), nota-se que apresentam espessuras, diversidades de horizontes e camadas capazes de

sustentar, eficientemente boa parte das fitoespécies vegetais nativas e agrícolas. As frações areias grossas e finas são, de longe, as mais abundantes nestes solos cuja gênese está atrelada a dinâmica aluvional, mas com importante contribuição coluvional. As texturas indicam que o riacho tinha a capacidade de depositar tais frações granulométricas em eventos de enxurradas ou inundações naturais neste segmento da paisagem. Muito embora, no canal fluvial, haja grande quantidade de carga de fundo com tamanhos centimétricos a métricos, como calhaus e matacões.

Com relação, as demais frações (silte e argila) não há oscilações texturais bruscas ao longo do perfil, com exceção do silte, na camada 4C3, onde seu valor chega próximo do quádruplo dos demais dos horizontes e camadas superiores. Quanto à fração argila, esta tende a crescer em conformidade com a profundidade do perfil, isso pode sugerir sutis ações da lessivagem, eluviação – iluviação, (BORTOLUZZI; PERNES; TESSIER, 2008; KÄMPF; CURI, 2012) e/ou indicar que o material sedimentar já detinha tais variações.

Quando se verificou a relação de areia fina/ areia grossa ( $R = \text{quantidade de areia fina} / \text{quantidade de areia grossa}$ ) do P12, observou-se que as importâncias variavam, expressivamente, no decorrer do perfil ( $1,48 \text{ g.kg}^{-1}$ ;  $0,88 \text{ g.kg}^{-1}$ ;  $1,00 \text{ g.kg}^{-1}$ ;  $15,05 \text{ g.kg}^{-1}$ ), respectivamente, para o horizonte A e camadas 2C1, 3C2 e 4C3 (apêndice c). É notório que esta relação é um importante indicador de descontinuidade litológica dos solos poligênicos (ANDRADE *et al.*, 1997; BORTOLUZZI; PERNES; TESSIER, 2008; NOVAES FILHO *et al.* 2012), assim como a relação de uniformidade ( $RU = \text{quantidade de silte} / \text{quantidade de argila}$ ), que também destacou variações do silte em profundidade no perfil ( $1,52 \text{ g.kg}^{-1}$ ;  $1,49 \text{ g.kg}^{-1}$ ;  $1,17 \text{ g.kg}^{-1}$ ;  $5,31 \text{ g.kg}^{-1}$ ). Esta junta com os valores oscilantes de  $K_i$ ,  $K_r^8$  (A – 2,70; 2C1 – 1,77; 3C2 – 2,04; 4C3 – 1,63) e presença de *stones lines*, na camada 4C3, demonstram claramente o caráter flúvico e a gênese colúvio-aluvional destes solos.

Diante dos antecedentes, acredita-se que os Neossolos Flúvicos em questão, possuem parte de sua gênese ligada aos fenômenos geomorfológicos, notadamente, ao recuo paralelo das vertentes, rolamento de fragmentos de rochas e minerais, corridas de lama e formação de delgados depósitos de tálus.

Afinal, a planície fluvial está, parcialmente, encaixada entre duas vertentes (encostas das serra do Tecelão e dos Coqueiros) e durante os trabalhos de campo, identificou-se um depósito colúvio-aluvional justaposto a NO com a planície citada. A análise do perfil

---

<sup>8</sup>  $K_r = 1,70 \times (\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3 + (\text{Fe}_2\text{O}_3 \times 0,6375))$

litoestratigráfico indica claramente as atuações dos processos coluvionais na formação do depósito sedimentar, onde os solos percorridos desenvolveram-se.

As texturas presentes no P12 compreendem as classes texturais franco arenosa, no horizonte A, areia franca, franco arenosa e franco siltosa nas camadas 2C1; 3C2; 4C3, as quais são comuns para este tipo de solos (BRASIL, 1973). Com base no grau de flocculação do supracitado, constata-se que o referido tem uma elevada susceptibilidade à erosão hídrica, tendo em vista os seguintes valores: 36 g.cm<sup>-3</sup>, 38 g.cm<sup>-3</sup>, 21 g.cm<sup>-3</sup> e 44 g.cm<sup>-3</sup> para o horizonte A e camadas 2C1, 3C2 e 4C3 (apêndice d). Quanto mais próximo de 100% for o grau de flocculação, mais resistente o solo é a erosão hídrica. Assim sendo, os valores abaixo de 50% atrelados à textura arenosa a franco arenosa, à supressão de sua cobertura vegetal e declividade do terreno, acentuam a probabilidade deste solo ser erodido, o que no campo é uma realidade em expansão.

As densidades globais deste solo (A - 1,40 g.cm<sup>-3</sup>; 2C1 - 1,36 g.cm<sup>-3</sup>; 3C2 - 1,32 g.cm<sup>-3</sup>; e 4C3 - 1,25 g.cm<sup>-3</sup>), apêndice d, quando comparadas com o quadro 3 da USDA (1999), percebe-se que estão na faixa do ideal ou próximo de superá-las. Em campo, identificou-se uma delgada crosta de selamento sobre o horizonte A, o qual se apresentava mais compactado e microsselado por partículas finas, cuja formação está relacionada com o peso dos tratores sobre os solos, desmatamento e exposição do referido às ações da erosão em *splash*. Já as densidades de partícula (A - 2,66 g.cm<sup>-3</sup>; 2C1 - 2,63 g.cm<sup>-3</sup>; 3C2 - 2,66 g.cm<sup>-3</sup>; e 4C3 - 2,66 g.cm<sup>-3</sup>), apêndice d, estão em consonância com os valores típicos dos solos minerais formados por quartzos, piroxênios, plagioclásio e outros (LEPSH, 2011).

A porosidade total aumenta em profundidade do perfil (47,37 %; 48,29 %; 50,38 %; 53,01 %), apêndice d, tal fenômeno está vinculado às diferenciações texturais e quantidade de carbono orgânico ao longo do perfil porque quando a textura passa a ser mais siltosa e argilosa, há maior quantidade de microporos. O carbono orgânico, via matéria orgânica, também é um importante agente flocculante das partículas dos solos, possibilitando a pedalização, ocupando espaços vazios por meio da matéria orgânica ou influenciando os seres vivos do solo para realizarem a bioturbação e geração de poros (BRADY; WEIL, 2013; PRADO, 2008).

Atualmente, os Neossolos Flúvicos aqui dissertados encontram-se desprovidos de sua cobertura vegetal, o que tem provocado sua destruição através da erosão laminar e em sulcos ocasionadas pelas chuvas torrenciais no período chuvoso. Tais solos apresentam

grandes aptidões agrícolas por não oferecem limitações físicas ou químicas para o seu manejo, o qual tem sido executado com auxílios de técnicas rudimentares e não conservacionistas.

Assim, toda a planície fluvial é utilizada como um campo agrícola para agricultura de sequeiro durante a quadra chuvosa e, nos demais meses do ano, é empregado para a criação de bovinos que devoram os restos da biomassa das plantações e parte do estrato herbáceo que cresceu junto da referida. Posteriormente, o gado é retirado desta porção espacial e inserem-se os caprinos e ovinos para comer tudo o que restou, repercutindo negativamente para a proteção do solo, para biodiversidade biológica e comprometendo as funções ecológicas deste elemento ambiental.

### ***6.1.2 Neossolos Litólicos Eutróficos Típicos: da gênese as limitações de uso***

Neossolos Litólicos Eutróficos típicos (P4; P5; P6; P8; P9; P11; S1 e S4 – figuras 36 e 37) compreendem solos minerais, bem drenados, poucos desenvolvidos, compostos por horizontes A e/ou AC e camadas C e R (SANTOS *et al.*, 2013). Tais solos são formados nos setores da paisagem com declividade acima de 25° e em áreas planas ou suaves onduladas da MH, onde os afloramentos rochosos são expostos ou estão próximos a superfície.

O clima Tropical quente semiárido, juntamente com as atuações limitadas do intemperismo químico são os principais responsáveis pela gênese dos sedimentos delgados que, com atuação dos organismos, passaram por pedogênese e transformam-se nestes solos (TOLEDO; OLIVEIRA; MELFI, 2009; OLIVEIRA, 2011).

A gênese e espacialização dos Neossolos Litólicos no Nordeste brasileiro, sobretudo no contexto da MH do riacho Carrapateiras são expressivas, sobretudo em função do clima que envolve este espaço. O processo formativo deste solo inicia-se com a geração de seu substrato, o qual é produzido por meio dos processos intempéricos de natureza física, química e biológica, com destaque para o primeiro dado à limitação hídrica do contexto semiárido (LEPSH, 2011; OLIVEIRA, 2011).

Inicialmente, as rochas como anfibólitos, calcissilicática, meta granitos e outras são exumadas pelos processos erosivos, os quais as expõem a um ambiente em que entram em desequilíbrio físico-químico, pois de acordo com Toledo, Oliveira e Melfi (2009) e Fontes (2012) foram geradas sob altas temperaturas, pressões e geoquímica distantes das presentes da

superfície terrestre. Quando as rochas afloram ou chegam perto da superfície, tendem a fraturarem-se por conta do alívio de pressão litostática e devido as suas propriedades elásticas.

Logo, há a formação de diversas fraturas verticais e/ou horizontais, as quais passam a serem intemperizadas pelas mudanças diárias de temperatura e, sobretudo, por conta da água e oxigênio que interagem com os seus minerais, dissolvendo-os, oxidando-os, hidratando-os, ressecando-os ou mesmo complexando-os de tal modo que a rochas são fragmentadas e decompostas, paulatinamente, gerando sedimentos (SCHAETZL; ANDERSON, 2005; FONTES, 2012).

As atuações destes processos costumam ser concomitantes, porém suas velocidades dependem da disponibilidade de água, temperatura e afinidades químicas entre os compostos envolvidos (BIRKELAND, 1999). Assim, como no semiárido há altas temperaturas, porém há limitações hídricas, o intemperismo químico tende a ocorrer durante a quadra chuvosa e, no restante do ano, há a dominância do intemperismo físico, especialmente, a termoclastia e esfoliação esferoidal.

Então, há a geração de um delgado manto intempérico sobre as rochas ácidas que naturalmente têm propensão, em clima semiárido, a fragmentarem-se na fração areia, enquanto que as rochas hipoabissais ou máficas detêm uma tendência a oxidarem-se e hidrolisarem-se, mesmo diante da baixa disponibilidade hídrica.

Assim, os Neossolos Litólicos de rochas ácidas tendem a ter pouca espessura, textura mais arenosa e coloração clara, enquanto que os referidos advindos de rochas hipoabissais ou máficas manifestam comportamento sensivelmente distinto do primeiro (OLIVEIRA, 2011; KÄMPF; CURI, 2012), conforme poderá ser visto ao longo desta discussão.

Apesar de pouco espessos, os Neossolos Litólicos, assim como outras classes de solos, são colonizados por diversos organismos que compreendem microrganismos, macrofauna, fungos e vegetais superiores. Estes são os responsáveis por transformarem os sedimentos em solos, por meio dos processos de adição da matéria orgânica, melanização no horizonte A, lessivagem e pedalização, transformação e translocação, os quais são subordinados aos fatores de formação dos solos (BIKERLAND, 1999; JENNY, 2005; KÄMPF; CURI, 2012).

Com as atuações das precipitações pluviais, há a infiltração da água nos solos que, por sua vez, desencadeia os processos de translocação dos materiais finos, geralmente,

menores que 30 $\mu$ m ao longo dos pedons, bem como os de transformação (monossilização, bissialitização, neossilicatação e outros). Estes são responsáveis pelas formações dos argilominerais e sesquióxidos de ferro e alumínio. Desta forma, a macrofauna do solo tende a desenvolver-se ocasionando as ciclagens bioquímicas e a bioturbação dos aludidos formando compostos húmicos e poros (BRADY; WEIL, 2013).

Apesar da complexidade de processos ocorrentes no âmbito pedológico, os Neossolos Litólicos ainda mantêm-se pouco espessos, acumulam pouca água em seus poros, devido a sua baixa espessura e abundância de macroporos. Deste modo, estes costumam apresentar muitas de suas características semelhantes ao seu material parental, por isso são denominados Neossolos Litólicos (JACOMINE, 2008; ARAÚJO FILHO, 2011).

No contexto da MH do riacho Carrapateiras, há muitos espaços dos sistemas ambientais dominados pelo Neossolos Litólicos Eutróficos típicos, os quais ocupam massivamente os topos das serras do Tecelão e da Lagoa Seca/Coqueiros, assim como áreas pontuais nas encostas das serras referidas, onde há afloramentos rochosos ou onde há declividades, aproximadamente, superiores a 25°. Estes solos apresentam 28,5 cm de espessura média, cujos valores mínimo e máximo encontrados foram sete centímetros e 80 cm. Dos seis perfis deste tipo de solos, 50% possui apenas o horizonte A assente sobre a rocha (R), enquanto que os demais possuem camadas C e/ou CR.

As cores destes solos variam conforme a composição e tipo de rocha donde são provenientes. Com base nisso, os Neossolos Litólicos advindos de sedimentos de anfibolitos apresentam, em suas amostras úmidas do horizonte A, matizes de 10R, croma – três e valor – três. Já os aludidos oriundos de rochas ácidas como as calcissilicáticas, muscovita monzogranitos com granadas ou gnaisses costumam exibir, em suas amostras úmidas do horizonte A, matizes 2.5YR com valor e croma variantes de três a sete e três a seis. Quando secas, os pedos tendem a conservarem as suas matizes, expressando variações somente nos seus valores e cromas, devido ao seu umedecimento.

Quanto as suas estruturas, são preponderantemente em forma de blocos angulares e subangulares, com tamanhos médios a muito grande, cujos graus de desenvolvimentos são moderados e fortes. Nestes solos, geralmente, não são encontradas cerosidades, com exceção da amostra da camada CR do Perfil 9, que a apresentou de modo comum e fraca. Isto ocorreu particularmente devido à textura deste solo, a qual é bastante argilosa e avermelhada, tendo em vista que seus sedimentos são oriundos de anfibolitos, portanto mais suscetíveis a serem

intemperizados e produzirem argilas Ta. Nenhum dos Neossolos Litólicos examinados apresentaram slickensides, em virtude do seu baixo desenvolvimento pedológico, texturas, pouca espessura e ausência de horizonte Bt ou Bv.

Durante as análises das consistências secas das amostras dos referidos, verificou-se que as estruturas apresentavam comportamentos macios, ligeiramente duros a muito duros, tendo a dura a maior expressividade nos solos, particularmente, nos mais argilosos, em função da presença das argilas Ta (grupo 2:1). Já as amostras com texturas mais arenosas, expressaram consistências ligeiramente duras e macias, dado a menor coesão e cimentação entre suas partículas provocadas pelos menores teores de argilas e óxidos de ferro e alumínio, aferidos pelas cores dos solos.

Quando as amostras foram analisadas úmidas e molhadas manifestaram consistências friáveis, muito firmes e firmes, com destaque para esta última quando úmidas. Já quando molhadas, não detinham plasticidade ou pegajosidade, salvo em alguns exemplares, como os do P4 (plástico a ligeiramente plástico e pegajoso), P9 (plásticos e ligeiramente pegajosos) e P11 (plástico e pegajoso).

Acredita-se que isso se dê em função do material de origem, visto que a maioria dos Neossolos Litólicos Eutróficos típicos encontra-se em porções semelhantes do relevo (topos), com vegetação semelhante e estão inseridos no mesmo contexto climático. De modo geral, as transições destes solos são vigorantemente planas e abruptas. Frequentemente, os horizontes A estão assentes diretamente sobre a rocha de origem.

As texturas dos solos são variantes, de acordo as demais especificidades listadas, porém a franco arenosa é a mais representativa nos horizontes e camadas destes solos (apêndice b). Tal fato deve-se ao significativo aporte arenoso gerado pela fragmentação das rochas sob o intemperismo físico, termoclastia, o qual é o processo intempéricos mais atuante no contexto semiárido. Por isso, é comum encontra-se a textura mais arenosa nestes solos.

Os graus de floclulações destes solos costumam ser baixíssimo, pois somente o solo do Perfil 5, apresentou o teor de 65% para o seu horizonte A, os demais perfis expuseram valores como 11%, 34%, 36%, 36%, 42%. Acredita-se que isto se dê em função da baixa quantidade de óxido de ferro e alumínio nestes solos neoformados. Isto porque, segundo Brady e Weil (2013), quando os óxidos mencionados estão em solos com argilas silicatadas, podem revesti-las ou depositarem-se nas suas entrecamadas, mascarando suas cargas, interferindo nos seus processos de expansão e contração e fornecendo superfícies que retém

anions. Ou seja, se na superfície da argila, houve carga positiva, outra argila poderá ser atraída ocorrendo sua floculação.

Com isso, nota-se que estes solos possuem alta suscetibilidade a erosão, pois seus graus de floculações são baixos e sob os horizontes A, habitualmente, há a camada R, rocha. Esta é predominantemente impermeável e favorece o acúmulo e escoamento superficial das águas pluviais caso as precipitações sejam persistentes e houver a superação da capacidade de retenção hídrica e condutividade hidráulica destes solos. Em campo, não foram detectados muitos sulcos erosivos sobre os referidos, principalmente porque os aludidos estão situados em relevos planos, suaves ondulados ou, em caso extremo, nos montanhosos.

Porém, a erosão em *splash* e laminar provocaram graves estragos nos horizontes e camadas dos Neossolos Litólicos, os quais têm sido severamente decapitados e exumando os afloramentos rochosos. Tais eventos subsidiam para que o quadro da degradação ambiental da MH seja acentuado, pois os vegetais têm mais dificuldades para desenvolverem-se, visto que parte dos Neossolos Litólicos estão desnudos e há o assoreamento do riacho Carrapateiras e açudes a jusante.

Tratando-se das densidades globais dos Neossolos Litólicos Eutróficos típicos (apêndice d), quando são comparados com o quadro 3 da USDA (1999), compreende-se que a maioria das densidades estão no limiar ou próximas do que a fonte citada considera como ideal. Entretanto, vários horizontes e camadas manifestaram valores superiores aos parâmetros ideais, tendendo às condições limitantes do desenvolvimento radicular dos vegetais, segundo podem ser vistos na camada CR do P4 ( $1,49 \text{ mg.m}^{-3}$ ), horizonte A do P8 ( $1,45 \text{ mg.m}^{-3}$ ), no A e CR do P9 ( $1,44 \text{ mg.m}^{-3}$  e  $1,42 \text{ mg.m}^{-3}$ ) e no A do P11 ( $1,41 \text{ mg.m}^{-3}$ ). Tais valores estão associados, massivamente, a este táxon pedológico, indicando que os referidos tem uma propensão natural superior a dos demais solos para serem compactados e/ou passaram por sucessivos pisoteios pelos bovinos ao longo de sua exploração agropecuária.

As densidades de partículas da maioria dos solos sugerem que seus materiais parentais são rochas ácidas, tendo o quartzo como mineral principal. Contudo, no Perfil 4, encontrou-se valores de densidade iguais a  $2,78 \text{ mg.m}^{-3}$  (apêndice d). Esta ocorrência deve-se ao material originário, que é um anfíbolito composto por hornblendas, que segundo Dana (1974), possuem densidades superiores ao do quartzo. As porosidades totais dos solos variam

de 45% a 52,36% que *a priori* são percentagens expressivas e que denotam solos com boa aeração e capacidade de infiltração.

No âmbito químico tais solos são eutrófico, visto que possuem saturação por bases entre 66% a 91%, todos tendo o cálcio e o magnésio como as bases mais expressivas. A elevada saturação por bases destes solos deve-se às constituições geoquímicas das rochas que lhes forneceram sedimentos, bem como pela ação climática, a qual não favoreceu a sua lixiviação (BIRKELAND, 1999; LEPSH, 2011). Geralmente, significativa parte destes solos apresenta a saturação por bases acima de 81%, o que os dota de um excelente potencial químico e nutricional para os vegetais, muito embora detenham condições físicas totalmente desfavoráveis para os referidos.

As capacidades de trocas de cátions das argilas destes solos variam de 52  $\text{cmol}_c/\text{kg}^{-1}$  a 132  $\text{cmol}_c/\text{kg}^{-1}$  (apêndice c). Tais dados indicam que os solos possuem argilas de alta atividade catiônica do grupo 2:1 (SANTOS *et al.*, 2013; PRADO, 2008; OLIVEIRA, 2011). Esta condição é relevante, pois associada à saturação por bases altas, indica que os solos têm um potencial químico importante e que parte das bases retidas nas argilas são cálcio e magnésios, as quais, mesmo com a degradação destes solos, viabilizam sua colonização por vegetais que tendem a mitigar e recompor, a longo prazo, os danos antrópicos nos aludidos.

Os valores de percentagens de sódio trocáveis atestam que os solos não possuem limitações por deterem o caráter sódico ou solódico, o que aumenta sua função ecológica para serem utilizados pelos vegetais nativos e, em casos excepcionais, para o cultivo de leguminosas como o feijão, conforme ocorreu há 20 anos.

Os teores de carbono orgânico nestes solos são um dos mais elevados se comparados com todos os táxons identificados nesta pesquisa. Por isso, o menor valor encontrado foi 7,46  $\text{g.kg}^{-1}$ , na camada CR do P4, e o maior foi de 20,21  $\text{g.kg}^{-1}$ , presente no horizonte A do P9 (apêndice c).

Os valores elevados, em relação a todos os táxons identificados no levantamento pedológico da MH, deve-se ao fato de, normalmente, estes solos serem menos utilizados pelos agropecuaristas dadas as suas limitações físicas e suportarem uma vegetação mais conservada. Diante de suas pequenas espessuras (<50cm), tendem a acumular mais carbono orgânico, tendo em face que esta é adicionada, eficientemente, pela grande quantidade, raízes e resíduos foliares e galhos do estrato herbáceo e arbustivo-arbóreo durante, especialmente, a quadra chuvosa, quando há maior intensidade de respiração dos solos.

As relações C/N versaram entre nove a dez, o que está em consonância com os demais solos levantados, indicando que os materiais vegetais que são adicionados nestes solos são semelhantes aos ocorrentes nos outros solos da MH. Além disso, tais números sugerem que o solo possui condições propícias para o desenvolvimento dos microrganismos sem causar *déficits* de nitrogênio para os vegetais por conta da competição entre os aludidos; e são solos com significativa taxa de decomposição da matéria orgânica.

Os pH dos Neossolos Litólicos Eutróficos típicos tendem a ser levemente ácidos, porém estão próximo da neutralidade (pH 5,6 a 6,9) conforme informa o apêndice c. Este aspecto está vinculado ao baixo desenvolvimento destes solos, a proximidade dos seus horizontes e camadas com a rocha de origem, disponibilidade abundante de minerais alteráveis e sua baixa lixiviação.

Recentemente, os Neossolos Litólicos Eutróficos típicos praticamente não são mais utilizados em decorrência de suas limitações físicas, mas foram labutados por décadas assim como os outros táxons analisados. Estes solos encontram-se desprovidos de sua vegetação original, sendo recoberto no máximo por uma Caatinga arbustiva secundária e por pavimentos detriticos, compostos por seixos ou blocos rochosos quartzosos advindos da fragmentação das rochas ácidas e seus veios exumados. Certamente, é um dos piores solos para executar-se um cultivo, devido as suas condições degradativas e limitações físicas, porém tem sido utilizado para a pecuária, caprinocultura e ovinocultura extensiva de corte.

### ***6.1.3 Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos lépticos/vertissólicos: breves considerações sobre as características morfológicas, físico-químicas e de uso***

Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos lépticos/vertissólicos (P1, P2, P3, P10, P13, P14; SN1; SN2 – figuras 36, 37 e 38) compreendem solos minerais, com mais de 60 cm de espessura, compostos por horizontes A, Bi e Biv, bem como por camadas C, CR e R. Estes solos estão nos setores mais estáveis e de menores declividades na MH, onde a pedogênese consegue ser superior a morfogênese. Por isso, ocupam, largamente as partes menos declivosas das encostas e segmentos dos topos das serras do Tecelão e Lagoa Seca/Coqueiros.

Os Cambissolos são frequentes no contexto semiárido nordestino, pois as condições biofísicas regionais favorecem o seu desenvolvimento (BRASIL, 1973; OLIVEIRA, 2011; LEPSH, 2011) em larga escala, sobretudo nos sistemas ambientais com

declividades menores que 11%, onde atuam, eficientemente os intemperismos químicos, físicos e biológicos. Doravante, o recrudescimento das ações climáticas e dos organismos ao longo do tempo, há o desencadeamento dos processos pedogenéticos como a melanização, pedalização, eluviação, iluviação, bissialitização e/ou monossialitização, transformações e a lixiviação nos sedimentos convertidos em solo (JENNY, 2005; KÄMPF; CURI, 2009).

Tais processos são fundamentais para a gênese dos Cambissolos, haja vista que estes solos podem evoluir dos Neossolos Litólicos, Flúvicos ou Regolíticos, os quais sofrem transformações pedogenéticas ao ponto de passarem ter maiores teores de óxido de ferro, alumínio, argilominerais e horizonte B incipiente, o qual é seu horizonte diagnóstico de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SANTOS *et al.*, 2013).

Nesta perspectiva, as grandes diferenças dos Cambissolos Háplicos em relação ao Neossolos Litólicos ou outro da mesma classe consistem no fato dos primeiros deterem espessuras maiores, presença do horizonte B incipiente, maior quantidade de óxido de ferro secundário e apresentarem características morfológicas mais acentuadas da rocha de origem, em função do grau mais elevado de pedogênese que sofreram (JACOMINE, 2008; OLIVEIRA, 2011; SANTOS *et al.*, 2013).

A diversidade litológica presente na MH do riacho Carrapateiras influenciou decisivamente as cores dos Cambissolos Háplicos identificados. Para tanto, os solos levantados apresentaram, em suas amostras úmidas, matizes, valores e cromas variantes entre: 2.5YR (4-6/4-6); 5YR (3-4/3-4); 7.5YR (4/4-6) e 10YR (3-6/4). Os anfibolitos tendiam a gerar solos com cores mais amareladas ou avermelhadas, enquanto as rochas ácidas eram responsáveis por solos de cores avermelhadas, quando possuíam muscovita ou biotita em sua constituição mineralógica, ou solos esbranquiçados ou levemente amarelados, quando desprovidos ou com pouco dos minerais citados.

A maior parte dos Cambissolos estudados possui mais de um metro de espessura e suas camadas CR, habitualmente, são os seus segmentos mais espessos (apêndice b). As unidades estruturais costumam ser grandes a muito grandes em todos os horizontes e camadas, com exceção do horizonte A do P1 (muito pequena), do A do P3 e do P10 (médias). As formas e graus de desenvolvimentos das pedas variaram bastante, de tal modo que versaram entre blocos angulares, subangulares, prismáticas e laminares, cujos graus eram fracos, médios a fortes. Tudo dependendo dos teores de argilas presentes nestes solos.

Convém destacar que dos seis Cambissolos Háplicos analisados, quatro expuseram cerosidades, as quais variaram entre comuns/moderada e abundantes/fraca. Isto sugere que está havendo eluviação e iluviação de argilominerais, óxidos de ferro e alumínio nos referidos. Unindo este indicio ao tipo de estrutura, cores, localização nas paisagens, presença de erosões laminares e em sulcos fortes e uso pretérito, acredita-se que os Perfis 2 e 10, assim como as sondagens S2 e S3, as quais representam Luvisolos fortemente truncados. Todavia, recentemente, reconfigurados como Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos lépticos em razão da perda completa dos horizontes A. Afinal, erosões fortes sobre Luvisolos é algo corriqueiro no Nordeste do Brasil e no Ceará conforme são dissertados por Brasil (1973), Sudec (1981); Ceará (2010) e Gomes e Oliveira (2010).

No que compete à presença de slickensides nos Cambissolos postos, somente o P3 e P10, ambos vertissólicos, apresentaram-nas. Este comportamento está vinculado ao tipo de argila do grupo 2:1 presentes nestes solos, que durante suas expansões e contrações causadas pelas variações de humidade, criam macroporos e deixam as faces dos pedos expostas e susceptíveis ao capeamento das partículas finas dos solos (IBGE, 2007; BIRKELAND, 1999). O carácter vertissólico sugere que estes solos tem alta atividade de argilas expansivas, indicadas pelas características vérticas, graus de desenvolvimentos das estruturas, cerosidade e slickensides. Assim sendo, nenhum outro Cambissolos apresentou tal comportamento.

Majoritariamente, as consistências secas das amostras dos horizontes e camadas dos Cambissolos Háplicos são duras a muito duras. Mas, quando úmidas, são firmes, muito firmes e extremamente firmes. Entretanto, ao serem molhadas, manifestaram comportamentos plásticos, ligeiramente plásticos e muito plásticos, com destaque para a primeira condição. Estes fenômenos são provocados pela presença e forças de coesão, plasticidade que as argilas, sobretudo as do grupo 2:1 (com CTC variante de  $38 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  a  $95 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ ) provocam.

Ademais, averiguou-se que as amostras eram vigorantemente pegajosas a ligeiramente pegajosas e os casos que não apresentavam este fenômeno deve-se ao fato da sua textura ser mais arenosa. As transições oscilaram em onduladas à planas abruptas, irregulares ou raramente difusa, segundo a declividade do relevo e da intensidade do intemperismo que sofreram.

As texturas destes solos variaram conforme seu material de material origem e intensidade dos processos intempéricos. Desta maneira, estes Cambissolos Háplicos possuem

horizontes A com texturas franco arenosa a franca, enquanto que os Bi são ora franco argilosos ou franco argilo arenosos.

O P13 é uma exceção, pois detém textura franco arenosa em todo o seu perfil, isso por conta do seu material de origem, rocha ácida, a qual possui mais quartzo e devido ao topo onde se assenta ser mais seco e ter saprólito menos espesso que os demais. Assim, geralmente, a textura torna-se menos arenosa dos horizontes A para os Bi, e torna a aumentar, significativamente, do Bi para as camadas C ou CR, uma vez que estão nas imediações das frentes de intemperismos das rochas.

Os graus de floculações destes solos também apresentaram diferenças expressivas (9% - 60%), tendo valores aproximados de 37% como os mais frequentes (apêndice d). Estes atributos não expressaram correlações com os teores de matéria orgânica, condutividade elétrica, saturação por bases, percentagem de sódio trocável, pH e texturas dos solos como ocorrem em exemplos discutidos por Albuquerque *et al.* (2003), Mota, Freire e Assis Júnior (2013) e Brady e Weil (2013). Nesta perspectiva, a presença de cátions monovalentes, pH e matéria orgânica não podem ser apontadas como responsáveis pelas baixas taxas de floculação das argilas nestes solos, pois nos referidos vigoram os teores de cálcio e magnésio, portanto o sódio tem pouca expressividade.

Tratando-se das densidades globais dos seis Cambissolos Háplicos classificados, dois apresentaram horizontes e camadas com valores limitantes para o crescimento vegetal (P3: A, Bi1, Bi2 e P13: A, Bi e C), pois suas densidades variaram de  $1,40 \text{ g.cm}^{-3}$  a  $1,48 \text{ g.cm}^{-3}$ , logo estão dentro do intervalo limitante demonstrado pelo quadro 3 da USDA (1999). Tal fenômeno está vinculado ao constante pisoteio do gado, associados aos desmatamentos e aos longos usos agropecuários destes durante a segunda metade do século XX, os quais fomentaram suas compactações que mitigam o crescimento vegetal atualmente. Com relação aos demais Cambissolos analisados, todos possuem densidades globais abaixo de  $1,39 \text{ g.cm}^{-3}$ , estando dentro do ideal (USDA, 1999).

Já as densidades de partículas manifestaram teores distintos em virtude do material originário do solo, graus dos intemperismos que ocorreram nos Cambissolos Háplicos, proximidade e similaridade que um horizonte ou camada tem da rocha parental, o que mostrou elevar a densidade citada. Frequentemente, as densidades versaram entre  $2,27 \text{ g.cm}^{-3}$  e  $2,78 \text{ g.cm}^{-3}$ , sendo que os solos originários de anfibólitos apresentaram maiores

valores, enquanto que os oriundos de rochas ácidas exibiram cifras próximas a  $2,65 \text{ g.cm}^{-3}$ , que conforme Dana (1974) é a densidade do quartzo.

As porosidades totais destes solos alternaram-se em relação aos horizontes e camadas de cada táxon. Ao estudarem-se os valores obtidos, percebe-se que a porosidade total tende a ser maior no horizonte A e nas camadas C e CR. Isso em função da natureza do material pedológico, com textura franca e franca arenosa e das macroporosidades existentes nestes segmentos dos solos, bem como presenças vegetais, suas raízes que bioturbam e adicionam valores elevados de matéria orgânica nos horizontes A.

De acordo com Santos *et al.* (2013) todos os Cambissolos Háplicos examinados são eutróficos porque suas saturações por bases (sendo o cálcio e magnésio as mais expressivas) compreendem 64 % a 96 %, tendo valores próximos de 87% como os mais recorrentes (apêndice c). Isto posto, tal característica sugere que os materiais parentais destes solos são ricos em minerais primários alteráveis, os quais liberaram bases que causaram o eutrofismo nos Cambissolos Háplicos. O clima também desempenha uma função primordial, pois a baixa atuação dos processos intempéricos químicos, gerações de argilas do grupo 2:1 e baixa lixiviação corroboram para que estes solos sejam férteis (SCHAETZL; ANDERSON, 2005; KÄMPF; MARQUES; CURI, 2009; TOLEDO; OLIVEIRA; MELFI, 2009).

Estes solos não apresentam caráter sódico ou solódico, segundo IBGE (2007) porque suas percentagens de sódio trocáveis foram inferiores aos limites estabelecidos para tais caracteres. Quanto ao carbono orgânico (apêndice c), as suas maiores quantidades estão presentes nos horizontes A ( $6,24 \text{ g.kg}^{-1}$  a  $14,87 \text{ g.kg}^{-1}$ ), a partir de onde se detectou uma diminuição acentuada do carbono ao longo dos perfis, pois suas quantidades chegaram a ser duas vezes menores nos horizontes de subsuperfícies imediatamente abaixo do horizonte A. A maior atuação dos processos agradacionais de matéria orgânica, as oscilações de umidades - temperaturas nos horizontes A e baixa disponibilidade de microrganismo decompositores em relação aos demais horizontes de subsuperfície do solo podem explicar tal fato (KÄMPF; CURI, 2012; BRADY, WEIL, 2013).

A relação C/N demonstra que estes solos sofrem adição de materiais ricos em carbonos, mantendo a estabilidade de sua respiração durante o período em que as amostras pedológicas foram coletadas. O que indica uma baixa competição por nitrogênio entre microrganismos r – estrategistas, os vegetais e sua disponibilidade para estes. Ademais, tais cifras estão condizentes com as obtidas em outros solos da MH.

As condutividades elétricas das amostras pedológicas dos Cambissolos Háplicos expuseram que estes não possuem os caracteres sálicos e salinos (IBGE, 2007; SANTOS *et al.*, 2013), visto que a quantidade de sais variou de 0,11 dS.m<sup>-1</sup> a 0,69 dS.m<sup>-1</sup> (apêndice c). Já o pH oscilou de 5,5, no horizonte Bi do Perfil 13, e 7,1 na camada CR do Perfil 3. Ao examinar-se todos valores aferidos, conclui-se que estes solos são levemente a moderadamente ácidos, pois, majoritariamente dos aludidos expressam 6,0 a 6,8 em seu pH.

Logo, Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos foram os mais utilizados para as atividades agropecuárias, sobretudo, para agricultura de sequeiro contínua ao longo dos anos até estes solos apresentarem exaustão, a partir da qual foram relegados ao pousio.

São os solos que mais sofrem com os efeitos erosivos, visto que mesmo depois de mais de 20 anos de pousio, ainda são passivos dos processos de sucessão ecológica secundária, a qual tem se mostrado ineficientes em certos setores desprovidos de vegetação e recoberto por pavimentos detríticos. Então, atualmente, estes solos encontram-se em pousio, em função da falta de mão de obra para serem manejados e devido às periódicas e severas estiagens que atingem o Ceará ao longo dos últimos quatro anos.

#### ***6.1.4 Luvisolos Háplicos Pálicos abrupticos: explicações genéticas, morfológicas, físico-químicas e de uso***

Luvisolos Háplicos Pálicos abrupticos (P15 - figura 38) são solos minerais que apresentam mais de 117 cm de espessura e que se distribuem no terço médio e inferior da porção central da encosta da serra do Tecelão. Por definição são solos eutróficos, bem drenados, compostos por argilas do grupo 2:1 e de alta atividade, apresentam relação textural entre os horizontes A e B, bem como o horizonte iluvial Bt, o qual é um dos atributos responsáveis por sua classificação no Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (IBGE, 2007; SANTOS *et al.* 2013).

Frequentemente, os Luvisolos são recobertos por um pavimento detrítico ou desértico, oriundo da deflação dos materiais finos dos solos, resultando em uma acumulação de seixos quartzosos ou fragmentos rochosos isolados (SUERTEGARAY, 2008; LEPSH, 2011).

Em relação aos solos da MH do riacho Carrapateiras, os Luvisolos aludidos encontram-se associados aos Luvisolos Háplicos Órticos típicos, no segmento justaposto e

superior da encosta da serra do Tecelão; Neossolos Litólicos, nos topos e proximidades de afloramentos rochosos dentro da encosta referida, e por Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos lépticos ou vertissólicos nos seus limites laterais.

Desta maneira, os solos em questão encontram-se nos setores medianos aos inferiores da encosta da serra do Tecelão, onde a declividade é menos acentuada, tendendo a ser um segmento que sofre agradação e adições de materiais clásticos e iônico das porções mais elevadas do relevo. Muito embora, mormentemente, seja um dos espaços que mais sofre com os efeitos erosivos causados por mais de 40 anos de uso para fins agropecuário.

Isto posto, estes solos são compostos pelos horizontes A e Bt, assim como pela camada C, os quais possuem, respectivamente, as seguintes espessuras: 21 cm, 63 cm e +33 cm. As cores úmidas dos horizontes variam de 10YR 4/3 a 5/6, cujos graus de desenvolvimentos das estruturas são moderados e forte, no horizonte Bt (iluvial), que possui características vérticas (Btv).

As estruturas possuem tamanhos grandes a muito grandes, com morfologia em blocos angulares no horizonte A e na camada C. Enquanto que no horizonte Btv, a estrutura é prismática e onde também se constatou a presença de cerosidade comum e moderada nas faces dos agregados, indicando a atuação do processo de lessivagem (eluviação/iluviação) sobre este horizonte que apresentou relação textural de  $1,96 \text{ g.kg}^{-1}$  (BORTOLUZZI; PERNES; TESSIER, 2008; KÄMPF; CURI, 2009)

*In loco*, percebeu-se que este solo apresentava slickensides no horizonte Btv, onde as atividades vérticas eram bastante pronunciadas, mas não ao ponto de ser entendido como um horizonte vértico dos Vertissolos. Além disso, havia nódulos de manganês, o qual foi aferido na análise morfológica por meio de sua reação com o peróxido de hidrogênio.

Acredita-se que tais características estejam atreladas aos sedimentos oriundos da rocha subjacente, a qual é um anfibólito, composto por anfibólios e piroxênios. Isto porque as rochas básicas ao serem intemperizadas, oxidam-se e sofrem mais com o efeito da bissialitização e monossialitização do que as rochas ácidas, pois seus minerais são mais vulneráveis a tais processos (BIRKELAND, 1999; SCHAETZL; ANDERSON, 2005; FONTES, 2009; OLIVEIRA, 2011).

Esta vulnerabilidade ocorre porque tais minerais foram criados em condições de pressões, temperaturas e geoquímicas dissonantes das presentes na superfície da Terra e/ou da pedosfera (TOLEDO; OLIVEIRA; MELFI, 2009). Logo, de acordo com o exposto pelas

séries de Bowen e Goldich, tais minerais são os primeiros a cristalizarem-se como também a intemperizarem-se. Então, esta condição associada ao clima semiárido, há formações de argilas do grupo 2:1 com capacidade de troca de cátions com valores variantes de 42  $\text{cmol}_c/\text{kg}^{-1}$  a 141  $\text{cmol}_c/\text{kg}^{-1}$ , as quais são responsáveis pelas expansões e retrações da massa do solo, criando os slikenides e propriedades vérticas no supracitado.

Este tipo de argila também fomenta a formação de estruturas prismáticas com consistências muito a extremamente duras, muito firmes a firmes, muito plásticas, ligeiramente a muito pegajosa. Neste contexto, graças às diferenças de texturas, cores e estruturas é possível identificar os limites dos horizontes deste solo, os quais apresentam transições planas e abruptas.

No que compete às suas características químicas, este solo é eutrófico (SANTOS *et al.*, 2013), visto que detém valores de saturação por bases variantes de 80% a 98%, cujas bases mais abundantes são magnésio e cálcio, oriundos da decomposição dos minerais primários da rocha sobposta. A quantidade da porcentagem de sódio trocável é muito baixa, em função dos pequenos teores de sódio nas rochas desta área e também devidos às soluções dos solos translocadas dos segmentos superiores da vertente serem pobres em tal elemento. A quantidade de fósforo também é inexpressiva.

Já a quantidade de carbono total deste solo, varia de 9,02  $\text{g.kg}^{-1}$ ; 5,9  $\text{g.kg}^{-1}$ ; e 3,01  $\text{g.kg}^{-1}$  (apêndice c) para os horizontes A, Btv e camada C. Com base nisso, averigua-se que a quantidade de carbono orgânico decresce em profundidade no perfil do solo. Tal fenômeno é normal e condizente com solos semelhantes (BRASIL, 1973; SUDEC, 1981) e ocorre por conta do decréscimo do processo de agradação/adção de matéria orgânica em subsuperfície, pois as folhas, os galhos e os troncos dos vegetais são as maiores fontes de tal elemento para o solo (BIRKELAND, 1999; PRADO, 2008; BRADY; WEIL, 2013).

A relação C/N pouco varia ao longo do perfil, tendo valor 9 no horizonte superficial e 10 nos demais de subsuperfície. Estes valores estão correlacionados com os demais solos listados e as explicações sobre esta variável já foi citada nos tópicos anteriores. A condutividade elétrica também apresentou valores baixos, 0,14  $\text{dS.m}^{-1}$ ; 0,2  $\text{dS.m}^{-1}$ ; e 0,13  $\text{dS.m}^{-1}$  (apêndice c), o que não corrobora para que este solo seja salino ou sálico (IBGE, 2007; OLIVEIRA, 2011).

Então, partindo do princípio que este solo é eutrófico e rico em bases, o pH responde a tal condição, portanto sendo levemente ácido a básico, conforme atestam os

valores de pH dos seus horizontes e camada: 6,1; 6,1 e 7,3 (apêndice c). As duas primeiras estimativas, correspondem ao horizonte superficial A e subsuperficial Btv, onde é visível o valor mais baixo de pH em oposição a camada C (7,3). Isto se deve ao fato de nos primeiro dois horizontes, houve mais lixiviação, acidificação e incorporação de substâncias ácidas carbônicas e orgânicas do que na camada C, onde, por sua vez, está mais distante da superfície e também detém maiores quantidades de minerais alteráveis, os quais elevam seu pH mais do que os demais horizontes subjacentes.

Quanto à dimensão física do solo em discussão, este possui texturas diferentes em cada horizonte e camada, por exemplo: o A tem textura franco argilo arenosa; o Btv é argiloso e a camada C é franca. Esta diferenciação está atrelada aos fatores de formação do solo, assim como pelos processos pedogenéticos, os quais provocam a erosão, a eluviação e a ferrólise no A tornando-o mais arenoso, enquanto que há a iluviação de argilominerais e sesquióxidos de ferro e alumínio, neossilicatização e transformação no horizonte Btv (JENNY, 2005; KÄMPF; CURI, 2009; LEPSH, 2011). A textura franca da camada C está mais vinculada à frente de intemperismo na rocha subjacente, a qual tende a oxidar-se e hidrolisar-se, em vez de fragmentar-se, pois isso apresenta esta textura.

Vale destacar que os Luvisolos Háplicos Pálicos abrupticos apresentam uma alta susceptibilidade à erosão, primeiramente pela porção do relevo que ocupa, conseguintemente, por exibir relação textural e seu grau de floclulação ser variante e baixo ao longo do perfil. Uma das condições primárias para haver erosão nestes solos está relacionada com a declividade em que este solo encontra-se, que no caso apresenta em torno de 7%.

Secundariamente, a presença da relação textural entre o horizonte A e Btv, cria um descontinuidade na condutividade hidráulica entre ambos horizontes, pois o horizonte A tende a ser mais arenoso e permite uma maior infiltração, enquanto que o Btv é mais argiloso (apêndice d) que o primeiro e não permite a o processo aludido com a mesma eficiência que ocorre no A (LIMA; OLIVEIRA; AQUINO, 2002; GUERRA; BOTELHO, 2006; PRADO, 2008). Assim, há uma diminuição da condutividade hidráulica quando a água encontra o horizonte Btv.

Caso haja o encharcamento do horizonte A e a água não consiga infiltrar rapidamente no horizonte Btv, há o início da erosão laminar, depois em sulco, a qual tende a evoluir posteriormente para outras formas mais drásticas de erosão (GUERRA, 1999). Os graus de floclulação variaram de 59 g.100g<sup>-1</sup>, no A; 38 g.100g<sup>-1</sup>, no Btv; e 33 g.100g<sup>-1</sup>, no C

(apêndice d). Esta variável aumenta ainda mais a vulnerabilidade deste solo à erosão por *splash* ou outra de natureza hídrica ou eólica, porque as argilas encontram-se pouco floculadas e são facilmente dispersas na água.

Os valores de densidades globais dos horizontes e camada deste solo ( $1,30 \text{ g.cm}^{-3}$ ;  $1,28 \text{ g.cm}^{-3}$ ; e  $1,23 \text{ g.cm}^{-3}$ ), apêndice d, quando comparadas com os parâmetros sugeridos por USDA (1999), indicam que não há evidências de compactação nos supracitados e as estimativas estão dentro do intervalo do ideal.

A não compactação do solo posto pode ser explicada pela inutilização de maquinários como tratores pesados ou mesmo pisoteio excessivo deste solo pelo gado ou ovinos, em função do pousio de mais de 20 anos e pelas condições geomorfológicas que inviabilizam o uso de maquinário moderno e pesado neste setor da paisagem, além da não criação intensiva de animais neste local.

Quanto às densidades de partículas dos horizontes e camada dos Luvissoles supracitados, suas densidades refletem sua composição mineralógica máfica rica em anfibólios, piroxênios e quartzos, os quais fazem as densidades em questão serem no mínimo  $2,56 \text{ g.cm}^{-3}$  e no máximo  $2,78 \text{ g.cm}^{-3}$ . Tais indícios repercutem sobre a porosidade total dos solos, que compreendem percentagens de 51% a 53% de porosidade, com destaque para este último valor no horizonte Btv, onde há muitos macroporos, nas zonas fendilhadas ao redor dos agregados, e de microporos, dada a sua composição mais argilosa que os demais horizontes.

Com relação ao uso do Luvissole Háplico Órtico típico, estes encontram-se em pousio, porém foram largamente utilizados para fins de agricultura de sequeiro durante as décadas de 60, 70 e 80 do século XX. A partir desta, os referidos foram mais empregados para fins agropecuários extensivos, que preza pela criação de bovinos, caprinos e ovinos soltos. Por isso, hoje, ainda exibem sinais de erosão laminar ligeira a moderada e acham-se parcialmente desprotegidos pela cobertura vegetal, a qual é de porte arbustivo e distribui-se de modo esparso.

#### ***6.1.5 Luvissoles Háplicos Órticos típicos: aspectos morfogênicos e físico-químicos***

Luvissoles Háplicos Órticos típicos (P16 - figura 38) este tipo de solo está associado ao Luvissoles anteriores, porém estão presentes na porção superior da encosta da

serra do Tecelão, onde há o domínio do anfibolito gnaiss. Portanto, estão em uma área de transição topográfica, conseqüentemente associados aos Neossolos Litólicos Eutróficos típicos, também presentes nos topos da serra referida.

Os Luvisolos Háplicos Óticos típicos são solos eluviais, minerais, bem drenados e apresentam desenvolvimentos menos pronunciados do que os Luvisolos Háplicos Pálicos Abrúpticos, visto que se assentam sobre uma parte do relevo mais declivosa e sob uma rocha mais resistente ao intemperismo químico. O aporte hídrico reduzido, inicialmente, causado pelo clima Tropical quente semiárido e também em razão da declividade, que tende a fomentar o escoamento superficial e subsuperficial, reduzem as atuações do intemperismo e pedogênese nestes solos.

Morfologicamente, os Luvisolos dissertados apresentam mais de 87 cm de espessura, são compostos por horizontes A, Bt, BC e camada CB (apêndice b). As cores de seus horizontes e camadas, quando úmidas, variam 2.5 YR, cujos valores oscilam de seis e sete e os cromas de três a quatro. Porém, o horizonte BC possui cor úmida de 10 YR (5/4), provavelmente, por conta da proximidade da frente de intemperismo e significativa quantidade de material em oxidação e hidrólise neste segmento. Quando secas, as amostras expuseram as mesmas matizes, sofrendo variações somente nos valores (quatro ou cinco) e cromas (três e quatro), os quais foram mais baixos que os primeiros.

Quanto as suas estruturas, estas são compostas por blocos angulares (hor. A e Bt), prismáticas (hor. BC) e laminar (camada CB), todas de tamanhos grandes a muito grandes e graus de desenvolvimento moderados a fraco (apêndice b). Não foi identificada cerosidade neste solo, bem como a presença de slickensides. Possivelmente, em função da grande quantidade de areias grossas e finas que este perfil detém.

No que tange às consistências secas das estruturas, as referidas apresentaram-se muito duras a extremamente duras, certamente por conta das argilas de alta atividade catiônica presentes neste solo. Quando úmidas e molhadas, as estruturas mantiveram o comportamento firme a muito firme; não plástica, plástica e muito plástica; e não pegajosa, ligeiramente pegajosa a muito pegajosa. Estas características juntamente com a geomorfologia local criaram um solo com transições planas abruptas a gradual.

De acordo com os demais táxons pedológicos da MH do riacho Carrapateiras, os Luvisolos Háplicos Óticos típicos apresentam as texturas franco arenosa no seu horizonte A, franco argilo arenosa (Bt), franco arenosa (BC) e franco argilo arenosa (CB) (apêndice b). As

variações texturais estão correlacionadas com os processos intempéricos, com as atuações dos processos pedogenéticos (eluviação, melanização, iluviação, transformação, neossilicização, ferrólise, ferralitização e remoção) e diferença texturais da rocha subjacente (BIRKELAND; 1999; KÄMPF; CURI, 2009; FONTES, 2009)

Os graus de flocculações das argilas oriundos nos horizontes e camadas destes solos foram: 57 g.100g<sup>-1</sup>; 32 g.100g<sup>-1</sup>; 33 g.100g<sup>-1</sup> e 15 g.100g<sup>-1</sup>, respectivamente para A, Bt, BC e CB. Estes teores informam que tais solos são bastante vulneráveis à erosão, inicialmente, por conta da declividade do relevo em que ocupam (10%). Secundariamente, dada à relação textural existente entre os horizontes A e Bt (LIMA; OLIVEIRA; AQUINO, 2002; GUERRA, 1999), posteriormente, pelos graus de flocculações de suas argilas terem valores abaixo de 50% em água, o que reforça a sua vulnerabilidade ao serem erodidas, caso seja implementado um manejo inadequado.

Com relação às densidades globais, ao comparar tais valores com o quadro 3 da USDA (1999), detectou-se que os o horizonte A e o BC manifestam valores limitantes (1,49 g.cm<sup>-3</sup> e 1,51g.cm<sup>-3</sup>) para o uso agrícola. Já os demais horizontes exibiram densidade dentro do intervalo do ideal. O pisoteio animal, o microsselamento causado pelo *splash*, e as atividades agrícolas são os possíveis causadores desta compactação.

As densidades de partículas tiveram valores oscilantes entre 2,62 g.cm<sup>-3</sup> a 2,73 g.cm<sup>-3</sup>, sendo que as maiores importâncias coincidiram com os horizontes com densidades globais superiores. Tal fenômeno sugere que o aumento de densidade destes horizontes não tem relação somente com fatores de uso antrópico, mas também uma predisposição natural dada à mineralogia do anfibólito gnaisse (hornblenda, quartzo, plagioclásio e k-feldspato) que deu origem ao seu sedimento.

Convém salientar que, os horizontes compactados também apresentam valores de porosidades totais menores que os demais horizontes, como podem ser vistos a seguir: A- 45,02%, Bt- 48,85%, BC – 44,69% e CB – 51,69%. Apesar da maioria dos valores exibirem percentagens abaixo de 50%, tal condição está condizente com o contexto estudado porque os demais táxons examinados também manifestaram valores semelhantes.

No âmbito químico, estes solos expuseram as percentagens de saturação por bases variantes entre 75% (A) a 87% (CB), isto foi ocasionado, no caso do horizonte superficial, pela transformação, translocação e lixiviação de parte de suas bases (OLIVEIRA, 2011; KÄMPF; CURI, 2009). Enquanto, que no horizonte CB há maior concentração de bases

devido aos processos de translocação, mas, sobretudo, em razão da disponibilidade de minerais primários alteráveis, os quais tendem a liberar mais bases para esta região do solo. A porcentagem de sódio trocável foi constante ao longo do perfil (2%) e descarta a possibilidade de que tal solo tenha os caracteres sódicos ou solódicos (IBGE, 2007; OLIVEIRA, 2011).

A quantidade de fósforo foi relativamente baixa ao longo do perfil, onde somente o horizonte A exibiu a quantidade de  $3 \text{ mg.kg}^{-1}$ , nos demais horizontes e camadas os teores foram constantes e iguais a  $1 \text{ mg.kg}^{-1}$ . A baixa disponibilidade deste nutriente no solo está condicionada a pouca concentração deste elemento químico nas rochas subjacentes e vinculada à diminuta adição de materiais ricos em fósforos pelos vegetais e animais sobre o solo. O maior valor no horizonte A indica que parcela do elemento em questão foi adicionada pelos organismos.

Tratando-se das importâncias de carbonos orgânicos totais nos Luvisolos postos, o horizonte A possui  $9,02 \text{ g.kg}^{-1}$ ; o Bt -  $3,45 \text{ g.kg}^{-1}$ ; já o BC -  $4,62 \text{ g.kg}^{-1}$  e CB -  $3,06 \text{ g.kg}^{-1}$ . Com base nisso, conclui-se que há um decréscimo do carbono ao longo do perfil, com exceção da quantidade exposta pelo horizonte BC, onde há um acréscimo de carbono.

Acredita-se que isso se deve ao fato do aludido conter algumas raízes dos vegetais arbustivos, afinal o referido está apenas a 37 cm abaixo da superfície. Cabe destacar que estes valores são significativamente baixos, o que repercute diretamente na intensidade dos processos intempéricos, na capacidade de troca de cátions, melanizações dos solos, bem como na sua fertilidade e estrutura (BIRKELAND, 1999; IBGE, 2007, BRADY; WEIL, 2013).

A relação C/R do solo em questão está em conformidade com os demais presentes na MH, cujos valores variam de  $9 \text{ g.kg}^{-1}$  a  $10 \text{ g.kg}^{-1}$ . Possivelmente, estes valores estão correlacionados com as condições climáticas, bem como pelas constituições químicas dos vegetais presentes na MH. Afinal, Lepsh (2011) indica que solos de mesmo contexto ambiental, tendem a ter relações C/N semelhantes. Os valores de matéria orgânica sempre são superiores no horizonte A, em função das adições promovidas pelos organismos em superfície e, em menores proporções, em subsuperfície, por isso seus valores tende a decrescer ao longo do perfil.

A condutividade elétrica indica que estes solos não têm os caracteres sálcos e salinos e o pH dos referidos variam entre 5,7 a 6,3 (IBGE, 2007). Isto indica que esta porção da paisagem sofre com os efeitos da lixiviação. Todavia, demonstram, especialmente que as

rochas subjacentes possuem menos bases que os anfibolitos nas proximidades. Isso é visível até pela cor mais amarelada, pelo teor de argila e formas das estruturas.

Tratando-se dos aspectos de uso e ocupação destes solos, os referidos fazem parte de um grande campo agrícola que foi utilizado durante as décadas de 60 a 90 do século XX. Então, recentemente está sendo utilizado para fins do desenvolvimento da pecuária, caprinocultura e ovinocultura extensiva de corte. No que tange às atividades agrícolas, estes solos acham-se em pousio e já sustentam uma vegetação arbustiva secundária aberta com dosséis de, aproximadamente, três metros de altura. Acredita-se que estes solos não foram vastamente utilizados tendo em face às limitações físicas que apresentam, como o pavimento desértico e a significativa rochosidade sobre seus horizontes A.

## 6.2 Análise da comunidade vegetal da área de estudo

O Brasil possui diversos domínios florísticos em virtude de sua variabilidade geocológica e seu tamanho territorial. Dentre a diversidade florística brasileira, a destaca-se por ser uma vegetação caducifólia azonal, tendo em vista a sua localização na faixa equatorial, possuir altas taxas de endemismo e deter notáveis peculiaridades adaptativas para resistir a semiaridez (AB'SABER, 2003; MAIA, 2010).

A Caatinga é a vegetação dominante no Nordeste brasileiro em virtude da ocorrência do clima, preponderantemente, Tropical quente semiárido, o qual também influencia e condiciona os demais componentes das paisagens nordestinas. O termo Caatinga é oriundo da língua indígena tupi (LOIOLA; ROQUE; OLIVEIRA, 2012), significando *Ka'a* (mata) e *Tinga* (branca), sendo entendido como mata branca.

As espécies vegetais são caducifólias: com caules e galhos com colorações claras para aumentar seu albedo, diminuindo assim a sua temperatura e evapotranspiração. Tais condições são indispensáveis para habitarem as regiões semiáridas e subúmidas, sobretudo nos longos meses de estios do ano.

A primeira conceituação científica para o domínio florístico em questão foi *Sylva aestu aphylla*, formulada em 1840 por Carl Friedrich Philipp Von Martius. Assim, sua tradução corresponde a uma descrição generalizada das características morfológicas da vegetação posta. Portanto, *Sylva* significa arborescente ou lenhoso, *Aphylla* corresponde a perda das folhas (caducifólia) e *aestu* indica a seca ou estiagem que esta comunidade florística

é sazonalmente submetida. Logo, a Caatinga foi entendida como uma formação vegetal lenhosa que apresenta caducifólia em função da estiagem.

A Caatinga ocupa cerca de 800.000 km<sup>2</sup>, representando 70% do Nordeste e 10% do território nacional, e está distribuída, parcialmente, nos territórios dos seguintes estados: Alagoas, Bahia, Ceará, Norte de Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Sergipe, Rio Grande do Norte. Em função disso, é um dos ecossistemas semiáridos mais habitados do mundo (AB'SABER, 1999; MAJOR; SALES JR.; CASTRO, 2004; SOUZA, 2006).

A Caatinga assenta-se sobre uma região marcada por diversidades geoambientais. As temperaturas médias são em torno de 25°C a 30°C durante o ano; a pluviometria média anual está abaixo de 1.100 mm, sendo a isoietas abaixo de 800 mm anuais as mais expressivas e detém altas taxas de insolação (AB'SABER, 2003; SOUZA, 2003). Os relevos onde este domínio florístico ocorre são pediplanados (planos, suaves ondulados e ondulados) onde, pontualmente, pode-se encontrar maciços residuais cristalinos e *inselbergs*, que não superam 2000 de altitude.

Os solos são poucos desenvolvidos, apresentam pouca espessura e são pedregosos, mas com alta fertilidade natural, muito embora apresente limitações físicas e acentuada limitação hídrica em superfície e subsuperfície (AB'SABER, 1999; SOUZA, 2006; OLIVEIRA, 2006; ROMERO; FERREIRA, 2010; GARIGLIO *et al.*, 2010; ARAÚJO FILHO, 2011; LOIOLA; ROQUE; OLIVEIRA, 2012).

Segundo Alves, Araújo e Nascimento (2009), antigamente, acreditava-se que a Caatinga era resultante da degradação de formações florísticas mais exuberantes como a Mata Atlântica ou a Floresta Amazônica. Com base nisso, os autores citam que tal pensamento fundamentou a crença de que a Caatinga era homogênea, com baixa biodiversidade e endemismo e pouco alterada desde a colonização brasileira.

Contudo, Silva *et al.* (2002) afirmaram que tais mitos foram superados e informam que existem pelo menos 12 tipos de Caatingas<sup>9</sup>, repletas de seres adaptados às suas condições geocológicas. Para fundamentar tal afirmação de que a Caatinga tem elevada biodiversidade, os autores citam que há pelos menos 932 espécies vegetais, sendo 380 endêmicas, além das 185 espécies de peixes; 44 espécies de lagartos; nove de anfisbenídeos,

---

<sup>9</sup> O termo Caatingas foi utilizado para demonstrar que a Caatinga tradicionalmente conhecida é heterogênea e composta por diversas unidades fitoecológicas, segundo indicam Ceará (1997), Ab'saber (2003), Souza (2006) e Alves, Araújo e Nascimento (2009).

47 serpentes, quatro quelônios, três *Crocodylia*; 47 anfíbios, destes pelo menos 15% são endêmicos da Caatinga.

Todavia, vários são os trabalhos que tem relatado um cenário preocupante com relação à degradação da Caatinga (MAIA, 2004; OLIVEIRA, 2006; SOUZA, 2006; SANTOS, 2009; GARIGLIO *et al.*, 2010; CEARÁ, 2010; SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015; BEUCHLE *et al.*, 2015). Pois, a degradação deste domínio tem comprometido o funcionamento de seus serviços ecológicos, causando *déficits* dos serviços ambientais, gerado a perdas da sua biodiversidade, alterando a teia alimentar do ecossistema e acarretando em diversas perdas econômicas.

Esta, por sua vez, acentua os problemas sociais já presentes na região semiárida em voga, visto que, conforme Loiola, Roque e Oliveira (2012), boa parte da população residente deste domínio florístico depende de sua biodiversidade, frutos, sementes, madeira, forragem e outros. Tal situação quando associado aos poucos estudos e compreensão desse domínio florístico complexo, tendem a agravar a degradação do referido domínio (ALVES; ARAÚJO; NASCIMENTO, 2009; KIIL; MARTINS; SILVA, 2012), promovendo perdas relevantes do banco genético e das funções ecológicas desenvolvidas pela Caatinga.

No âmbito cearense, tem-se desenvolvido alguns levantamentos florísticos nas regiões dominadas pelas Caatingas, a qual junto com o carrasco ocupam cerca de 80% do território do estado do Ceará. Trabalhos como Ceará (1997), Gonçalves (2003), Gonçalves, Oliveira, Bezerra (2008) e Trigueiro, Oliveira e Bezerra (2009) são exemplos de tal afirmação e também são pesquisas executadas próximas da área de estudo da presente pesquisa.

Em meio às Caatingas cearenses assenta-se a MH do riacho Carrapateiras (Tauá/CE), cuja vegetação foi inicialmente classificada como Caatinga arbórea densa com palmeiras por Brasil (1981a). Porém, com o transcorrer temporal, Ceará (1997) realizou a compartimentação das unidades fitoecológicas do Ceará, onde a vegetação da MH em questão passou a ser denominada por floresta caducifólia espinhosa (Caatinga arbórea).

Contudo, em razão da dimensão do estado do Ceará e da escala adotada por Ceará (1997) este trabalho não elaborou as listagens de espécies, visto que não as fez, especialmente, na MH aqui tratada. Assim fez a listagem florística da comunidade vegetal da microbacia posta, presente na tabela 1 a seguir.

Na MH do riacho Carrapateiras foram identificadas um total de 93 espécies vegetais pertencentes a 35 famílias (tabela 1). As fitoespécies apresentam padrão irregular de

distribuição espacial e vertical, em virtude dos diferentes processos degradativos que a área vem sofrendo ao longo do tempo e também por conta da própria dinâmica ecológica que é responsável pela distribuição e dispersão dos vegetais.

Isto é, as espécies de grandes portes arbóreos não conseguem sobreviver em Neossolos Litólicos Eutróficos típicos com 15 cm de espessura, por exemplo. Portanto, estas se estabelecem nos setores das encostas e topos onde há Cambissolos Háplicos Ta lépticos ou vertissólicos e Luvisolos Háplicos Pálicos Abrúpticos ou Órticos típicos com espessuras maiores.

Além disso, conforme foi a intensidade de uso e pousio do sistema, os vegetais apresentam alturas e copas mais ou menos largas em razão de terem sido ou não cortadas, podadas ou serem espécies da sucessão ecológica secundária. Com base no exposto, há variações na distribuição, na altura e na largura das copas das árvores e arbustos.

Cada subsistema ambiental da MH aqui tratada possui números distintos de espécies vegetais. Assim, o topo da serra do Tecelão foram registradas 60 espécies distribuídas em 25 famílias; e no topo da serra da Lagoa Seca/Coqueiros ocorreram 47 espécies pertencentes a 23 famílias. Já nas encostas das serras supracitadas foram listadas 84 e 52 fitoespécies representadas por 33 e 28 famílias, respectivamente. Já ao longo dos cursos fluviais e planície fluvial do riacho Carrapateiras foram detectadas 46 e 36 espécies vegetais pertencentes a 21 e 17 famílias, respectivamente.

As diferenças numéricas das espécies vegetais em cada subsistema deu-se em função da dimensão espacial, da intensidade da degradação e das potencialidades ambientais que cada subsistema condiciona. Assim, a encosta da serra do Tecelão foi a que apresentou maior número de espécie em razão de sua área espacial e presença de solos mais propícios menos degradados. Já a planície fluvial detém diminuta quantidade de espécies florísticas, por conta de sua menor abrangência espacial, mas, sobretudo dado ao seu uso intensivo pelos agropecuaristas.

As espécies com maior representatividade (frequência) espacial na MH foram as: malva - *Sida galheirensis* Ulbr. (Malvaceae); milrrom - *Setaria tenax* - Rich. Desv. (Poaceae); jurema preta - *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir (Fabaceae/Mimosoideae); jurema branca - *Mimosa Caesalpinifolia* Benth. (Fabaceae/Mimosoideae); mata pasto - *Senna uniflora* (Mill.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae/Caesalpinioideae); marmeleiro - *Croton blanchetianus* Baill.

(Euphorbiaceae); bamburral - *Simsia dombeyana* DC. (Asteraceae); catingueiro - *Poincianella bracteosa* (Tul.) L.P. Queiroz (Fabaceae/Caesalpinioideae).

Exceto a *Selaginella convoluta* Spring (Sellaginellaceae) que é uma Pteridófita, as demais espécies fazem parte do grupo das angiospermas, as quais, segundo Gonçalves e Lorenzi (2011) tiveram grande sucesso na sua adaptação biológica, no sistema reprodutivo e dispersão pelo mundo. Por isso, constituem o maior grupo de plantas terrestres. As angiospermas se diferenciam das gimnospermas por possuírem flores com seus órgãos reprodutores, as quais podem ser monóicas, hermafroditas, ou dióica, caso tenham somente órgãos de um sexo.

**Tabela 1 – Lista de espécies vegetais registradas na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE, com indicação das famílias botânicas, nomes científicos e populares, etnobotânica, hábito, subsistema onde foram coletadas e registro no Herbário Prisco Bezerra-EAC.**

Famílias/Espécies	Nome popular	Etnobotânica	Hábito	Topo da Serra do Tecelão	Topos da Serra Lagoa Seca/Coqueiros	Encosta da Serra do Tecelão	Encostas da Serra Lagoa Seca/Coqueiros	Cs. Fluviais	Planície Fluvial	Voucher EAC
<b>ACANTHACEAE</b>										
<i>Dicliptera ciliaris</i> Juss.			Herbáceo	X		X				54201
<i>Justicia</i> sp.			Herbáceo	X		X				54199
<i>Ruellia paniculata</i> L.	Melosa roxa	F	Herbáceo	X	X	X	X	X	X	54198
<b>AMARYLLIDACEAE</b>										
<i>Hippeastrum</i> sp.	Lírio	F	Herbáceo	X	X	X	X			57338
<b>AMARANTHACEAE</b>										
<i>Alternanthera tenella</i> Colla	Espinho		Herbáceo	X	X	X	X	X	X	54200
<b>ANACARDIACEAE</b>										
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Aroeira	M/ Mc/ R/ E/ B/ F	Arbóreo	X	X	X	X			57345
<b>APOCYNACEAE</b>										
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.	Pereiro		Arbóreo			X	X	X		
<b>ARACEAE</b>										
<i>Taccarum ulei</i> Engl. & K.Krause	Milho de cobra	I	Herbáceo	X	X	X	X			57336
<b>ASTERACEAE</b>										
<i>Bidens bipinnata</i> L.			Herbáceo	X		X				57348
<i>Blainvillea acmella</i> (L.) Philipson			Herbáceo		X	X	X			57346
<i>Delila biflora</i> (L.) Kuntze			Herbáceo			X				57347
<i>Simsia dombeyana</i> DC.	Bamburral	F	Herbáceo	X	X	X	X	X	X	54197
<i>Tilesia baccata</i> (L.F.) Pruski	Girassol 1	F	Herbáceo			X		X		57384
<i>Wedelia scaberrima</i> Benth	Girassol 2	F	Herbáceo			X		X	X	57385
<i>Tilesia baccata</i> (L.f.) Pruski	Girassol 3	F	Herbáceo	X	X	X	X			
<b>BIGNONIACEAE</b>										
<i>Fridericia dichotoma</i> (Jarq.) L. G. Lohmann	F. Bravo		Herb. Liana					X		57349
<i>Tabebuia</i> Sp.	Ipê Amarelo	M/ Mc	Arbóreo			X	X	X		Obs. Campo
<b>BORAGINACEAE</b>										
<i>Varronia curassavica</i> Jacq.			Arbustivo			X	X	X		54177
<i>Varronia globosa</i> Jacq.	Maria preta	E/ F/ B	Arbustivo			X		X		57350
<b>BROMELIACEAE</b>										
<i>Tillandsia streptocarpa</i> Baker	Encherto		Herbáceo	X			X			57343
<i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L.	Encherto		Herbáceo	X	X	X	X	X		57344
<i>Tillandsia loliacea</i> Mart. ex. Schult. F.	Encherto		Herbáceo		X	X	X			
<b>BURSERACEAE</b>										
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J. B. Gillet	Imburana de espinho	R	Arbóreo	X	X	X	X			

**LEGENDA ETNOBOTÂNICA**

F - Forrageira; A - Fruto ou sementes comestíveis; B - Biocombustível; E - Estacas; M - Madeira para móveis; R - Remédios; V - Vassoura; C - Fibras para corda; Q - de quadra (solução para fazer sabão); Mc - Madeira para construção; e I - Bioindicador de bom inverno.

Famílias/Espécies	Nome popular	Etnobotânica	Hábito	Topo da Serra do Tecelão	Topos da Serra Lagoa Seca/Coqueiros	Encosta da Serra do Tecelão	Encostas da Serra Lagoa Seca/Coqueiros	Cs. Fluviais	Planície Fluvial	Voucher EAC
<b>CACTACEAE</b>										
<i>Cereus jamacaru</i> DC.	Mandacaru	A/ F	Herbáceo	X	X	X	X			57351
<i>Pilosocereus gounellei</i> (F.A.C. Weber) Byles & Rowley	Xique - xique	A/ F	Herbáceo	X	X	X	X			57352
<i>Pilosocereus</i> sp.	Facheiro	Mc	Herbáceo	X	X	X	X			57353
<i>Melocactus zehntneri</i> (Britton & Rose) Luetzelb.	Coroa de frade		Herbáceo	X	X	X	X			
<i>Tacinga inamoena</i> (K. Schum.) N. P. Taylor & Stuppy	Palmatória		Herbáceo	X		X	X		X	
<b>CAPPARACEAE</b>										
<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J. Presl	Feijão - bravo	F	Arbustivo	X	X	X	X	X		57354
<b>COMBRETACEAE</b>										
<i>Combretum leprosum</i> Mart.	Mofumbo	R	Arbustivo					X	X	54191
<b>COMMELINACEAE</b>										
<i>Commelina erecta</i> L.	Olhos de Santa Luzia	F	Herbáceo	X	X	X	X	X	X	57337
<b>CONVOLVULACEAE</b>										
<i>Evolvulus filipes</i> Mart.			Herbáceo	X		X	X	X		57356
<i>Ipomoea Nil</i> (L.) Roth	Retirana Roxa	F	Herbácea	X	X	X	X	X	X	57355
<i>Jacquemontia pentanthos</i> (Jarq.) G. Don			Herbáceo			X	X			57357
<b>EUPHORBIACEAE</b>										
<i>Cnidoscolus quercifolius</i> Pohl	Faveleiro	F/ A/ R	Arbóreo						X	57358
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	Marmeleiro	E/ F/ B	Arbustivo	X	X	X		X	X	57361
<i>Croton heliotropiifolius</i> Kunth	Velame	R/ F	Arbustivo	X	X	X	X	X	X	54185
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.			Herbáceo			X			X	54190
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	Peão - bravo	R/ Q	Arbustivo	X	X	X		X	X	57359
<i>Manihot caerulescens</i> Pohl	Maniçoba	Q	Arbóreo	X		X		X		57360
<b>FABACEAE/ CAESALPINIOIDEAE</b>										
<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	Mororó	F/ E/ B	Arbustivo			X		X		57365
<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz var. ferrea	Jucá	F/ E/ B/ Mc	Arbustivo	X	X	X	X			
<i>Chamaecrista duckeana</i> (P. Bezerra & Afr. Fern.) H.S. Irwin & Barneby		F	Herbáceo	X	X	X	X			57364
<i>Chamaecrista nictitans</i> (L.) Moench		F	Herbáceo	X		X		X	X	57368
<i>Chamaecrista trichopoda</i> (Benth.) Britton e Rose ex Britton & Killip	Cássia das Antilhas	F	Herbáceo			X			X	54184
<i>Senna spectabilis</i> var. <i>excelsa</i> (Schrad.) H. S. Irwin & Barneby	Canafístula	Mc/ F/ E	Arbustivo			X		X	X	57363
<i>Senna uniflora</i> (Mill.) H.S. Irwin & Barneby	Mata pasto	F	Herbáceo	X	X	X		X	X	57362
<i>Poincianella bracteosa</i> (Tul.) L.P. Queiroz	Catingueiro	F/ M/ Q/ E/ B/ Mc	Arbustivo	X	X	X	X	X	X	57366

**LEGENDA ETNOBOTÂNICA**

F - Forrageira; A - Fruto ou sementes comestíveis; B - Biocombustível; E - Estacas; M - Madeira para móveis; R - Remédios; V - Vassoura; C - Fibras para corda; Q - de quadra (solução para fazer sabão); Mc - Madeira para construção; e I - Bioindicador de bom inverno.

Famílias/Espécies	Nome popular	Etnobotânica	Hábito	Topo da Serra do Tecelão	Topos da Serra Lagoa Seca/Coqueiros	Encosta da Serra do Tecelão	Encostas da Serra Lagoa Seca/Coqueiros	Cs. Fluviais	Planície Fluvial	Voucher EAC
<b>FABACEAE/ MIMOSOIDEAE</b>										
<i>Albizia inundata</i> (Mart.) Barneby & Grimes	Muquêm	F/ E/ M/ Mc/ B	Arbóreo						X	
<i>Anadenanthera colubrina</i> var <i>cebil</i> griseb altschul	Angico	M/ F/ R/ B	Arbóreo	X	X	X	X	X		57378
<i>Mimosa Caesalpiniiifolia</i> Benth.	Sabiá	E/ F/ B/	Arbustivo	X	X	X	X	X		57376
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir	Jurema preta	E/ Mc/ F/ B/ R	Arbustivo	X	X	X	X	X		54186
<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth) Ducke	Jurema branca	F/ E	Arbustivo	X	X	X	X	X		57377
<b>FABACEAE/ FABOIDEAE</b>										
<i>Centrosema brasilianum</i> (L.) Benth.		F	Herbáceo	X	X	X	X	X	X	57370
<i>Centrosema rotundifolium</i> Mart. Ex Benth.		F	Herbáceo	X	X	X	X			57372
<i>Dioclea grandiflora</i> Mart. Ex Benth	Mucunã	R	Herbáceo			X				
<i>Indigofera</i> sp.			Herbáceo			X		X		57371
<i>Indigofera suffruticosa</i> Mill.	Anil		Herbáceo			X			X	57375
<i>Macroptilium lathyroides</i> (L.) Urb.	Feijão de rola	F	Herbáceo	X	X	X		X	X	57374
<i>Luetzelburgia auriculata</i> (Alemão) Ducke	Pau- Mocó		Arbóreo	X	X		X			Obs. Campo
<i>Rhynchosia minima</i> (L.) DC.		F	Herbáceo			X			X	57373
<b>MALVACEAE</b>										
<i>Gaya domingensis</i> Urb.		F	Herbáceo	X		X			X	57392
<i>Herissantia crispa</i> (L.) Brizicky	Prega - prega	F	Herbáceo	X		X		X		57389
<i>Herissantia tiubae</i> (K. Schum.) Brizicky		F	Herbáceo	X		X				57394
<i>Melochia pyramidata</i> L.	Malva roxa	F/ B	Herbáceo	X	X	X	X		X	57391
<i>Melochia longidentata</i> Goldberg			Herbáceo	X		X				57390
<i>Melochia tomentosa</i> L.		F	Herbáceo	X		X			X	54187
<i>Sida galheirensis</i> Ulbr.	Malva	F/ V/	Herbáceo	X	X	X	X	X	X	54178
<i>Waltheria rotundifolia</i> Schrank	Malva amarela	F	Herbáceo	X	X	X	X	X	X	54195
<i>Wissadula contracta</i> (Link) R. E. Fr.	Paco - paco	C/ F	Herbáceo	X	X	X	X			57393
<i>Pseudobombax marginata</i> A. St. - Hil.	Embiratanha	M/ Mc/ E/ B	Arbóreo		X					
<b>LAMIACEAE</b>										
<i>Hyptis suaveolens</i> Poit.			Herbáceo			X				57379
<b>LYTHRACEAE</b>										
<i>Cuphea</i> sp.			Herbáceo			X		X		57383
<i>Cuphea circaeoides</i> Sm. Ex Sims			Herbáceo	X		X				57386
<i>Cuphea campestris</i> Kohene			Herbáceo	X	X	X	X	X		57382
<b>LORANTHACEAE</b>										
<i>Struthanthus</i> sp.1	Erva de passarinho 1	F	Herbáceo	X	X	X	X			57381
<i>Struthanthus</i> sp.2	Erva de passarinho 2	F	Herbáceo		X		X			57380
<b>OLACACEAE</b>										
<i>Ximenia americana</i> L.	Ameixa	F/ A/ R/ Mc/ B	Arbóreo	X		X				57387

**LEGENDA ETNOBOTÂNICA**

F - Forrageira; A - Fruto ou sementes comestíveis; B - Biocombustível; E - Estacas; M - Madeira para móveis; R - Remédios; V - Vassoura; C - Fibras para corda; Q - de quadra (solução para fazer sabão); Mc - Madeira para construção; e I - Bioindicador de bom inverno.

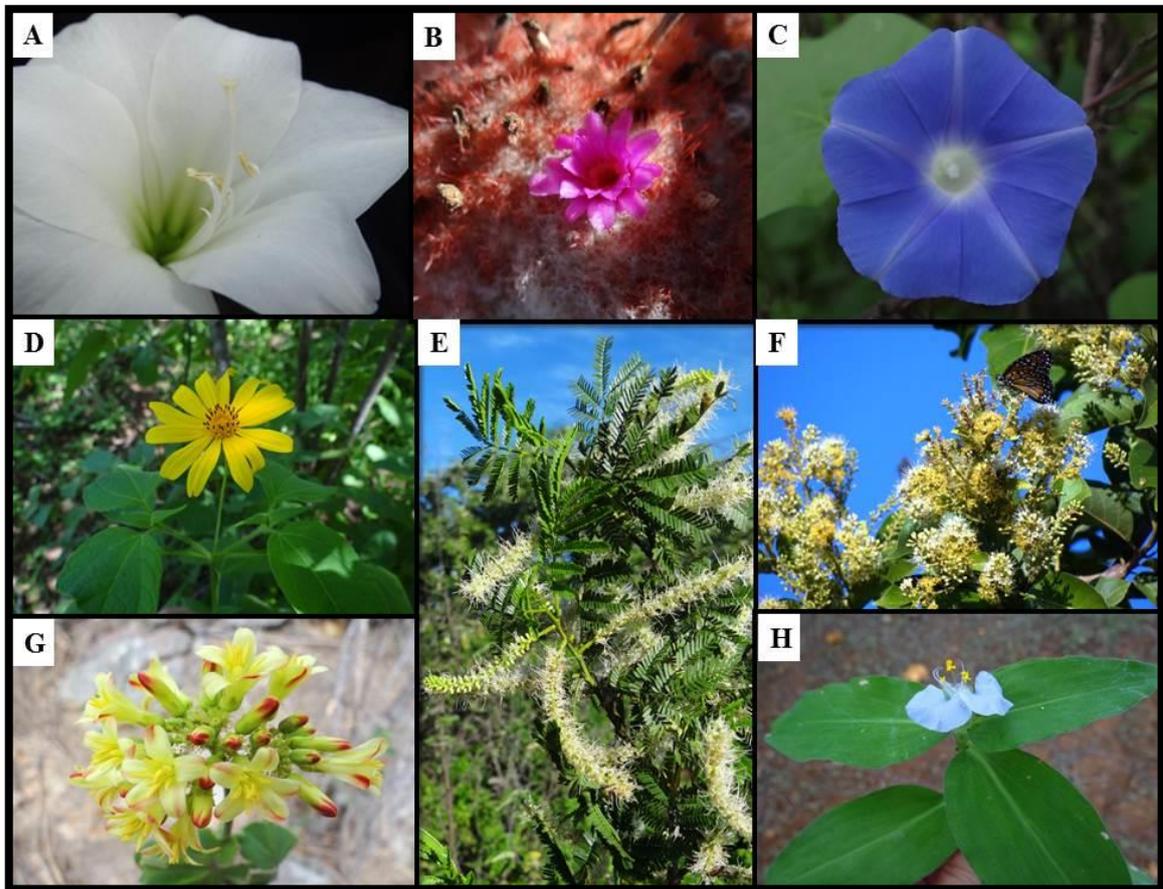
Famílias/Espécies	Nome popular	Etnobotânica	Hábito	Topo da Serra do Tecelão	Topos da Serra Lagoa Seca/Coqueiros	Encosta da Serra do Tecelão	Encostas da Serra Lagoa Seca/Coqueiros	Cs. Fluviais	Planície Fluvial	Voucher EAC
<b>OXALIDACEAE</b>										
<i>Oxalis glaucescens</i> Norlind.	Mato Azedo		Herbáceo			X	X			Obs. Campo
<b>PASSIFLORACEAE</b>										
<i>Passiflora cincinnata</i> Mast.	Maracujá do mato	F/ A	Herbáceo			X		X		57395
<i>Passiflora elegans</i> Mart.	Maracujá de estalo		Herbáceo	X		X				Obs. Campo
<b>POACEAE</b>										
<i>Brachiaria fasciculata</i> (SW.) Parodi	Capim 1	F	Herbáceo	X	X	X	X	X	X	57339
<i>Setaria tenax</i> (Rich.) Desv.	Milrrom	F	Herbáceo	X	X	X	X	X	X	57340
<i>Paspalum fimbriatum</i> Kunth	Capim 2	F	Herbáceo	X	X	X	X	X	X	57342
<b>POLYGALACEAE</b>										
<i>Polygala sp. 1.</i>			Herbáceo			X	X	X		57396
<i>Polygala sp. 2.</i>			Herbáceo			X	X	X		57388
<b>RHAMNACEAE</b>										
<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart	Juazeiro	F/ A/ M	Arbóreo	X	X	X	X	X	X	57397
<b>SAPINDACEAE</b>										
<i>Cardiospermum corindum</i> L.			Herbáceo	X		X		X	X	54181
<i>Serjania lethalis</i> A. St. – Hil.	Mata fome		Arbustivo	X	X	X			X	54194
<b>SELAGINELLACEAE</b>										
<i>Selaginella convoluta</i> Spring	Jericó	F	Herbáceo			X	X			
<b>SOLANACEAE</b>										
<i>Physalis angulata</i> L.	Canapum	A/ F	Herbáceo						X	54182
<b>TURNERACEAE</b>										
<i>Turnera subulata</i> Sm.	Xanana	F	Herbáceo	X	X	X			X	54180
<b>VERBENACEAE</b>										
<i>Lippia alba</i> (Mill.) N.E. Br. ex. P. Wilson		F	Herbáceo			X	X	X		57398

**LEGENDA ETNOBOTÂNICA**

F - Forrageira; A - Fruto ou sementes comestíveis; B - Biocombustível; E - Estacas; M - Madeira para móveis; R - Remédios; V - Vassoura; C - Fibras para corda; Q - de quadra (solução para fazer sabão); Mc - Madeira para construção; e I - Bioindicador de bom inverno.

As flores têm tamanhos e formas variadas, geralmente tinham em média 0,5 x 0,5 cm, possuem entre três a cinco pétalas e cores brancas, cremes, vermelhas, amarelas, ocorrendo também azuis e roxas (figura 39). Significativa parcela destas flores são multicoloridas, sendo um importante mecanismo de atração de seus polinizadores (GONÇALVES; LORENZI, 2011).

Constatou-se que as sementes das plantas encontradas costumam ser pequenas e leves. Acredita-se que isso se deve ao fato de a eficiência de captura de água em função da maior razão superfície e volume (HARPER, 1970). Ademais, tal condição permite que estas possam ser transportadas mecanicamente pelos ventos, por animais menores, ingeridas por pássaros ou mesmo serem lançadas longe da planta mãe pela dispersão de autocoria.



**Figura 39** - Formas e cores das flores registradas na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE: (A) *Hippeastrum* sp (Amaryllidaceae).; B) *Melocactus zehntneri* - Britton & Rose Luetzelburg (Cactaceae); (C) *Ipomoea Nil* (L.) Roth (Convolvulaceae); (D) *Wedelia scaberrima* Benth (Asteraceae); (E) *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir (Fabaceae Mimosoideae); (F) *Combretum leprosum* Mart. (Combretaceae); (G) *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill (Euphorbiaceae); e (H) *Commelina erecta* L. (Commelinaceae).

A partir dos trabalhos de campo e comparações entre a listagem florística aqui apresentada com os estudos realizados por Kiil, Martins e Silva (2012) na Reserva Legal do Projeto Salitre em Juazeiro na Bahia, e por Silva *et al.* (2013), no Monumento Natural Grota do Angico/SE. Portanto, verificou-se que as espécies vegetais apresentam diferentes síndromes de dispersão e que, embora seja concebido que, para as áreas áridas e semiáridas, a dispersão seja predominantemente anemocórica, pelo vento, a qual é uma das formas dispersão abiótica mais comum.

Todavia, ambos autores questionam tal generalização e demonstram casos diferentes no contexto da Caatinga, onde ocorrem também a autocoria (dispersão sem a necessidade de agentes externos), mastocoria (dispersão das sementes por mamíferos), mirmecocoria (dispersão das sementes por meio de formigas) e ornitocoria (dispersão das sementes via pássaros). Portanto, a dispersão das espécies listadas dá-se de modo variado, o que repercute na segregação ou agregação das referidas sobre os sistemas ambientais da MH.

As folhas das plantas costumam serem compostas e estreitas no estrato arbustivo e, no arbóreo, estas geralmente são médias e mais largas. O estrato herbáceo é o que apresenta grande variedade de espécies com formas e tamanhos de folhas distintas. Durante os trabalhos de campo, notou-se uma abundância de folhas alternadas de tamanhos médios ou grandes. Tal estrato, apesar de deter uma grande relevância para as atividades agropecuárias e para o processo de sucessão ecológicas e recuperação ambiental, ainda é pouco estudado e raros são os trabalhos que versam sobre espécies herbáceas.

As fitoespécies deste estrato costumam ser intercaladas por Poaceae, as quais com suas raízes fasciculadas, folhas longas e finas apresentam grande adaptabilidade e desenvolvimento vegetativo diante dos demais vegetais do seu estrato. Assim, no fim da estação chuvosa, por volta do mês de junho, inicia a ação da caducifolia e, em agosto, os vegetais encontram-se até 70% desprovidos de suas folhas.

Os estratos arbóreos, arbustivos e herbáceos dos vegetais listados apresentam caules relativamente distintos. As árvores possuem troncos de coloração marrom clara, frequentemente de crescimento monopodial e começam a ramificarem-se a partir de 1,60 m do chão. Os arbustos possuem crescimento simpodial, caules amarronzados a acinzentados, cuja ramificação inicia-se dentro dos 40 cm em relação ao solo. O estrato herbáceo apresenta maior diversidade caulinar e de crescimento. Grosso modo, possuem caules flexíveis, verdes

aos amarronzados dos tipos sargentos, caules volúveis, lianas, cladódio e bulbos. Significativa parcela do estrato referido tem crescimento simpodial.

A partir das observações de campo, bem como da literatura (MAIA, 2010), notou-se que as raízes das espécies listadas são predominantemente pivotantes, por conta da abundância de espécies dicotiledôneas. Este tipo de raiz auxilia as plantas a obterem água em grandes profundidades do solo, mas como este costuma ter de dez cm a 160 cm, cuja média de profundidade é 76,26 cm, algumas plantas de portes arbóreos e arbustivos costumam tombar ou o crescimento de suas raízes tendem a ser mais horizontalizado que vertical.

No que tange as monocotiledôneas, são representadas, sobretudo pela família Poaceae, cujos indivíduos possuem um ciclo de vida rápido e raízes fasciculadas que lhes garante excelente fixação no solo diante de sua morfologia. Deste modo, as referidas fomentam a maior capacidade de obtenção de nutrientes e água presentes próximos à superfície do solo, visto que estas raízes penetram-no difusamente. Porém, as raízes ditas não são eficientes para extrair água e nutrientes em profundidades superiores a 40 cm do solo, o que precipita a sua morte após o período chuvoso.

Apesar de uma grande quantidade de estruturas adaptativas ao ambiente semiárido (folhas pequenas, coloração clara dos caules e galhos, revestimento de das folhas ou galhos por ceras, caducifólia, produção reduzida de frutos carnosos e eficiência de captação de água e nutrientes pelas raízes em profundidade) alguns vegetais acabam perecendo quando há grandes secas. Atualmente, o estado do Ceará vem enfrentando quatros anos de chuvas abaixo da média, isto na área de pesquisa repercutiu sobre a vegetação, pois cerca de 35% dos *Croton blanchetianus* Baill., com até dois metros de altura, pereceram. Além de outras espécies, cuja caducifólia dificultou sua detecção de óbito.

Logo, estas são as características gerais da comunidade vegetal presente na MH do riacho Carrapateiras. Por isso, conclui-se que as fitoespécies são fundamentais para as ciclagens de matéria e para os fluxos energéticos do sistema ambiental posto. Apesar, de toda a área de pesquisa está passando por sucessão secundária, nota-se que a biodiversidade encontrada foi relativamente elevada, em função do tamanho da área de coleta, da abrangência do estrato herbáceo e da metodologia empregada. Por isso, trabalhos como os de Gonçalves, Oliveira e Bezerra (2008), Costa *et al.* (2009), Santos *et al.* (2009), Trigueiro, Oliveira e Bezerra (2009) e Souza, Artigas e Lima (2015) encontraram menor números de espécies.

## 7. ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DO SISTEMA E SUBSISTEMAS DA MH DO RIACHO CARRAPATEIRAS

### 7.1 Os subsistemas ambientais: breves considerações

#### 7.1.1 *Topo da Serra Lagoa Seca/Coqueiros*

Este subsistema compreende todo o topo da serra Lagoa Seca/Coqueiros e é uma área cuja dinâmica ecológica apresenta peculiaridades, afinal seus processos inter-relacionam-se com graus e direções distintas dos demais subsistemas, possibilitando o surgimento de uma totalidade organizada e singular dentro na serra citada. Assim, o topo desponta como uma unidade de paisagem com morfologia e fisiologia própria.

Desta maneira, o topo referido tem seu substrato rochoso composto por rochas do Pré-Cambriano representadas por anfibolitos, muscovita biotita gnaisse com granada e rochas calcissilicáticas. Estas rochas foram geradas em altas profundidades crustais e passaram por significativas transformações texturais, mineralógicas e estruturais, sob as influências dos vários processos metamórficos engendrados pelos regimes dúcteis e rúpteis. Tais fenômenos, juntamente com o processo de soerguimento, dotaram estas rochas de maior resistência e dureza, ao ponto das referidas existirem por quase dois bilhões de anos, e ocasionaram sua distribuição irregular no topo das serras citadas.

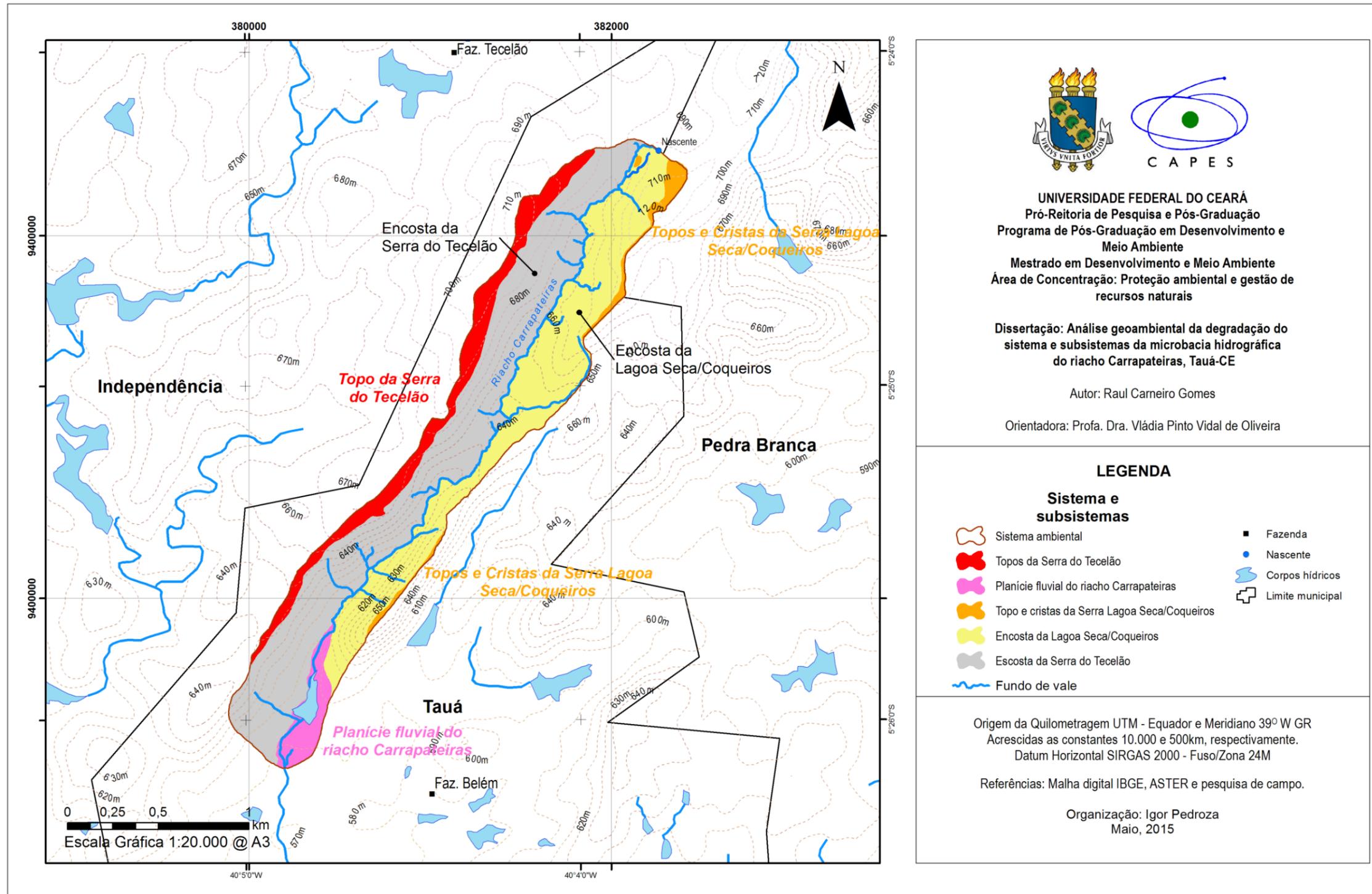
Todavia, ao serem exumadas, as supracitadas foram intemperizadas pelas ações dos processos de termoclastia, hidrólise, oxidação, dissolução, complexação e outros, desencadeados pelas inter-relações entre a dimensão geológica e a climática. Presentemente, o clima atuante neste subsistema é Tropical quente semiárido, o qual é caracterizado pelas temperaturas médias de 26°C a 28°C, precipitações temporo-espacialmente irregulares com médias inferiores a 600 mm/anuais e alta insolação. Estas condições possibilitam a supremacia da performance do intemperismo físico sobre o químico nas rochas citadas, bem como em seus minerais.

Embora o intemperismo físico seja o dominante, o químico tem sua expressão aumentada durante a quadra chuvosa, possibilitando a hidrolização e a dissolução dos minerais mais frágeis e quimicamente mais reativos com a água, ácidos carbônicos e orgânicos. Deste modo, há a produção das argilas, siltes e sesquióxidos de ferro e alumínio nos solos e sedimentos do subsistema em discussão.

# MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO CARRAPATEIRAS, TAUÁ-CE

Mapa do sistema e seus subsistemas ambientais

Mapa 8



À medida em que os intemperismos produzem os mantos intempéricos, as chuvas torrenciais e a ação da gravidade induzem a ação da erosão sobre este material inconsolidado, o qual é transportado para áreas mais deprimidas das paisagens, ocasionando a dissecação e denudação do relevo. Este também sofre com a erosão laminar, pedestais e eólica, que contribuem para o seu gradual aplainamento, tornando sua superfície de plana a suave ondulada. Porém, devido à erosão diferencial, variações nos graus de durezas e fraturas das rochas, houve também a construção de cristas rochosas, as quais se destacam em meio ao sistema aplainado por ser um ou vários blocos rochosos, desprovidos de vegetação.

Uma vez que há a formação e agradação de sedimentos, bem como insolação, precipitações, variações térmicas toleráveis e retenção de água no manto de intemperismo deste subsistema, iniciam-se os processos de sucessão ecológica. Este, ao evoluir ao longo do tempo, possibilitou o desenvolvimento da Caatinga arbóreo-arbustiva, a qual tende a regular a temperatura, proteger a superfície dos raios ultravioletas e da erosão hídrica, ao ponto de diminuir a morfodinâmica deste subsistema ambiental.

Durante o processo de sucessão ecológica, os organismos, especialmente os vegetais, adicionaram matéria orgânica, alteraram os ciclos das bases e dos gases nos sedimentos. Assim, os referidos passam a sofrer com as ações dos processos pedogenéticos (adição, transformação, translocação e remoção) e são convertidos em solos, com destaque para os Neossolos Litólicos Eutróficos típicos e Cambissolos Háplicos Ta Eutrófico lépticos. Tais solos encontram-se associados na paisagem, porém se situam em porções diferenciadas no topo.

As ocorrências destes solos distintos no sistema topo deram-se em razão das suas particularidades geológicas, as quais influenciaram decisivamente as taxas de intemperismo e erosão. Isto é, no caso das rochas com minerais mais silicosos, estes são mais resistentes aos intemperismos, portanto, o saprólito detém espessura reduzida, sendo o inverso verdadeiro. Além disso, a declividade de onde há o material sedimentar influencia diretamente a sua espessura, pois altas declividades possibilitam a ativação da erosão pluvial, laminar e eólica deste. A partir disso, os solos podem ser mais ou menos desenvolvidos, muito embora, os demais fatores de formação do solo também devem ser levados em consideração neste processo.

Os solos também influenciam, por exemplo, as espécies vegetais, visto que podem reter mais ou menos água e nutrientes em seu corpo e terem espessuras propícias ou não para sustentar um determinado tipo de fitoespécie. Isto é, uma aroeira (*Myracrodruon urundeuva*

Allemao) não consegue sobreviver em Neossolos Litólicos Eutróficos típicos com espessuras de 15 cm, pois não terá água e nutrientes suficientes para seus processos metabólicos, tampouco conseguirá desenvolver-se sem tombar, por falta de sustentação neste solo raso.

O ser humano também é influenciado pelas condições ambientais aludidas, pois a partir destas o referido define a viabilidade do uso e ocupação de uma paisagem para uma determinada atividade, seja agrícola ou não. Nesta perspectiva, alguns seguimentos do topo, que apresentam Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos lépticos/vertissólicos, foram mais utilizados que os compostos por Neossolos Litólicos Eutróficos típicos, apesar destes também terem sido empregados expressivamente nas últimas décadas do século XX para fins agropecuários sem manejo. Portanto, hoje, o subsistema topo é pouco utilizado, porque não há a execução da agricultura em seus espaços, os quais são empregados para fins de pastoreio e pecuária extensiva de corte.

### ***7.1.2 Encosta da Serra Lagoa Seca/Coqueiros***

O subsistema encosta da serra Lagoa Seca/Coqueiros situa-se entre o topo e curso fluvial principal do riacho Carrapateiras. Trata-se espacialmente da vertente SE, sotavento, da serra citada. Sabe-se que esta é constituída por rochas metamórficas Pré-Cambrianas, compostas por anfibolitos, anfibolito gnaisses, meta muscovita quartzo monzonitos e rochas calcissilicáticas.

A distribuição destes litotipos é irregular dentro do subsistema, visto que as atividades tectônicas e os dobramentos que estas rochas sofreram quando foram produzidas e soerguidas resultou em tal conformação. Porém, os anfibolitos costumam estar no terço médio deste subsistema, enquanto que as rochas ácidas estão concentradas nas porções mais elevadas acima do terço médio da vertente.

Os blocos rochosos, ao serem soerguidos, passaram a inter-relacionar-se com a dimensão climática, a qual promoveu seu intemperismo e esculturação em curso até o presente. As oscilações paleoclimáticas, ao longo do tempo geológico, e as atuações do clima Tropical quente semiárido promoveram a fragmentação e dissolução das rochas ao ponto destas sofrerem grandes desgastes.

Nesta perspectiva, as referidas sofrem mais com a fragmentação engendrada pelas altas temperaturas, insolação e baixa pluviosidade, as quais formaram sedimentos mais arenosos ou com granulações superiores a esta. O intemperismo químico também se faz

presente, porém sua expressividade é menor, podendo ser constatada pelo predomínio das texturas franca e arenosa nos solos, pela grande quantidade de pedregosidade e rochosidade ocorrentes neste subsistema ambiental.

Em razão disso, acredita-se este subsistema é o que apresenta maior escassez hídrica, por estar a sotavento, por deter solos poucos espessos, os quais retêm pouca água, e pela significativa quantidade de afloramentos rochosos que comporta. Ademais, a declividade acentuada e a vegetação com porte variantes entre arbustivo a herbáceo também devem ser considerada. Apesar do subsistema encosta da serra do Tecelão apresentar algumas características ambientais semelhantes as da encosta em discussão. Os graus e intensidades dos processos ambientais (morfogênese e pedogênese) ocorrentes em ambas são distintos, criando especificidades morfológicas e pedológicas, por exemplo.

Com isso, a morfologia da encosta da serra da Lagoa Seca/Coqueiros varia de convexada a escarpada e tais características estão condicionadas pela dimensão do bloco soerguido (serra Lagoa Seca/Coqueiros) e pela suscetibilidade diferenciada que suas rochas apresentam ao ser intemperizadas e erodidas. Por exemplo: onde há rochas ácidas, o modelado tende a ser convexado ou escarpado.

O panorama descrito subsidia a formação de solos distintos e de acordo com as especificidades locais de cada parte do subsistema. Os Luvisolos Háplicos Pálicos abruptos, por exemplo, estão presentes no terço inferior da vertente, onde há anfibolitos e anfibolitos gnaisses. Já os Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos lépticos, estão preferencialmente, nos locais onde a declividade é inferior a 11% e há granitóides. Os Neossolos Litólicos Eutróficos típicos estão nas porções mais declivosas, próximos de afloramentos rochosos ou onde houve erosão causada pelo desmatamento.

No âmbito vegetacional, este subsistema comporta a Caatinga arbóreo-arbustiva secundária, a qual se encontra degradada, por isso há a dominância do estrato arbustivo. Já, nas proximidades do baixo curso da MH, o estrato arbóreo deste subsistema ganha mais representatividade, pelo fato de ter sido conservado durante as últimas décadas do século XX.

A conservação desta parte da paisagem não é casual. Afinal, como a vegetação foi conservada, esta condiciona a edafização, agradação de matéria orgânica, escoamento caulinar, fotossíntese, ciclagem de bases, bioturbação e outros processos, que mantém o equilíbrio dinâmico deste segmento do subsistema. Tornando-o, por sua vez mais conservado.

De modo geral, a encosta serra da Lagoa Seca/Coqueiros apresenta indicadores degradativos nítidos em sua paisagem, como solos descobertos, estrato arbustivo composto, principalmente por: *Mimosa Caesalpinifolia* Benth. (Sabiá), *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir (Jurema-preta), *Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke (Jurema-branca), *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. (Peão-bravo) e *Croton blanchetianus* Baill. (Marmeleiro). Além disso, troncos bifurcados próximos ao chão e presença de distintas feições erosivas atestam o exposto.

O uso deste subsistema foi drasticamente reduzido após o ano 1990, em razão do aumento dos anos estios, da degradação acelerada, da falta de mão de obra causada pelo êxodo rural e melhorias das condições de vida na cidade. Portanto, o referido é utilizado, presentemente, para criação de bovinos, caprinos e ovinos extensivamente, os quais deixam seus legados degradativos nas paisagens através das veredas. Estas subsidiam a geração de sulcos erosivos que progressivamente aumentam de profundidade e largura destruindo os solos e os vegetais.

### **7.1.3 Topo da Serra do Tecelão**

Subsistema contínuo e alongado localizado na porção da paisagem mais alta da serra do Tecelão, compreendendo integralmente o topo desta. A situação topográfica do topo foi influenciada pelos processos de falhamento e soerguimento do maciço rochoso em regimes rúpteis e/ou dúcteis, possivelmente, durante o Cretáceo, com a abertura do oceano Atlântico.

Este subsistema é composto, litologicamente, por rochas metamórficas Pré-Cambrianas que sofreram diferentes graus de metamorfismos como, por exemplo: muscovita biotita gnaisse com granada, meta muscovita quartzo monzonito, muscovita monzogranito com granada e anfíbolitos. Destes, o anfíbolito é o menos abundante e a muscovita biotita gnaisse com granada destaca-se como o mais expressivos em termos de representatividade espacial no topo.

Estas rochas, por serem Pré-Cambrianas, são senis e fraturadas pelos sucessivos processos tectônicos e alívios de pressão que sofreram ao serem exumadas. Por isso, sob o clima Tropical quente semiárido tendem a sofrer, sobretudo, com fragmentação e erosão regressiva. Entretanto, os intemperismos químicos, especialmente a oxidação, hidrólise e dissolução contribuem para os desgastes destes litotipos, ao ponto de produzirem sedimentos nas frações siltes e argilas presentes nos solos e sedimentos.

A inter-relação entre os elementos geológicos e climáticos também favorece o transporte do material intemperizado via erosão laminar ou por rolamento dos blocos fraturados situados nas porções mais declivosas. A precipitação desempenha funções ímpares no que tange ao desgaste e a remobilização do manto de intemperismo dentro do topo ou para fora do referido, conforme ocorre com o rolamento de blocos que estão no limiar deste subsistema com a encosta e onde há maior declividade.

Um dos processos mais relevantes na esculturação do subsistema topo é o aplainamento, o qual age através da erosão lateral, vertical e laminar, nivelando a superfície do sistema, tornando-a plana ou suave ondulada. Desta feita, com base nas características expostas, há condições para o estabelecimento dos organismos no aludido, notadamente os vegetais, os quais são, de longe, os que mais atuam nos sedimentos convertendo-os em solos. Nesta perspectiva, há a geração dos Neossolos Litólicos Eutróficos típicos, os quais são solos dominantes neste subsistema, sendo estes capeados pelo pavimento desértico, que aumenta suas limitações físicas para a agricultura.

É provável que haja Cambissolos Háplicos Ta Eutrófico lépticos/vertissólicos, no topo, associados aos Neossolos Litólicos Eutróficos típicos. Isto porque este sistema comporta a Caatinga arbóreo-arbustiva, a qual detém espécies vegetais que não conseguiriam desenvolver-se em solos rasos, por exemplo: Aroreira (*Ximenia americana* L.), Angicos (*Anadenanthera colubrina* var *cebil* griseb altschul), Emburana de espinho (*Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillet) e Almeixa (*Ximenia americana* L. almeixa).

Os vegetais, juntamente com fungos e animais, são imprescindíveis para ativação dos processos pedogenéticos, particularmente os relacionados à adição, à translocação, à transformação e à remoção. Isto, porque os aludidos são responsáveis pelas adições de matéria orgânica, amônia, fósforo, cálcio e outros elementos nos solos. Além disso, quando o bioturbam, favorecem sua aeração e translocação dos materiais pedológicos.

A decomposição é outro processo promovido pela micro e macrofauna do solo para transformar matérias ou compostos químicos complexos em outros mais simples e estáveis nas atuais condições. A remoção dá-se quando um ser come algo produzido com os nutrientes de um solo e, devido ao seu deslocamento, acaba evacuando-os, por meio de suas fezes, parte da matéria e energia que consumiu em outro solo (adição).

Estas relações sistêmicas são complexas e a determinação de onde iniciam e terminam os fluxos de energia e ciclagem de matéria é algo árduo e que requer muitos

conhecimentos dos elementos, suas inter-relações e funções ambientais. Apesar desta complexidade, o trabalhador rural, por meio de suas experiências, sabe identificar algumas potencialidade e limitações dos subsistemas ambientais. Desta maneira, acredita-se que topo não apresenta um grau de desmatamento elevado, como os ocorrentes nas encostas e na planície fluvial do riacho Carrapateiras, tendo em vistas suas limitações, sobretudo pedológicas e de acessibilidade.

O subsistema topo foi utilizado para exploração de madeira, para o cultivo de gêneros temporários, de sequeiro e pasto. Tais atividades deixaram marcas expressivas na paisagem, de modo que as espécies da Caatinga estão distribuídas esparsamente umas das outras e os solos apresentarem indícios claros de erosão laminar e há a exposição dos afloramentos rochosos. Então, o processo de uso deste sistema foi marcado por alterações antrópicas que não prezaram e nem prezam pela a sua conservação e manutenção de suas funções ecológicas.

#### ***7.1.4 Encosta da Serra do Tecelão***

Assim como o subsistema encosta da serra Lagoa Seca/Coqueiros, a encosta da serra Tecelão ocupa as porções intermediárias das paisagens do relevo. Corresponde a encosta NO, tratando-se de um sistema assente em uma vertente a barlavento. Segundo foi exposto, os subsistemas aludidos possuem singularidades em comum, como: vegetação, rochas, algumas morfologias do relevo, alguns solos, uso e ocupação de suas paisagens etc.

No entanto, igualmente exibem particularidades que os distinguem, por exemplo, a encosta da serra Lagoa Seca/Coqueiros: detém maiores declividades em suas encostas, solos mais rasos, ausência de Luvissolos Háplicos Pálicos abrupticos ou Órticos típicos nos topos, presença de cristas, descontinuidade morfológica, as vertentes são predominantemente convexadas e mais secas.

No que tange ao subsistema encosta da serra do Tecelão demonstra, em sua composição litológica, rochas Pré-Cambrianas como: muscovita monzogranito com granada, meta muscovita quartzo monzonitos, muscovita biotita gnaiss com granada e anfibólitos. Estes são mais expressivos nos primeiros 200 metros após a nascente, depois perdem expressividade na encosta para ceder lugar às duas primeiras rochas supracitadas, que ocupam a maior parcela deste subsistema ambiental. Sendo por isso distinta da encosta da serra Lagoa Seca/Coqueiros.

O subsistema em questão possui morfologias alternantes entre convexas e côncavas, tendo a primeira maior representatividade. Destaca-se, por ser menos declivoso, mais largo e demonstra que sofreu mais intensamente com o intemperismo físico-químico e com a pedogênese. Afinal, seus solos são mais espessos, alguns igualmente desenvolvidos, como os Luvisolos Háplicos Pálicos abrupticos, os quais ocupam espaços até a proximidades do topo.

Estas características são provenientes da gênese e evolução da vertente, que possivelmente foi mais larga e apresentou menores declividades. Estas particularidades influenciam na taxa do intemperismo dos minerais presentes na encosta, pois aumentam a expressão do processo mencionado. Isto porque quanto mais larga e menor a declividade da encosta, maior será a infiltração.

Logo, o escoamento superficial e subsuperficial são mais lentos, permitindo com que a água permaneça mais tempo nos solos e nas rochas agindo como solvente universal e como meio para as reações químicas. Deste modo, o intemperismo tornar-se mais expressivo, especialmente o químico (hidrólise, complexação e oxidação), que é crucial para a geração de solos com siltes e argilominerais.

Apesar do clima Tropical quente semiárido não possibilitar a larga atuação da hidrólise, da ferralitização, da dissolução, da complexação durante todo o ano, permite que atuem, intensivamente, em pelo menos quatro meses do ano. Este tempo é o bastante, levando em conta escalas temporais longas, para que os intemperismos associados à pedogênese formem solos argilosos ou franco argilosos, como os Cambissolos Háplicos e os Luvisolos Háplicos, em sua superfície. Todavia, esta condição climática influencia, sobretudo, a fragmentação das rochas em frações granulométricas iguais ou superiores às areias e subsidia a gênese dos Neossolos Litólicos Eutróficos típicos que ocupam os maiores espaços do subsistema posto.

Os organismos também estão presentes na gênese dos solos discorridos e no aumento da estabilidade da vertente compreendida pelo subsistema encosta. Sem a Caatinga arbóreo-arbustiva, dificilmente haveria os solos citados, pois seus substratos teriam sido expressivamente erodidos. Ademais, sem as adições, translocações, remoções e transformações engendradas pelos seres vivos, os sedimentos não seriam convertidos em solos.

Outrossim, este sistema recebe grande quantidade de vento, o que aumenta sua vulnerabilidade à erosão eólica. Esta é contida pelos vegetais que fixam as partículas pedológicas e diminuem a energia cinética dos ventos sobre a superfície. As fitoespécies também promovem a interceptação das gotículas de água das chuvas, por meio de suas folhas vivas ou mortas (serrapilheira). Portanto, os vegetais concentram as águas pluviais em fluxos caulinares ou impedem o impacto direto das gotas de água com os solos através da interceptação foliar, evitando a erosão por *splash*.

A regulação térmica é outra função que os vegetais desenvolvem via evapotranspiração e sua fotossíntese. Sem estes, o subsistema seria ainda mais quente, comprometendo a disponibilidade hídrica pedológica e biológica, podendo dizimar as espécies faunísticas, vegetais e microrganismo por falta de água e aumento da temperatura dos solos e do ar.

Com relação ao uso-ocupação desta paisagem, não há ocupação, somente uso de seus recursos para a criação de bovinos, caprinos e ovinos. Excepcionalmente, são retiradas estacas para fazer cerca. Porém, a caça predatória tem sido algo crescente e constante, causando desequilíbrio ecológico, especialmente na relação entre formigas e tatus. O pisoteio do gado cria veredas/caminhos em meio a este subsistema ambiental, as quais tendem a ser compactadas e passam a orientar o fluxo hídrico superficial e concentrado advindo das precipitações torrenciais. Por isso, há formações de sulcos erosivos.

A encosta da serra do Tecelão evidencia muitos sinais degradativos, causados por décadas de uso sem práticas de manejo e técnicas conservacionistas. Há certas porções do subsistema, cuja degradação continua progredindo, mesmo depois de 20 anos em “pousio”, fato que requer medidas mitigadoras. O pousio tem sido feito por falta de mão de obra para labutar nesta paisagem e devido às secas que assolam a área a pelo menos quatro anos.

### ***7.1.5 Cursos Fluviais***

São subsistemas ambientais lineares e situados nas parcelas mais deprimidas das paisagens formados pelos fraturamentos, falhamentos e erosão fluvial das rochas metamórficas Pré-Cambrianas (anfíbolitos, anfíbolitos gnaises, muscovita biotita gnaisse com granada, meta muscovita quartzo monzonitos) ao longo do tempo. Em termos geológicos, estes sistemas são formados basicamente pelas rochas citadas e por seus sedimentos com diferentes granulções, como argila, silte, areia, cascalhos e calhaus.

Os cursos fluviais são bastante influenciados pelo falhamento com direção NE-SW ocorrente na MH, pois neste encaixa-se o curso fluvial principal que drena as águas do riacho Carrapateiras. Já os cursos fluviais secundários também foram influenciados indiretamente pelo falhamento, porque o referido contribuiu para o soerguimento das serras do Tecelão e da Lagoa Seca/Coqueiros, fraturando suas rochas, possibilitando a ação erosiva das águas pluviais e, conseqüentemente, da erosão remontante.

O fluxo hídrico, ao migrar, devido à força da gravidade, dos setores elevados para os rebaixados, cria incisões nas superfícies, formando formas lineares, deprimidas e interligadas, que constituí uma rede de drenagem subdendrítica. Esta é composta por pequenos vales em forma de V, cujos riachos apresentam fundos achatados e recobertos por cargas de fundo (calhaus rochosos angulares e subangulares).

Em razão da intensa morfogênese atuante neste sistema fluvial, responsável pela erosão e agradação de outros sistemas ambientais, não há formação de solos dentro de seus espaços, mas sim nas suas bordas, no seu limiar com as encostas ou onde há delgados depósitos pedimentares. Neste caso, há Cambissolos Háplicos Ta Eutrófico lépticos associados aos Neossolos Litólicos Eutróficos típicos com espessuras inferiores a um metro e apresentam severas limitações físicas por conta da do alto grau de rochosidade dentro e fora de seus corpos.

A ausência de solos repercute diretamente sobre os vegetais, porque estas vão concentrarem-se nas bordas dos riachos, raramente há alguma dentro dos cursos fluviais. Isto ocorre, primeiramente, porque quase todos os cursos apresentam leitos rochosos e recobertos por uma grande quantidade de carga de fundo de granulação grosseira. Além disso, no período chuvoso, há um significativo fluxo hídrico nestes subsistemas, o que inviabiliza o estabelecimento de vegetais neste subsistema. Portanto, os cursos tratados oferecem limitações expressivas para o desenvolvimento vegetal, somente suas margens detêm características favoráveis para o crescimento da Caatinga arbóreo-arbustiva (neste caso, chamada de mata ciliar).

Vale destacar que os cursos fluviais são responsáveis também pelas dispersões de sementes dos vegetais ao longo da MH. Isto ocorre porque, quando há chuvas torrenciais, há o escoamento superficial sobre os solos dos topos e encostas. A partir daí, a água vai erodindo e carreando sedimentos (clastos, iônicos e orgânicos) e as sementes para o fundo dos vales, depositando-os nos riachos, cujas águas mobilizam os materiais citados para os setores a

jusante da MH. Este fenômeno é responsável pela colonização das margens dos riachos por várias espécies de diferentes subsistemas.

Em termos de uso-ocupação dos cursos fluviais, possivelmente estes sejam os que menos sofreram diretamente com as ações sociais, pois não oferecem condições propícias para a agricultura, para a pecuária e pouco contribuem para o pastoreio, no que tange aos fornecimentos de água (intermitente) e alimentos (não há solos ou vegetação no seu curso). Mas, indiretamente, os riachos sofreram e sofrem com a degradação ambiental dos demais sistemas, pois foram parcialmente assoreados com a entrada de material orgânico (serrapilheira) em seu curso, causando o represamento efêmero de água e sedimentos, alterando, por sua vez, os ciclos de sedimentações.

Além disso, o aumento do escoamento superficial, nos demais subsistemas, contribui para que os cursos captassem mais água, provocando o alargamento de seus canais, por meio da erosão dos solos em suas margens e tombamentos de vegetais que ai residiam. No baixo curso, há ativação dos processos de agradacionais, os quais provocam o assoreamento e salinização dos açudes, causando transtornos ecológicos e sociais. Portanto, agravando a a quantidade e qualidade de água para o consumo humano e para as funções ambientais.

#### ***7.1.6 Planície Fluvial***

Sistema ambiental presente no baixo curso da MH do riacho Carrapateiras, onde se deu a deposição de sedimentos clásticos e iônicos erodidos pelas águas ao longo de sua trajetória erosiva a partir das porções elevadas da bacia. Estes, posteriormente, foram capeados por sedimentos coluvionais, oriundos dos recuos das vertentes das serras supracitadas. Deste modo, a planície fluvial é um sistema neoforado, cuja gênese está relacionado com os eventos geológicos (tectônica), climáticos (temperatura, precipitações e insolação) e erosivos (fluvial, laminar, lateral, sulcos e gravitacional).

*In loco*, percebeu-se que os sedimentos (calhaus, cascalhos, areias e argilas) da planície fluvial apresentavam dimensões variantes, conforme a intensidade dos intemperismo e abrasão que sofreram no decorrer dos transportes fluviais e coluvionais. Destarte, estes sobrepõem o embasamento cristalino Pré-Cambriano, representado por meta muscovita quartzo monzonitos, o qual esporadicamente aflora, especialmente dentro do canal fluvial.

A análise do perfil litoestratigráfico demonstra que o subsistema em questão foi gerado por sucessivos eventos agradacionais ocasionados por enchentes, possivelmente de

fenômenos pluviométricos extremos durante o Quaternário. Os tamanhos, as formas e as disposições dos clastos sugerem que o clima detinha características de semiaridez marcada por chuvas torrenciais. Assim, pode-se inferir que o clima Tropical quente semiárido, ocorrente hoje na área, já vem atuando na MH há bastante tempo, sendo este cronologicamente impreciso por falta de pesquisas relacionadas a esta questão.

O perfil citado também demonstra que houve uma variação no nível de base local ou regional, pois o riacho está erodindo os Neossolos Flúvicos Ta Eutrófico típico, originados dos sedimentos colúvio-aluvionais da planície fluvial. A partir disso, constata-se as evidências das interrelações entre os elementos geológicos (tectônica), geomorfologia (denudação da MH), climatológicos (precipitações e ventos) e pedológicos (estabilização e proteção dos sedimentos) através dos processos de soerguimento, precipitação, advecção, aggradação, denudação, edafização e pedogênese.

A interação dos processos referidos possibilitou a formação de um relevo com morfologia de plana a suave ondulada típico de ambientes sedimentares fluviais, notadamente da planície fluvial. Esta forma contribui para a acentuação das ações da pedogênese em detrimento da morfogênese que a criou. Isto é, o relevo plano composto por substrato rico em nutrientes e com significativa capacidade de retenção de água viabiliza o estabelecimento dos organismos sobre este sistema.

Como o sistema posto está integralmente desmatado, acredita-se que nesta porção havia a Caatinga arbóreo-arbustiva, em função de remanescentes vegetais ao seu entorno. Os vegetais, juntamente, com os animais foram responsáveis pela adição de materiais orgânicos, ácidos orgânicos, bioturbação, criação de um ciclo de bases, aeração e outros que fizeram o pacote sedimentar colúvio-aluvionar ser transformado em Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos típicos.

Portanto, a maior umidade, solos sem limitações físico-químicas, relevo plano a suave ondulado, a proximidade com estradas e da sede da fazenda foram os principais fatores que impulsionaram o uso de tratores e desmatamento deste sistema para fins de agropecuária de sequeiro, pastoreio associado à pecuária extensiva de corte.

O desenvolvimento destas atividades induziu os fazendeiros a desmatar toda a planície fluvial, ativando a erosão em *splash*, laminar e em sulcos nos Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos típicos. Logo, há a perda generalizada da biodiversidade, o assoreamento do riacho e açudes a jusante e acentuação do quadro de semiaridez e pobreza que a área já vivencia.

Com base no exposto, constata-se quais são as principais características e processos inter-relativos entre os elementos dos subsistemas ambientais da MH do riacho Carrapateiras. Com intuito de sintetizar tudo o que foi descrito sobre os subsistemas ambientais da MH do riacho Carrapateiras, construiu-se o quadro 5, onde é possível obter, sinteticamente as características básicas, alguns processos, tipos de degradações que os acometem, capacidade de suporte e os seus cenários tendenciais.

**Quadro 5** - Síntese das características, processos, tipos de degradação, capacidade de suporte e cenário tendencial dos subsistemas ambientais presentes na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE.

Subsistemas Ambientais	Características Naturais	Tipos de Degradação	Capacidade de Suporte		Cenário Tendencial
			Potencialidades para uso social	Limitações para uso social	
<b>Topo da Serra da Lagoa Seca/Coqueiros</b>	Sistema ambiental presente nos setores mais elevados da paisagem, composto por rochas cristalinas Pré-Cambrianas: anfíbolitos, muscovita biotita gnaisse com granada e rochas calcissilicáticas. Estas, ao inter-relacionarem-se com o clima Tropical quente semiárido, foram intemperizadas e erodidas, constituindo um relevo aplainado ou suave ondulado, esporadicamente, intercalado por cristas rochosas. Além disso, a união dos elementos sistêmicos citados favoreceu a geração de delgados mantos intempéricos, os quais foram colonizados pelas espécies da Caatinga arbustiva e por animais, ao ponto de ativar a pedogênese e formar os Neossolos Litólicos Eutróficos típicos e Cambissolos Háplicos Ta Eutrófico Lépticos. Estas condições por sua vez, favoreceram o desenvolvimento do pastoreio, corte de madeira, agricultura de sequeiro com técnicas rudimentares e sem planos de manejo, o que contribuiu para sua parcial descaracterização/degradação.	Erosão laminar, sulcos e <i>demoiselles</i> ; microsselamento; aumento da densidade pedológica; perdas de matéria orgânica, nutrientes, e superaquecimento dos solos; destruição dos habitats de animais e vegetais em extinção; e perda da biodiversidade.	Ecoturismo; desenvolvimento de pesquisas científicas; extrativismo sustentável de lenha, de ervas, de frutos, de sementes; e reserva legal.	Solos rasos e pedregosos; baixa disponibilidade hídrica; o acesso é difícil, dada à ausência de estradas e por conta de declividade; diminuta quantidade de espécies arbóreas para exploração de madeira; sua posição na paisagem inviabiliza sistemas irrigados; bem como exploração de rochas e minerais.	Erosão generalizada dos solos; exposição dos afloramentos rochosos; aumento da temperatura superficial; baixa retenção hídrica; perda da biodiversidade; diminuição do sequestro de carbono; geração de pobreza; e comprometimento da quantidade e qualidade da água da MH.
<b>Encosta da Serra da Lagoa Seca/Coqueiros</b>	Sistema declivoso e irregular representado pela encosta da serra Lagoa Seca/Coqueiros. Este é formado, litologicamente, por anfíbolitos, anfíbolito gnaisse, meta muscovita quartzo monzonitos e rochas calcissilicáticas Pré-Cambrianas. A interação destas com o clima Tropical quente semiárido fomentou que as referidas fossem fragmentadas, dissolvidas e erodidas, criando um sistema, cujo modelado é convexado e/ou ondulado-escarpado. Assim, os mantos intempéricos resultantes foram colonizados por vegetais, presentemente, pela Caatinga arbóreo-arbustiva secundária sob seus LUVISSOLOS HÁPLICOS Pálicos Abrúpticos, Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos Lépticos e NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos típicos. O uso desta paisagem é caracterizado por pastoreio, extração de madeira e a extinta agricultura de sequeiro com técnicas rudimentares e sem planos de manejo.	Erosão laminar, sulcos e <i>demoiselle</i> , desmatamentos, perda da espessura ou de todo o horizonte A dos solos; microsselamento; perda da biodiversidade; da produtividade primária e diminuição do sequestro de carbono.	Extrativismo de lenha, de ervas, de frutos e de sementes; reserva legal; plantio de gêneros temporários em curva de nível; sistema agroflorestal; e pastoreio extensivo de corte de baixa intensidade.	Alta susceptibilidade à erosão dada à declividade; <i>déficit</i> hídrico; altas taxas de insolação; limitações físicas dos solos (rochosidade, pedregosidade e pouca espessura); distância da fazenda; ausência de estradas; e distância de fontes hídricas.	Aumento das áreas com afloramentos rochosos; avanços da erosão nos setores muito degradados; acentuação da perda da produtividade primária do sistema ambiental; assoreamento dos riachos; e regeneração das porções moderadamente degradadas, porém relegadas ao pousio durante mais de 20 anos.
<b>Topo da Serra do Tecelão</b>	Sistema localizado nas áreas elevadas da serra do Tecelão, composto por muscovita biotita gnaisse com granada, meta muscovita quartzo monzonito, muscovita monzogranito com granada e anfíbolitos Pré-Cambrianos. Estes elementos inter-relacionam-se com o clima Tropical quente semiárido, por meio dos processos intempéricos, precipitação e erosão, formando um relevo aplainado e suave ondulado capeado por Neossolos Litólicos Eutróficos Típicos e pelo pavimento detrítico. Tais solos sustentam a Caatinga arbóreo-arbustiva secundária, tendo em face que a original foi desmatada para a extração de madeira, agricultura de sequeiro e pastoreio.	Erosão laminar, sulcos e <i>demoiselle</i> , desmatamentos, perda da espessura ou de todo o horizonte A dos solos; microsselamento; perda da biodiversidade; da produtividade primária e diminuição do sequestro de carbono.	Extrativismo de lenha, de ervas, de frutos e de sementes; reserva legal; sistema agroflorestal; pastoreio extensivo de corte de baixa intensidade; e apicultura.	Altas taxas de insolação; aumento da evapotranspiração em razão da ação eólica; limitações físicas dos solos (rochosidade, pedregosidade e pouca espessura); distância da fazenda; ausência de estradas; e distância de fontes hídricas.	Regeneração das espécies florísticas em virtude do prolongado pousio; perdas faunísticas por conta da caça indiscriminada; e recomposição dos solos e seus horizontes A.
<b>Encosta da Serra do Tecelão</b>	Sistema ambiental presente nas porções intermediárias das paisagens constituído muscovita monzogranito com granada, meta muscovita quartzo monzonitos, muscovita biotita gnaisse com granada e anfíbolitos, que ao interagirem com o clima Tropical quente semiárido foram intemperizadas, dissecadas e denudadas, gerando um relevo convexo e côncavo. Neste desenvolveram-se os Luvissois Háplicos Óticos Típicos, Luvissois Háplicos Pálicos Abrúpticos e Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos Lépticos/vertissólicos. Assim como Neossolos Litólicos Eutróficos Típicos que nutrem e suportam a Caatinga arbustiva secundária, a qual foi desmatada para fins agropecuários e atualmente encontra-se, parcialmente, em pousio.	Erosão laminar, sulcos, <i>demoiselle</i> ; e eólica; desmatamentos; perda da espessura ou de todo o horizonte A dos solos; microsselamento; perda da biodiversidade; da produtividade primária; e diminuição do sequestro de carbono.	Agricultura de sequeiro em curvas de níveis; extração de madeira, frutos e sementes; reserva legal; sistema agroflorestal; apicultura e pastoreio extensivo de baixa intensidade; e turismo sertanejo.	Declividade elevada; distância da sede da fazenda, ausência de estrada; solos argilosos ou com relações texturais; altas taxas de insolações; estiagem; ausência de fontes hídricas; e solos com impedimentos físicos para o cultivo.	Regeneração das espécies florísticas em virtude do prolongado pousio; perdas faunísticas por conta da caça indiscriminada; e recomposição dos solos e seus horizontes A.
<b>Cursos Fluviais</b>	São sistemas ambientais lineares e presentes nas parcelas mais rebaixadas das paisagens, formados por anfíbolitos, anfíbolitos gnaisse, muscovita biotita gnaisse com granada, meta muscovita quartzo monzonitos. Estes são altamente fraturados e erodidos pelo intemperismo e erosão fluvial, causados pela interação entre as rochas e o clima Tropical quente semiárido. Então, há a geração de relevos deprimidos com forma de V ou depressões com fundos achatados e irregulares, não permitindo a formação de solo, portanto sua vegetação está em sua borda e é classificada como mata ciliar/Caatinga arbóreo-arbustiva. Esta é utilizada para extração de madeira, frutos e pastoreio.	Desmatamento de sua mata ciliar; assoreamento; aumento de seu poder erosivo, devido o maior aporte de água superficial ocasionado pelos desmatamentos; diminuição da sua umidade no período estio.	Reserva legal, reflorestamento da mata nativa; e extração controlada de cipós e lenha.	Ausência de solos; sofre fortemente com a atuação da morfogênese; alta quantidade de rochas; <i>déficit</i> hídrico; risco de enchentes; e área de preservação permanente.	Aumento do seu poder dissecativo da paisagem; aceleração da erosão remontante; destruição dos depósitos colúvio-aluvionares; aumento da largura dos cursos fluviais; riscos de enchentes; assoreamento; e perdas econômicas.
<b>Planície Fluvial</b>	Sistema formado no baixo curso da MH por meio das sucessivas inundações, agradações (colúvio-aluvionar) e erosões fluviais, as quais foram responsáveis pela deposição de sedimentos colúvio-aluvionar, criando um relevo plano a suave ondulado. Inter-relaciona-se com o clima Tropical quente semiárido e formando Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos. Estes eram cobertos pela Caatinga arbóreo-arbustiva, porém esta foi suprimida para ceder seus espaços para o desenvolvimento da agricultura de sequeiro, pecuária e pastoreio.	Erosão laminar, sulcos e eólica; desmatamentos; perda da espessura do horizonte A dos solos; microsselamento; diminuição da biodiversidade, do sequestro de carbono; e da produtividade primária.	Desenvolvimento de agricultura de sequeiro e frutíferas; agroflorestas; campo para o pastoreio e apicultura.	Fontes hídricas intermitentes; alta taxa de insolação; ausência de mata nativa ou secundária; alta susceptibilidade à erosão; e sistema vulnerável a enchentes.	Erosão generalizada de seus solos; perda acentuada da produtividade primária do sistema; extermínio de parte dos micro-organismos dos solos; destruição de vegetais e animais; perdas econômicas e pobreza.

## **7.2 Análise biofísica intraespecífica da degradação ambiental nos subsistemas**

Nesta parte da pesquisa, são apresentados e discutidos os 12 indicadores biofísicos empregados para analisar a degradação ambiental presente dentro de quatro subsistemas ambientais. Para tanto, prezou pela objetividade, por isso deu-se destaque para as dimensões pedológicas, fitológicas e uso-ocupação dos sistemas. Logo, abaixo, são feitas as análises intraespecíficas dos topos e encostas da serra do Tecelão e da serra Lagoa Seca/Coqueiros.

### ***7.2.1 Análise intraespecífica da degradação ambiental no topo da serra Lagoa Seca/Coqueiros***

Tendo como base os levantamentos geoambientais executados nos transectos 1, 2, 3 e 4 (mapa 3), especialmente o segmento compreendido pelo topo da serra Lagoa Seca/Coqueiros, obteve-se os dados e informações descritas nos parágrafos seguintes.

No transecto 1, o qual está a 130 metros da nascente do riacho Carrapateiras, o solo deste segmento foi classificado como Neossolos Litólicos Eutróficos típicos. Estes são compostos somente pelo horizonte A, cuja espessura é de 8 cm, sua textura é franco arenosa, suas estruturas são em blocos subangulares, sua cor (úmida) é 2.5YR (3/3) e sua porosidade total é de 47,15%. Além disso, o referido apresenta densidade global de  $1,39 \text{ g.cm}^{-3}$  e teor de carbono orgânico de  $16,93 \text{ g.kg}^{-1}$ .

Estes solos estão sofrendo com erosão laminar ligeira, devido à baixa proteção que sua cobertura vegetal oferece. Esta é constituída por 16 espécies vegetais pertencentes a oito famílias da Caatinga arbustiva aberta, a qual tem sido pouco utilizada como pasto pela pecuária extensiva, pastoreio e extração de cercas.

O transecto 2 fica a 550 metros do primeiro transecto e foi disposto em tal porção espacial, pois compreende as parcelas do topo e encostas mais degradadas da MH do riacho Carrapateiras. Desta forma, o solo desta área do topo foi classificado como Neossolos Litólicos Eutróficos típicos, identificado por meio da sondagem S4 - com 15 cm de profundidade, compreendendo seu horizonte A. Nesta perspectiva, identificou-se que a amostra possui textura franco arenosa, estrutura em blocos subangulares, sua cor (úmida) é 2.5YR (4/1), sua porosidade total é de 45,32%, sua densidade global é de  $1,46 \text{ g.cm}^{-3}$  e a quantidade de carbono orgânico é de  $11,14 \text{ g.kg}^{-1}$ . Este solo sofreu com a erosão laminar moderada e em sulcos, por ter sido utilizado como um campo agrícola e atualmente está em

pousio. No tocante aos vegetais levantados neste segmento, encontrou-se dez espécies pertencentes a seis famílias.

Já no transecto 3, que está a mais de 1 km do primeiro transecto, detectou-se, no topo, a presença de Cambissolos Háplicos Ta Eutrófico lépticos, cujo horizonte A tem 7 cm, sua textura é franco arenosa, sua estrutura é formada por blocos angulares e sua cor é 2.5YR (6/3). Tal horizonte detém 46,56% de porosidade total, 1,40 g.cm<sup>-3</sup> de densidade global e 7,07 g.kg<sup>-1</sup> de carbono orgânico. Presentemente, tem sido destruído pela erosão laminar moderada e em sulcos em virtude dos dematamentos que deixaram os solos deprotegidos.

Durante o levantamento florístico, identificou-se 17 espécies de vegetais provenientes de seis famílias no subsistema citado. No que compete ao aspectos de uso e ocupação, atualmente, esta parte do topo é utilizada como pasto da pecuária extensiva de corte e pastoreio.

No transecto 4, o topo é composto por Neossolos Litólicos Eutróficos típicos. Estes possuem horizonte A com 7 cm de espessura, textura franco arenosa, estrutura em blocos angulares e sua cor é 10YR (7/4). Já a porosidade total deste horizonte é de 44,23%, sua densidade global é de 1,45 g.cm<sup>-3</sup> e a quantidade de carbono orgânico disponível é de 16,87 g.kg<sup>-1</sup>.

Tais solos comportam 14 espécies vegetais de nove famílias as quais encontram-se dispersas no espaço do subsistema tratado. Tal condição favoreceu as ações da erosão laminar moderada nos solos deste setor do subsistema. Quanto ao seu uso, tem sido empregada como um pasto da pecuária extensiva de corte.

Com base no exposto, para fins de melhor visualização e compreensão do que foi descrito, organizou-se todas as informações indicadas no Quadro 6.

**Quadro 6** - Indicadores utilizados para analisar a degradação ambiental no interior do subsistema topo da serra Lagoa Seca/Coqueiros, localizada na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE.

<b>Subsistema Topo e Cristas da Serra Lagoa Seca/Coqueiros</b>													
<b>Transectos (T)</b>	<b>Solo</b>										<b>Biodiversidade</b>		<b>Tipos de Usos</b>
	Perfil (P) ou Sondagem (S)	Hor.	Espessura (cm)	Estrutura	Cor (úmida)	Porosidade Total (%)	Densidade Global (g.cm <sup>-3</sup> )	Textura	Carbono Orgânico (g.kg <sup>-1</sup> )	Tipo de Erosão	Nº. Aprox. de Espécies	Nº. Aprox. de Famílias	
<b>T1</b>	P6	A	8	Blocos subangulares	2.5YR (3/3)	47,15	1,39	Franco arenosa	16,93	Laminar ligeira	16	8	Pasto e extração de estacas para cercas
<b>T2</b>	S4	A	15	Blocos subangulares	2.5Y (4/1)	45,32	1,46	Franco arenosa	11,14	Laminar moderada e sulcos	10	6	Campo agrícola abandonado
<b>T3</b>	P13	A	8	Blocos angulares	2.5YR (6/3)	46,56	1,40	Franco arenosa	7,07	Laminar moderada e sulcos	17	13	Pasto e pousio
<b>T4</b>	P8	A	7	Blocos angulares	10YR (7/4)	44,23	1,45	Franco arenosa	16,87	Laminar ligeira	14	9	Pasto

Ao examinar o quadro 6, percebe-se que os solos presentes no topo aludido são, majoritariamente, representados por Neossolos Litólicos Eutróficos típicos e por Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos lépticos, os quais possuem horizonte A com espessuras semelhantes (P6 – 8 cm, S4 – 15 cm, P13 – 8 cm e P8- 7 cm). A amostra S4 demonstrou maior espessura, por ser uma sondagem, cuja profundidade não obedeceu fielmente aos limites do horizonte A. Por isso, acredita-se que os Neossolos Litólicos Eutrófico típicos, localizados nesta parte da paisagem, tenham horizonte A com 10 cm a 8 cm, indicando que os referidos estão em consonância com seus pares, no que tange ao atributo posto.

As estruturas dos horizontes A expostos são representadas por blocos angulares e subangulares. Esta característica morfológica não indicou sinais de degradação dos solos, pois, caso contrário, as estruturas seriam laminares nos Neossolos Litólicos Eutróficos típicos, ou prismáticas nos Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos vertissólicos, o que sinalizaria o truncamento do seu horizonte A.

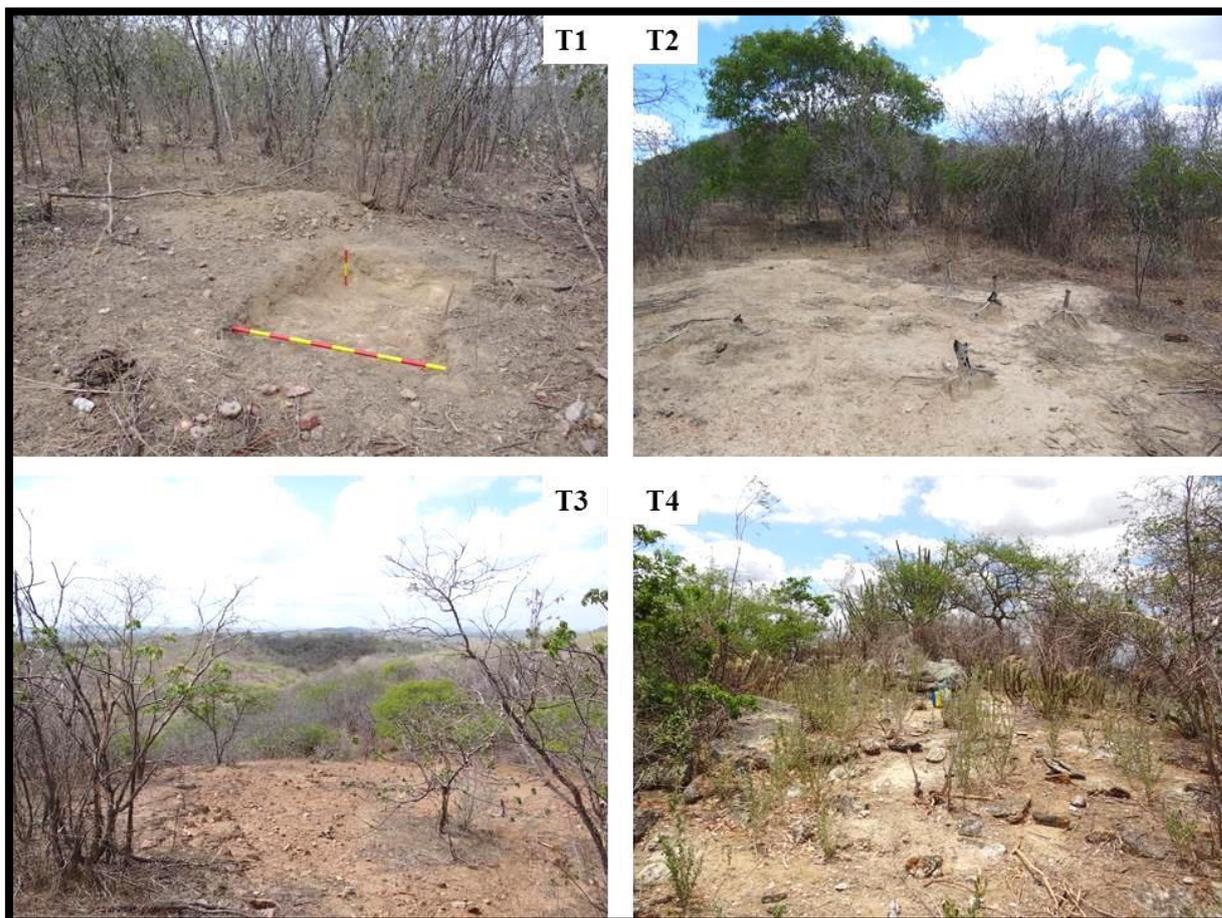
As cores do horizonte A também não apresentaram grandes variações, com exceção do A do P8, o qual é mais claro, devido aos minerais silicosos que o constituem e a menor quantidade de serrapilheira sobre o horizonte posto.

Quanto à porosidade total, o horizonte A do P8 apresentou a menor cifra (44,23%), seguido pelo A da S4 (45,32%). Este atributo está correlacionado com a densidade global dos horizontes analisados, uma vez que o primeiro demonstrou densidade de  $1,45 \text{ g.cm}^{-3}$  e, o segundo,  $1,46 \text{ g.cm}^{-3}$ . Quando estes valores e os dos demais horizontes A são comparados com o quadro 3 da USDA (1999), constata-se que somente o A do P6 tem densidade dentro do ideal, pois todos os outros oferecem limitações para o crescimento radicular dos vegetais.

Possivelmente, este seja um dos fatores que explicam a pouca ocorrência de vegetais e a dominância do estrato herbáceo sobre estes solos, conforme ilustra a figura 39. É possível que as densidades dos horizontes A que, estão acima do ideal, possam ter causas naturais, tendo em face que grande parte dos Neossolos Litólicos da MH exibiram valores elevados. Contudo, a ação antrópica também deve ser considerada porque deixou marcas indeléveis na paisagem do topo (figura 40), provocadas pelos constantes pisoteios de animais, desmatamentos e maus usos dos recursos naturais, que causaram mudanças nas características físicas dos solos e na sua biodiversidade.

Convém destacar que, *a priori*, o horizonte A do P8 era para apresentar maior densidade, visto que sua porosidade total é superior ao A da S4. Porém, pensa-se que isso se

deu em função da maior quantidade de carbono orgânico que o primeiro possui, muito embora a diferença entre as densidades dos aludidos seja pouco expressiva.



**Figura 40** – Áreas do topo da serra Lagoa Seca/Coqueiros compreendidas pelos transectos (1, 2, 3 e 4) onde foram obtidos os dados dos indicadores da degradação ambiental (MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE).

As texturas não expuseram distorções que indiquem atuações dos processos erosivos ao ponto de exporem outros horizontes ou camadas subjacentes ao horizonte A nos solos analisados. Apesar disso, *in loco*, detectou-se que há atuações da erosão laminar ligeira nos setores dos topos abrangidos pelo T1 e T4. Já nos espaços da superfície de cimeira do T2 e T3, constatou-se a presença da erosão laminar moderada e em sulcos sobre estes solos.

Com relação ao teor de carbono orgânico, o horizonte A do P13 foi o que demonstrou menor valor ( $7,07 \text{ g.kg}^{-1}$ ), seguido pela S4 ( $11,14 \text{ g.kg}^{-1}$ ), pelo P8 ( $16,87 \text{ g.kg}^{-1}$ ) e pelo P6 (16,93%). Partindo da premissa de que cada solo manifesta comportamento e características diferentes dos demais, pensa-se que parte do baixo teor de carbono orgânico no

P13 deve estar relacionada com as características naturais dos Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos lépticos, pois estes são mais desenvolvidos e intemperizados que os Neossolos Litólicos Eutróficos típicos. Certamente, há contribuição antrópica para tal situação, a qual deve ser a principal responsável, devido aos desmatamentos, brocagem e plantios sucessivos ao longo de décadas.

No que tange a biodiversidade, o T2 foi o que exibiu o menor número de espécies e famílias de vegetais, respectivamente com dez e seis, o qual foi prosseguido pelo T4, T1 e T7. Esta variação está condicionada ao tempo e ao modo do uso-ocupação que estas parcelas da paisagem sofreram. Um exemplo pode ser dado pelo espaço compreendido pelo T2, que foi usado por mais de 30 anos para fins agropecuários. Deste modo, houve sucessivos desmatamentos, brocagem, perdas de sementes (quando não incineradas) pela erosão laminar e suas plântulas eram devorados pelo gado bovino, caprino e ovinos, resultando na perda da biodiversidade.

Já no caso do T4, que apresentou 14 espécies de nove famílias, acredita-se que esta baixa biodiversidade está atrelada mais a fatores naturais, visto que esta parte do topo possui solos com menos de 40 cm de espessura, limitando (sustentação, retenção hídrica, ausência de horizonte B e outros) a ocorrência de uma biodiversidade mais elevada e complexa.

Com base nos trabalhos de campo e nos indicadores expostos, constata-se que a parte do topo mais conservada é a T1 e a mais degradada é T4, já que o maior número de indicadores atestou isso. Isto é, apresentou o segundo menor valor de porosidade total (45,32%), a maior densidade global ( $1,46 \text{ g.cm}^{-3}$ ), a segunda menor quantidade de carbono orgânico ( $11,14 \text{ g.kg}^{-1}$ ), apresenta a erosão laminar moderada e em sulcos sobre seus solos, sua biodiversidade contém o menor número de espécies (10) e famílias (6) e seu uso foi para fins agrícolas, fomentando a perda da biodiversidade, erosão dos solos e exposição de parte destes até o presente.

### 7.2.2 Análise intraespecífica da degradação ambiental da encosta da serra Lagoa Seca/Coqueiros

A partir dos levantamentos ambientais detectou-se que, no transecto 1 (mapa 3), os pedotipos identificados foram Neossolos Litólicos Eutróficos típicos, cujo horizonte A tem 12 cm, sua textura é franco arenosa, sua estrutura é em blocos subangulares, sua cor (úmida) é 2.5YR (6/2) e sua porosidade total é de 46,72%.

Outrossim, o horizonte mencionado apresentou densidade global de  $1,38 \text{ g.cm}^{-3}$  e o teor de carbono orgânico é de  $16,32 \text{ g.kg}^{-1}$ . Dada à cobertura vegetal composta por 22 espécies vegetais de 16 famílias oriundas da Caatinga arbóreo-arbustiva nesta porção da paisagem, seus solos sofrem apenas com a erosão laminar ligeira. Diante de tais condições, há o desenvolvimento da pecuária extensiva, pastoreio e extração de estacas para cercas no segmento abordado.

Já no transecto 2, encontraram-se Luvisolos Háplicos Pálicos abrupáticos, através da sondagem S3, a qual exibiu os primeiros 15 cm do horizonte Bt, tendo em face a total erosão do horizonte A. A amostra coletada tem textura franco argilosa, estrutura em blocos subangulares, sua cor (úmida) é 5YR (3/3), sua porosidade total é de 50,36% e sua densidade global é de  $1,37 \text{ g.cm}^{-3}$ . Além disso e a quantidade de carbono orgânico é de  $7,52 \text{ g.kg}^{-1}$ . Este solo sofre(u) com as erosões laminar e sulcos forte, devido aos intensos desmatamentos que sofreu por ter sido um dos solos mais utilizados para fins agrícolas.

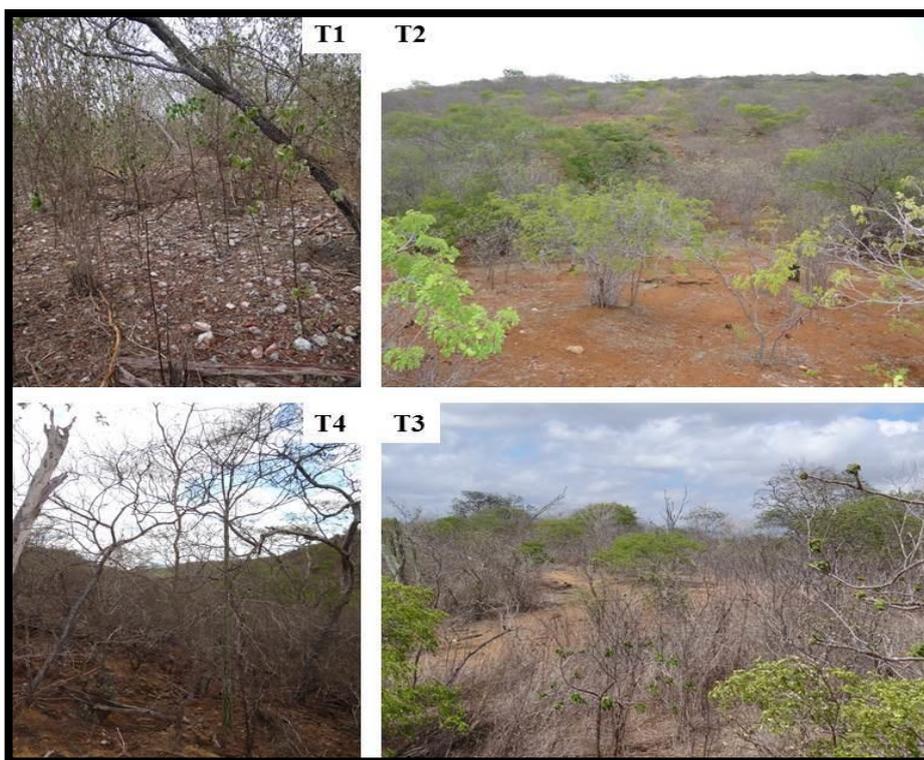
Assim, no terço inferior da encosta abrangida pelo transecto 2, houve a degradação generalizada de suas condições biofísicas, causadas pela sua utilização sem práticas de manejos conservacionistas, ao ponto da sucessão secundária não conseguir recuperar eficientemente tal área. Logo, este segmento da vertente detém solos expostos e muito sulcados, por vezes assemelhando-se com uma *bad land*. Quanto ao número de espécies e famílias vegetais levantados neste setor do transecto 2, identificou-se 14 espécies oriundas de sete famílias botânicas.

No transecto 3, encontrou-se Cambissolos Háplicos Ta Eutrófico lépticos, cujo horizonte A tem 10 cm. Este tem textura franco arenosa, sua estrutura é formada por blocos angulares e sua cor é 7.5YR (4/6). Destarte, o horizonte A manifestou a porosidade total de 50,75%, densidade global de  $1,32 \text{ g.cm}^{-3}$  e carbono orgânico de  $8,30 \text{ g.kg}^{-1}$ . Quanto aos aspectos florísticos, catalogou-se 19 espécies de vegetais de 13 famílias. Esta parte da encosta estar em pousio e, excepcionalmente, é empregada como pasto para a pecuária extensiva de

corte e pastoreio, contudo seus solos estão sendo destruídos pela erosão laminar e em sulco moderado, em função das intervenções degradativas humanas pretéritas.

Já no transecto 4, constatou-se a presença dos Neossolos Litólicos Eutróficos típicos. Os referidos possuem horizonte A com 8 cm de espessura, textura franco arenosa, estruturas em blocos angulares e sua cor é 7.5YR (4/4). A porosidade total detectada no horizonte A foi de 45,25%, sua densidade global é de 1,44 g.cm<sup>-3</sup> e a quantidade de carbono orgânico aferida neste horizonte foi de 20,21 g.kg<sup>-1</sup>.

Embora, esta seja uma das porções mais conservadas da encosta, em função da baixa espessura dos solos, presença da Caatinga arbóreo-arbustiva aberta, declividade acentuada e presença de muitos afloramentos rochosos, os solos tendem a sofrer com a ação da erosão laminar ligeira. Ademais, inventariou-se 16 espécies vegetais de 10 famílias nesta área florestada que tem sido empregada como um pasto da pecuária extensiva. Deste modo, para melhor entendimento do contexto posto, a figura 41 expõem as áreas de coletas e todas as informações descritas nos parágrafos anteriores foram sintetizadas no quadro 7.



**Figura 41** – Segmentos da encosta da serra Lagoa Seca/Coqueiros (T1, T2, T3 e T4) presentes na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE, onde foram coletadas as amostras e os dados aqui analisados.

**Quadro 7** - Indicadores utilizados para analisar a degradação ambiental da encosta da serra Lagoa Seca/Coqueiros, presente na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE.

Subsistema Encosta da Serra Lagoa Seca/Coqueiros													
Transectos (T)	Solo										Biodiversidade		Tipos de Usos
	Perfil (P) ou Sondagem (S)	Hor.	Espessura (cm)	Estrutura	Cor (úmida)	Porosidade Total (%)	Densidade Global (g.cm <sup>-3</sup> )	Textura	Carbono Orgânico (g.kg <sup>-1</sup> )	Tipo de Erosão	Nº. Aprox. de Espécies	Nº. Aprox. de Famílias	
<b>T1</b>	P5	A	12	Blocos subangulares	2.5YR (6/2)	46,72	1,38	Franco arenosa	16,32	Laminar ligeira	22	16	Pasto e extração de estacas para cercas
<b>T2</b>	S3	Bt*	15	Blocos subangulare/prismáticos	5YR (3/3)	50,36	1,37	Franco argilosa	7,52	Laminar e sulco muito forte	14	7	Campo agrícola abandonado
<b>T3</b>	P14	A	10	Blocos angulares	7.5YR (4/6)	50,75	1,32	Franco arenosa	8,30	Laminar moderada	19	13	Pasto
<b>T4</b>	P9	A	8	Blocos angulares	7.5YR (4/4)	45,25	1,44	Franco arenosa	20,21	Laminar ligeira	16	10	Pasto

\*O horizonte Bt está sendo utilizado, tendo em vista que este foi exumado devido à integral erosão do horizonte A.

Diante dos dados levantados, verificou-se que a encosta da serra Lagoa Seca/Coqueiros apresenta três tipos de solos (Neossolos Litólicos, Luvisolos Háplicos e Cambissolos Háplicos). Estes, com exceção da S3, exibiram horizontes A com espessuras de 12 cm (P5), 10 cm (P14) e 8 cm (P9). A amostra da S3 não representa um horizonte A, visto que este foi totalmente erodido, ao ponto de expor, na superfície, o horizonte Bt dos Luvisolos Háplicos Pálico abruptos.

As espessuras dos solos postos demonstraram variações, que estão associadas, sobretudo, às posições em que os solos estão no relevo. Porém, no caso dos solos representados pelo exemplar S3, constatou-se que a redução da espessura dos referidos deu-se em função de intensas ações erosivas ativadas pelas ações antrópicas. Logo, excetuando-se o contexto de onde provém a amostra S3, as ações antrópicas não foram relevantes para influenciar as espessuras dos solos analisados.

As estruturas dos horizontes A coletadas dos perfis não evidenciaram alterações morfológicas ou químicas. Não obstante, o exemplar da S3 (blocos prismáticos e subangulares) norteia para a perspectiva de que os Luvisolos supracitados tiveram seu horizonte A truncado/erodido, ao ponto de expor seu horizonte Bt, tendo em vista a presença das estruturas referidas na superfície, não condizendo com o contexto natural.

As cores não demonstraram nenhuma alteração degradativa, uma vez que estão mais atreladas às condições geoquímicas e intempéricas do material parental, de onde os solos desenvolveram-se. Com relação à porosidade total dos horizontes estudados, detectou-se que o horizonte A do P9 detém a menor percentagem (45,25%) e a amostra do A do P14 obteve o maior valor de porosidade (50,75%). A manifestação desta característica física dos horizontes também está correlacionada com suas densidades globais, pois os referidos demonstraram valores de  $1,44 \text{ g.cm}^{-3}$  e  $1,32 \text{ g.cm}^{-3}$ , respectivamente.

As variações nas densidades globais e porosidades totais dos horizontes examinados foram ocasionadas por dois fenômenos. O primeiro é a tendência natural que os Neossolos Litólicos Eutróficos típicos da MH têm de apresentarem menor porosidade e maior densidade, mesmo tendo maiores quantidades de carbono orgânico. O segundo está vinculado ao tipo e ao tempo de uso dos solos pelos moradores para fins agropecuários.

Deste modo, com base nos trabalhos de campo e o tipo de uso pretérito destes solos, acredita-se que os valores exibidos pelo P9 foram influenciados pelo uso antrópico, especialmente provocados pelo pisoteio de animais, enquanto que os números do A do P14 estão condizentes com os dos demais solos levantados.

No âmbito textural, todas as amostras dos horizontes A exibiram texturas francas arenosas. Entretanto, o exemplar da S3 mostrou-se ser franco argilosa, o que fundamenta a perspectiva de que o material coletado pertence a um horizonte Bt de Luvisolos Háplicos e não de um A, o qual foi integralmente erodido. Ademais, o teor de carbono orgânico na amostra citada ( $7,52 \text{ g.kg}^{-1}$ ) foi o mais baixo dentre os detectados em todos os exemplares do subsistema encosta.

Os maiores valores de carbono orgânico centram-se nos Neossolos Litólicos (P5 -  $20,21 \text{ g.kg}^{-1}$  e P9 -  $16,32 \text{ g.kg}^{-1}$ ), pois foram os menos utilizados para fins agropecuários, sua cobertura vegetal está mais conservada e há maior agradação de matéria orgânica nos solos. Por isso, o tipo de erosão atuante sobre os aludidos (P5 e P9) é laminar ligeira, enquanto que nos demais domina a erosão laminar moderada (P14) e a erosão laminar e sulcos muito forte, conforme ocorre no contexto do S3.

Os levantamentos florísticos em cada unidade dos transectos da encosta em questão indicaram que o segmento T2 detém a menor biodiversidade, pois possui 14 espécies vegetais pertencentes a sete famílias. Enquanto que nos demais setores tais números foram mais elevados, principalmente no T1, com 22 espécies vegetais de 16 famílias.

Além disso, convém destacar que as áreas que possuem maiores biodiversidades foram ou são utilizadas como pasto para a agropecuária extensiva e para a extração de estacas. Já os segmentos que expuseram menores números de espécies vegetais e números de famílias, foram labutadas por décadas para fins agrícolas associados à pecuária e ao pastoreio. A maior diferença entre ambas está no fato das primeiras não necessariamente terem sido desmatadas, pois o gado alimenta-se solto em meio à Caatinga, enquanto que, no segundo caso, houve extensivos desmatamentos e brocagens, o que comprometeu os solos e a biodiversidade local.

Portanto, tomando como base o que foi exposto, o setor mais conservado da encosta da serra da Lagoa Seca/Coqueiros é T1 e o mais degradado é o T2. A conservação na porção do T1 foi atestada graças à espessura, ao tipo de estrutura, à cor e ao tipo de erosão no horizonte A de seus solos. Estes não demonstraram sinais forte de degradação e detiveram maior quantidade de espécies e famílias florísticas em virtude de seu uso. Já o segmento abrangido pelo T2 foi o mais degradado porque majoritariamente de seus solos não possuem horizontes A, estão descobertos, há a exumação do horizonte Bt, o tipo de sua textura atesta a erosão do A, detém a menor quantidade de carbono orgânico, contém baixa biodiversidade e uso de seus recursos foi mais intensivo do que os demais transectos analisados.

### ***7.2.3 Análise intraespecífica da degradação ambiental no topo da Serra do Tecelão***

Com base no que foi discutido nos procedimentos técnico-metodológicos dos levantamentos geoambientais, constatou-se que o topo da serra do Tecelão, no transecto 1 (mapa 3), é constituído por Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos vertissólicos. O horizonte A dos referidos possuem espessuras de 15 cm, sua textura é franco arenosa, sua estrutura é representada por blocos angulares e sua cor (úmida) é 7.5YR (3/4). Já a porosidade total detectada no horizonte A foi de 50,99%, a densidade global foi de 1,24 g.cm<sup>-3</sup> e o teor de carbono orgânico foi de 11,58 g.kg<sup>-1</sup>.

Por estar sob a Caatinga arbóreo-arbustiva secundária, formada por 23 espécies de 12 famílias, os solos referidos padecem somente com a erosão laminar ligeira ocasionada pelas chuvas torrenciais do início da estação chuvosa. Atualmente, esta parte do topo tem sido pouco utilizada, isto é, é empregada como pasto pela pecuária extensiva, pastoreio e extração de estacas para cercas de baixa intensidade.

No transecto 2, verificou-se, por meio da sondagem S1, que os solos do topo da serra do Tecelão variaram para os Neossolos Litólicos Eutróficos típicos nesta porção da paisagem. O horizonte A tem, aproximadamente, 15 cm de espessura, textura franco arenosa, estrutura em blocos subangulares e sua cor (úmida) é 7.5YR (5/4). Verificou-se que, sua porosidade total é de 38,81%, sua densidade global é de 1,64 g.cm<sup>-3</sup> e a quantidade de carbono orgânico disponível é de 9,69 g.kg<sup>-1</sup>.

Estes solos vêm sofrendo com a erosão laminar moderada, devido a pouca vegetação que comporta e por ter sido utilizado intensivamente como um campo agrícola durante as décadas de 60 a 90 do século XX, porém, presentemente, está em pousio. Quanto ao número de espécies e famílias de vegetais encontrados nesta parte do transecto, identificou-se 13 espécies oriundas de sete famílias.

Já no transecto 3, o topo manifestou a ocorrência de Luvisolos Háplicos Órticos típicos, cujo horizonte A tem 8 cm de espessura. Este tem textura franco arenosa, sua estrutura é formada por blocos angulares e sua cor (úmida) é 2.5YR (6/3). Ademais, o horizonte posto exibiu porosidade total de 45,02%, densidade global de 1,49 g.cm<sup>-3</sup> e teores de carbono orgânico de 9,09 g.kg<sup>-1</sup>. Em campo, entendeu-se que este solo foi intensamente erodido, contudo, recentemente, sofre com a erosão laminar ligeira e, casualmente, com a erosão em sulcos.

No âmbito florístico, levantou-se 20 fitoespécies pertencentes a 13 famílias nesta parte do transecto. Convém citar que este segmento do topo encontra-se em pousio e é, excepcionalmente, utilizado como pasto da pecuária extensiva de corte e pastoreio.

Já no transecto 4, o qual é o mais distante do primeiro, encontrou-se Neossolos Litólicos Eutróficos típicos. Estes detêm horizontes A com 15 cm de espessuras, cuja textura é franco arenosa, possuem estruturas em blocos angulares e sua cor é 7.5YR (5/6). A porosidade total deste horizonte é de 44,23%, sua densidade global é de  $1,45 \text{ g.cm}^{-3}$  e a quantidade de carbono orgânico é de  $16,87 \text{ g.kg}^{-1}$ .

Com relação ao levantamento florístico deste setor, identificou-se 14 espécies vegetais de nove famílias. Como este fragmento da paisagem tem sido empregado como um pasto, seus solos estão sujeitos às ações da erosão laminar ligeira. Em função disso, todos os dados mencionados são apresentados no quadro 8 para melhor entendimento e associações dos indicadores biofísicos analisados.

Analisando os indicadores descritos, advindos de 3 classes de solos (Cambissolos Háplicos, Neossolos Litólicos e Luvisolos Háplicos) e da biodiversidade, constata-se que os horizontes A dos solos, em termos de espessura e formas erosivas, sinalizam atuações da erosão laminar ligeira sobre os referidos. Em campo, viu-se que desempenho dos processos erosivos são mais fortes nos Neossolos Litólicos do T2, particularmente sobre o local da S1, em razão da sua exposição aos agentes erosivos (figura 42).

As estruturas dos solos também não apresentaram indícios morfológicos deformativos, tampouco exposições de horizontes ou camadas sobpostos aos horizontes A. Igualmente, ocorreu com as cores, as quais são todas naturais e não evidenciaram alterações provocadas pelo antropismo dos solos examinados.

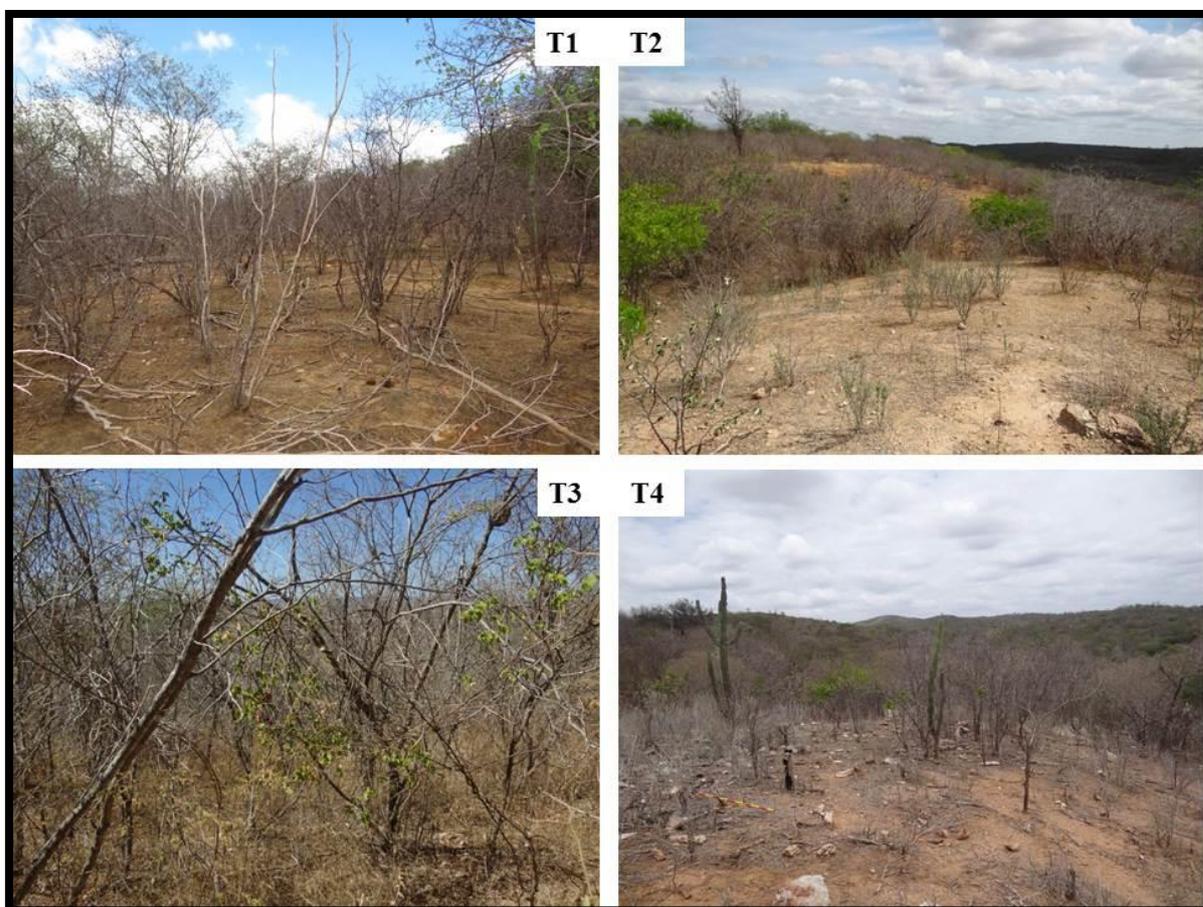
Mas, ao analisar as porosidades totais, percebe-se que a presente na amostra S1 (38,81%) está abaixo das demais exibidas pelos horizontes A do P1 (50,99%), P11 (46,59) e P16 (45,02%). O mesmo ocorreu com as densidades globais dos horizontes citados (P1-  $1,24 \text{ g.cm}^{-3}$ , S1 –  $1,64 \text{ g.cm}^{-3}$ , P11-  $\text{g.cm}^{-3}$  e P16-  $1,49 \text{ g.cm}^{-3}$ ). Tais propriedades físicas dos solos são correlacionadas, por isso variações em uma repercute sobre a outra.

**Quadro 8** - Indicadores utilizados para analisar a degradação ambiental do topo da serra do Tecelão, constituinte da MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE.

<b>Subsistema Topo da Serra do Tecelão</b>													
<b>Transectos (T)</b>	<b>Solo</b>										<b>Biodiversidade</b>		<b>Tipos de Usos</b>
	<b>Perfil (P) ou Sondagem (S)</b>	<b>Hor.</b>	<b>Espessura (cm)</b>	<b>Estrutura</b>	<b>Cor (úmida)</b>	<b>Porosidad e Total (%)</b>	<b>Densidade Global (g.cm<sup>-3</sup>)</b>	<b>Textura</b>	<b>Carbono Orgânico (g.kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Tipo de Erosão</b>	<b>N°. Aprox. de Espécies</b>	<b>N°. Aprox. de Famílias</b>	
<b>T1</b>	P1	A	15	Blocos angulares	7.5YR (3/4)	50,99	1,24	Franco arenosa	11,58	Laminar ligeira	23	12	Pasto e extração de estacas para cercas
<b>T2</b>	S1	A	15	Blocos subangulares	7.5YR (5/4)	38,81	1,64	Franco arenosa	9,69	Laminar moderada	13	7	Campo agrícola abandonado
<b>T3</b>	P16	A	8	Blocos angulares	2.5YR (6/3)	45,02	1,49	Franco arenosa	9,02	Laminar ligeira	20	13	Pastagem
<b>T4</b>	P11	A	15	Blocos angulares	7.5YR (5/6)	46,59	1,41	Franco arenosa	7,68	Laminar moderada	14	8	Campo agrícola abandonado

Os dados demonstram que os horizontes A da S1 e do P16 possuem baixas porosidades totais e altas densidades globais. Nestes casos, isso aconteceu em virtude do antropismo que estes solos foram submetidos, isto é, foram explorados por décadas para o desenvolvimento da agricultura de sequeiro, extração de madeira, brocagem, criação de gado, portanto sofreram com as ações erosivas.

Estes fatores possibilitaram a compactação e microsselamento superficial dos solos, por isso os valores de porosidade são baixos, enquanto que os de densidades globais são elevados. Estes fenômenos criaram condições limitantes para o desenvolvimento do sistema radicular dos vegetais, os quais costumam ter distribuição esparsa e portes variantes entre herbáceos ou arbustivos (figura 42 – T2 e T3).



**Figura 42** - Panoramas das condições biofísicas do topo da serra do Tecelão presente na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE.

As texturas dos exemplares examinados não expuseram nenhuma variação significativa, muito menos indicaram sinais degradativos nos solos. Não obstante, os resultados de carbono orgânico sinalizaram efeitos degradativos nos horizontes A do P11 ( $7,68 \text{ g.kg}^{-1}$ ), P16 ( $9,02 \text{ g.kg}^{-1}$ ) e S1 ( $9,69 \text{ g.kg}^{-1}$ ).

*A priori*, estes dados, isoladamente, não indicam a degradação dos solos. Não obstante, quando são concatenados com os tipos de erosão presentes nas áreas dos perfis e sondagem (P11 – laminar moedrada, P16 – laminar ligeira e S1 – laminar moderada) e com a fisionomia de sua paisagem, conclui-se seguramente, que os horizontes A do P11, P16 e do S1 detêm quantidades inferiores de carbono orgânico, devido ao mau uso dos solos pelos agropecuaristas. Isto é, por meio da falta de manejo adequado, inúmeros desmatamentos, brocagens e o pisoteio dos solos pelos seus bonivos, caprinos e ovinos.

Por meio da análise da biodiversidade presente nos T1, T2, T3 e T4, verificou-se que o T2 demonstrou o menor número de espécies (13) e famílias (sete) de vegetais, sendo seguido pelo T4 (com 14 espécies e oito famílias), depois pelo T3 (20 espécies e 13 famílias) e, por fim, pelo T1 (13 espécies e 12 famílias).

Ao integrar os dados e informações citadas, concluí-se que a parcela do topo da serra do Tecelão mais degradada é a localizada no T2, sendo seguida pela T4. Ambas foram vastamente utilizadas durante as décadas de 60 a 90 do século XX para fins agropecuários sem práticas de manejo conservacionista ou uso de técnicas modernas.

Os desmatamentos, brocagens e pisoteio animal causaram a erosão dos horizontes A, ao ponto de alterar suas propriedades físicas e químicas, a exemplo do que ocorreu com a quantidade de carbono orgânico dos horizontes A. Já o espaço compreendido pelo T1 foi o que apresentou maiores indícios de conservação ambiental, muito embora tal assertiva esteja relacionada com a situação ambiental atual da MH, a qual está praticamente toda alterada pelas ações sociais.

#### ***7.2.4 A degradação ambiental na encosta da Serra do Tecelão***

Durante o levantamento pedológico no transecto 1 (mapa 3), especificamente no setor que transpassou a encosta da serra do Tecelão, encontrou-se Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos lépticos. No que tange ao seu horizonte A, este tem 13 cm de espessura, sua textura é franco argilo arenosa, sua estrutura é em blocos angulares, sua cor (úmida) é 7.5YR (4/3) e sua porosidade total é de 53,17%. Outrossim, a amostra do horizonte citado apresentou densidade global de 1,18 g.cm<sup>-3</sup> e 16,93 g.kg<sup>-1</sup> de carbono orgânico.

O transecto 1, assim como os demais, abrange parte da Caatinga arbóreo-arbustiva secundária que ocupa toda a MH do riacho Carrapateiras. Neste âmbito, identificou-se 33 espécies de vegetais pertencentes a 20 famílias neste setor específico, o que indica ser a parte

da encosta com a maior biodiversidade. Apesar disso, seus solos têm sofrido com as ações da erosão laminar moderada e erosão em sulcos, pois ao longo das décadas de 60 a 90 do século XX foram expressivamente desmatados e, hoje, são utilizados como pasto para a criação extensiva e de corte de bovinos, ovinos e caprinos.

O transecto 2 fica a 550 metros do primeiro e compreende uma das porções mais degradadas da MH. Seus solos são representados por Luvisolos Háplicos Pálicos abrupticos, os quais encontram-se decapitados/erodidos, ou seja, tiveram seu horizonte A totalmente removido pela erosão. Desta maneira, através da sondagem S2, obteve-se os 15 cm do horizonte Bt dos referidos. Este tem textura franco argilosa, estrutura em blocos subangulares e prismáticas, sua cor (úmida) é 5YR (5/8), sua porosidade total é de 50,55%, sua densidade global é de  $1,35 \text{ g.cm}^{-3}$  e a quantidade de carbono orgânico é de  $5,18 \text{ g.kg}^{-1}$ .

Logo, presentemente, tais solos sofrem com a erosão laminar moderada e erosão em sulcos muito forte, por terem sido utilizados como um campo agrícola entre as décadas de 60 a 90 do século XX. Deste modo, mesmo sendo “abandonados” ou sob uma condição que remete ao seu pousio, ainda sofrem com os efeitos morfodinâmicos causados pela erosão hídrica. Tal situação repercute diretamente na sua composição florística, caracterizada por 20 espécies vegetais oriundas de 13 famílias, mas a porção mais degradada do transecto 2 contém apenas seis espécies de cinco famílias, cujos portes florestais variam do herbáceo ao arbustivo.

Já no transecto 3, pedologicamente detectou-se a presença de Luvisolos Háplicos Pálicos abrupticos e Luvisolos Háplicos Órticos típicos, cujos horizontes A tem 21 cm e 8 cm, nesta ordem. Estes possuem texturas franco argilo arenosa e franco arenosa, suas estruturas são em blocos angulares e suas cores variam de 10YR (4/3) e 2.5Y (6/3). Além disso, os horizontes A destes solos manifestaram valores de porosidade total entre 51,31% e 45,02%, densidades globais de  $1,30 \text{ g.cm}^{-3}$  a  $1,49 \text{ g.cm}^{-3}$  e teores de carbono orgânico de  $9,08 \text{ g.kg}^{-1}$  a  $9,02 \text{ g.kg}^{-1}$ , respectivamente.

Ambos solos estão passando por erosões laminares ligeira, devido a sua parcial exposição causada pela baixa densidade da vegetação. Esta exibiu, via o levantamento florístico, 17 espécies de vegetais presentes em seis famílias. Quanto aos aspectos de ocupação desta unidade da encosta da serra do Tecelão, atualmente encontra-se em pousio, porém sendo, esporadicamente, utilizada como pasto da pecuária extensiva de corte e pastoreio.

O transecto 4 está a 2,3 km do primeiro transecto, onde foram classificados os Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos vertissólicos Estes possuem horizonte A com 10 cm de espessura, sua textura é franca, detém estrutura em blocos subangulares e prismáticos e sua cor é 5YR (4/4). Já a porosidade total deste horizonte é de 51,39%, sua densidade global é de  $1,22 \text{ g.cm}^{-3}$ , a quantidade de carbono orgânico é de  $6,24 \text{ g.kg}^{-1}$ .

Estes Cambissolos Háplicos estão em pousio, porém foram utilizados para fins agropecuários sem práticas de manejo nas décadas de 60 a 90 do século XX. Isto acarretou no desmatamento de sua cobertura vegetal, sem a qual passou a ser erodido pelas chuvas torrenciais e erosão laminar e em sulco. Estas foram responsáveis pela parcial decaptação destes solos, exposição do horizonte Bi e geração de pedestais em dados setores da paisagem.

Com base no levantamento florístico, identificou-se 17 espécies vegetais de nove famílias neste setor da encosta, que tem sido usada como um pasto. A partir do exposto, organizou-se todos os dados citados no quadro 9 para melhor análise e comparação dos indicadores biofísicos da degradação ambiental da encosta da serra do Tecelão.

Por meio dos dados mencionados (quadro 9), verificou-se que todos os solos examinados possuem horizontes A, com exceção da amostra da S2, a qual é parte de um horizonte Bt dos Luvisolos Háplicos Pálicos Abrúpticos. Os horizontes têm em média 13,4 cm de espessura, sendo que os horizontes A do P16 e do P10 expuseram menores espessuras, respectivamente com 8 e 10 cm, enquanto que o hor. A do P15 possui maior largura, com 21 cm.

Estes indicadores demonstram que o exemplar do T2 é o mais degradado, tendo em face que seus solos são desprovidos do horizonte A, pois os referidos foram erodidos pela erosão laminar e em sulcos muito forte, a qual deixou a superfície pedológica irregular e chegou, em alguns pontos, a exumar a rocha subjacente. O tipo de estrutura desta amostra contribui para reforçar a perspectiva da erosão do horizonte A porque é representada por blocos subangulares e estruturas prismáticas. Já nos demais exemplares de estruturas dos hor. A coletados em outros transectos, expuseram blocos angulares e subangulares, segundo são apresentados no quadro 9.

Com relação às cores, somente as amostras S2 e P10 possuem matizes semelhantes, uma vez que todos os demais exemplares manifestaram colorações com matizes, valores e cromas distintos. A similaridade de cores pode estar vinculado ao fato de ambos solos terem passado por erosões laminares moderada e/ou em sulcos muito forte que,

**Quadro 9** - Indicadores utilizados para analisar a degradação ambiental presente na encosta da serra do Tecelão, localizada na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE.

Subsistema Encosta da Serra do Tecelão													
Transectos (T)	Solo										Biodiversidade		Tipos de Usos
	Perfil (P) ou Sondagem (S)	Hor.	Espessura (cm)	Estrutura	Cor (úmida)	Porosidade Total (%)	Densidad e Global (g.cm <sup>-3</sup> )	Textura	Carbono Orgânico (g.kg <sup>-1</sup> )	Tipo de Erosão	Nº. Aprox. de Espécies	Nº. Aprox. de Famílias	
T1	P2	A	13	Blocos angulares	7.5YR (4/3)	53,17	1,18	Franco argilo arenosa	11,30	Laminar ligeira	33	20	Pasto e extração de estacas para cercas
T2	S2	Bt*	15	Blocos subangulares e prismáticas	5YR (5/8)	50,55	1,35	Franco argilosa	5,18	Laminar e sulco muito forte	20	13	Campo agrícola abandonado
T3	P15	A	21	Blocos angulares	10YR (4/3)	51,31	1,30	Franco argilo arenosa	9,08	Laminar ligeira	22	14	Pasto e pousio
	P16	A	8	Blocos angulares	2.5Y (6/3)	45,02	1,49	Franco arenosa	9,02	Laminar ligeira	25	16	Pasto e pousio
T4	P10	A	10	Blocos subangulares e prismáticas	5YR (4/4)	51,39	1,22	Franca	6,24	Laminar moderada	17	9	Pasto

\*O horizonte Bt está sendo utilizado, tendo em vista que este foi exumado devido à integral erosão do horizonte A.

provavelmente erodiram a totalidade ou parte do horizonte A dos Luvisolos Háplicos. Este fenômeno pode ter sido responsável por tê-los convertido em Cambissolos Háplicos, como é representado pelo P10.

O topo dos horizontes Bt do P10 e S2, seguramente, estão sofrendo com uma incipiente adição de materiais orgânicos, logo estão sendo convertidos em delgados horizontes A. Todavia, como inexistente um horizonte A, não há como realizar a análise da relação textural entre os horizontes A com o Bt, logo os solos discutidos são classificados como Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos lépticos ou vertissólicos.

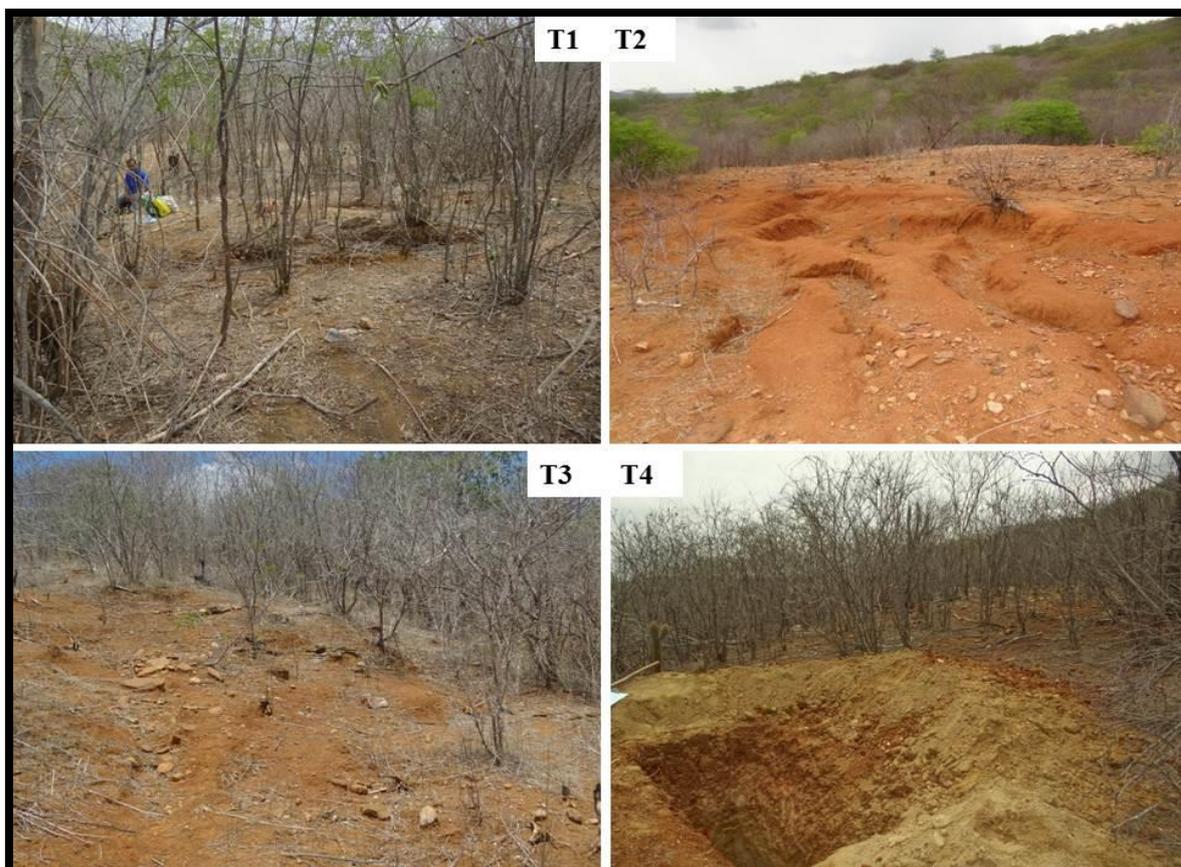
Cabe destacar, que o P10 apresentou quase todas as características de Luvisolos Háplicos, porém, por serem desprovidos da relação textural exposta, foram classificados como Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos vertissólicos. A porção ambiental onde estes solos estão (Figura 43 – T4) encontra-se em meio ao desenvolvimento dos processos de sucessão ecológica secundária, então a Caatinga degradada tem passado por regeneração, bem como seus solos erodidos. É válido mencionar que a degradação desta área foi causada, por conta dos desmatamentos empreendidos para fins agrícolas.

Tratando-se do contexto ambiental de onde se extraiu a amostra S2 no T2, o processo de sucessão secundária da Caatinga não tem sido eficiente, pois os desmatamentos, brocagens, pisoteios dos solos pelos animais e falta de manejo adequado possibilitaram a ativação da morfodinâmica nesta porção espacial, ao ponto da referida ser colonizada por basicamente 6 espécies de vegetais distribuídas esparsamente (*Croton blanchetianus* Baill. – marmeleiro, *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. – Peão-Bravo, *Poincianella bracteosa* (Tul.) L.P. Queiroz – cantigueiro, *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir - Jurema – preta, *Waltheria rotundifolia* Schrank - malva amarela e *Cereus jamacaru* DC. – Mandacaru), criando uma espécie de *bad land*, conforme atesta a figura 43 – T2.

Ao examinar os resultados de porosidade total das amostras em questão, o exemplar do horizonte A do P2 foi o que obteve maior porosidade (53,17%). Já o A do P16 e o Bt da S2 lograram os menores valores, 45,02% e 50,55%, respectivamente. Igualmente ocorreu com a densidade global dos aludidos que, no primeiro caso, foi de  $1,18 \text{ g.cm}^{-3}$ , no segundo, de  $1,49 \text{ g.cm}^{-3}$  e, no terceiro, de  $1,35 \text{ g.cm}^{-3}$ .

Os valores advindos da porosidade e densidades do horizonte A do P2 indicam a boa qualidade desta área em relação aos demais analisados. Com relação ao exemplar S2, este se mostrou em conformidade com os valores normais encontrados nas amostras dos solos da MH, porém o horizonte A do P16 apresentou valores limitantes para o crescimento radicular

dos vegetais e sua porosidade demonstrou estar um pouco acima da média. Apesar disso, foi a menor percentagem encontrada nos horizontes A dos solos presentes na encosta da serra do Tecelão, a qual também sugere que o setor onde estar o P16 passou por processos degradativos.



**Figura 43** – Porções da encosta da serra do Tecelão presente na MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE, onde se fez as coletas.

As texturas variaram conforme os tipos de solos, entretanto a amostra da S2 mostrou-se ser franco argilosa, o que reforça o fato de ser um horizonte de subsuperfície, isto correlacionando também com sua cor, estruturas e exposição na paisagem (por exemplo, formando patamares erosivos, erosão em pedestais e exibindo as estruturas do horizonte Bt). Com base nisso, este tipo de textura fundamenta a perspectiva de que o horizonte A foi integralmente erodido destes solos, de acordo com que se vem discutindo ao longo desta seção.

Os teores de carbono orgânico no horizonte A do P2 foi o mais elevado ( $11,30 \text{ g.kg}^{-1}$ ), enquanto que o referido teve sua quantidade mínima na S2 ( $5,18 \text{ g.kg}^{-1}$ ), seguido pelo

A do P10 (6,24 g.kg<sup>-1</sup>). Estas cifras reforçam a indicação de que a amostra S2 pertence a um contexto muito degradado e que a área do P10 possivelmente sofreu perdas na quantidade de carbono, em razão do uso intenso de seus solos, desmatamentos e brocagens perpetradas descontinuamente no transcorrer de uso insustentável.

Ademais, convém destacar que as áreas mais degradadas expressam tipos de erosão distintos das que exibem condições opostas, por exemplo, no espaço, onde está o P2, a erosão atuante é a laminar ligeira; já na área do S2, a erosão é laminar e em sulcos muito fortes.

A biodiversidade também expressou variações de acordo com a posição da paisagem, suas condições biofísicas e o modo de uso dos recursos naturais. Deste modo, o transecto que apresentou maior número de espécies vegetais e famílias foi o T1, com 33 fitoespécies, pertencentes a 20 famílias. Entretanto, no transecto T4, identificou-se 17 espécies de 9 famílias de vegetais, sendo portanto a porção da serra do Tecelão com a menor biodiversidade, possivelmente, devido à degradação que sofreu no passado e no presente.

Com base nos antecedentes, constata-se que a área menos degradada está assente no T1, onde há o P2, provavelmente por ser um espaço voltado esporadicamente para pecuária e extração de estacas para cercas, logo não sendo utilizada mais para fins agrícolas. O T2 contém a parcela mais degradada de toda a encosta da serra do Tecelão, tendo em vista que contém solos desprovidos de horizontes A, possui a segunda menor porosidade total e a segunda maior densidade global registrada em sua amostra, bem como a menor quantidade de carbono orgânico. Destarte, seus solos padecem com as atuações dos processos erosivos de alta intensidade, que colaboram para que esta unidade da paisagem contenha a segunda menor biodiversidade encontrada na encosta da serra do Tecelão.

### **7.3 Análise interespecífica dos subsistemas ambientais**

Tomando como base os dados e informações sobre o número de espécies florísticas, os tipos de erosão sobre os solos e seus usos, é possível compreender qual subsistema é o mais degradado. Assim, ao examinar-se tais atributos do topo da serra Lagoa Seca/Coqueiros, nota-se que esta contém 47 espécies oriundas de 23 famílias de vegetais, as quais são distribuídas irregularmente ao longo do seu espaço. Dada à caducifolia dos vegetais e aos desmatamentos desta unidade de paisagem, seus solos sofrem com a atuação da erosão

laminar ligeira. Já no que compete ao tipo de uso do subsistema posto, destaca-se a extração de estacas, lenhas e, raramente é empregado como área de pastagem para criação de gado, muito embora tenha sido labutado para a agricultura de sequeiro entre 1960 a 1990.

Na encosta da serra Lagoa Seca/Coqueiros, identificou-se 52 espécies pertencentes a 28 famílias de vegetais. Já seus solos padecem diante da ação da erosão laminar moderada, devido aos desmatamentos que este subsistema sofreu para o desenvolvimento da agricultura de sequeiro. Entretanto, presentemente, tem sido usado como um pasto da pecuária extensiva de corte e para extração de estacas e lenhas. Assim, tipos de uso desta paisagem provocaram profundas alterações geobotânicas em sua estrutura.

Quanto ao topo da serra do Tecelão, este comporta 60 espécies de 25 famílias de vegetais. Seus solos sofrem com as atuações da erosão laminar ligeira e moderada nos setores mais declivosos de degradados devido a agropecuária. Atualmente, tem sido utilizada para extração de estacas e lenhas e área de caça. Ademais, foi um campo agrícola durante as décadas 60 a 90 do século XX, assim como os demais subsistemas, não foi mais explorada para fins agrícolas por falta de mão de obra e chuvas abundantes.

Já a encosta da serra do Tecelão, a qual é o subsistema que ocupa a maior área espacial, apresentou 84 espécies pertencentes a 33 famílias de vegetais, as quais se encontram irregularmente distribuídas em seus espaços. Parte de seus solos é erodida pela erosão laminar ligeira e moderada e, assim como os demais subsistemas, é empregado para extração de estacas, lenhas e, esporadicamente como área de pastagem para criação de bovinos, caprinos e ovinos.

No fundo dos vales, especificamente, nas adjacências dos cursos fluviais de 1ª e 2ª ordens, levantou-se 46 espécies de 21 famílias de vegetais. Como este subsistema não possui solos, logo a erosão dá-se em seus sedimentos ou cargas de fundo, via erosão fluvial. Seu uso está atrelado à extração de estacas, lenhas e frutos e como área de pastagem.

Em relação à planície fluvial, esta possui 36 espécies oriundas de 17 famílias de vegetais. Seus solos padecem com a erosão laminar ligeira e moderada, devido ao seu uso para agricultura de sequeiro e criação de gado, sem práticas de manejo sustentáveis. Assim, seus solos passam mais de 10 meses do ano descobertos, tendo em face os desmatamentos da sua cobertura vegetal. De modo sumário, sintetizou-se todas as informações citadas no quadro 10, para fins de melhor visualização, correlação e comparação entre as referidas.

**Quadro 10** – Indicadores utilizados para a análise interespecífica dos subsistemas ambientais da MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE.

<b>Sistema</b>	<b>Solos/Sedimentos</b>	<b>Biodiversidade</b>		<b>Uso-ocupação</b>
<b>Subsistema</b>	<b>Tipo de Erosão</b>	<b>Nº. de Espécies</b>	<b>Nº. de Famílias</b>	<b>Tipos de Usos</b>
<b>Topo da Serra da Lagoa Seca/Coqueiros</b>	Laminar ligeira	47	23	Extração de estacas e pasto
<b>Encosta da Serra da Lagoa Seca/Coqueiros</b>	Laminar moderada	52	28	Extração de estacas, pasto e campo agrícola abandonado
<b>Topo da Serra do Tecelão</b>	Laminar ligeira e moderada	60	25	Extração de estacas, pasto, área de caça e campo agrícola abandonado
<b>Encosta da Serra do Tecelão</b>	Laminar Ligeira e Moderada	84	33	Extração de estacas, pasto e campo agrícola abandonado
<b>Cursos Fluviais</b>	Erosão fluvial	46	21	Extração de estacas, lenhas e frutos e pastagem
<b>Planície Fluvial</b>	Laminar e sulcos moderado	36	17	Campo agrícola e pasto

Com base nos dados e informações mencionados, constata-se que a encosta da serra do Tecelão é a que apresenta maior biodiversidade (84 espécies de 33 famílias), apesar de quase todas as suas áreas terem sido um campo agrícola por mais de 30 anos, que expôs os solos à erosão laminar ligeira e moderada, sendo presentemente pouco utilizada. Já a planície fluvial, demonstrou a menor biodiversidade (36 espécies de 17 famílias), seus solos sofrem com a erosão laminar e em sulcos moderado, em função do desmatamento e uso intensivo para fins agropecuários até o presente.

Partindo do pressuposto de que subsistemas ambientais distintos, em tese, possuem biodiversidade variada, buscou-se determinar o número de espécies comuns entre cada subsistema analisado, segundo demonstra o quadro 11. Por meio disso, percebeu-se que a encosta da serra do Tecelão é a que possui maior número de espécies comuns com os demais, em razão da sua alta biodiversidade.

À medida que a biodiversidade dos referidos cai, estes tendem a ter menores números de espécies semelhantes. Em função disso, a planície fluvial foi a que expôs a mínima quantidade de espécies comuns com os outros subsistemas da MH do riacho Carrapateiras. Tal fato possui causas naturais, porém o fator preponderante é a ação antrópica, a qual será detalhada a seguir.

**Quadro 11** – Número de espécies totais e semelhantes entre os subsistemas da MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE.

<b>Subsistemas ambientais com número total de fitoespécies, entre parênteses, e espécies comuns entre os referidos</b>						
	<b>Topo da S. Tecelão (60)</b>	<b>Topo da S. Lagoa Seca/ Coqueiros (47)</b>	<b>Encosta S. Tecelão (84)</b>	<b>Encosta da S. Lagoa Seca/ Coqueiros (52)</b>	<b>Cursos Fluviais (46)</b>	<b>Planície Fluvial (36)</b>
<b>Topo da S. Tecelão</b>	0	43	58	40	30	26
<b>Topo da S. Lagoa Seca/ Coqueiros</b>	43	0	44	40	25	21
<b>Encosta S. Tecelão</b>	58	44	0	49	44	32
<b>Encosta da S. Lagoa Seca/ Coqueiros</b>	40	40	49	0	28	16
<b>Cursos Fluviais</b>	30	25	44	28	0	23
<b>Planície Fluvial</b>	26	21	32	16	23	0

A partir dos dados exposto, determinou-se o coeficiente de similaridade de Sorensen entre cada subsistema (quadro 11). Logo, constatou-se que o topo e encosta da serra do Tecelão apresentaram os coeficientes mais elevados, justamente por serem os subsistemas com maior biodiversidade. Todavia, tanto os cursos fluviais como a planície fluvial exibiram valores mais baixos do coeficiente referido, acredita-se que isso ocorreu porque os aludidos ocupam áreas espaciais menores em relação aos demais, assim a quantidade de fitoespécie naturalmente é menor.

**Quadro 12** – Resultados dos Coeficientes de Similaridade de Sorensen ( $SO_{if}=2C/a+b$ ) entre os subsistemas ambientais da MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE.

<b>Resultados dos Coeficientes de Similaridade de Sorensen (<math>SO_{if}=2C/a+b</math>) entre os subsistemas ambientais</b>						
	<b>Topo da S. Tecelão</b>	<b>Topo da S. Lagoa Seca/ Coqueiros</b>	<b>Encosta S. Tecelão</b>	<b>Encosta da S. Lagoa Seca/ Coqueiros</b>	<b>Cursos Fluviais</b>	<b>Planície Fluvial</b>
<b>Topo da S. Tecelão</b>	0	0,8037	0,8055	0,7142	0,5660	0,5416
<b>Topo da S. Lagoa Seca/ Coqueiros</b>	0,8037	0	0,6717	0,8080	0,5376	0,5060
<b>Encosta S. Tecelão</b>	0,8055	0,6717	0	0,7205	0,6769	0,5333
<b>Encosta da S. Lagoa Seca/ Coqueiros</b>	0,7142	0,8080	0,7205	0	0,5714	0,3636
<b>Cursos Fluviais</b>	0,5660	0,5376	0,6769	0,5714	0	0,5609
<b>Planície Fluvial</b>	0,5416	0,5060	0,5333	0,3636	0,5609	0

A partir dos trabalhos de campo, verificou-se que o baixo número de espécies e famílias que os cursos fluviais e planície fluvial demonstraram está ligados diretamente aos fatores naturais, mas também aos antrópicos. Os cursos fluviais possuem menor diversidade de espécies, em razão de não comportarem solos e serem morfodinamicamente ativos, por isso as espécies nele existentes estão nas suas bordas e são mais adaptadas a dinâmica deste subsistema.

A planície fluvial é o menor subsistema de todos e encontra-se quase que integralmente desmatado (figura 3) para fins agropecuários ainda atuantes. Logo, as poucas espécies levantadas são resíduos da Caatinga arbóreo-arbustiva que ocupava esta paisagem, a qual recentemente não possui mais o número de indivíduos identificados por esta pesquisa, em virtude de muitos destes já terem sido dizimados. Portanto, a baixa biodiversidade da planície fluvial está correlacionada com o uso depredativo deste subsistema pelas ações sócio-produtivas.

Ao correlacionar e comparar todos os dados e informações postos, constata-se que o subsistema mais degradado é a planície fluvial, tendo em vista seu baixo número de espécies e famílias vegetais, seus diminutos valores de coeficiente de Sorensen, o uso intensivo de seus recursos naturais para a agricultura de sequeiro, pecuária, ovinocultura e caprinocultura, os quais fomentaram o desmatamento integral deste subsistema no presente.

Ademais, seus solos sofrem expressivamente com as atuações das erosões laminar ligeira e em sulcos moderados. Já a encosta da serra do Tecelão sobressaiu-se como o subsistema mais conservado, provavelmente por ser maior, pelas atuações dos processos de sucessão ecológica, por conter solos mais evoluídos e abrigar maior número de espécies e famílias de vegetais.

#### **7.4 Análise da MH do Riacho Carrapateiras: Breves Considerações**

A MH do riacho Carrapateiras, composta pelos subsistemas percorridos, destaca-se por ser o sistema mais complexo e energético do universo analisado, tendo em vista que é mais que a soma de seus subsistemas. Seu embasamento ou litoestrutura contém litotipos Pré-Cambrianos, bastante fraturados e dobrados, devido às intensas atividades tectônicas que a área sofreu e, provavelmente vem sofrendo com menor intensidade.

Dado aos fraturamentos, acredita-se que este sistema não possui somente uma saída para os seus subprodutos, tendo em vista a provável integração das falhas e fraturas ao nível regional, as quais concentram e drenam as soluções formadas nos diversos segmentos (sub)superficiais da MH. Igualmente, os animais e os ventos também são responsáveis pelos *inputs* e *outputs* de energia e matéria neste sistema.

Com relação à morfologia da MH citada, é controlada pela litoestrutura, notadamente pela zona de cisalhamento, a qual soergueu blocos rochosos e criou depressões no meio destes. Estas foram sendo gradualmente acentuadas pelos processos erosivos, formando um vale encaixado em forma de V e com uma rede de drenagem subdendrítica.

Nesta assenta-se o riacho Carrapateiras e seus tributários, os quais são responsáveis, por parte da integração e transportes de energia e matéria ao longo da MH, pois se configuram como os níveis de bases locais e as áreas de deposições e erosões dos sedimentos. Por isso, sua conservação é imperativa para o funcionamento ótimo do sistema posto.

As inter-relações energéticas e de fluxos de matérias estabelecidas entre os subsistemas topos e encostas das serras do Tecelão e Lagoa Seca/Coqueiros com os sistemas climáticos, biológicos e pedológicos possibilitaram também as formações dos cursos e planície fluvial. Portanto, criando um sistema robusto, coeso, dotado de estruturas e funções socioambientais únicas.

A atuação do clima Tropical quente semiárido viabiliza com que este sistema apresente uma maior vulnerabilidade à degradação/desertificação, pois seu índice de aridez é de 0.31, possibilita a ocorrência de perdas agrícolas e econômicas em função das secas, gerando a pobreza e o aumento da exploração dos recursos naturais.

Estes ao serem empreendidos de modo insustentável, provocam a degradação ambiental. Ademais, segundo Santos *et al.* (2009) a sucessão secundária no contexto semiárido é influenciada pelas precipitações que, por serem baixas e erráticas, tornam o recrutamento de indivíduos vegetais lento, podendo chegar a favorecer a morte destes, pois suas plântulas sofrem mais com a estiagem do que nos seus estágios mais desenvolvidos. Desta feita, a degradação ambiental tende a ser atenuada em uma escala temporal maior que nas áreas úmidas.

Os vegetais presentes no sistema costumam ocupar setores deste que favorecem seu desenvolvimento, conforme foi discutido nos tópicos anteriores, mas, via de regra, compõe um complexo mosaico vegetacional, o qual mitiga a morfogênese e promove a pedogênese na MH. Os balanços de energia e matéria também são influenciados pela vegetação, a qual adiciona matéria nos solos, nos riachos e nas fraturas das rochas.

A vegetação também permite com que a área seja colonizada por animais, os quais são responsáveis por diversas funções ecológicas, especificamente pelo equilíbrio ecológico, sem o qual há o aumento da entropia do sistema, causando a degradação deste e perdas econômicas para a sociedade.

Assim como a vegetação, os solos são variados e inter-relacionados com os demais elementos da MH do riacho Carrapateiras. Nesta perspectiva, apresentam variações de acordo com as inter-relações estabelecidas entre si e com os demais componentes da paisagem, sobretudo com a vegetação. Geralmente, os solos são significativamente influenciados pelas condições climáticas, as quais repercutem, especialmente no intemperismo do material parental e nas intensidades dos processos pedogenéticos. Por isso, há a dominância de Neossolos Litólicos Eutróficos típicos e Cambissolos Hápicos Ta Eutróficos lépticos ou vertissólicos na MH, porque são característicos das regiões áridas e semiáridas.

O uso do sistema também tem sido condicionado pelas suas especificidades ambientais, para tanto não há ocupação de seus espaços por moradias, tendo em vista as limitações geomorfológicas. O uso antrópico centra-se basicamente no desenvolvimento da

pecuária extensiva de corte e agricultura de sequeiro, com a utilização de práticas de manejo e instrumentos rudimentares. Isto, por sua vez, causa a degradação ambiental e acentua o quadro de semiaridez e pobreza da área.

Com base nos tópicos anteriores, a MH do riacho Carrapateiras possui diversos segmentos degradados, alguns desprovidos até de vegetação. Certamente, os elementos ambientais mais impactados são os solos. Estes sofreram e sofrem expressivamente com os efeitos erosivos, com diferentes intensidades, e com o pisoteio de animais, que tem fomentado a diminuição de sua porosidade total e o aumento da sua densidade global. Desta maneira, acentuando as condições necessárias para a expansão da erosão nos supracitados e destruição destes recursos naturais que leva de milhares a milhões de anos para serem formados.

A vegetação desponta como o segundo elemento mais degradado da MH e isto ocorre, irregularmente segundo as particularidades florísticas, pedológicas e de acessos para os agropecuaristas. Quando se compara a biodiversidade presente na MH com as levantadas por outros estudos em áreas degradadas da Caatinga nordestina, percebe-se que o sistema aqui estudado detém mais espécies e famílias do que as demais paisagens examinadas pelos estudos listados no quadro 13. .

Todavia, sabe-se que este trabalho levantou espécies vegetais em uma área superior as demais apresentadas pelo quadro 13. Contudo, é visível que as paisagens degradadas apresentam espécies comuns, como *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (catigueira), *Croton sonderianus* Muell Arg. (marmeleiro); *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir (jurema-preta) e *Jatropha molissima* (peão-bravo).

A biodiversidade encontrada não significa que MH não está degradada, afinal as coletas ocorreram um espaço superior a 240 ha e as paisagens mostram sinais claros (homogeneidade fisionômica e dominância de algumas espécies) dos efeitos degradativos, provocados pelos desmatamentos e agropecuária na MH.

Logo, conclui-se que a MH do riacho Carrapateiras está degradada irregularmente conforme a localização dos campos agrícolas pretéritos e área onde há maior atuação da pecuária, ovinocultura e caprinocultura extensivas de corte. Mormentemente, apesar da MH ser usada de modo extensivo, a sucessão ecológica secundária passou a prevalecer sobre a degradação, muito embora esta seja expressiva em determinados setores de alguns subsistemas, especialmente onde se fez o T2.

**Quadro 13** – Quadro comparativo entre os levantamentos florísticos desenvolvidos em áreas degradadas da Caatinga com MH do riacho Carrapateiras-Tauá/CE.

<b>Autores</b>	<b>Local</b>	<b>Tipo de Caatinga</b>	<b>Nº. de Famílias</b>	<b>Nº. de Gêneros</b>	<b>Nº. de Espécies</b>	<b>Famílias mais frequentes</b>	<b>Espécies mais frequentes</b>
<b>Costa et al. (2009)</b>	Núcleo de desertificação do Seridó - RN	Caatinga Arbórea-Arbustiva	15	24	31	Euphorbiaceae; Mimosaceae; Apocynaceae e Fabaceae	<i>Croton sonderianus</i> Muell Arg.; <i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.; <i>Mimosa hostilis</i> Benth.; <i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tul.; e <i>Jatropha molíssima</i> (Pohl) Baill.
<b>Santos et al. (2009)</b>	Núcleo de desertificação de Cabrobró (Floresta – PE)	Caatinga Arbustiva Aberta e esparsa	28	X	67	Euphorbiaceae; Poaceae; Cactaceae; Rubiaceae e Malvaceae	<i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tul.; <i>Malvastrum coromandellianum</i> (L.) Gracke.
<b>Trigueiro, Oliveira e Bezerra (2009)</b>	Barra Nova – Tauá/ CE	Caatinga Arbustiva-arbórea	11	X	25	Euphorbiaceae; Fabaceae e Cactaceae	<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.; <i>Cereus jamacarus</i> DC.; <i>Croton sonderianus</i> Muell Arg.; <i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tul.; e <i>Jatropha molíssima</i> (Pohl) Baill.
<b>Gonçalves, Oliveira e Bezerra (2008)</b>	Riachos Cipó e Carrapateiras – Tauá/ CE	Caatinga Arbórea Arbustiva)	15	14	34	Euphorbiaceae; Fabaceae e Cactaceae	<i>Caesalpinia bracteosa</i> Tul.; <i>Croton sonderianus</i> Muell Arg; <i>Combretum leprosum</i> Mart.; <i>Cereus jamacarus</i> DC.; <i>Mimosa hostilis</i> Benth.; <i>Jatropha molíssima</i> (Pohl) Baill.
<b>Souza, Artigas e Lima (2015)</b>	Salgadinho (São Domingos do Cariri - PB)	Caatinga Aberta	6	X	13	Fabaceae, Euphorbiaceae e Cactaceae	<i>Croton sonderianus</i> Muell Arg ; <i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.; <i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tul.; e <i>Jatropha molíssima</i> (Pohl) Baill.
<b>Levantamento desta pesquisa</b>	Tecelão/ Belém – Tauá/ CE	Caatinga Arbórea – Arbustiva	33	10	93	Asteraceae; Euphorbiaceae; Poaceae; Malvaceae e Fabaceae	<i>Sida galheirensis</i> Ulbr.; <i>Setaria tenax</i> (Rich.) Desv.; <i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir; <i>Mimosa Caesalpinifolia</i> Benth.; <i>Senna uniflora</i> (Mill.) H.S. Irwin & Barneby; <i>Croton blanchetianus</i> Baill.; <i>Simsia dombeyana</i> DC.; <i>Poincianella bracteosa</i> (Tul.) L.P. Queiroz

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatou-se que a utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) é a técnica mais eficiente e de menor custo para se obter os dados morfométricos de uma BH. Todavia, o emprego da técnica referida deve ser feita com moderação e constantes checagens de campo, visto que, pelo diminuto tamanho espacial da MH trabalhada, as imagens de satélites acessíveis e o programa utilizado não conseguiam produzir informações precisas. Assim, as imagens de satélites (ASTER e SRTM) foram tratadas pelo SIG para tornar-se mais acuradas e condizentes com a escala trabalhada.

Além disso, prezou-se pela vetorização manual dos limites da MH, dos seus riachos, dos polígonos dos elementos e dos sistemas ambientais, uma vez que, deste modo, foi possível lograr êxito na delimitação da MH, produzir dados morfométricos e polígonos com limites confiáveis. Portanto, o uso do SIG deve ser desenvolvido com cautela e atrelado à realidade de campo, com intuito de evitar distorções e erros grosseiros.

Durante a confecção do material cartográfico, verificou-se que é aconselhável o uso de imagens de satélite com alta resolução espacial, espectral e temporal para o estudo de MH, isto é, dependendo do âmbito estudado. Porém, a obtenção de tais imagens é limitada, em função dos seus custos elevados e da baixa resolução temporal que possuem. Então, os estudos que realizam análises, através de SIG, em áreas pequenas enfrentam grande dificuldades para aferirem resultados confiáveis.

Com relação ao levantamento geológico, cogitou-se que a área de estudo era homogênea e continha apenas três litotipos (anfíbolitos, gnaisses e granitos). Porém, tal perspectiva não foi confirmada, uma vez que foram encontrados seis litotipos (anfíbolitos, anfíbolitos gnaisses, muscovita monzongranitos com granada, meta muscovita quartzo monzonitos, muscovita biotita gnaiss com granada e calcissilicáticas). Por mais que estas rochas sejam as mais abundantes, acredita-se que há outras presentes no embasamento cristalino Pré-Cambriano da MH que não foram estudados, muito embora possam ser variantes das rochas expostas.

Diante dos resultados obtidos, considera-se necessária a ampliação dos estudos geológicos na MH, porque esta assenta-se em uma zona de cisalhamento, cuja distribuição das rochas ainda não é bem conhecida, pela necessidade de conhecer-se profundamente esta dimensão dos sistemas ambientais e pelo fato desta subsidiar a compreensão do soerguimento e formação dos maciços cristalinos locais e regionais.

Acredita-se que o levantamento aludido deve ser realizado por duas técnicas distintas, porém combinadas. O estudo e coletas por transectos e assistemáticas, uma vez que, onde houver pequenas variações a qual a primeira não detecte, a segunda irá identificá-la. Ademais, é imperativo o desenvolvimento de estudos cronológicos, geofísicos e litoestruturais nos âmbitos regionais e locais.

No tocando aos aspectos climatológicos, não foi possível obter dados locais ou de uma série mínima de 30 anos, conforme tradicionalmente utilizada nos estudos climáticos. Primeiramente, porque as estações mais próximas da MH pesquisada estão a 14 km e 30 km, e também por não oferecem dados térmicos, eólicos, solares e outros expostos no segmento climatológico deste trabalho.

Logo, informam somente os dados pluviométricos, isto é, de uma série histórica de 20 a 14 anos e repleta de discontinuidades, ocasionados pelas panes das estações durante meses ou anos seguidos, o que compromete a qualidade e quantidade dos dados. Por isso, prezou-se pela utilização da série histórica de 19 anos da estação automática do INMET de Tauá, que apresentou um problema que comprometeu parte das medições pluviométricas do ano de 2001.

Desta maneira, a ausência de uma estação meteorológica na área de pesquisa desponta como uma dificuldade enfrentada para a realização e compreensão da dimensão climática dos maciços cristalinos secos. Isto porque a MH está localizada em um contexto montanhoso, acima da cota altimétrica de 500 metros, portanto deve apresentar variações pluviométricas e outras em relação ao pediplano, onde está a estação citada.

Assim, sugere-se que seja implantada uma estação automática, na ARIE, que informe a temperatura, pluviosidade, nebulosidade, direção e velocidade dos ventos, bem como aerossóis, evaporação potencial e real para auxiliar no desenvolvimento de estudos climáticos com dados robustos. Tal sugestão deve ser entendida como uma tática para a compreensão do clima local e regional do Ceará, sobretudo no contexto dos maciços cristalinos secos, os quais são os menos pesquisados e intensamente degradados.

Apesar da modesta contribuição que este trabalho deu para o esclarecimento da dimensão geomorfológica de parte da região dos Inhamuns, estes ainda não foram profundamente explorados regional e localmente. As raras pesquisas existentes abordam-nos descritivamente e quase não exploram os eventos tectônicos e denudacionais que os formaram, tampouco estimam sua cronologia. Acredita-se que isso seja provocado pelos

poucos recursos financeiros destinados aos grupos de pesquisas voltados para a temática citada, e também por falta de capital humano, com formação integrada em Geofísica, Geomorfologia e Geologia.

O desenvolvimento de pesquisas científicas no contexto geomorfológico aqui tratado auxilia no entendimento da evolução, morfologia e nos cenários tendenciais do alto curso do rio Jaguaribe. Isto favorece a atualização e proposição de um melhor planejamento e gestão da MH, assegurando a eficiência e sustentabilidade do uso dos recursos naturais pela sociedade, ao passo que fomenta a conservação e compreensão da realidade posta.

Assim, espera-se que este trabalho possa subsidiar a realização de outras pesquisas voltadas também para o âmbito geomorfológico e morfopedológico, uma vez que os dados e informações presentes neste trabalho servem como uma base a ser ampliada ou contestada por outros pesquisadores.

Em relação ao levantamento pedológico, averiguou-se que a área de estudo possui pelo menos seis tipos de solos, cuja maioria possui alta saturação por bases, pouca espessura e oferece limitações físicas para a agricultura, muito embora quimicamente sejam propícios para a atividade referida. Os supracitados têm suas características morfológicas e físico-químicas variantes conforme o tipo de rocha e posição no relevo onde assentam.

Boa parte dos solos da área de pesquisa parecem ser poligenéticos, apesar de somente um táxon apresentar indícios nítidos que comprovam isso (Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos). Não obstante, é salutar que as próximas pesquisas a serem desenvolvidas na área aqui dissertada atentem-se para esta questão de suma relevância, pois explicam parte das gêneses dos solos, das mudanças climáticas, assim como contribuem para o entendimento da evolução geomorfológica da MH. Todos estes aspectos ainda são pouco conhecidos, inclusive os de outros contextos no âmbito regional, por isso faz necessário o fomento e orientação de trabalhos científicos para estes âmbitos.

Os solos têm sido utilizados sem práticas de manejo adequadas, pois os agropecuaristas não possuem conhecimentos sobre técnicas conservacionistas, tampouco são instruídos por técnicos governamentais. Recentemente, quase todos os solos da área de pesquisa são pouco utilizados, com exceção do presente na planície fluvial, dadas as suas condições físico-químicas, proximidade e melhor acesso da fazenda Belém.

Alguns fatores explicam os motivos da baixa utilização dos solos da MH, dentre estes, estão a distância da área em relação às casas dos agropecuaristas, o fato de inexistir um

corpo hídrico perene e com significativa disponibilidade de água para irrigação, não há linhas de transmissão de energia, o acesso ser por meio de veredas (criadas pelo gado ou pelo desmatamento para confecção de cercas) e a falta mão de obra para labutar na terra. Assim, a maior parte da MH é utilizada como um pasto, onde esporadicamente os animais vão se alimentar e/ou como área extrativista de estacas, frutos e ramos de vegetais forrageiros.

A dimensão pedológica da MH foi degradada ao ponto de haver partes desta que não comportam uma vegetação adensada, tendo em vista as acentuadas atuações dos processos erosivos e o aumento da densidade global dos solos. Logo, poucas espécies são capazes de resistir às altas temperaturas, à escassez hídrica e à densidade global limitante para o crescimento radicular.

Com base nos trabalhos de campo, análises morfológicas e físico-químicas dos solos da MH, detectou-se que alguns perfis de solos (P2, P10, S2 e S3) sofreram, substancialmente, com os processos erosivos, de tal modo que tiveram seu horizonte A totalmente erodido. Isto forjou a mudança da classificação taxonômica dos referidos, ou seja, um tipo de solo (Luvisolos) foi convertido em outro (Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos lépticos) devido à ação antrópica, por conta do seu uso sem prática de manejo adequada.

É imperativo que as áreas degradadas sejam recuperadas, porque, caso contrário, a degradação dos solos tende a progredir, mesmo sem a interferência antrópica, causando perdas econômicas, assoreando riachos e açudes, aumentando a perda da biodiversidade e a pobreza sobre esta região. Em adição ao exposto, a recuperação dos solos da MH é uma atividade e temática importante para os estudos voltados para recuperação ambiental no semiárido. Desta maneira, esta ação pode ser empreendida durante a execução de pesquisas experimentais voltas para esta questão.

Com relação aos aspectos florísticos, a técnica de levantamento adotada foi eficiente para obtenção dos resultados. A identificação de 93 espécies, pertencentes a 33 famílias, foi um produto acima do esperado, tendo em vista a degradação ambiental de toda a área da MH. Ademais, poucas foram as pesquisas nordestinas que levantaram este ou mais número de espécies e famílias, possivelmente por inventariarem áreas espaciais menores, com a técnica de parcelas e não abrangerem o estrato herbáceo da Caatinga.

Muito embora se tenha levantado 93 espécies de vegetais, sabe-se que há muito mais a ser catalogado, especialmente as representantes do estrato herbáceo. O período da

quadra chuvosa foi o mais propício para a coleta da maioria dos vegetais presentes na área de estudo. A partir de agosto, poucas são as espécies que possuem folhas ou mesmo floram.

O estrato arbustivo é o dominante sobre as paisagens da MH, e representado pelas seguintes espécies: marmeleiro (*Croton blanchetianus* Baill.), velame (*Croton heliotropiifolius* Kunth) e peão-bravo (*Jatropha mollissima* (Pohl) Baill.). A expressividade deste estrato e espécies é decorrente da degradação das paisagens, ocasionadas pelos desmatamentos e brocagens. Assim, trata-se de uma vegetação secundária e relativamente homogênea no que compete a sua estatura.

O estrato arbóreo é pouco representativo e pontualmente desponta em meio às extensas áreas com vegetais de portes arbustivos. As principais espécies componentes encontradas foram: aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão), ipê amarelo (*Tabebuia* Sp.), emburana de espinho (*Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillet), jucá (*Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz var. *ferrea*), Catingueira (*Poincianella bracteosa* (Tul.) L.P. Queiroz), sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.), jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir), jurema-branca (*Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke), muquem (*Albizia inundata* (Mart.) Barneby & Grimes), angico (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil* griseb altschul), embiratanha (*Pseudobombax marginata* A. St. - Hil.), ameixa (*Ximenia americana* L.) e Juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart). Deste, há maior número de aroeiras, angicos e emburanas e catingueira.

Estas árvores foram poupadas do desmatamento, em virtude de terem valores medicinais, produzirem sombras, configurarem como estoque de madeira e, atualmente, devido à fiscalização e à conscientização ambiental, apesar de terem sido encontrados vários trocos destas espécies que foram cortadas e queimadas há pelo menos dez anos. Vale destacar que a MH comporta a aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão), que é uma espécie ameaçada de extinção. Deste modo, é imperativo a conservação ambiental da MH.

É válido frisar que a maioria das pesquisas que realizaram levantamentos florísticos, no Nordeste e no Ceará, foca no estrato arbustivo e arbóreo da Caatinga, tornando as informações sobre o estrato herbáceo escassas. Sabe-se que, para os fins agropecuários, a compreensão deste estrato é fundamental, por ser o principal responsável pela alimentação/nutrição do gado. Portanto, a produção de conhecimentos deste estrato desponta como ação estratégica para ampliação da eficiência da produção agropecuária, bem como para mitigar a pobreza e a degradação ambiental.

Em relação a isso, a partir das informações etnobotânicas presentes na tabela 1, verifica-se que muitas espécies da Caatinga possuem potencial forrageiro, algumas até mesmo durante a estação seca. Nesta perspectiva, é recomendável a plantação de espécies forrageiras nativas com diferentes fenologias, para salvaguardar o gado dos efeitos climáticos intempestivos, especialmente da seca. Então, os agropecuaristas promovem a conservação ambiental e aumentam a sua produção e renda familiar.

No âmbito biológico, sentiu-se a carência de estudos sobre os líquens, os fungos, os insetos e a fauna da Caatinga, particularmente na região ou proximidade da área aqui tratada. Lamentavelmente, não foi possível fazer levantamentos destas dimensões, tendo em face os objetivos destas pesquisas, as limitações logísticas e temporais. Porém, recomenda-se que sejam feitos trabalhos que identifiquem a fauna, a sua alimentação e delimitem seus habitats, pois os animais estão sendo dizimados, em função da degradação ambiental e pela caça desordenada.

Durante os trabalhos de campo, constatou-se que a MH e a ARIE das Águas Emendadas dos Inhamuns (localizada nos setores limítrofes entre os municípios de Independência, Tauá e Pedra Branca/CE) é parte dos habitats de cassaco (*Didelphis albiventris*), camaleão (*Iguana iguana*), tamanduás-mirins (*Tamandua tetradactyla*), onça-parda (*Puma concolor*), tatus (*Tolypeutes tricinctus*), pebas (*Euphractus sexcinctus*), veados catingueiros (*Mazama Gouazoupira*) e inúmeros outros observados indiretamente por meio de pegadas e fezes nas paisagens em que residem.

Destes animais, os mais ameaçados são as onças pardas, veados, tamanduás e tatus. No caso do primeiro, por comer rebanhos inteiros, já os demais por serem caças e iguarias de alguns habitantes locais. Por isso, é imperativo que o Estado, via políticas públicas, tome as medidas cabíveis para assegurar a vida destes animais, sem ameaçar a qualidade e o estilo de vida das pessoas que dependem destes seres para complementar sua nutrição proteica ou renda familiar.

Quantos aos dados socioeconômicos, percebeu-se que maior parte das pessoas amostradas residem no entorno da MH há pelo menos 19 anos, mais da metade é analfabeta e o nível de escolaridade mais alto detectado foi o 2º grau do ensino médio, em um jovem morador. Além disso, a maioria das pessoas vive com um ou menos salário mínimo por mês, há poucos moradores de sujeição, as maiores dificuldades da área são a falta de água, de serviços, de saneamento e de acesso viário. Além disso, significativa parcela das pessoas

plantava nas encostas ou nas beiras dos rios. Os gêneros agrícolas mais cultivados são o milho, feijão, fava, melancia e jerimum e os agropecuaristas sentem-se felizes em morar e trabalhar no campo.

A MH do riacho Carrapateiras tem sido utilizada, desde 1960, para o desenvolvimento da agricultura de sequeiro, agropecuária e extrativismo vegetal de ramos de vegetais forrageiros e madeira para cercas. Estas atividades foram desenvolvidas principalmente nas vertentes dos interflúvios, onde há solos mais férteis e mais espessos. Porém, as encostas foram gradualmente deixando de ser espaços agrícolas, devido à escassez de chuvas, à falta de mão de obra para labutá-las e à migração de parte dos trabalhadores rurais para a cidade, onde lograram melhores condições de vida.

Com exceção da planície fluvial e da área da nascente do riacho principal do Carrapateiras, todos os espaços da MH não foram mais agricultáveis após 1990. Deste modo, passaram a ser utilizados para fins da agropecuária, ovinocultura e caprinocultura extensivas e de corte. Apesar disso, há setores que passaram por pousio, em razão da criação dos animais dar-se, predominantemente, em outro espaço. Então, esporadicamente, os aludidos são soltos na MH. De todos os espaços, a planície fluvial é a única que ainda vem sendo massivamente utilizada, em função das suas condições edáficas propícias para a agricultura e a criação de gado.

A falta de mão de obra para desenvolver a agropecuária é motivo constante de queixa dos donos das fazendas. Pelo que se observou, isto ocorreu em decorrência de diversos fatores combinados e concomitantes, como: a baixa remuneração que se obtém no campo, as melhorias sociais engendradas durante os últimos dez anos (assistência governamental - bolsa escola e aposentadorias- aperfeiçoamento dos espaços urbanos, facilidade de crédito e acesso aos bens e serviços), o aumento da violência (assaltos) e dos anos estios. Estes fatores foram e são decisivos para o aumento do êxodo rural e o gradual abandono da zona rural, tendo em face as suas limitações logísticas e as estiagens que provocam grandes prejuízos e preocupações.

Uma das formas viáveis para reverter este quadro é incentivar o desenvolvimento da policultura de gêneros que consomem baixa quantidade de água, nutrientes, mão de obras e que sejam valorizados no mercado. Em campo, notou-se que não havia quintais produtivos ou tecnologias permaculturais de aproveitamento da água cinza e branca nas fazendas e estas

eram desperdiçadas. A criação de ovinos e caprinos deve ser alavancada, em detrimento da pecuária, que carece de muita água, matéria e espaços para ser viável.

Destarte, é válido incentivar a maximização do aproveitamento dos recursos naturais, por exemplo, ecoturismo, produção de queijos de cabras e de ovelhas, de mel, de geleias, de frutas nativas, de doces de frutas locais ou exóticas, de chás, de compotas, de sabonetes naturais, de artesanatos de couro e/ou linha, de hortaliças, de ovos e muitos outros.

Para tanto, é salutar investir em tecnológicas de baixo custo (biodigestores, energia alternativa, sistema de tratamento de água, canteiros e outros), em estradas, em capacitação dos agropecuaristas e em marketing. O acompanhamento técnico (economistas, zootecnólogos, agrônomos e outros) dos agrossistemas deve ser uma ação contínua e propositiva, por isso é uma das medidas que deve ser implementada para aumentar a produtividade, reduzir a pobreza, o êxodo rural e mitigar a degradação ambiental.

Não adianta liberar crédito e não acompanhar a atividade econômica alvo do investimento. É necessário motivar, demonstrar como se produz e inova a produção, bem como criar via estratégias de marketing, um mercado sólido para o consumo e valorização dos bens regionais. Portanto, estas são as breves considerações sobre a questão social posta.

Com relação à identificação e à delimitação dos subsistemas ambientais da MH, a metodologia de sobreposição dos mapas é um importante procedimento, porém, muitas vezes, exclui ou agrega determinadas partes dos subsistemas, em função de variações pontuais que possuem, por exemplo, o tipo de uso. Constatou-se que esta técnica deve ser desenvolvida, contudo o modelado e o uso ocupação devem ter maior peso na delimitação das unidades, tendo em vista que são as materializações/produtos dos processos sistêmicos que atuam ao longo do tempo geológico nos espaços geográficos. Portanto, condicionando à formação de elementos e processos singulares nas paisagens.

Diante disso, foram identificados e delimitados seis subsistemas ambientais na MH do riacho Carrapateiras. Estes são dotados de especificidades que condicionaram sua fisionomia e uso social. Constatou-se que, segundo as particularidades dos elementos ambientais, os subsistemas foram mais ou menos utilizados, bem como apresentam capacidades de cargas diferenciadas. A utilização da TGS mostrou-se eficiente no que tange ao entendimento complexo, integrado e funcional dos sistemas postos, entretanto ainda apresenta limitações relacionadas à sua aplicabilidade, visto que não preza pela abordagem

analítica e não indica quais técnicas devem ser empregadas para sua aplicação de modo coerente.

A maioria dos trabalhos consultados não demonstrou seguir o que Bertalanffy (1977) preconiza. Em determinados casos, parecem que nem mesmo leram a obra referida, apesar de citarem-na em suas metodologias. Assim, percebeu-se que a TGS tem sido usada como uma abordagem que preza somente pela integração dos elementos e sistemas ambientais. Ademais, tem-se feito uma verdadeira bagunça metodológica quando a aplicam nas realidades postas, pois não destacam as atuações dos processos, não discutem as inter-relações funcionais e limitam-se a descrever os elementos ambientais de modo estático e reducionista.

Vale destacar que se encontrou poucas pesquisas internacionais que aplicam a abordagem sistêmica em BH, embora isto seja vasto no Brasil. A maioria dos trabalhos que empregam a TGS em suas pesquisas são da Biologia, Administração Ciência da Computação e, no Brasil, a Geografia e a Enfermagem. Atualmente, a teoria citada tem sido contestada por Edgar Morin, o qual tem proposto modificações metodológicas, as quais parecem ser muito pertinentes e revolucionárias. Por isso, aconselha-se que, na realização de outras pesquisas com a TGS, é imperativo consulta das obras do autor citado, a fim de detectar as limitações e potencialidade da teoria aqui empregada.

No tocante à análise da degradação ambiental intraespecífica dos subsistemas, detectou-se que a área do T1 abrange os setores mais conservados dos sistemas ambientais examinados. Isto, pois tal espaço foi relativamente pouco utilizado, devido as suas limitações físicas, como alta pedregosidade, declividade, baixa disponibilidade hídrica e falta de mão de obra. Cabe destacar que, mesmo sendo a área mais conservada, compreende subsistemas que sofrem com a degradação ambiental, logo apresentam as melhores condições em relação às demais, as quais foram e são mais impactadas pelas ações antrópicas.

Já os setores mais degradados estão massivamente concentrados no T2, seguido pelo T4, o qual comporta a parte do topo da serra Lagoa Seca/Coqueiros mais alterada. Os espaços do T2 tiveram maior destaque no que tange a degradação, por terem sido utilizados, durante décadas seguidas, para fins agropecuários, então sofreram intensamente com os desmatamentos, brocagem, erosão dos solos e pisoteio de animais. É um segmento da MH, onde a degradação está impressa na paisagem e visível em imagens de satélites, as quais demonstram os solos expostos, a vegetação espaça e os sulcos erosivos.

A utilização de indicadores biofísicos para analisar as partes dos subsistemas ambientais mais degradados foi exitosa, porém seu emprego deve ser feito com cautela e sempre associado à vivência de campo, pois os referidos podem mascarar a realidade posta, ora superestimando, ora subestimando o fenômeno examinado. É salutar que o pesquisador saiba identificar as áreas mais representativas e destaque que dentro do mesmo contexto, por mais homogêneo que seja, há variações. Assim, o uso de indicadores biofísicos mostrou-se eficiente quando os dados foram correlacionados entre si e com a realidade de campo, pois, sem isso, são artifícios que podem ser usados para construir informações falsas e maniqueístas de uma determinada realidade.

A escolha dos indicadores utilizados para a análise da degradação ambiental interespecífica dos subsistemas mostrou-se também eficiente, porque prezou pelo uso de indicadores biofísicos semelhantes em todos os subsistemas. Indicadores físico-químicos dos solos, por mais que agregassem validade à fundamentação da discussão, não seriam convenientes, pois haveria comparações de características de solos diferentes como se fossem iguais e o fundo de valos e seus cursos fluviais são desprovidos de solos. Portanto, estes não poderiam ser apontados ou refutados como o subsistema mais ou menos degradado.

A planície fluvial foi selecionada como a mais degradada, em virtude do alto grau de alteração que sofreu, sobretudo na sua comunidade vegetal, que foi quase que integralmente desmatada. Atualmente, este subsistema comporta menos espécies vegetais do que foi apresentado nas tabelas e quadros, tendo em vista os desmatamentos recentes.

Com base nos antecedentes, conclui-se que a MH do riacho Carrapateiras encontra-se degradada e que os indicadores biofísicos empregados contribuíram para tal constatação. Ademais, sugere-se que sejam desenvolvidas pesquisas minuciosas e sofisticadas que prezem por indicadores geoquímicos e microbiológicos, por exemplo, para aumentar o poder de compreensão da degradação e recuperação ambiental da MH do riacho Carrapateiras.

## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. **Dossiê Nordeste seco**. São Paulo: USP, 1999. 53p.
- AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159p.
- ABRAHAM, E.; MONTAÑA, E.; TORRES, L. Desertificación e indicadores: posibilidades de medición integrada de fenómenos complejos. **Scripta Nova**. Barcelona- ES, v. X, n. 214, 2006. Disponível em: < <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-214.htm>>. Acessado em: 8 ago. 2014.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. São Paulo: Bertrand Brasil, 1996. 179p.
- ANDRADE, H. *et al.* Pedogeomorfologia e micropedologia de uma sequência Latossolo – Areia Quartzosa Hidromórfica sobre rochas cristalinas do Estado do Amazonas. **Geonomos**, v.5, n. 1, p. 55 – 66, 1997. Disponível em: <[http://www.igc.ufmg.br/geonomos/PDFs/5\\_1\\_55\\_66\\_Andrade.pdf](http://www.igc.ufmg.br/geonomos/PDFs/5_1_55_66_Andrade.pdf)>. Acessado em: 12 jun. 2015.
- ANDRADE, R. G. *et al.* Uso de Técnicas de Sensoriamento Remoto na Detecção de Processos de Degradação de Pastagens. **Engenharia na Agricultura** (Impresso), v. 21, p. 234-243, 2013.
- ANA, Agência Nacional de Águas. **Região hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental**. Disponível em: < <http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/AtlanticoNordesteOriental.aspx>>. Acessado em: 23 maio 2013.
- ALBUQUERQUE, J.A. *et al.* Aplicação de calcário e fósforo e estabilidade da estrutura de um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 27, p. 799-806, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n5/v27n5a04.pdf>>. Acessado em: 27 mar. 2015.
- ALMEIDA, I. C. de S.; SOUZA, M. J. N. de; Convergências e controvérsias conceituais sobre degradação ambiental/ desertificação. **GeoUECE**, v.2, n.3, p. 142-156, 2013.
- ALMEIDA, A. R. de; PARENTE, C. V.; ARTHAUD, M. H. **Itatira – sb. 24-V-B-V, escala 1:100.000**: nota explicativa integrada com Quixeramobim e Boa Viagem. Ceará: UFC/CPRM, 2007. 196p.
- ALMEIDA, F. G. de; PEREIRA, L. F. M. O papel da distribuição e da gestão dos recursos hídricos no ordenamento territorial brasileiro. In: ALMEIDA, F. G. de; SOARES, L. A. A. (Orgs.). **Ordenamento territorial**: coletânea de textos com diferentes abordagens no contexto brasileiro. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p.85- 114.
- ALMEIDA, F. F. M. de; BRITO NEVES, B. B. de; CARNEIRO, C. D. R. The origin and evolution of the South American Platform. **Earth-Science Reviews**.v.50, p. 77 – 111, 2000.

Disponível em:< <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012825299000720>>.  
Acessado em: 21 fev. 2015.

ALVES, J. M. P.; CASTRO, P.T.A. Influência das feições geológicas na morfologia da bacia do Rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geologia**, São Paulo/SP, v. 33, n.2, p. 117-124, 2003.

ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A. de; NASCIMENTO, S. S. de. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**. Mossoró (Brasil), v. 22, n.3, p. 126 – 135, jul./ set., 2009. Disponível em:< <http://200.137.6.4/revistas/index.php/sistema/article/view/560/645>>. Acessado em: 01 maio 2015.

ALTIN, T. B.; ALTIN, B. N. Drainage morphometry and its influence on landforms in volcanic terrain, Central Anatolia, Turkey. **Procedia Social and Behavioral Sciences**. n. 19, p. 732-740, 2011.

AQUINO, C. M. S. de; OLIVEIRA, J. G. B. de. Avaliação de indicadores biofísicos de degradação/desertificação no Núcleo de São Raimundo Nonato, Piauí, Brasil. **Revista Equador**, v. 1, p. 44 – 59, 2012.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal** (UFU), v. 23, p. 66-75, 2007.

ARAÚJO FILHO, J. C. de. Relação solo e paisagem no bioma Caatinga. Simpósio brasileiro de geografia física aplicada, 14., 2011, Recife, PE. **Anais Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Recife, PE: Embrapa Solos, 2011. 23 p.

ARAÚJO, J. C. de. Assoreamento em reservatório do semi-árido: modelagem e validação. **Revista Brasileiro de Recursos Hídricos**. v.8, n. 2, p. 39-56, jun. 2003. Disponível em:< [https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/9210142588c4088d166ac2ec5306e7c3\\_c192853e58309dba434a41918b6b205b.pdf](https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/9210142588c4088d166ac2ec5306e7c3_c192853e58309dba434a41918b6b205b.pdf)>. Acessado em: 30 abr. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15845**: Normas para tratamentos de rochas e revestimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSUNÇÃO, M. *et al.* Complexos convectivos de mesoescalas na América do Sul. In: CAVALCANTI, I. F. A. *et al.* (Org.). **Tempo e clima do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p.181-194.

AZEVEDO, A. C. de; PEDRON, F. de A.; DALMOLIN, R. S. D. A evolução da vida e as funções do solo no ambiente. **Tópicos em Ciências do Solo**. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 1 - 48.

AZEVEDO, A. C. de; VIDAL-TORRADO, P. Esmectita, vermiculita, minerais com hidróxi entrecamadas e clorita In: MELO, V. de F.; ALLEONI, L. R. F. **Química e mineralogia do solo**. v.2. Viçosa- MG: SBCS, 2009. p. 382- 426.

- BARNOSKY, A. D. *et al.* Has the Earth's sixth mass extinction already arrived?. **Nature**. v. 471, p. 51 – 57, mar. 2011. Disponível em: < <http://www.nature.com/nature/journal/v471/n7336/pdf/nature09678.pdf>>. Acessado em: 1 jun. 2015.
- BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. In: **Caderno de Ciências da Terra**, v.13, São Paulo, IGEOG, USP, 1969.
- BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. 3. ed. Petrópolis- RJ: Vozes, 1977. 351p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação dos solos**. 6. ed. São Paulo: Ícone, 2008. 355p.
- BEUCHLE, R. *et al.* Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geography**. n. 58, p. 116 – 127, 2015. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622815000284>>. Acessado em 23 maio 2015.
- BIRKELAND, P. W. **Soil and geomorphology**. 3. ed. New York- USA: Oxford University Press, 1999. 800p.
- BOFF, L. **Ecologia: grito da Terra, grito dos pobres**. 3. ed. São Paulo: Editora Ática, 1999. 341p.
- BOGAN, R. A. J. *et al.* Changes in rainwater ph associated with increasing atmospheric carbon dioxide after the industrial revolution. **Water air pollut**, v. 196, p. 263 -271, 2009. Disponível em: < <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11270-008-9774-0>>. Acessado em: 23 mar. 2015.
- BOLUDA, R.; CARRASCO, C. G.; OLIVEIRA, V. P. V. de. La hidroclimatología e impactos ambientales: degradación ambiental y desertificación (hydroclimatology and environmental impacts: environmental degradation and desertification). **Mercator** (impresa), Fortaleza, v. 4, p. 111-120, 2005.
- BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da; Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p.153-192.
- BRASIL. SUDENE/EMBRAPA. **Levantamento exploratório de reconhecimento de solos do Estado do Ceará**. Recife: Bol. Téc. Nº 28, Série Pedologia, 1973.
- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral (Projeto RadamBrasil). **Mapa geológico - Folhas SB.24 Jaguaribe/SB.25 Natal**. Rio de Janeiro, 1981.
- BRASIL. Ministério Nacional de Minas e Energia (Projeto RadamBrasil). **Mapa de Vegetação - Folhas SB.24 Jaguaribe/SB.25 Natal**. Rio de Janeiro, 1981a.

BRASIL. Lei Nº 6.938, de 31 de ago. de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 31 de ago. 1981b. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/16938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm)>. Acessado em: 14 jun. 2014.

BRASIL. Lei Nº 9.433, de 8 de jan. de 1997. Dispõe sobre a instituição da Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 8 de jan. 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/19433.htm)>. Acessado em: 14 jun. 2014.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Meio Ambiente**. Brasília- DF: Ministério da Educação - MEC, 1997. 167-225p.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre – RS: Bookman, 2013. 686p.

BRITO NEVES, B. B. de. América do Sul: quatro fusões, quatro fissões e o processo acrescionário andino. **Revista Brasileira de Geociências**. v.29, n.3, set, p. 379 – 392, 1999. Disponível em:< <http://rbg.sbgeo.org.br/index.php/rbg/article/viewFile/708/401> >. Acessado em: 02 mai. 2015.

BUTZER, K. W. Environmental history in the Mediterranean world: cross-disciplinary investigation of cause-and-effect for degradation and soil erosion. **Journal of Archaeological Science**. n. 34, p. 1773 – 1800, 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305440305001275>>. Acessado em: 14 maio 2015.

CAPRA, FRITJOV. **O Ponto de Mutação: a ciência, a sociedade e a cultura emergente**. 29. ed. São Paulo: CULTRIX, 2010. p. 452.

CAMARGO, A. L. de B. **Desenvolvimento sustentável: dimensões e desafios**. Campinas-SP: Papyrus, 2003. 160p.

CAVALCANTE, J. C. *et al.* **Mapa geológico do Estado do Ceará**– Escala 1:500.000. Fortaleza: MME/CPRM, 2003.

CARSON, R. **Primavera silenciosa**. Lisboa: Portico, 1962. 359p.

CEARÁ. Conselho de políticas e gestão do meio ambiente – COMPAM. **Governador cria ARIE das Águas Emendadas dos Inhamuns**. Fortaleza, 03 de fev. 2014. Disponível:< <http://www.conpam.ce.gov.br/index.php/sala-de-imprensa/noticias/43936-governador-cria-arie-das-aguas-emendadas-dos-inhamuns>>. Acessado em: 05 fev. 2014.

CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Mapa municipal de Tauá**. Fortaleza: IPECE, 1998. Disponível em:< <http://www.ipece.ce.gov.br/categoria5/municipais/Taua.pdf>>. Acessado em: 27 maio 2015.

CEARÁ. Instituto de Planejamento do Ceará- IPLANCE. **Atlas do Ceará**. Fortaleza: IPLANCE, p. 1997. 56p.

CEARÁ. Secretária dos Recursos Hídricos. **Programa de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca- PAE, CE**. Fortaleza: Ministério do Meio Ambiente, 2010.

CEARÁ. Instituto de Pesquisas e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). **Perfil Básico Municipal de Tauá - CE**. Fortaleza: IPECE, 2014.

CEARÁ. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará- COGERH. **Plano de gerenciamento das águas da bacia do rio Jaguaribe**. Fortaleza: 1999. CD-ROM.

CHAME, M.; BATOULI - SANTO, A. L.; BRANDÃO, M. L. As migrações humanas e animais e a introdução de parasitas exóticos invasores que afetam a saúde humana no Brasil. **Fundamentos**. v.7, p. 48 – 62, 2008. Disponível em:

<<http://www.fundham.org.br/fundamentos7/artigos/1%20marcia%20chame%20e%20cia.pdf>>. Acessado em: 23 mar. 2015.

CHEKE, A. **The Dodo's last island – where did Volkert Evertsz meet the last wild Dodos?** The royal society of arts and sciences of Mauritius. v. 7, p. 7 – 22, 2004. Disponível em: <<http://dodobooks.com/wp-content/uploads/2012/01/Cheke-2004-DodosLastIsland.pdf>>. Acessado em: 26 maio 2015.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: HUCITEC:Ed. da Universidade de São Paulo, 1979. 106p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2.ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1980. p. 65- 121.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, 1981. 313p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Editora Blucher, 1999. 236p.

CHORLEY, R. J. Geomorphology and general systems theory. **Geological survey professional paper 500 b**. Washington: United States Government Printing Office, 1962. 11p.

CIRILO, J. A. *et al.* **O uso sustentável dos recursos hídricos em regiões semi-áridas**. Recife-PE: Ed. Universitária da UFPE, 2007. 508p.

COHEN, J.; CAVALCANTI, I. F. A.; BRAGA, R. H. M.; NETO SANTOS, L. Linhas de instabilidade na costa N-NE da América do Sul. In: CAVALCANTI, I. F. A. *et al.* (Org.). **Tempo e clima do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 76 – 93.

COELHO NETO, A. L. Hidrologia de Encostas na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de base e conceitos**. Ed. 9. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 93-148.

COE, M.; SNOW, D.; BENSON, E. **A América antiga: civilizações pré-colombianas**. Espanha: Folio, 2006. 240p.

CONTI, J. B. O Conceito de Desertificação. **CLIMEP - Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 3, p. 39-52, 2008.

CONTADOR, J. F. L. *et al.* Sensibilidad ambiental a la degradación em Extremadura (España). **Boletín de la Asociaciones de Geógrafos Españoles**. Madrid- ES: Asociaciones de Geógrafos Españoles, n. 53, p. 147-164, 2010.

COSTA, T. C. e C. da *et al.* Análise da degradação ambiental da caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/ PB). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 13, p. 961- 974, 2009. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13s0/v13s0a20.pdf> > . Acessado em: 26 jun. 2015.

COSTA, A. C. S. da; BIGHAM, J. M. Óxidos de ferro In: MELO, V. de F.; ALLEONI, L. R. F. **Química e mineralogia do solo**. v.2. Viçosa- MG: SBCS, 2009. p. 505- 572.

CLAUDINO-SALES, V.; PEULVAST, J. P. Evolução morfoestrutural do relevo da margem continental do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. **Caminhos de Geografia (UFU)**, v. 8, p.2-22, 2007.

CRUZ, R. N. da; CILLO, E. N. P. de. Do mecanicismo ao selecionismo: uma breve contextualização da transição do behaviorismo radical. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**. Vol, 24, n.3, p. 375 – 385, 2008. Disponível em:< [7722008000300015&pid=S0102-37722008000300015&pdf\\_pahttp://www.scielo.br/readcube/epdf.php?doi=10.1590/S0102-th=ptp/v24n3/v24n3a15.pdf](http://www.scielo.br/readcube/epdf.php?doi=10.1590/S0102-37722008000300015&pdf_pahttp://www.scielo.br/readcube/epdf.php?doi=10.1590/S0102-th=ptp/v24n3/v24n3a15.pdf)>. Acessado em: 12 dez.2015.

CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Orgs.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 337-380.

CUNHA, S. B. da. Bacias Hidrográficas. In: CUNHA, S. B. da.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Geomorfologia do Brasil**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. p. 229-271.

CUNHA, S. B. da. Geomorfologia fluvial. In: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 211-252.

CUNHA, T. B. *et al.* Mapeamento e tipologia dos conflitos pela gestão e controle das águas no Estado da Paraíba. **Boletim de Geografia (UEM)**, v. 30, p. 31-43, 2012.

DANA, J. D. **Manual de Mineralogia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1974. 354p. 2v.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996. 484p.

DIAS, M. A. F. da S.; SILVA, M. G. A. J. da. Para entender Tempo e Clima. In: CAVALCANTI, I. F. de A. *et al.* **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.p. 15-21.

DENNA, J. **Tudo sobre arquitetura**. Rio de Janeiro: Sextante, 2014. 576p.

DREW, D. **Processos interativos: homem- meio ambiente**. 3. ed. São Paulo: DIFEL, 1986. 224p.

DESCARTES, R. **Discurso do método: regras para a direção do espírito**. São Paulo: Martin Claret, 2003. 144p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Rio de Janeiro - RJ: EMBRAPA – CNPS. Documento 2, 2011. 212p.

EUCLIDES. **Elementos de Geometria**. São Paulo: Edições Cultura, 1944. 216p.

FAUSTO, B. **História concisa do Brasil**. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006. 318p.

FERREIRA, N. J.; RAMÍREZ, M. V.; GRAN, M. A. Vórtices ciclônicos de altos níveis que atuam na vizinhança do Nordeste do Brasil In: CAVALCANTI, I. F. A. *et al.* (Org.). **Tempo e clima do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.p. 43-60.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. da S. Principais Sistemas Atmosféricos Atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima da Região. **Revista Brasileira de Climatologia**. Rio de Janeiro. v. 1, n. 1, 2005. p. 15-28.

FONTES, M. P. F. Intemperismo de rochas e minerais In: KER, J. C. *et al.* **Pedologia: fundamentos**. Viçosa – MG: SBCS, 2012. p. 171 -206.

FOLADORI, G.. TAKS, J. Um olhar antropológico sobre a questão ambiental. **Mana**. v.10, n. 2, p. 323 – 348, 2004. Disponível em:  
< [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-93132004000200004](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-93132004000200004) >.  
Acessado em: 10 maio 2015.

FRANÇA, F. M. C. (Coord.). **Documento referencial do polo de desenvolvimento integrado Baixo Jaguaribe no Estado do Ceará**. Limoeiro do Norte: Workshop sobre Baixo Jaguaribe, 1997.

FRONTIER, S. **Os ecossistemas**. Lisboa – PT: Editora Piaget, 2001. 154p.

FORGIARINI, L. L.; BRAGA, I. F. **Mapa geológico do Estado do Ceará**– Escala 1:100.000. Fortaleza: MME/CPRM, 2011.

FUCHS, M. An assessment of human versus climatic impacts on Holocene soil erosion in NE Peloponnese, Greece. **Quaternary Research**. n. 67, p. 349-356, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0033589406001608>>. Acessado em: 23 jan. 2015.

FUNCEME. FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. **Índice de Aridez do Ceará**. Disponível em: <<http://www.funceme.br/index.php/areas/17-mapas-tem%C3%A1ticos/542-%C3%ADndice-de-aridez-para-o-cear%C3%A1>>. Acessado em 23 maio 2015.

GARIGLIO, M. A. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 368p.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. 6.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. 652p.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Orgs.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 17-56.

GOMBRICH, E. H. **A história da arte**. 16.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015. 688p.

GOMES, R. C.; OLIVEIRA, V. P. V. A Erosão Hídrica nos Solos do Município de Independência - CE. In: SEABRA, G.; MENDONÇA, I. (Orgs.). **Educação ambiental: Responsabilidade para a Conservação da Sociobiodiversidade**. 1. ed. João Pessoa - PB: Editora Universitária da UFPB, 2011, v. 3, p. 970-978.

GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F. **Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola**. Jaguariúna – SP: EMBRAPA, 2006. 8p.

GONÇALVES, A. M. **Estudo do ecossistema da mata ciliar nas sub-bacias dos riachos Cipó e Carrapateiras Tauá- CE**. 2003. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, 2003.

GONÇALVES, A. M.; OLIVEIRA, V. P. V. de; BEZERRA, C. L. F. Estudo Fitoecológico da Mata Ciliar nas Sub-bacias dos Riachos Cipó e Carrapateiras no Município de Tauá - Ceará. **Mercator**, Fortaleza, v. 7, p. 133-147, 2008.

GONÇALVES, E. G.; LORENZI, H. **Morfologia vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares**. 2.ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2011. p. 5- 68.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: a hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geol Soe. Am. Bull.**, v.56, n.3, p.275-370, 1945.

HARPER, J. L. et al. The shapes and sizes of seeds. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.1, p.327-356, 1970.

HILL, J. *et al.* Mediterranean desertification and land degradation Mapping related land use change syndromes based on satellite observations. **Global and planetary change**. n. 64, p.146 – 157, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921818108001252>>. Acessado em: 1 junho 2015.

HONG, S. *et al.* Greenland ice evidence of hemispheric lead pollution two millennia ago by Greek and Roman Civilizations. **Science**. v. 265, n. 5180, set., p. 1841 – 1843, 1994. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/content/265/5180/1841.short>>. Acessado em: 20 mar. 2015.

HOLDAWAY, R. N.; JACOMB, C. Rapid extinction of the Moas (Aves: dinornithiformes): model, test, and implications. **Science**, v. 287, n. 5461, p. 2250 – 2254, mar., 2000. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/content/287/5461/2250.abstract>>. Acessado em: 13 maio 2015.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, v.1, Escala 1:500.000, 1981.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual de recursos naturais e estudos ambientais**. Rio de Janeiro: IBGE, 1998. 306p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2. ed. **Manual de técnico de pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 316p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. 219p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Balanco Hídrico**. 2015.

Disponível em:

<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=agrometeorologia/balancoHidricoClimatico>>.

Acessado em: 24 maio 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Dados pluviométricos e de temperatura de Tauá**. 2015. Disponível em:

<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acessado em:

24 maio 2015.

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change**

**2014**. p. 1- 151, 2014. Disponível em:<[http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full.pdf)>. Acessado em: 21 maio 2015.

JATOBÁ, L.; LINS, R. C. **Introdução à Geomorfologia**. 5. ed. Recife - PE: Bagaço, 2008.

JACOMINE, P. K. T. A nova classificação brasileira de solos In: **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 5 e 6, p. 161 – 179, 2008. Disponível

em:< <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/19350/1/Jacomine.pdf>>. Acessado em: 23 mar. 2015.

JENNY, H. **Factors of soil formation: a system of quantitative pedology**. New York – EUA: Dover Publications, INC, 2005. 271p.

JOHNSON, C. N.; WROE, S. Causes of extinction of vertebrates during the Holocene of mainland Australia: arrival of the dingo, or human impact? **The Holocene**. n. 13, v. 6, p. 941 – 948, 2003. Disponível em: <<http://hol.sagepub.com/content/13/6/941.abstract>>. Acessado em: 12 jan. 2015.

KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (Pedogênese) In: KER, J. C. *et al.* **Pedologia: fundamentos**. Viçosa – MG: SBCS, 2012. p. 207 – 302.

KÄMPF, N.; CURI, N.; MARQUES, J. J. Intemperismo e ocorrência de minerais no ambiente do solo In: MELO, V. de F.; ALLEONI, L. R. F. **Química e mineralogia do solo**. Viçosa-MG: SBCS, 2009. v.2. p. 333- 379.

KARMANN, I. Água: ciclo e ação geológica. In: TEIXEIRA, W. *et al.* **Decifrando a Terra**. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 186-209.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Clima da Região Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. de A. *et al.* **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 213- 233.

KIILL, L. H. P.; MARTINS, C. T. de V. D.; SILVA, P. P. da. **Morfologia e dispersão dos frutos de espécies da Caatinga ameaçadas de extinção**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2012. 20p.

KING, L. C. A. Geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**. n. 2, Rio de Janeiro: IBGE, 1956. v.18. p. 147 – 266.

KOCH, P. L.; BARNOSKY, A. D. Late Quaternary Extinctions: State of the Debate. **Annual review of Ecology, evolution, and systematics**. v. 37, p. 215-250, 2006. Disponível em:<<http://ib.berkeley.edu/labs/barnosky/Koch%20%20and%20Barnosky%202006.pdf>>. Acessado em: 13 fev. 2015.

LAIA, M. C; MARIONA, M. I.; CARLA, P.P. **Estudi de l'impacte ambiental i socioambiental al camp de dunes de Cumbe, afectat pel Parc Eòlic Aracati (Ceará, Brasil)**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universitat Autònoma de Barcelona: Barcelona, Espanha, 2012. 134p.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo- SP: Oficina de Textos, 2009. 423p.

LAVOR, T. Seca no Ceará é a pior dos últimos 55 anos e atinge 96% do estado. **O globo**, Rio de Janeiro, 24 agosto 2014. Disponível em:< <http://oglobo.globo.com/brasil/seca-no-ceara-a-pior-dos-ultimos-55-anos-atinge-96-do-estado-13713196>>. Acessado em: 06 ago. 2014.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 320p.

LEPSH, I. **19 lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 456p.

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

LIMA, I. M. de M. **Caracterização geomorfológica da bacia hidrográfica do Poti**. 1982. 106 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1982.

LIMA, J. R. de (Coord.). **Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação**. 3.ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, [200-?], 167p.

LIMA, A. G. A bacia hidrográfica como recorte de estudos em Geografia Humana. **Geografia** (Londrina), v. 14, p. 173-183, 2005.

LIMA, A.A.C.; OLIVEIRA, F.N.S.; AQUINO, A.R.L. de. **Limitações do uso dos solos do Estado do Ceará por suscetibilidade à erosão**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 19p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 54).

LIMA, M. D. V. de; RONCAGLIO, C. Degradação socioambiental urbana, políticas públicas e cidadania. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**. n. 3, p. 53-63, jan/jun., 2001. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/made/article/viewFile/3028/2419>>. Acessado em 12 maio 2015.

LOIOLA, M. I. B.; ROQUE, A. A.; OLIVEIRA, A. C. P.. Caatinga: Vegetação do semiárido brasileiro. **Ecologi@** - Revista Online da Sociedade Portuguesa de Ecologia, v. 4, p. 14-19, 2012.

LOPES, H.L. *et al.* Parâmetros biofísicos na detecção de mudanças na cobertura e uso do solo em bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** (Impresso), v. 14, p. 1210-1219, 2010.

LOPES, H. L. *et al.*. Modelagem de parâmetros biofísicos para desenvolvimento de algoritmo para avaliação e espacialização de risco a desertificação. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 15, p. 652-668, 2009.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 1. ed. São Paulo: DeZ Computação Gráfica e Editora, 2004. 423p.

MAIA, R. P. Origem e evolução natural do Baixo Jaguaribe – Ceará. In: SILVA, J. B. da; DANTAS, E. W. C.; ZANELLA, M. E.; MEIRELES, A. J. de A.(Orgs.) **Litoral e sertão: natureza e sociedade no Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006. 251- 266p.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F.H.R. Neotectônica, geomorfologia e sistemas fluviais: uma análise preliminar do contexto Nordestino. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v.12, n.3,

p.37 – 46, 2011. Disponível em:

<<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/257/191>>. Acessado em: 26 jun. 2015.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Tectônica pós-miocênica e controle estrutural de drenagem no rio Apodi-Mossoró, nordeste do Brasil. **Boletim de Geografia** (Online), v. 31, p. 57-68, 2013.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Condicionamento estrutural do relevo no Nordeste setentrional brasileiro. **Mercator**. v.13, n.1, p. 127 – 141, jan./abr., 2014. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/mercator/v13n1/1676-8329-mercator-13-01-0127.pdf> >. Acessado em: 01 jun. 2015.

MACHADO, P. J. de O.; TORRES, F. T. P. **Introdução à hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 178p.

MARUYAMA, S. **Aquecimento global?** São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 125p.

MATALLO JUNIOR, H. A desertificação no Mundo e no Brasil. In: SCHENKEL, C. S.; MATALLO JUNIOR, H. (Orgs.). **Desertificação**. Brasília: UNESCO, 2003. p. 9 – 25.

MATALLO JUNIOR, H.(Org.). **Glossário de termos e conceitos usados no contexto da UNCCD**. Brasília: ministério do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2009. 154p.

MATA-LIMA, H. *et al.* Impactos dos desastres naturais nos sistemas ambiental e socioeconômico: o que faz a diferença?. **Ambiente & Sociedade** (Online), v. 16, p. 45-64, 2013.

MAZOYER, M. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. São Paulo: Editora UNESP, Brasília, DF: NEAD, 2010. 568p.

MARTINS, R. H. **Hidroterritórios: os territórios da água no Córrego Sossego – Itarana/ ES**. 2013. 80f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, 2013.

MAZENC, B.; SANCHEZ, M.; THIERY, D. Analyse de l'influence de la physiographie d'un bassin versant sur les paramètres d'un modele hydrologique global et sur les débits caractéristiques à l'exutoire. **Journal of Hydrology**, n.69, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, p. 97-118, 1984.

MEDEIROS, P. S. C. de. *et al.* Caracterização e classificação de solos graníticos em toposequência na região Sul do Brasil. **Revista Ciência Rural** – Santa Maria. v. 43, n.7, p. 1210 – 1217, jan. 2013. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n6/35.pdf>>, Acessado em: 12 jul. 2015.

MEIRELES, A. J. A. Danos socioambientais originados pelas usinas eólicas nos campos de dunas do Nordeste brasileiro e critérios para definição de alternativas locais. **Confins** (Paris), v. 11, p. 1 – 23, 2011.

MEIRELES, A. J. A. *et al.*. Impactos ambientais decorrentes das atividades da carcinicultura ao longo do litoral cearense, nordeste do Brasil. **Mercator** (UFC), v. 12, p. 83-106, 2007.

MELO, E. T. A microbacia hidrográfica como unidade de planejamento ambiental: uma proposta para o semi-árido do Brasil. In: SAMPAIO, L. F.; SOUSA NETO, M. F. de; LIMA, A. E. F. *et al.* (Orgs.). **Diálogos sobre sociedade, natureza e desenvolvimento**. Fortaleza: Edições UFC, 2009. p. 133-144.

MELO, B. C. de M.; CAVALCANTI, I. F. de A.; SOUZA, P. P. Zona de convergência intertropical do Atlântico. In: CAVALCANTI, I. F. de A. *et al.* **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 25 – 41.

MELLO, J. W. V. de; PEREZ, D. V. Equilíbrio químico das reações no solo In: MELO, V. de F.; ALLEONI, L. R. F. **Química e mineralogia do solo**. v.2. Viçosa- MG: SBCS, 2009. p. 151 - 249.

MELO, E. T.; SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J. G. B.. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús-Ce. **RA'E GA: o Espaço Geográfico em Análise**, v. 23, p. 520-533, 2011.

MIETH, A.; BORK, Hans-Rudolf. History, origin and extent of soil erosion on Easter Island (Rapa Nui). **Catena**. v.63, p. 244 – 260, 2005. Disponível em: <[http://www.agronomia.uchile.cl/web/manuel\\_casanova/conservacion/2009/pc2%20cons%202009/mag%206%20pascua.pdf](http://www.agronomia.uchile.cl/web/manuel_casanova/conservacion/2009/pc2%20cons%202009/mag%206%20pascua.pdf)>. Acessado em: 9 fev. 2015.

MIETH, A.; BORK, HANS-RUDOLF. Diminution and degradation of environmental resources by prehistoric land use on Poike peninsula, easter island (Rapa Nui). **Rapa Nui journal**. v.17, n. 1, p. 34 – 41, 2003. Disponível em: <[http://www.agronomia.uchile.cl/web/manuel\\_casanova/conservacion/2009/pc2%20cons%202009/mag%206%20pascua.pdf](http://www.agronomia.uchile.cl/web/manuel_casanova/conservacion/2009/pc2%20cons%202009/mag%206%20pascua.pdf)>. Acessado em: 12 fev. 2015.

MIETH, A.; BORK, Hans-Rudolf; FEESER, I. Prehistoric and recent land use effects on Poike peninsula, Easter Island (Rapa Nui). **Rapa Nui journal**. v. 16, n. 2, p. 89 - 95, 2002. Disponível em: <[http://islandheritage.org/wordpress/wp-content/uploads/2010/06/RNJ\\_16\\_2\\_Mieth\\_Bork\\_Feaser.pdf](http://islandheritage.org/wordpress/wp-content/uploads/2010/06/RNJ_16_2_Mieth_Bork_Feaser.pdf)>. Acessado em: 12 fev. 2015.

MILLER, G. H. *et al.* Pleistocene Extinction of *Genyornis newtoni*: Human Impact on Australian Megafauna. **Science**. v. 283, n. 5399, p. 205 – 208, jan. 1999. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/content/283/5399/205>>. Acessado em: 12 mar. 2015.

MOLION, L.C.B.; BERNARDO, S. O. Dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. In: XI congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000, Rio de Janeiro. **Anais do XI CBMET**. Rio de Janeiro, RJ: SBMET, 2000.

MONTEIRO, C. A. de F. **Geossistemas: a história de uma procura**. 2. ed. São Paulo- SP: Contexto, 2001. 127p.

MOTA, J. C. A.; FREIRE, A. G.; ASSIS JÚNIOR, R. N. de. Qualidade física de um Cambissolos sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.37, p. 1196 – 1206, 2013. Disponível em: <<http://www.sbc.org.br/wp-content/uploads/2013/11/09-247.pdf>>. Acessado em: 12 maio 2015.

MORIN, E. O sistema: paradigma ou/e teoria?. In: **Ciência com consciência**. Trad. por Maria D. Alexandre e Maria A. Araripe de S. Doria. 15.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013a. p. 257 -276.

MORIN, E. **A via para o futuro da humanidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013b. 392p.

MORIN, E. A antiga e a nova transdisciplinaridade. In: **Ciência com consciência**. Trad. por Maria D. Alexandre e Maria A. Araripe de S. Doria. 15.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013c. p. 135 -140.

NIMER, E. Circulação atmosférica do Nordeste e suas consequências: o fenômeno da secas. In: **Revista brasileira de Geografia**. n.2, p.3-12, 1964.

NOVO, E. M. L. de M. Ambientes fluviais. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 219-247.

NOVAES FILHO, J. P. *et al.* Indicativos de descontinuidade litológica de regolitos derivados de granitos em uma microbacia sob floresta Amazônica, em Juruena – MT. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 36, n. 2, mar/apr. P. 317 – 324, 2012.

Nordeste do Brasil teve pior seca dos últimos 50 anos em 2013, diz relatório. **G1**, Rio de Janeiro, 24 mar. 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/natureza/noticia/2014/03/nordeste-do-brasil-teve-pior-seca-dos-ultimos-50-anos-em-2013-diz-relatorio.html>>. Acessado em: 06 set 2014.

ODUM, E. P. **Fundamentos de ecologia**. 6. ed. São Paulo: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004. 901 p.

OLIVEIRA, F. **Elegia de uma re(li)gião**. São Paulo: Paz e Terra, 1977.

OLIVEIRA, V. P. V. de. A problemática da degradação dos recursos naturais no domínio dos sertões do estado do Ceará- Brasil. In: SILVA, J. B. da; DANTAS, E. W. C.; ZANELLA, M.

E.; MEIRELES, A. J. de A. (Orgs.). **Litoral e Sertão: natureza e sociedade no Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Expressões Gráficas, 2006. p.209- 222.

OLIVEIRA, V. P. V. de; PRINTZ, A.; SCHMIDT, S.; BEZERRA, C. L. F. Sustainability of Natural Resource use in the Municipality of Tauá. In: GAISER, T.; KROL, M.; FRISCHKOM, H. ARAÚJO, J. C.; GRAEF, F. (Org.). **Global Change Regional Impacts**. Berlin: Spring-Verlag, 2003. p. 305-322.

OLIVEIRA, A. C. de A.; COSTA, J. de J.; SOUZA, R. M. e; Field Checklists como Metodologia para Avaliação Biofísica de Sistemas Ambientais. **Scientia Plena**, v. 3, p. 96-106, 2007.

OLIVEIRA, L. B. de. *et al.* Morfologia e classificação de Luvisolos e Planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semiárido do Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira Ciência do Solo*. v. 33, p. 1333 – 1345, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n5/v33n5a26.pdf>>. Acessado em: 23 maio 2015.

OLIVEIRA, G. Sem chuva, interior de São Paulo vive pior seca em 70 anos: situação impede a navegação até de barcos de pescadores; hidrovía demite três mil. **O globo**, Rio de Janeiro, 07 agosto 2014. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/brasil/sem-chuva-interior-de-sao-paulo-vive-pior-seca-em-70-anos-13517020>. Acesso em: 06 ser. 2014.

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

OLIVEIRA, J. B. de. **Pedologia Aplicada**. 4. ed. Piracicaba - SP: FEALQ, 2011. 592p.

ORTEGA, D. J. P.; CARVALHO, S. L.; RODRIGUES, A. L. C.. Aplicação do Indicador Ambiental (IQA), para a quantificação da degradação do recurso hídrico da microbacia do Córrego do Ipê (SP). In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves - RS. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Porto Alegre - RS: SBRH, v. 20, 2013. p. 1-8.

PAPAVERO, N; TEIXEIRA, D. M. Os viajantes e a biogeografia. **História, Ciência e Saúde – Maguinhos**. v.7, p. 1015 -37, 2001.

PRADO, H. **Pedologia fácil**. 2.ed. Piracicaba - SP:ESALQ, 2008. 145p.

PEREIRA JUNIOR, E. **Economia política da urbanização da região do Baixo Jaguaribe-CE: dinâmica populacional e novas formas de consumo, emprego e renda**. **Geosul**, Florianópolis, v. 20, n. 40, p 129-146, 2005.

PESSOA, V. M.; RIGOTTO, R. M. Agronegócio: geração de desigualdades sociais, impactos no modo de vida e novas necessidades de saúde nos trabalhadores rurais. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 37, p. 65-77, 2012.

PINHEIRO, R.M. P. **Sub-bacias hidrográficas do alto Jaguaribe (Tauá-CE): vulnerabilidades ante a incidência de degradação /Desertificação**. 2003. Dissertação

(Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, 2003.

PINTO, M. F. *et al.* Quando os conflitos socioambientais caracterizam um território? **Gaia Scientia**. Ed. Especial Pop. Tradicionais, p. 271–288, 2014.

PUMO, D. *et al.* Annual flow duration curves assessment in ephemeral small basins. **Journal of Hydrology**, n. 519, p. 258-270, 2014.

PROWSE, T. A. A. *et al.* No need for disease: testing extinction hypothesis for the thylacine using multi-species metamodels. **Journal of animal Ecology**. v. 82, p. 355 – 364, 2013.

QUEIROZ, N. Seca na Amazônia em 2010 foi a mais severa em 100 anos. **Veja**, São Paulo, 04 fev. 2011. Disponível em:< <http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/menor-seca-da-historia-atinge-a-amazonia>>. Acessado em: 03 set. 2014.

RAUBER, D.; CRUZ, J. C. Gestão de recursos hídricos: uma abordagem sobre os Comitês de Bacia Hidrográfica. **Revista paranaense de desenvolvimento**, Curitiba, v. 34, n. 125, p. 123-140, 2013.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. **Tópicos em Ciências do solo**. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 59 – 134.

RODRIGUEZ, J. M. M. SILVA; SILVA, E. V. da. A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. **Revista Mercator**. Fortaleza: Revista impressa, 2002.

ROTTA, E.; CARVALHO, L. C. de.; BELTRAMI, M. Z. **Manual de prática de coleta e herborização de material botânico**. Colombo - PR: Embrapa Floresta, 2008. 31p.

ROMERO, R. E.; FERREIRA, T. O. Morfologia e classificação dos solos predominantes no semiárido cearense. In: ANDRADE, E. M. de; PEREIRA, O. J. DANTAS, F. E. R, (Orgs.). **Semiárido e o manejo dos recursos naturais: uma proposta de uso adequado do capital natural**. Fortaleza: Imprensa universitária, 2010.p. 24 -55.

RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. de S. B.; FIGUEIREDO; M. A. (Orgs.). **Manual sobre métodos de estudo florístico e fitossociológico: ecossistema caatinga**. Brasília- DF: SB, 2013. p.25.

RODRIGUES, A.; BRENHA, H. Seca já faz 1/5 das cidades do país decretar emergência ou calamidade. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 06 de setembro de 2014. Disponível em:< <http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2014/09/1511949-seca-faz-15-das-cidades-do-pais-decretar-emergencia.shtml>>. Acessado em: 06 set. 2014.

ROSÁRIO, do L. **Indicadores de desertificação para Portugal Continental**. Lisboa: Editideias – edições e produção, 2004. 59p.

ROSS, J. L. S. MOROZ, I. C. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**. v. 10, p. 41- 56, 1995.

ROSS, J.L.S. **Ecogeografia do Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2006. p. 208.

SAADI, A.; TORQUATO, J.R. Contribuição à neotectônica do Estado do Ceará. **Revista de Geologia**. Fortaleza – CE: UFC, p. 5-38. 1993.

SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAÚJO, M.S.B.; SAMPAIO, Y. Impactos ambientais da agricultura no processos de desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 22; p.93-117, 2005.

SANTOS, R. D. dos. *et al.* **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6. ed. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013.

SANTOS, H. G. dos. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília- DF: EMBRAPA, 2013a.

SANTOS, M. de F. A. V. *et al.* Diversidade e densidade de espécies vegetais da caatinga com diferentes graus de degradação no município de Floresta, Pernambuco, Brasil. **Rodriguésia**. v. 60, n. 2, p. 389 – 402, 2009.

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

SANTOS, L. A. de C. Um século de Cólera: itinerário do medo. **Physis (Revista de Saúde Coletiva)**. v. 4, n.1, p. 79 – 110, 1994.

SÁNCHEZ, L. E. Conceitos e definições. In: SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impactos ambientais: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 17-42.

SANJAUME, M. S.; VILLANUEVA, R. J. B. **Teoría y método em geografía física**. España: Editorial Síntesis, 1996. p. 67-89.

SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J. G. B. de. Análise da degradação ambiental no núcleo de desertificação de Irauçuba. In: SILVA, J. B. da; DANTAS, E. W. C.; ZANELLA, M. E.; MEIRELES, A. J. de A. (Orgs.). **Litoral e Sertão: natureza e sociedade no Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Expressões Gráficas, 2006. p.223- 232.

SCHAETZL, R. ANDERSON, S. Weathering In: SCHAETZL, R. ANDERSON, S. **Soil: genesis and geomorphology**.Cambridge – UK: Cambridge University Press, 2005. p. 226 – 236.

SEN, A. **Desenvolvimento como liberdade**. São Paulo: Companhia das Letras, 2010. 461p.

SILVA, L. C. da. *et al.* Reavaliação da evolução geológica de terrenos pré-cambriano brasileiros com base em novos dados U-Pb SHRIMP, I:limite centro-oriental do Cráton São

Francisco na Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 32, n.4, p. 501-512, 2002.

SILVA, V. B. da; CRISPIM, J. de Q. Um breve relato sobre a questão ambiental. **Rev. Geomae**. v. 2, n. 1, p. 163-175, 2011. Disponível em: < [http://www.fecilcam.br/revista/index.php/geomae/article/viewFile/30/pdf\\_24](http://www.fecilcam.br/revista/index.php/geomae/article/viewFile/30/pdf_24)>. Acessado em: 23 junho 2015.

SILVA, J. M. C. da. *et al.* Caatinga. In: Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros. Brasília- DF: MMA/SBF, 2002. p.113- 174.

SILVA, A.C. da C. S. *et al.* Síndromes de dispersão de Angiospermas em uma unidade de conservação na Caatinga, SE, Brasil. **Hoehnea**. v. 40, n. 4, p. 601 – 609, 2013. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/hoehnea/v40n4/03.pdf> >. Acessado em: 6 maio 2015.

SILIOTTI, A. **Antigo Egito**. Espanha: Folio, 2006. 288p.

SIQUEIRA, R. de M. B.; SILVA, G. G. H. A bacia hidrográfica como unidade de estudo e funcionamento dos ecossistemas fluviais. **Boletim da Associação Brasileira de Limnologia**. n. 39, 2011. p.1-15.

SOTCHAVA, V. B. O estudo de geossistemas. **Caderno do Instituto de Geografia – USP**. São Paulo: Ed. Lunar, 1977. 49p.

SODRÉ, N. W. **Introdução a Geografia: Geografia e Ideologia**. 3. ed. Petrópolis- RJ: Vozes, 1982.

SOARES, Z. M. L. *et al.* Estudo da cobertura vegetal e do uso da terra nos municípios inseridos no Programa de Conservação e Gestão Sustentável do Bioma Caatinga, utilizando Imagens CBERS 2. In: **XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR**. CURITIBA: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais -INPE, 2011. p. 1940-1946.

SOUSA, M. L. M. de. *et al.* Aspectos do uso e ocupação da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, Ceará: breves reflexões. In: **III Workshop Internacional sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas**, 2011, Fortaleza. III Workshop Internacional sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas, 2011. v. 1. p. 508-519.

SOUSA, M. L. M. de. **Diagnóstico geoambiental da sub-bacia hidrográfica do rio Figueiredo, Ceará**: subsídios ao planejamento ambiental. 2012. 144f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

SOUSA, F.P. *et al.* Carbon and nitrogen in degraded Brazilian semi-arid soils undergoing desertification. **Agriculture, Ecosystems & Environment** (Print), v. 148, p. 11-21, 2012.

SOUZA, M. J. N. de. *et al.* **Contexto geoambiental das bacias hidrográficas dos rios Acaraú, Curú e Baixo Jaguaribe – Estado do Ceará.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2005. 50p.

SOUZA, M. J. N. de. A problemática ambiental: cenários para o bioma da caatinga no Nordeste do Brasil. In: SILVA, J. B. da; LIMA, L. C.; DANTAS, E. W. C. (Orgs.). **Panorama da geografia brasileira II.** São Paulo: Annablume, 2006. p.119-136.

SOUZA, M. S. Ceará: Bases de fixação do povoamento e crescimento das cidades. In: José Borzacchiello da Silva; Tércia C. Cavalcante; Eustógio Wanderley Correia Dantas. (Org.). **Ceará: Um Novo Olhar Geográfico.** Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007a. p. 13-31.  
SOUZA, J. M. N. de; OLIVEIRA, V. P. V. de. Análise Ambiental - Uma Prática da Interdisciplinaridade no ensino e na Pesquisa. **Rede: Revista Eletrônica do Prodemá**, v. 7, p. 42-59, 2011.

SOUZA, M. J. N. de; SANTOS, J. O.; OLIVEIRA, V. P. V. de. Sistemas ambientais e capacidade de suporte na bacia hidrográfica do rio Curu - Ceará. **Revista Continentes (UFRRJ)**, v. 1, p.119-143, 2012.

SOUZA, M. J. N. de; OLIVEIRA, V. P. V. de; Dinâmica das paisagens e degradação ambiental no semiárido do Ceará. In: CORREIA, L. J. de A.; OLIVEIRA, V. P. V. de; MAIA, J. A. **Evolução das paisagens e ordenamento territorial de ambientes interioranos e litorâneos.** Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2015. p. 216 – 228.

SOUZA, B. I. de; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V. de. Caatinga e desertificação. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n.1, p. 131 – 150, jan./abril. 2015. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/viewArticle/1089>>. Acessado em: 27 maio 2015.

STRAHLER, A. N. **Quantitative analysis of watershed geomorphology.** New Haven: Transactions: American Geophysical Union 38, p. 913-920, 1957.

STRAHLER, A. N. Las aguas de escorrentía y de saturación. In: STRAHLER, A. N. **Geografía física.** Barcelona: Ediciones Omega S. A. 1979. p.449-475.

SUERTEGARAY, M. A. (Org.). **Terra: feições ilustradas.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2008. 263p.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 1.222p.

SUDEC. SUPERINTENDENCIA DO DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ. **Levantamento de reconhecimento semidetalhado dos solos da Região dos Inhamuns-Salgado: Ipaumirim.** Fortaleza: SUDEC, 1981. 152p.

STEINKE, E. T. **Climatologia fácil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2012. p. 13- 47.

TEODORO, V. L. I. *et al.* O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista UNIARA**, v. 20, p. 137-156, 2007.

TORRES, A. T. G.; VIANNA, P. C. G. Hidroterritórios: a influência dos recursos hídricos nos territórios do semi-árido nordestino. **Terra Livre**, v. 2, p. 145-162, 2008.

TOLEDO, M. C. M. de; OLIVEIRA, S. M. B. de; MELFI, A. J. Da rocha ao solo: intemperismo e pedogênese. In: TEIXEIRA, W. *et al.* **Decifrando a Terra**. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 210 – 239.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Recursos hídricos no Século XXI**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 328p.

TRAVASSOS, I. S.; SOUZA, B. I. de. Solos e desertificação no sertão paraibano. **Cadernos do Lagepa**. v.6, n.2, p. 101-114, 2011.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977. 91p.

TRIGUEIRO, E. R. da Cunha; OLIVEIRA, V. P. V. de; BEZERRA, C. L. F. Indicadores biofísicos e a dinâmica da degradação/ desertificação no bioma caatinga: estudo de caso no Município de Tauá, Ceará. **Rede**. Fortaleza, v.3, n. 1, p.62-82, 2009.

UNASYLVA. Roma – Itália: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, v. 62, n. 238, 2011. 72p.

USDA, UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Soil Quality test kit guide**. EUA: Soil Quality Institute, 1999. 85p.

VALE, C. C. do. Teoria geral dos Sistemas: histórico e correlação com a Geografia e com o estudo da paisagem. **Entre – Lugar**. Dourados, MS, ano 3, n. 6, p. 85 -108, 2012.

VENDRAMINI, R. Estiagem coloca 983 cidades do Nordeste em situação de emergência. **Jornal do tempo** (UOL), São Paulo, 04 set. 2014. Disponível em:<  
<http://jornaldotempo.uol.com.br/noticias.html/60286/estiagem-coloca-983-cidades-do-nordeste-em-situacao-de-emergencia/>>. Acessado em: 06 set. 2014.

VENTURI, L. A. B. Recurso Natural: a construção de um conceito. **Geosp**, v. 20, p. 9-18, 2006.

VICTORINO, C. J. A. **Planeta água morrendo de sede**: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. 231p.

WILLIAMS, M. Clearing in the deep past In: WILLIAMS, M. **Deforesting the earth**: from prehistory to global crisis. Chicago – EUA: Chicago University, 2003, 3- 57p.

YOSHIDA, C. Y. M. (Org.). **Recursos hídricos**: aspectos éticos, jurídicos, econômicos e socioambientais. v.1 Campinas- SP: Editora Alínea, 2007.168p.

TANSLEY, A. G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. **Ecology**, v. 16, n. 3, p. 284-307, 1935.

YARHAM, R. **Cómo leer paisajes**: Uma guía para interpretar los grandes espacios abiertos. China: H. Blume, 2011. 256p.

ZANELLA, M. E. As características climáticas e os recursos hídricos do Ceará. In: SILVA, J. B. da; DANTAS, E. W. C.; CAVALCANTE, T. C. (Orgs.). **Ceará**: novo olhar geográfico. 2. ed. Fortaleza: Edição Demócrito Rocha, 2007. p.169-188.

ZINCK, J. A. **Geopedologia**: elementos de geomorfologia para estudios de suelos y riesgos naturales. The Netherlands: Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation, 2012. 130p.

## APÊNDICE

### APÊNDICE A – FORMULÁRIO SOCIOECONÔMICO



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE – PRODEMA**  
**PROJETO: ANÁLISE BIOFÍSICA DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DO SISTEMA E**  
**SUBSISTEMAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO CARRAPATEIRA – TAUÁ/ CE**  
**NOME: RAUL CARNEIRO GOMES**  
**ORIENTADORA: PROF.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> VLÁDIA PINTO VIDAL DE OLIVEIRA**

### FORMULÁRIO

#### DADOS SÓCIO-ECONÔMICOS DO MORADOR (\_\_\_\_\_).

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_  
 Tempo residência no local: \_\_\_\_\_. Profissão: \_\_\_\_\_. Escolaridade: \_\_\_\_\_  
 Qual a relação de trabalho que estabelece? ( ) Patrão ( ) Morador de sujeição ( ) Parceiro ( ) Meeiro  
 Como você avalia a profissão de agropecuarista? Por quê? ( ) Ótima ( ) Boa ( ) Regular ( ) Ruim ( ) Péssima  
 \_\_\_\_\_  
 Quantas horas, aproximadamente, você trabalha por dia? ( ) Horas.  
 Possui casa própria? ( ) Sim ( ) Não / ( ) Aluguel ( ) Morador ( ) Outro: \_\_\_\_\_  
 Estado civil: \_\_\_\_\_. Quantidade de filhos: \_\_\_\_\_. Quais os sexos dos filhos: \_\_\_\_\_  
 Qual tua renda mensal aproximada em salário mínimo? ( ) Menos de um salário ( ) Um salário ( ) Dois salários ( )  
 Três ou mais.  
 A tua renda mensal advém somente do trabalho no campo ou você tem outro emprego ligado ao setor de serviços?  
 ( ) Somente agropecuária e produção de laticínios ( ) Agropecuária e diarista ( ) Agropecuarista e empregado da  
 fazenda ( ) Agropecuária, comércio e serviços de transportes ( ) Outros: \_\_\_\_\_  
 Tua renda mensal é suficiente para satisfazer tuas necessidades e de tua família? ( ) Sim ( ) Não  
 Quantas pessoas moram na tua casa? ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5 ( ) 6 ( ) 7 ( ) 8 ( ) \_\_\_\_\_  
 Quantas pessoas residentes na tua casa trabalham? ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5 ( ) \_\_\_\_\_  
 Quantos quartos tem tua casa? ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) \_\_\_\_\_  
 Quantos banheiros há na tua casa? ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) \_\_\_\_\_. Possui algum banheiro fora de casa? Qtos? \_\_\_\_\_.  
 Quantas televisões e geladeiras, respectivamente, você tem em casa? \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
 Teus filhos estudam ou estudaram? Qual seriação cursam? \_\_\_\_\_  
 Onde estudam? \_\_\_\_\_  
 Você possui carro, moto ou bicicleta? ( ) Carro ( ) Moto ( ) Bicicleta ( ) outro: \_\_\_\_\_  
 Teus filhos utilizam transporte escolar? ( ) Sim ( ) Não / Com qual frequência o carro escolar vem à fazenda??  
 \_\_\_\_\_  
 Qual tipo de estrada você utiliza para ter acesso a tua moradia ou aos núcleos urbanos próximos? ( ) Asfalto ( )  
 Calçamentos ( ) Carroçal ( ) Outra: \_\_\_\_\_  
 Como você avalia o teu acesso a unidades de saúde (hospitais e clínicas odontológicas): ( ) Ótimo ( ) Boa ( ) Regular ( )  
 Ruim ( ) Péssima  
 A água que você consome é encanada e tratada? ( ) Sim ( ) Não ( ) Outra: \_\_\_\_\_  
 A tua moradia é atendida por sistema de esgoto sanitário? Se não, que destino tem o esgoto produzido na tua residência?  
 ( ) Sim ( ) Não ( ) Outra: \_\_\_\_\_  
 Você é atendido por sistema de coleta de lixo? Se não, qual a destinação do lixo da tua residência? ( ) Sim ( ) Não  
 ( ) Outra: \_\_\_\_\_

## DADOS SÓCIO-ECONÔMICOS DO MORADOR

Nome: \_\_\_\_\_.

Recebe algum auxílio governamental? ( ) Sim ( ) Não Que tipo? \_\_\_\_\_.

O que você planta e em que meses os cultiva? \_\_\_\_\_.

Em quantos hectares você costuma cultivar tais culturas? \_\_\_\_\_.

Utiliza a beira dos rios e/ou encostas para plantar: ( ) sim ( ) Não \_\_\_\_\_.

Quantas vacas, ovelhas, cabritos e porcos, aproximadamente, você cria? \_\_\_\_\_.

Você já recebeu visita de um técnico em agropecuária ou agrônomo? Se sim, qual instituição e com que frequência?

( ) Sim ( ) Não / ( ) Instituição: \_\_\_\_\_ / Frequência: \_\_\_\_\_.

Em que atividades produtivas você recebe ou recebeu auxílio técnico? \_\_\_\_\_.

Sente necessidade de auxílio de um especialista agropecuário para ajudá-lo? Se sim, por quê? ( ) Não ( ) Sim

/ \_\_\_\_\_.

Segundo o teu entendimento, quais os piores problemas em morar na zona rural?

\_\_\_\_\_.

Você pretende morar na cidade? Por quê? ( ) Sim ( ) Não/

\_\_\_\_\_.

O que você acha que poderia ser feito para melhorar a vida no campo?

\_\_\_\_\_.

Como você avalia tua qualidade de vida? ( ) Ótima ( ) Boa ( ) Regular ( ) Ruim ( ) Péssima

Você se sente feliz em morar aqui? ( ) Sim ( ) Não ( ) Não respondeu

Muito obrigado!

APÊNDICE B – TABELA COM DADOS MORFOLÓGICOS DOS SOLOS DA MH DO RIACHO CARRAPATEIRAS.

Horizonte	Prof (cm)	Cor		Grau	Estrutura		Cerosidade*	Slickenside*	Consistência*	Transição
		Úmida	Seca		Tamanho	Tipo*				
<b>Perfil 1 - CAMBISSOLOS HÁPLICOS Ta Eutróficos vertissólicos</b>										
A	0-15	7.5YR 3/4	7.5YR 2.5/2	M	Muito pequeno	BA	-	Não	D/F/P/LP	PC
Biv1	15-49	10YR 4/4	10YR 3/4	F	Grande/ muito grande	Pr	C/M	Não	MD/EF/MP/Pj	OD
Biv2	49-83	10YR 5/4	10YR 4/4	F	Grande/ muito grande	Pr	C/M	Não	MD/EF/MP/Pj	OD
Biv3	83-111	10YR 4/4	10YR 3/4	F	Grande/ muito grande	Pr	C/M	Não	MD/EF/MP/Pj	OD
CR	111-160+	10YR 6/4	10YR 5/4	M	Média	l	-	Não	LD/F/NP/NPj	O.A
<b>Perfil 2 - CAMBISSOLOS HÁPLICOS Ta Eutróficos Lépticos</b>										
A	0-13	7.5YR 4/3	7.5YR 2.5/3	M	Grande/ muito grande	BA	-	Não	MD/Fr/P/LPj	OC
Biv	13-49	5YR 3/3	5YR 2.5/2	F	Grande/ muito grande	Pr	C/M	Não	ED/Fr/P/Pj	IG
CR	49-100	5YR 4/4	5YR 3/3	M	Grande/ muito grande	BA	P/Fr	Não	MD/Fr/LP/LPj	IG
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 3 - CAMBISSOLOS HÁPLICOS Ta Eutróficos vertissólicos</b>										
A	0 - 20	5YR 3/3	5YR 3/2	F	Média	BA	-	Não	MD/MF/P/LPj	OC
Bi1	20 - 49	2.5YR 3/4	2.5YR 2.5/4	F	Grande/ muito grande	BA	A/Fr	Sim	MD/MF/P/Pj	OD
Bi2	49 - 79	2.5YR 3/4	2.5YR 2.5/4	F	Grande/ muito grande	BA	A/Fr	Sim	ED/F/P/LPj	PD
C	79 - 97	2.5YR 4/6	2.5YR 4/4	F	Média	BA	C/Fr	Não	MD/F/P/LPj	PC
CR	97 - 160	2.5YR 4/6	2.5YR 3/4	M	Média	BA	-	Não	D/F/P/NP	PG
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**LEGENDA**

\*Estrutura: M- moderada; Fr- fraca; F- forte; BA- blocos angulares; BSa- Bloco subangular; Pr- prismática; L- laminar; Ma- maciça; Pa- Paralelepédica e Gr- Granular.

\*Cerosidade: C/M- comum/ moderada; P/Fr- pouco/ fraca; A/Fr- abundante/ fraca; C/Fr- comum/ fraca e A/M- abundante/moderada. \* Slickenside- Slick. \* Consistência: Mc- macia; D- dura; LD - ligeiramente dura; MD - muito dura; ED - Extremamente Dura; Fr- friável; F- firme; MF- muito firme; EF- extremamente firme; NP- não plástica; LP- ligeiramente plástica; P- plástica; MP- muito plástica; NPj- não pegajosa; LPj- ligeiramente pegajosa; Pj- Pegajosa e MPJ- muito pegajosa.

\*Transição: P- plana; O- ondulada; I-irregular; A- abrupta; C-clara; D- difusa e G – gradual.

Horizonte	Prof (cm)	Cor		Grau	Estrutura		Cerosidade*	Slickenside*	Consistencia*	Transição
		Úmida	Seca		Tamanho	Tipo*				
<b>Perfil 4 - NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos típicos</b>										
A	0 - 12	10R 3/3	10R 3/3	M	Média	BA	-	Não	D/F/P/LPj	PC
CR	12. - 31	2.5YR 3/4	2.5YR 3/3	M	Média	BA	-	Não	D/F/LP/LPj	PA
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 5 - NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos típicos</b>										
A	0 - 12	2.5YR 6/2	2.5YR 3/2	M	Grande/ muito grande	BSa	-	Não	D/F/NP/NPj	PA
C	12. - 80+	2.5YR 5/3	2.5YR 4/3	F	Média	BA	-	Não	D/F/NP/NPj	PA
<b>Perfil 6 - NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos típicos</b>										
A	0 - 8	2.5YR 3/3	2.5YR 2/2	Fr	Pequeno	BSa	-	Não	LD/Fr/NP/NPj	PA
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 8 - NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos típicos</b>										
A	0 - 7	10YR 7/4	10YR 4/2	Fr	Média	BA	-	Não	D/F/NP/NPj	PA
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 9 - NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos típicos</b>										
A	0 - 8	7.5YR 4/4	7.5YR 3/2	M	Grande/ muito grande	BA	-	-	D/MF/P/LPj	O.A
CR	8. - 30	5YR 4/3	5YR 3/3	M	Grande/ muito grande	BA	C/Fr	Não	D/F/P/Pj	O.A
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**LEGENDA**

\*Estrutura: M- moderada; Fr- fraca; F- forte; BA- blocos angulares; BSa- Bloco subangular; Pr- prismática; L- laminar; Ma- maciça; Pa- Paralepipédica e Gr- Granular.

\*Cerosidade: C/M- comum/ moderada; P/Fr- pouco/ fraca; A/Fr- abundante/ fraca; C/Fr- comum/ fraca e A/M- abundante/moderada. \* Slickenside- Slick. \* Consistência: Mc- macia; D- dura; LD - ligeiramente dura; MD - muito dura; ED - Extremamente Dura; Fr- friável; F- firme; MF- muito firme; EF- extremamente firme; NP- não plástica; LP- ligeiramente plástica; P- plástica; MP- muito plástica; NPj- não pegajosa; LPj- ligeiramente pegajosa; Pj- Pegajosa e MPJ- muito pegajosa.

\*Transição: P- plana; O- ondulada; I-irregular; A- abrupta; C-clara; D- difusa e G – gradual.

Horizonte	Prof (cm)	Cor		Estrutura			Cerosidade*	Slickenside*	Consistencia*	Transição
		Úmida	Seca	Grau	Tamanho	Tipo*				
<b>Perfil 10 - CAMBISSOLOS HÁPLICOS Ta Eutrófico vertissólicos</b>										
A	0 - 10	5YR 4/4	5YR 3/4	F	Média	BSa	C/ Fr	Não	Mc/F/P/Pj	PG
Biv	10. - 40	2.5YR 4/4	2.5YR 3/4	F	Grande/ muito grande	Pr	A/M	Sim	MD/MF/MP/Pj	PA
C	40 - 76	7.5YR 4/6	7.5YR 3/4	F	Grande/ muito grande	BSa	A/M	Não	MD/MF/P/Pj	OC
CR	76 - 168	2.5Y 6/4	2.5Y 4/4	M	Grande/ muito grande	BSa	-	Não	D/F/NP/NPj	PC
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 11 - NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos típicos</b>										
A	0 - 15	7.5YR 5/6	7.5YR 3/3	M	Média	BA	-	Não	D/F/P/Pj	PA
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 12 - NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta Eutróficos típicos</b>										
A	0 - 21	10YR 5/3	10YR 4/3	Fr	Grande/ muito grande	BSa	-	Não	Mc/Fr/NP/NPj	PD
2C	21 - 92	-	7.5RY 4/3	M	Média	BSa	-	Não	D/F/-/-	PD
3C	92 - 115	-	7.5YR 3/4	M	Grande/ muito grande	BSa	-	Não	D/F/-/-	PD
4C	115 - 128+	-	7.5YR 3/3	M	Grande/ muito grande	BSa	-	Não	D/F/-/-	PD
<b>Perfil 13 - CAMBISSOLOS HÁPLICOS Ta Eutrófico Lépticos</b>										
A	0 - 8	2.5Y 6/3	2.5Y 4/2	M	Grande/ muito grande	BA	-	Não	D/F/NP/NPj	O.A
Bi	8. - 32	2.5Y 6/3	10YR 5/3	M	Grande/ muito grande	BSa	-	Não	D/F/P/LPj	O.A
C	32 - 65	2.5Y 6/3	2.5Y 5/2	M	Grande/ muito grande	L	-	Não	MD/F/LP/LPj	O.A
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**LEGENDA**

\*Estrutura: M- moderada; Fr- fraca; F- forte; BA- blocos angulares; BSa- Bloco subangular; Pr- prismática; L- laminar; Ma- maciça; Pa- Paralepipédica e Gr- Granular.

\*Cerosidade: C/M- comum/ moderada; P/Fr- pouco/ fraca; A/Fr- abundante/ fraca; C/Fr- comum/ fraca e A/M- abundante/moderada. \* Slickenside- Slick. \* Consistência: Mc- macia; D- dura; LD - ligeiramente dura; MD - muito dura; ED - Extremamente Dura; Fr- friável; F- firme; MF- muito firme; EF- extremamente firme; NP- não plástica; LP- ligeiramente plástica; P- plástica; MP- muito plástica; NPj- não pegajosa; LPj- ligeiramente pegajosa; Pj- Pegajosa e MPJ- muito pegajosa.

\*Transição: P- plana; O- ondulada; I-irregular; A- abrupta; C-clara; D- difusa e G – gradual.

Horizonte	Prof (cm)	Cor		Grau	Estrutura		Cerosidade*	Slickenside*	Consistencia*	Transição
		Úmida	Seca		Tamanho	Tipo*				
<b>Perfil 14 - CAMBISSOLOS HÁPLICOS Ta Eutrófico Lépticos</b>										
A	0 - 10	7.5YR 4/6	7.5YR 3/4	F	Grande/ muito grande	BA	-	Não	MD/EF/MP/Pj	O.A
Bi	10. - 25	7.5YR 4/4	7,5YR 3/4	F	Grande/ muito grande	BA	-	Não	MD/EF/MP/Pj	O.A
CR	25 - 60	7.5YR 4/4	7.5YR 3/4	M	Grande/ muito grande	L	-	Não	D/F/NP/NPj	O.A
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 15 - LUVISSOLOS HÁPLICOS Pálicos abrupções</b>										
A	0 - 21	10YR 4/3	10YR 3/2	M	Grande/ muito grande	BA	-	Não	MD/MF/MP/LPj	PA
Btv	21 - 84	10YR 4/4	10YR 4/4	F	Grande/ muito grande	Pr	C/M	Sim	ED/F/MP/MPj	PA
C	84 - 117+	10YR 5/6	10YR 4/6	M	Grande/ muito grande	BA	-	Não	ED/MF/MP/Pj	PC
<b>Perfil 16 - LUVISSOLOS HÁPLICOS Órticos típicos</b>										
A	0 - 8	2.5Y 6/3	2.5Y 4/2	M	Grande/ muito grande	BA	-	Não	MD/F/NP/NPj	PA
Bt	8. - 34	2.5Y 7/4	2.5Y 4/3	F	Grande/ muito grande	BA	-	Não	ED/F/P/LPj	PA
BC	34 - 57	10YR 5/4	10YR 4/4	M	Grande/ muito grande	Pr	-	Não	ED/MF/MP/MPj	PG
CB	57 - 87+	2.5Y 6/4	2.5Y 5/3	M	Grande/ muito grande	L	-	Não	ED/MF/MP/MPj	PG

\*Estrutura: M- moderada; Fr- fraca; F- forte; BA- blocos angulares; BSa- Bloco subangular; Pr- prismática; L- laminar; Ma- maciça; Pa- Paralepipédica e Gr- Granular.

\*Cerosidade: C/M- comum/ moderada; P/Fr- pouco/ fraca; A/Fr- abundante/ fraca; C/Fr- comum/ fraca e A/M- abundante/moderada. \* Slickenside- Slick. \* Consistência: Mc- macia; D- dura; LD - ligeiramente dura; MD - muito dura; ED - Extremamente Dura; Fr- friável; F- firme; MF- muito firme; EF- extremamente firme; NP- não plástica; LP- ligeiramente plástica; P- plástica; MP- muito plástica; NPj- não pegajosa; LPj- ligeiramente pegajosa; Pj- Pegajosa e MPJ- muito pegajosa.

\*Transição: P- plana; O- ondulada; I-irregular; A- abrupta; C-clara; D- difusa e G – gradual.

APÊNDICE C – TABELA COM DADOS DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS SOLOS DA MH DO RIACHO CARRAPATEIRAS

Horiz.	Prof.	Ca	Mg	Na	K	H+Al	Al	S	T	T Ef.	V	m	PST	P	CaCO <sup>3</sup>	C	N	M.O.	CE	PH	
		M	-----cmol.c.kg <sup>-1</sup> -----										-----g.kg <sup>-1</sup> -----		C/N	dS.m <sup>-1</sup>	H <sub>2</sub> O				
<b>Perfil 1 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico vertissólico</b>																					
<b>A</b>	0-15	7,50	7,70	0,15	0,33	2,97	0,20	15,70	18,60	15,88	84,0	1	1	2	10,7	11,58	1,23	19,97	9,0	0,23	6,1
<b>Biv1</b>	15-49	7,00	16,50	0,34	0,18	2,48	0,25	24,00	26,50	24,27	91,0	1	1	1	10,1	4,23	0,43	7,30	10,0	0,17	6,0
<b>Biv2</b>	49-83	8,00	14,00	0,44	0,17	2,31	0,30	22,60	24,90	22,91	91,0	1	2	1	11,2	3,45	0,35	5,95	10,0	0,14	6,2
<b>Biv3</b>	83-111	6,80	15,40	0,65	0,18	1,98	0,30	23,00	25,00	23,33	92,0	1	3	1	9,7	3,40	0,34	5,86	10,0	0,17	6,6
<b>CR</b>	111-160+	7,60	13,10	0,83	0,14	1,32	0,30	21,70	23,00	21,97	94,0	1	4	1	10,8	2,17	0,22	3,74	10,0	0,15	6,8
<b>Perfil 2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico léptico</b>																					
<b>A</b>	0-13	5,70	6,50	0,13	0,54	3,30	0,25	12,90	16,20	13,12	80,0	2	1	3	8,5	11,30	1,24	19,49	9,0	0,23	6,3
<b>Biv</b>	13-49	9,30	12,70	0,28	0,22	2,97	0,25	22,50	25,50	22,75	88,0	1	1	1	12,9	5,07	0,51	8,74	10,0	0,13	6,2
<b>CR</b>	49-100	11,20	26,00	0,58	0,22	2,15	0,40	38,00	40,10	38,40	95,0	1	1	7	15,8	3,01	0,30	5,18	10,0	0,23	6,4
<b>R</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 3 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico vertissólico</b>																					
<b>A</b>	0-20	17,60	6,20	0,15	0,48	2,15	0,20	24,40	26,60	24,63	92,0	1	1	13	24,7	14,87	1,61	25,63	9,0	0,31	6,9
<b>Bi1</b>	20-49	16,50	7,80	0,15	0,13	2,31	0,15	24,60	26,90	24,73	91,0	1	1	4	23,1	7,46	0,76	12,86	10,0	0,21	6,7
<b>Bi2</b>	49-79	16,00	7,60	0,19	0,11	1,98	0,15	23,90	25,90	24,05	92,0	1	1	2	22,6	5,40	0,55	9,31	10,0	0,26	6,9
<b>C</b>	79-97	14,50	10,20	0,23	0,23	1,65	0,10	25,20	26,80	25,26	94,0	0	1	3	20,8	3,56	0,36	6,14	10,0	0,12	7
<b>CR</b>	97-160	16,2	10,8	0,25	0,10	1,65	0,15	27,3	29,0	27,5	94,0	1	1	4	22,9	3,40	0,3	5,86	10,	0,11	7,1
<b>R</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 4 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico</b>																					
<b>A</b>	0-12	11,50	6,50	0,13	0,34	2,15	0,20	18,50	20,60	18,67	90,0	1	1	16	16,1	11,25	1,21	19,39	9,0	0,29	6,8
<b>CR</b>	12-31	11,60	5,40	0,15	0,08	1,65	0,20	17,20	18,90	17,43	91,0	1	1	9	15,9	7,46	0,75	12,86	10,0	0,17	6,9
<b>R</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 5 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico</b>																					
<b>A</b>	0-12	5,80	2,20	0,11	0,55	3,30	0,20	8,70	12,00	8,86	72,0	2	1	9	8,2	16,32	1,72	28,13	9,0	0,29	6,1

Horiz.	Prof. M	Ca	Mg	Na	K	H+Al	Al	S	T	T Ef.	V	m	PST	P	CaCO <sup>3</sup>	C	N	M.O.	CE	PH	
		-----cmol. <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> -----											-----g.kg <sup>-1</sup> -----			C/N	dS.m <sup>-1</sup>	H <sub>2</sub> O			
C	12-80+	6,70	7,20	0,22	0,20	3,30	0,55	14,30	17,60	14,87	81,0	4	1	1	9,4	10,13	1,02	17,47	10,0	0,16	5,6
<b>Perfil 6 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico</b>																					
A	0-8	3,40	2,70	0,35	0,47	3,63	0,50	6,90	10,60	7,42	66,0	7	3	10	4,9	16,93	1,82	29,18	9,0	0,36	5,6
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 8 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico</b>																					
A	0-7	3,40	1,80	0,15	0,78	2,64	0,35	6,10	8,80	6,48	70,0	5	2	13	4,9	16,87	1,85	29,09	9,0	0,44	5,8
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 9 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico</b>																					
A	0-8	9,00	3,00	0,11	0,95	1,65	0,15	13,10	14,70	13,21	89,0	1	1	16	12,6	20,21	2,13	34,85	9,0	0,61	6,9
CR	8-30	6,80	3,00	0,12	0,63	2,31	0,30	10,60	12,90	10,85	82,0	3	1	9	9,7	12,64	1,26	21,79	10,0	0,26	6,4
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 10 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico vertissólico</b>																					
A	0-10	12,60	9,70	0,28	0,38	1,65	0,20	23,00	24,60	23,16	93,0	1	1	2	17,9	6,24	0,66	10,75	9,0	0,64	6,8
Biv	10-40	12,40	11,40	0,48	0,14	2,31	0,35	24,40	26,70	24,77	91,0	1	2	1	17,1	5,18	0,52	8,93	10,0	0,31	6,5
C	40-76	14,60	17,20	1,15	0,14	1,49	0,15	33,10	34,60	33,24	96,0	0	3	1	20,2	3,12	0,32	5,38	10,0	0,65	6,8
CR	76-168+	13,26	11,89	0,52	0,18	1,82	0,05	25,9	27,7	-	93,0	0	1	1	19,7	4,57	0,48	7,87	10,0	0,40	6,6
<b>Perfil 11 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico</b>																					
A	0-15	6,7	3,6	0,13	0,47	2,15	0,2	10,9	13	11,1	84,0	2	1	10	9,4	7,68	0,81	13,25	9,0	0,25	6,4
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 12 - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico</b>																					
A	0-21	5,40	2,10	0,15	0,21	1,16	0,05	7,90	9,00	7,91	87,0	1	2	38	7,6	3,34	0,34	5,76	10,0	0,13	7,1
2C	21-92	4,80	1,80	0,10	0,27	1,16	0,10	7,00	8,10	7,07	86,0	1	1	40	6,9	4,57	0,46	7,87	10,0	0,13	6,9
3C	92-115	5,70	2,50	0,14	0,16	1,32	0,10	8,50	9,80	8,60	87,0	1	1	36	8,1	3,12	0,32	5,38	10,0	0,12	6,8

Horiz.	Prof. M	Ca	Mg	Na	K	H+Al	Al	S	T	T Ef.	V	m	PST	P	CaCO <sup>3</sup>	C	N	M.O.	CE	PH	
		-----cmol. <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> -----										-----%-----		mg.kg <sup>-1</sup>		-----g.kg <sup>-1</sup> -----			C/N	dS.m <sup>-1</sup>	H <sub>2</sub> O
<b>4C+</b>	115-128+	6,70	2,10	0,15	0,19	1,32	0,10	9,10	10,50	9,24	87,0	1	1	24	9,6	5,23	0,54	9,02	10,0	0,45	6,7
<b>Perfil 13 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico léptico</b>																					
<b>A</b>	0-8	2,50	1,20	0,10	0,40	1,16	0,15	4,20	5,40	4,35	78,0	3	2	16	3,7	7,07	0,75	12,19	9,0	0,22	6,3
<b>Bi</b>	8-32	2,30	1,70	0,20	0,12	2,48	0,75	4,30	6,80	5,07	64,0	15	3	1	3,4	4,12	0,43	7,10	10,0	0,08	5,5
<b>C</b>	32-65	4,20	3,60	0,52	0,12	2,31	1,05	8,40	10,70	9,49	78,0	11	5	1	6,0	3,95	0,4	6,82	10,0	0,11	5,9
<b>R</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 14 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico léptico</b>																					
<b>A</b>	0-10	8,70	6,30	0,18	0,24	1,98	0,15	15,40	17,40	15,57	89,0	1	1	6	11,9	8,30	0,91	14,30	9,0	0,17	6,4
<b>Bi</b>	10-25	9,40	7,40	0,27	0,16	2,64	0,30	17,20	19,90	17,53	87,0	2	1	3	12,8	6,57	0,67	11,33	10,0	0,2	6,1
<b>CR</b>	25-60	7,20	6,80	0,24	0,08	1,82	0,65	14,30	16,10	14,97	89,0	4	1	2	10,1	3,68	0,38	6,34	10,0	0,33	5,9
<b>R</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 15 - LUVISSOLO HÁPLICO Pálico abráptico</b>																					
<b>A</b>	0-21	4,60	7,70	0,14	0,16	3,14	0,20	12,60	15,70	12,80	80,0	2	1	1	6,5	9,08	0,97	15,65	9,0	0,14	6,1
<b>Btv</b>	21-84	3,80	16,20	0,52	0,10	2,64	0,40	20,60	23,30	21,02	89,0	2	2	1	5,4	5,90	0,60	10,18	10,0	0,2	6,1
<b>C</b>	84-117+	3,50	24,70	1,17	0,09	0,50	0,20	29,50	30,00	29,66	98,0	1	4	2	5,0	3,01	0,31	5,18	10,0	0,13	7,3
<b>Perfil 16 - LUVISSOLO HÁPLICO Órticos típicos</b>																					
<b>A</b>	0-8	3,50	2,30	0,14	0,43	2,15	0,20	6,40	8,50	6,57	75,0	3	2	3	5,0	9,02	0,96	15,55	9,0	0,22	6,3
<b>Bt</b>	8-34	7,20	4,80	0,25	0,14	2,48	0,55	12,40	14,90	12,94	83,0	4	2	1	9,8	3,45	0,35	5,95	10,0	0,15	5,9
<b>BC</b>	34-57	2,70	2,70	0,15	0,23	1,82	0,25	5,80	7,60	6,03	76,0	4	2	1	3,9	4,62	0,47	7,97	10,0	0,16	5,7
<b>CB</b>	57-87+	6,70	6,10	0,28	0,14	1,98	0,55	13,20	15,20	13,77	87,0	4	2	1	9,5	3,06	0,31	5,28	10,0	0,14	5,9

Horiz.	Prof.	Ca	Mg	Na	K	H+Al	Al	S	T	T Ef.	V	m	PST	P	CaCO <sup>3</sup>	C	N	M.O.	CE	PH	
		-----cmol.kg <sup>-1</sup> -----					-----%-----			mg.kg <sup>-1</sup>		-----g.kg <sup>-1</sup> -----			C/N	dS.m <sup>-1</sup>	H <sub>2</sub> O				
<b>SONDAGENS</b>																					
<b>S1</b>	0-25	2,00	1,50	0,09	0,29	1,49	0,20	3,90	5,40	4,08	72,0	5	2	8	2,9	9,69	1,05	16,70	9,0	0,21	5,9
<b>S2</b>	0-25	6,70	7,30	0,20	0,16	2,31	0,20	14,40	16,70	14,56	86,0	1	1	1	9,4	5,18	0,52	8,93	10,0	0,76	5,7
<b>S3</b>	0-25	12,80	7,60	0,23	0,18	2,64	0,25	20,80	23,50	21,06	89,0	1	1	1	17,4	7,52	0,83	12,96	9,0	0,16	6,1
<b>S4</b>	0-25	4,50	1,50	0,12	0,27	2,31	0,30	6,40	8,70	6,69	73,0	4	1	10	6,2	11,14	1,27	19,20	9,0	0,43	5,6
<b>SN1</b>	0-25	8,80	4,80	0,10	0,52	0,99	0,05	14,2	15,2		93,0	0	1	13	13,2	11,30	1,21	19,49	9,0	19,49	6,4
<b>SN2</b>	0-25	7,20	5,00	0,13	0,38	0,99	0,05	12,7	13,7		93,0	0	1	6	12,5	10,69	1,15	18,43	9,0	18,43	6,4

APÊNDICE D – TABELA DADOS DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DOS SOLOS DA MH DO RIACHO CARRAPATEIRAS, Tauá/CE.

Horiz.	Prof. Cm	Composição Granulométrica g.kg <sup>-1</sup>					Classificação Textural	Grau de Floculação g.100g <sup>-1</sup>	Densidade g.cm <sup>-3</sup>		Unidade g.100g <sup>-1</sup>			Porosidade total %
		Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila Total	Argila Natural			Global	Partícula	0,033 MPa	1,50 Mpa	Água Útil	
<b>Perfil 1 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico vertissólico</b>														
A	0-15	226	321	259	195	108	Franco arenosa	45	1,24	2,53	16,82	11,34	5,47	50,99
Biv1	15-49	166	282	271	282	120	Franco argilosa	57	1,36	2,27	22,01	14,39	7,61	40,09
Biv2	49-83	203	298	259	241	155	Franco argilo arenosa	36	1,35	2,59	20,96	13,10	7,86	47,88
Biv3	83-111	179	301	257	264	156	Franco argilo arenosa	41	1,38	2,59	22,04	13,97	8,07	46,72
CR	111- 160+	375	394	212	20	14	Areia franca	32	1,28	2,61	13,48	10,62	2,85	50,96
<b>Perfil 2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico léptico</b>														
A	0-13	167	413	216	205	148	Franco argilo arenosa	28	1,18	2,52	16,21	10,27	5,94	53,17
Biv	13-49	169	227	260	345	240	Franco argilosa	30	1,27	2,67	22,83	15,56	7,27	52,43
CR	49-100	222	257	339	183	99	Franca	46	1,21	2,41	27,24	18,21	9,03	49,79
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 3 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico vertissólico</b>														
A	0-20	112	339	309	240	105	Franca	56	1,40	2,6	21,99	16,19	5,79	46,15
Bi1	20-49	81	324	309	287	115	Franco argilosa	60	1,40	2,68	21,40	15,4	6,00	47,76
Bi2	49-79	94	283	318	306	252	Franco argilosa	18	1,41	2,54	25,18	18,56	6,62	44,49
C	79-97	92	333	337	238	216	Franca	9	1,31	2,78	24,78	16,46	8,32	52,88
CR	97-160	119	312	318	252	197	Franca	22	1,31	2,66	23,48	16,25	7,23	50,75
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 4 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico</b>														

Horiz.	Prof. Cm	Composição Granulométrica g.kg <sup>-1</sup>					Classificação Textural	Grau de Floculação g.100g <sup>-1</sup>	Densidade g.cm <sup>-3</sup>		Unidade g.100g <sup>-1</sup>		Porosidade total %	
		Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila Total	Argila Natural			Global	Partícula	0,033 MPa	1,50 Mpa		Água Útil
A	0-12	106	379	352	164	108	Franca	34	1,40	2,78	16,12	11,25	4,87	49,64
CR	12-31	104	407	358	132	95	Franca	28	1,49	2,78	15,52	10,41	5,11	46,40
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 5 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico</b>														
A	0-12	278	419	170	134	47	Franco arenosa	65	1,38	2,59	15,15	6,64	8,52	46,72
C	12-80+	204	315	253	229	192	Franco argilo arenosa	16	1,29	2,35	17,92	10,65	7,27	45,11
<b>Perfil 6 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico</b>														
A	0-8	364	379	148	109	69	Franco arenosa	36	1,39	2,63	12,43	4,67	7,76	47,15
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 8 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico</b>														
A	0-7	409	300	167	124	72	Franco arenosa	42	1,45	2,60	14,32	5,30	9,02	44,23
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 9 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico</b>														
A	0-8	264	377	207	152	96	Franco arenosa	37	1,44	2,63	16,09	9,35	6,74	45,25
CR	8-30	266	342	217	175	101	Franco arenosa	42	1,42	2,59	14,35	8,57	5,78	45,17
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 10 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico vertissólico</b>														
A	0-10	226	200	338	236	172	Franca	27	1,22	2,51	19,09	12,84	6,25	51,39
Biv	10-40	150	203	330	318	235	Franco argilosa	26	1,33	2,59	21,80	15,10	6,71	48,65
C	40-76	202	259	336	203	141	Franca	30	1,30	2,46	21,86	13,91	7,95	47,15
CR	76-168+	230	469	230	71	49	Franco arenosa	31	1,31	2,74	13,92	9,86	4,06	

Horiz.	Prof. Cm	Composição Granulométrica g.kg <sup>-1</sup>					Classificação Textural	Grau de Floculação g.100g <sup>-1</sup>	Densidade g.cm <sup>-3</sup>		Unidade g.100g <sup>-1</sup>			Porosidade total %
		Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila Total	Argila Natural			Global	Partícula	0,033 MPa	1,50 Mpa	Água Útil	
<b>Perfil 11 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico</b>														
A	0-15	208	421	240	132	118	Franco arenosa	11	1,41	2,64	13,99	7,61	6,38	46,59
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 12 - NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico</b>														
A	0-21	311	463	137	90	57	Franco arenosa	36	1,40	2,66	7,96	4,17	3,79	47,37
2C	21-92	431	382	112	75	46	Areia franca	38	1,36	2,63	7,34	3,63	3,72	48,29
3C	92-115	375	378	134	114	90	Franco arenosa	21	1,32	2,66	8,28	5,22	3,06	50,38
4C+	115- 128+	19	286	585	110	62	Franco siltosa	44	1,25	2,66	8,16	4,79	3,37	53,01
<b>Perfil 13 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico léptico</b>														
A	0-8	286	446	175	94	83	Franco arenosa	12	1,40	2,62	10,66	3,74	6,93	46,56
Bi	8-32	351	357	159	133	76	Franco arenosa	43	1,48	2,66	11,12	5,00	6,12	44,36
C	32-65	332	375	172	122	112	Franco arenosa	8	1,48	2,65	11,66	6,91	4,75	44,15
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 14 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico léptico</b>														
A	0-10	238	288	285	189	96	Franco arenosa	49	1,32	2,68	14,63	9,81	4,81	50,75
Bi	10-25	248	240	266	246	142	Franco argilo arenosa	42	1,33	2,36	16,21	10,64	5,57	43,64
CR	25-60	314	425	202	59	40	Franco arenosa	32	1,30	2,77	10,98	7,32	3,66	53,07
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Perfil 15 - LUVISSOLO HÁPLICO Pálico abruptico</b>														
A	0-21	210	304	237	249	101	Franco argilo arenosa	59	1,30	2,67	13,78	8,94	4,85	51,31
Btv	21-84	120	173	218	490	302	Argilosa	38	1,28	2,78	20,39	17,57	2,82	53,96

Horiz.	Prof. Cm	Composição Granulométrica g.kg <sup>-1</sup>					Classificação Textural	Grau de Floculação g.100g <sup>-1</sup>	Densidade g.cm <sup>-3</sup>		Unidade g.100g <sup>-1</sup>		Porosidade total %	
		Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila Total	Argila Natural			Global	Partícula	0,033 MPa	1,50 Mpa		Água Útil
<b>C</b>	84-117+	129	315	347	210	141	Franca	33	1,23	2,56	16,38	14,74	1,64	51,95
<b>Perfil 16 - LUVISSOLO HÁPLICO Órticos típicos</b>														
<b>A</b>	0-8	272	466	153	109	47	Franco arenosa	57	1,49	2,71	7,58	4,60	2,98	45,02
<b>Bt</b>	8-34	157	309	208	326	221	Franco argilo arenosa	32	1,34	2,62	14,76	11,30	3,46	48,85
<b>BC</b>	34-57	240	447	142	171	115	Franco arenosa	33	1,51	2,73	8,53	5,83	2,70	44,69
<b>CB</b>	57-87+	147	371	225	257	219	Franco argilo arenosa	15	1,29	2,67	13,97	10,50	3,47	51,69
<b>SONDAGENS</b>														
<b>S1</b>		470	284	160	87	50	Franco arenosa	43	1,64	2,68	5,99	2,88	3,10	38,81
<b>S2</b>		184	218	240	359	206	Franco argilosa	42	1,35	2,73	14,79	12,08	2,71	50,55
<b>S3</b>		189	239	287	286	216	Franco argilosa	24	1,37	2,76	15,98	14,02	1,97	50,36
<b>S4</b>		336	349	199	115	97	Franco arenosa	16	1,46	2,67	9,50	4,62	4,88	45,32
<b>SN1</b>		217	365	250	168	101	Franco arenosa	40	1,31	2,66	9,50	4,62	4,88	
<b>SN2</b>		198	379	229	195	125	Franca	36	1,23	2,61	9,50	4,62	4,88	