



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**RONY LOPES LUNGUINHO**

**NOS CAMINHOS DOS RELEVOS RESIDUAIS**  
**CONTRIBUIÇÃO À ECOHIDROLOGIA DE ENCOSTAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

**JOÃO PESSOA**  
**Agosto de 2018**

**RONY LOPES LUNGUINHO**

**NOS CAMINHOS DOS RELEVOS RESIDUAIS**

**CONTRIBUIÇÃO À ECOHIDROLOGIA DE ENCOSTAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

**Tese de Doutorado a ser apresentada no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos necessários para o Doutorado.**

**Área de Concentração: Gestão do Território e Análise Geoambiental**

**Orientador: Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza**

**Co-Orientador: Prof. Dr. Jonas Otaviano Praça de Souza**

**João Pessoa, Agosto de 2018**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

L963c Lunguinho, Rony Lopes.

NOS CAMINHOS DOS RELEVOS RESIDUAIS: CONTRIBUIÇÃO A  
ECOHIDROLOGIA DE ENCOSTAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO /  
Rony Lopes Lunguinho. - João Pessoa, 2018.  
266 f. : il.

Orientação: Bartolomeu Israel Souza.

Coorientação: Jonas Otaviano Praça Souza.

Tese (Doutorado) - UFPB/CCEN.

1. Caatinga. 2. Encostas. 3. Umidade. I. Souza,  
Bartolomeu Israel. II. Souza, Jonas Otaviano Praça.  
III. Título.

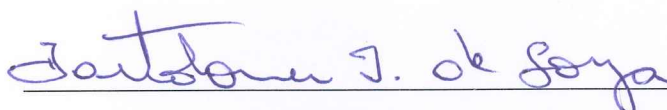
UFPB/CCEN

**RONY LOPES LUNGUINHO**

**NOS CAMINHOS DOS RELEVOS RESIDUAIS**

**CONTRIBUIÇÃO À ECOHIDROLOGIA DE ENCOSTAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

COMISSÃO EXAMINADORA:



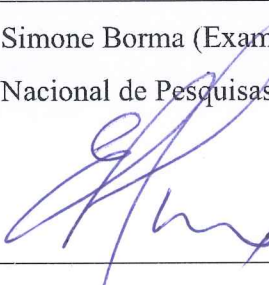
Dr. Bartolomeu Israel de Souza (Orientador)  
Universidade Federal da Paraíba

---

Dr. Lucas Costa de Souza Cavalcanti (Examinador Externo)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Dr<sup>(a)</sup>. Laura De Simone Borma (Examinadora Externa)  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais



---

Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima (Examinador Interno)  
Universidade Federal da Paraíba



---

Dr. Anieres Barbosa da Silva (Examinador Interno)  
Universidade Federal da Paraíba



## RESUMO

As condições de um clima semiárido impõem à vegetação mecanismos de sobrevivência à ausência de água, o que ocorre em parte no bioma caatinga. Apesar de apresentar uma composição xérica, a caatinga apresenta também espécies de vegetação de ambientes úmidos em encostas cristalinas e em matas ciliares. No que diz respeito aos estudos de encostas cristalinas, os mesmos estão distribuídos na compreensão botânica que compreende o topo e não seu entorno, deixando uma lacuna na compreensão do potencial hidrológico que estes afloramentos proporcionam. Diante disto esta tese consiste em analisar os seus potenciais hidrológicos e ecológicos das encostas cristalinas como fundamentais na manutenção de solos mais desenvolvidos e vegetação diversa nesses ambientes. As áreas estudadas foram o Sítio Salambaia localizado no Município de Cabaceiras-PB, e a Serra da Engabelada no Município do Congo-PB, ambos inseridos no Cariri Paraibano. A metodologia utilizada consistiu na análise do sistema ambiental físico de encostas cristalinas, sua caracterização através de análise de detecção remota, descrição morfológica, levantamento fitossociológico e geração de unidades de paisagem indicando as tipologias geomorfológicas. Com a caracterização das áreas de estudo estabelecidas apresentou-se uma análise macroclimática expressando o comportamento da semiaridez local, onde seus parâmetros serviram de entrada para a obtenção da contribuição hidrológica. As consequências podem ser observadas nos resultados pedológicos e fitossociológicos através da ecohidrologia. Foi possível observar que as encostas cristalinas apresentam mais de 75% de contribuição hidrológica para o seu entorno. Tal fato condicionou a geração de solos mais desenvolvidos e com alto potencial de matéria orgânica na superfície, o que se reflete nas espécies vegetais mais exigentes em água encontradas nessas áreas. Assim, os resultados apresentados expressam a dinâmica da vegetação local e o potencial hidrológico das encostas. No que corresponde aos treze perfis de solo levantados nas duas áreas de estudo, observa-se que no sítio Salambaia os solos próximos aos afloramentos rochosos apresentaram 65% de matéria orgânica na superfície, enquanto que na serra da Engabelada 50%, o que condicionou a nove espécies de plantas com maior exigência hídrica, totalizando estas 296 ocorrências de indivíduos no sítio Salambaia, enquanto que a Serra da Engabelada apresentou 98 indivíduos. A alocação de água em seu entorno auxilia a manutenção desses ambientes, onde se evidencia um refúgio mantido pelo afloramento rochoso, consistindo em uma zona de exceção de caatinga.

**Palavras Chave:** Caatinga, Encostas, Umidade.

## ABSTRACT

The conditions of a semi-arid climate impose on the vegetation mechanisms of survival to the absence of water, which occurs in part in the caatinga biome. Although it presents a composition xeric, the caatinga also presents species of vegetation of humid environments in crystalline slopes and in ciliary forests. Regarding the crystalline slopes, they are distributed in the botanical understanding that comprises the top and not its surroundings, leaving a gap in the understanding of the hydrological potential that these outcrops provide. In view of this, this thesis consists in analyzing its hydrological and ecological potentials of the crystalline slopes as fundamental in the maintenance of more developed soils and diverse vegetation in these environments. The areas studied were the Salambaia Site located in the municipality of Cabaceiras-PB, and Serra da Engabelada in the municipality of Congo-PB, both of which are located in Cariri Paraibano. The methodology used consisted in the analysis of the physical environmental system of crystalline slopes, its characterization through remote sensing analysis, morphological description, phytosociological survey and generation of landscape units indicating the geomorphological typologies. With the characterization of the established study areas, a macroclimatic analysis was presented, expressing the behavior of the local semiaridity, where its parameters served as inputs to obtain the hydrological contribution. The consequences can be observed in the pedological and phytosociological results through ecohydrology. It was possible to observe that the crystalline slopes present more than 75% of hydrological contribution to their environment. This fact conditioned the generation of more developed soils with high potential of organic matter in the surface, which is reflected in the vegetal species more demanding in water found in these areas. Thus, the presented results express the dynamics of the local vegetation and the hydrological potential of the slopes. As for the thirteen soil profiles collected in the two study areas, it is observed that in the Salambaia site the soils close to the rock outcrops had 65% organic matter on the surface, while in the Engabelada 50% range, which conditioned the nine species of plants with higher water requirement, totaling these 296 occurrences of individuals in the Salambaia site, while Serra da Engabelada presented 98 individuals. The allocation of water in its surroundings helps to maintain these environments, where a refuge is evidenced maintained by the rocky outcrop, consisting of a zone of exception of caatinga.

**Keywords:** Caatinga, Hillslope, Humidity.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: O Sistema de uma Vertente Convexo-Retilínea-Côncava. ....	26
Figura 2: Sistema de Cascata.....	30
Figura 3: Trechos e Configuração de Encostas Semiáridas. ....	34
Figura 4 - Serviço de Regulação do Clima em Terras Secas.....	35
Figura 5 - Compartimentação Topográfica e Efeitos Paleoclimáticos. ....	40
Figura 6 - A - Clima Seco Responsável pelo Alargamento dos Generalizado dos Vales por Recuo Paralelo das Vertentes com Entulhamento de Paleotalvegues; B - Lajedo da Salambaia .....	42
Figura 7 - Tipos de Afloramentos Rochosos. (A) - Tipo Dômico: Serra do Jatoba (Serra Branca - PB); (B) - Tors (Matacão): Salambaia (Cabaceiras - PB).....	42
Figura 8: Fluxograma Metodológico .....	44
Figura 9: Fotografias de campo para compreensão do Sistema Ambiental Físico. A - Lajedo do Pai Mateus, Cabaceiras-PB (29/03/2014); B - Serra do Jatobá (Serra Branca-PB (23/09/2014); C – Sitio Salambaia, Cabaceiras-PB (26/06/2014). D - Serra da Engabelada, Congo-PB (23/04/2015); E – Escoamento de Encosta Sitio Salambaia, Cabaceiras-PB (26/06/2014). ....	45
Figura 10: Localização Relevos Residuais de Estudo. A - Sitio Salambaia; B - Serra da Engabelada; C - Complexo de Relevos Residuais Sitio Salambaia; D - Complexo de Relevos Residuais Serra da Engabelada.....	47
Figura 11: Modelos Digitais do Terreno (MDT) áreas de relevos residuais de estudo. A - MDE Sitio Salambaia. B - MDE Serra da Engabelada .....	49
Figura 12 - Método dos Transectos. ....	51
Figura 13: Distribuição e Identificação das Parcelas e Transectos Sitio Salambaia e suas Paisagens .....	52
Figura 14: Distribuição e Identificação das Parcelas e Transectos Serra da Engabelada e suas Paisagens .....	53
Figura 15: Distribuição dos Pontos de Análise Pedológica e suas Paisagens – Sitio Salambaia. A – Pontos dos Equipamentos.....	55
Figura 16: Perfis Completos de Solo e seus Horizontes - Sitio Salambaia .....	56
Figura 17: Distribuição dos Pontos de Análise Pedológica.....	57
Figura 18: Perfis Completos de Solo e seus Horizontes - Serra da Engabelada .....	58
Figura 19: Esquema Correção Diferencial. ....	60

Figura 20 - Esquema ilustrativo de funcionamento do serviço IBGE-PPP.....	61
Figura 21: Plataforma <i>Astech Solutions</i> .....	62
Figura 22: Planos de Voo Veículo Aéreo não Tripulado. A - Plano de Voo Sítio Salambaia; B - Plano de Voo Serra da Engabelada; C – Ponto de Controle Materializado. ....	63
Figura 23: Processamento <i>Agisoft Photoscan</i> : A - Tela de Processamento; B - Exemplo de Nuvem de Pontos; C - Exemplo de Fotografia.....	64
Figura 24: Ortomosaicos e MDT Levantamento Aéreo não Tripulado.....	65
Figura 25: Curvas de Nível e Declividades. A - Sítio Salambaia. B - Serra da Engabelada....	67
Figura 26: Recortes de Estudo de Relevos Residuais.....	69
Figura 27: Mapa Postos Pluviométricos. A - Sítio Salambaia; B - Serra da Engabelada; C – Estação LAESA.....	70
Figura 28: Mapa Metodologia para Determinação de Área de Contribuição Hidrológica (ACH) de Afloramentos Rochosos. A - Área de Armazenamento de Base; B - Área de Escoamento de Encosta Rochosa. ....	72
Figura 29: Cortes de Triângulos em TIN e Equações para a Geração da Área de Superfície Real.....	74
Figura 30: Mapa MNT TIN. A - Sítio Salambaia; B - Serra da Engabelada.....	74
Figura 31: Obtenção de Área de Superfície Real por SIG. ....	75
Figura 32: Tensiômetros, A - Tensiômetros no Solo; B - Tensiômetro utilizado; C – Vacuômetro. ....	82
Figura 33: Instalação Sensores MPS. A - Escavação; B - Medição da Profundidade, C - Instalação do Sensor de Temperatura; D - Instalação do Sensor de Umidade e Potencial de Água; E - Procedimento de calibração do sensor de umidade; F - Finalizando infraestrutura; G – Inicializando o Sistema no Logguer. ....	83
Figura 34: Distribuição Pluviométrica (1994 - 2014). ....	88
Figura 35: Distribuição Pluviométrica das áreas de estudo.....	89
Figura 36: Comportamento Temperatura de Umidade do Ar Mensal.....	90
Figura 37: Comportamento de Temperatura e Umidade do Ar.....	91
Figura 38: Sistema Ambiental Físico de Afloramentos Rochosos no Semiárido Brasileiro ....	93
Figura 39: Distribuição do Potencial de Umidade Topográfico por TWI. A: Sítio Salambaia; B: Serra da Engabelada.....	95
Figura 40: Índices de Biomassa por SAVI.....	97

Figura 41: Comportamentos dos índices TWI, SAVI e Temperatura de Superfície no Afloramento Rochoso do Sítio Salambaia .....	100
Figura 42: Comportamentos dos índices TWI, SAVI e Temperatura de Superfície no Afloramento Rochoso da Serra da Engabelada. ....	101
Figura 43: Uso e Ocupação da Terra Áreas de Estudo.....	104
Figura 44: Tipologias Geomorfológicas - Sítio Salambaia. ....	106
Figura 45: Unidades de Paisagem de Relevos Residuais - Sítio Salambaia.....	107
Figura 46: Áreas de Contribuição Hidrológicas (ACH) Sítio Salambaia.....	109
Figura 47: Topografia das Áreas de Contribuição Hidrológicas (ACH) - Sítio Salambaia. ..	111
Figura 48: Distribuição do Potencial de Água Tensiometro 1 do perfil de solo T1 Sítio Salambaia .....	134
Figura 49: Distribuição do Potencial de Água Tensiometro 2 do perfil de solo T2 Sítio Salambaia .....	135
Figura 50: Distribuição do Potencial de Água Tensiometro 4 do perfil de solo T4 Sítio Salambaia .....	136
Figura 51: Distribuição do Potencial de Água Tensiometro 5 do perfil de solo T5 Sítio Salambaia .....	137
Figura 52: Distribuição do Potencial de Água Tensiometro 3 do perfil de solo T3 Sítio Salambaia .....	138
Figura 53: Comportamento da umidade do solo Sopé Coluvial ACH-T4 .....	139
Figura 54: Comportamento do potencial de água do solo Sopé Coluvial ACH-T4.....	140
Figura 55: Comportamento do potencial de água e umidade do solo Sopé Coluvial ACH-T4 .....	141
Figura 56: Comportamento Horário do Potencial de Água Sopé Coluvial ACH-T4.....	143
Figura 57: Comportamento da Temperatura do solo mensal Estação LAESA e Sensor MPS ACH-T4.....	145
Figura 58: Comportamento da temperatura do solo horário estação LAESA e sensor MPS ACH-T4.....	146
Figura 59: Relações de Potencial de Água e Temperatura do Solo ACH-T4 .....	147
Figura 60: Diagrama Bioclimático Sítio Salambaia .....	156
Figura 61: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 1 Sítio Salambaia .....	159

Figura 62: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 6 Sítio Salambaia .....	159
Figura 63: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 4 Sítio Salambaia .....	160
Figura 64: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 2 Fratura caatinga comum Sítio Salambaia.....	161
Figura 65: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 2 Fratura linear espécies mais exigentes em água Sítio Salambaia.....	161
Figura 66: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 3 Sítio Salambaia .....	162
Figura 67: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 5 Sítio Salambaia .....	163
Figura 68: Tipologias Geomorfológicas - Serra da Engabelada.....	164
Figura 69: Unidades de Paisagem Serrada Engabelada .....	165
Figura 70: Áreas de Contribuição Hidrológicas (ACH) Serra da Engabelada .....	167
Figura 71: Topografia das Áreas de Contribuição Hidrológicas (ACH) - Serra da Engabelada. ....	168
Figura 72: Diagrama Bioclimático Serra da Engabelada .....	188
Figura 73: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 1 Serra da Engabelada.....	192
Figura 74: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 2 Serra da Engabelada.....	193
Figura 75: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 3 Serra da Engabelada - Fratura linear em encosta rochosa .....	194
Figura 76: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 3 Serra da Engabelada - Fratura linear em escarpa rochosa .....	195
Figura 77: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 3 Serra da Engabelada - Sopé coluvial .....	195
Figura 78: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 4 Serra da Engabelada.....	196
Figura 79: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 5 Serra da Engabelada.....	197

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Elementos de Paisagem e Descrição Morfológica .....	59
Quadro 2: Descrição Morfológica - Sítio Salambaia.....	122
Quadro 3: Descrição Morfológica dos Solos Serra da Engabelada.....	178
Quadro 4: Distribuição das Espécies por Biomas Sítio Salambaia .....	204
Quadro 5: Distribuição das Espécies por Biomas Serra da Engabelada.....	208

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Períodos dos produtos orbitais para a geração do SAVI .....	50
Tabela 2: Erros Topográficos do Levantamento Aéreo não Tripulado .....	64
Tabela 3: Valores médios do coeficiente superficial (C) de acordo com as características do material usado na cobertura da área de captação (Ac), para o TSA brasileiro.....	76
Tabela 4: Valores de C recomendados pela ASCE. ....	77
Tabela 5: Aptidão ao escoamento dos principais tipos de solos do nordeste semiárido .....	78
Tabela 6: Valores de C recomendados pelo SCS – USDA .....	79
Tabela 7: Caracterização Morfométrica ACH Sitio Salambaia.....	113
Tabela 8: Coeficientes Superficiais das Encostas Cristalinas – Sitio Salambaia .....	115
Tabela 9: Volumes de Precipitação Captados (VPC) e Influência dos Coeficientes de Escoamento - Sitio Salambaia .....	117
Tabela 10: Volume Precipitado Captado (VPC) e Aporte das ACH de Encosta - Sitio Salambaia .....	119
Tabela 11: Análise Física dos Solos - Sitio Salambaia .....	128
Tabela 12: Análise Química dos Perfis de Solo Sitio Salambaia .....	148
Tabela 13: Correlações entre Argila e T Sitio Salambaia .....	152
Tabela 14: Porcentagem de matéria orgânica na superfície Sitio Salambaia .....	153
Tabela 15: Correlações entre T e MOS Sitio Salambaia .....	154
Tabela 16: Porcentagem de ocorrência de indivíduos das espécies mais exigentes em água Sitio Salambaia.....	158
Tabela 17: Caracterização Morfométrica Serra da Engabelada .....	170
Tabela 18: Coeficientes Superficiais das Encostas Cristalinas – Serra da Engabelada.....	172
Tabela 19: Volumes de Precipitação Captados (VPC) e Influência dos Coeficientes de Escoamento – Serra da Engabelada.....	174
Tabela 20: Volume Precipitado Captado (VPC) e Aporte das ACH de Encosta – Serra da Engabelada.....	176
Tabela 21: Análise Física do Solo Serra da Engabelada .....	180
Tabela 22: Análise Química dos Solos Serra da Engabelada .....	184
Tabela 23: Correlação Linear Argila e T Serra da Engabelada .....	186
Tabela 24: Porcentagem de Matéria Orgânica (MOS) na superfície Serra da Engabelada ..	186
Tabela 25: Correlação entre T e MOS Serra da Engabelada .....	187



Tabela 26: Porcentagem de ocorrência de indivíduos das espécies mais exigentes em água Serra da Engabelada .....	192
Tabela 27: Tabela de Comparações Solos de Afloramentos Rochosos da Caatinga e outros Biomas.....	200
Tabela 28: Distribuição dos Biomas Sítio Salambaia .....	208
Tabela 29: Distribuição dos Biomas Serra da Engabelada.....	211

## AGRADECIMENTOS

Todo e qualquer trabalho não se realiza sozinho e mediante isto venho a agradecer ao Departamento de Geociências e o Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) pela oportunidade de desenvolver minha pesquisa. Ao professor Bartolomeu Israel pelos momentos de conhecimento e inspiração para meu crescimento profissional e os momentos de alegria e amizade que me abraçou na sua conduta como orientador. Aos demais professores do programa pelos ensinamentos para que fosse conduzida uma tese satisfatória em especial ao professor Rubens Queiroz, ao qual tenho uma profunda admiração, ao professor Rafael Xavier pela contribuição no meu crescer como profissional e o professor João Lélis pelos ensinamentos pedológicos e sua compreensão em todas as minhas dúvidas e também ao professor Anieres pela amizade e conhecimento.

Destaco também os agradecimentos ao Ministério do Meio Ambiente/Fundo Nacional sobre Mudança do Clima pelo apoio financeiro ao projeto 02/2014 “Desenvolvimento de capacidades técnicas e institucionais de parceiros locais em bacias hidrográficas para o desenvolvimento de estratégias para a conservação de ambientes naturais: Conhecendo as relações biofísicas e antrópicas para subsidiar uma convivência sustentável no Alto Curso do rio Paraíba – PB”

Ao Grupo de Estudos do Semiárido (GESA) onde foi minha família por muito tempo, em especial a Eini pela amizade e companheirismo, Joseilson pelos momentos de alegria e amizade, onde tudo ficou mais fácil e Helder, Manoel e Jonatas que me auxiliaram com o projeto de pesquisa. A Stanley pela luta em manter todo o aparato das estações climatológicas em conjunto comigo e amizade nesses momentos de proximidade o que estimo profunda admiração. Ao Grupo de Estudos em Ambientes Fluviais Semiáridos (GEAFS) chefiado pelo professor Jonas que como Co-orientador me proporcionou uma visão correta dedicada e profissional de como estabelecer uma pesquisa, e sempre terá minha admiração e companheirismo. Os amigos dos dois grupos de estudos que participei sentirei sempre saudades que foram parte de todo esse processo.

Ao quadro de servidores do CCEN como a Sonia, Elvira e Sr. Guilherme um lutador para que tudo desse certo, além dos motoristas em especial Ronaldo, Izaquiel e Rocha, por toda a luta para atingir os objetivos propostos.

Agradeço também a minha família, onde eles são minha fonte de força e dedicação. Meus pais que como muitos nordestinos que migraram para o sudeste e na luta deram a educação que tenho hoje, cada conquista minha é deles também. Aos meus irmãos pelo aprendizado também.

A minha noiva Samilly por ser minha pilastra de sustentação nestes momentos prazerosos, mas às vezes difíceis no cruzamento da ponte para iniciar uma carreira. Te amo e você é minha força que me mantem de pé.

Agradeço também a todo o povo do Cariri especialmente a prefeitura municipal de Cabaceiras pelo apoio logístico e a senhora Ana Maria proprietária do Sítio Salambaia que se tornou minha casa e que nunca vou esquecer e sempre amar. A prefeitura Municipal do Congo também pelo apoio logístico e o acesso a serra da Engabelada para o desenvolvimento da pesquisa. A simplicidade e generosidade do casal Neguinho e Edilma do sítio Salambaia, onde me acolheram com todo o carinho e amor e especial a sua linda família.

Dentro desses agradecimentos destaco também dona Altina, mãe do professor Bartolomeu que com seu conhecimento resplandeceu o caminho de luz.

Aos amigos do Núcleo Geoambiental (NUGEO) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) pelo apoio nestes momentos finais que se iniciou minha carreira, em especial a Karina, Leila, Nogueira e Leticia meus companheiros do laboratório de recursos hídricos (LabHidro).

Nesta fase final agradeço aos membros da banca pelo aceite para a avaliação do meu trabalho.

E sempre regendo isto esta Deus, pois sem ele nada disso teria convergido para uma conquista.

*O sertão tem outra imagem  
Depois que ficou chovido  
Deus escolheu o modelo  
E a chuva fez o vestido  
Pra por no corpo do campo  
Que a seca deixou despido*

Raimundo Nonato



*Na poça d'água um facheiro  
Com o orvalho da manhã  
Passa um calango ligeiro  
Percorrendo a rocha sã  
Sentindo o calor do sol  
Que ilumina em arrebol  
Faz sombra no arvoredor  
A natureza tão forte  
Parece que tem mais sorte  
Vivendo aos pés do lajedo.*

Samilly Jaciara

## SUMÁRIO

---

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>21</b>
------------------------	-----------

### **CAPITULO I**

#### **SISTEMA DE ENCOSTA EM AMBIENTES SECOS**

1.1	Encostas e Sistemas Complexos .....	24
1.1.1	Sistemas Complexos Adaptativos .....	25
1.2	Memorias e as Encostas .....	27
1.3	Auto-regulação e <i>Cascade Systems</i> .....	29
1.4	Hidrologia e Ecohidrologia de Encostas.....	31
1.5	Florestas Sazonalmente secas .....	35
1.6	A Vegetação e as Encostas do Semiárido Brasileiro .....	37
1.7	Estudos de Geomorfologia do Semiárido Brasileiro .....	39

### **CAPITULO II**

#### **METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE PAISAGENS EM ENCOSTAS**

##### **CRISTALINAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

2.1	Sistema Ambiental Físico de Encostas Cristalinas no Semiárido Brasileiro .....	45
2.2	Caracterização dos Relevos Residuais no Semiárido Brasileiro.....	46
2.2.1	Localização e Características Gerais das Áreas de Estudo.....	46
	.....	47
2.2.2	Análise por Detecção Remota .....	48
2.2.2.1	Índice de Umidade Topográfico.....	48
2.2.2.2	Índice de Biomassa.....	49
2.2.3	Levantamento Fitossociológico .....	50
2.2.4	Descrição Morfológica do Solo .....	54
2.2.5	Unidades de Paisagem .....	60
2.2.5.1	Topografia .....	60

2.2.5.2	Levantamento Aéreo Não Tripulado.....	62
2.3	Atmosfera.....	70
2.4	Condição Hidrológica de Encosta Cristalina .....	71
2.4.1	Determinação das Áreas de Contribuição Hidrológica (ACH) .....	71
2.4.2	Calculo de Volume Escoado e Armazenado .....	73
2.4.2.1	Área de Superfície Real.....	73
2.4.2.2	Coeficientes Superficiais de Solo (C) .....	75
2.5	Ecohidrologia.....	80
2.5.1	Solo.....	81
2.5.1.1	Tensiômetros .....	81
2.5.1.2	Sensores MPS.....	83
2.5.1.3	Análise Física e Química do Solo .....	84
2.5.2	Planta .....	85

### **CAPÍTULO III**

#### **A ECOHIDROLOGIA DE ENCOSTAS NO CARIRI PARAIBANO**

3.1	Atmosfera.....	87
3.1.1	Pluviosidade .....	87
3.1.2	Temperatura e Umidade do Ar .....	90
3.2	Sistema de Encostas em Ambientes Secos .....	91
3.3	Análise do Potencial das Encostas.....	94
3.3.1	Potencial de Umidade Topográfica .....	94
3.3.2	Índice de Biomassa.....	96
3.4	Uso e Ocupação da Terra no Cariri Paraibano.....	102
3.5	Encostas do Sítio Salambaia .....	105
3.5.1	Unidades de Paisagem.....	105
3.5.2	Condição Hidrológica.....	108
3.5.2.1	Áreas de Contribuição Hidrológicas (ACH) .....	108

3.5.2.2	Coeficientes de Escoamento.....	114
3.5.2.3	Volume Captado Precipitado (VCP).....	116
3.5.3	Pedogênese .....	120
3.5.3.1	Morfologia.....	120
3.5.3.2	Análise Física .....	127
3.5.3.3	Potencial de Água.....	133
3.5.3.4	Comportamento Hidro-Termo-Pedológico de Sopé Coluvial.....	138
3.5.3.5	Análise Química .....	147
3.5.4.1	Balanço Bioclimático .....	156
3.5.4.2	Levantamento Fitossociológico.....	157
3.6	Encostas da Serra da Engabelada.....	163
3.6.1	Unidades de Paisagem .....	163
3.6.2	Condição Hidrológica.....	166
3.6.2.1	Áreas de Contribuição Hidrológica (ACH).....	166
3.6.2.2	Coeficientes de Escoamento.....	171
3.6.2.3	Volume Captado Precipitado (VCP).....	173
3.6.3	Pedogênese .....	177
3.6.3.1	Morfologia.....	177
3.6.3.2	Análise Física .....	180
3.6.3.3	Análise Química .....	183
3.6.4	Vegetação das Encostas da Serra da Engabelada .....	188
3.6.4.1	Balanço Bioclimático .....	188
3.6.4.2	Levantamento Fitossociológico.....	189

## CÁPITULO IV

### OS ELEMENTOS DAS ENCOSTAS DO CARIRI PARAIBANO E OUTROS BIOMAS

4.1	Relações Pedológicas.....	199
4.2	Relações Florísticas .....	202

CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	213
REFERÊNCIAS .....	219
APÊNDICE .....	234



## INTRODUÇÃO

*Sobre essa estrada ilumineira e parda, dorme o lajedo, ao solo, como uma cobra.*

*Tua nudez na minha se desdobra*

*— ó Corça branca, ó ruiva Leoparda.*

*O Amor e a Morte*

*Com tema de Augusto dos Anjos*

*Ariano Suassuna*

---

Os maciços cristalinos componentes da paisagem do relevo do semiárido brasileiro sempre foram motivo de admiração por sua beleza, expressa em suas formas e processos. Estes relevos residuais cristalinos são compostos de afloramentos rochosos ou lajedos (nome popular) o qual são típicos da paisagem semiárida do nordeste brasileiro, sendo motivo de contraste na formação do mosaico de paisagens encontradas no Bioma Caatinga.

Os ambientes encontrados nas paisagens de afloramentos rochosos apresentam características pedológicas e de vegetação que se destacam no contexto do bioma Caatinga. Dentre os conceitos que podem auxiliar na interpretação desses ambientes encontra-se a Ecoidrologia.

A ecoidrologia está compreendida pelo estudo das relações solo-planta-água. Apesar dos estudos das relações solo-planta-água não serem recentes (YAIR, 1982), os primeiros conceitos surgiram por Rodriguez-Iturbe (2000) que conceitua a ecoidrologia como a ciência que procura descrever os mecanismos hidrológicos que estão subjacentes ao padrão e processos ecológicos, enquanto que Newman *et al.* (2006) colocam que a ecoidrologia é uma disciplina híbrida que procura elucidar como os processos hidrológicos influenciam a distribuição, estrutura, função e dinâmica das comunidades biológicas e como as reações das comunidades biológicas afetam o ciclo da água.

As interpretações destas relações proporcionam compreender a dependência destes elementos (solo-planta-água) e as consequências geradas no ambiente. Devido à dependência de água para a sua sobrevivência, a planta é um elemento chave na dinâmica ecoidrológica, onde a distribuição, composição e estrutura das comunidades vegetais são influenciadas pelos padrões espaço temporais na disponibilidade de água (ASBJORNSSEN *et al.* 2011). Esta dependência contribui para o desenvolvimento do solo que está diretamente ligado à manutenção da vegetação e o aporte de água (BRESHEARS & BARNES, 1999). Dentro deste contexto, o aporte de água fornecido é dependente das condições atmosféricas, onde as plantas podem contribuir retornando a água para a atmosfera (CHAPIN *et al.* 2002) em uma escala microclimática, ou macroclimática. A partir do sistema ecoidrológico é possível observar que a planta e o solo podem estar submetidos à dinâmica hidrológica de infiltração,

escoamento, física e química do solo (SCHECHI, 2012). Estes elementos determinam o potencial hidrológico (SCHECHI, 2012), os quais expressam a condição do aporte de água.

No contexto de ambientes secos os estudos hidrológicos são difundidos, estabelecendo análises da dinâmica hídrica e suas relações com a paisagem (BRADE, 1940; BIRKELAND, 1984; THOMAS, 1989). Assim, dentro da proposta ecohidrológica os estudos em ambientes secos buscam identificar os aspectos hidrológicos estabelecendo relações com o comportamento pedológico e vegetativo (YAIR, 1982; ZALEWSKI *et al.* 1997; WESEMAEL *et al.* 1998 COLLINS, 2006; FRANZ *et al.*, 2012).

Diante deste contexto, observam-se poucos estudos de ecohidrologia específicos em encostas rochosas de ambientes secos, onde as discussões se concentram no comportamento da vegetação (POREMBSKY *et al.* 2000; SZARZYNSKI, 2000). Nos ambientes secos do semiárido brasileiro observa-se a mesma perspectiva (LACERDA, 2007; PEREIRA-NETO, 2012; LUCENA, 2016).

Os relevos residuais compreendem um tipo de formação geomorfológica típica do semiárido brasileiro. Estas áreas apresentam, em geral, ocorrência de solos derivados de rochas cristalinas, pedregosas, repletos de afloramentos rochosos, aonde se desenvolvem diversos compartimentos específicos com características próprias (BIGARELLA *et al.* 1994).

Através de observações de campo nessas áreas verificou-se a ocorrência de vegetação de fitofisionomia diferenciada a encontrada na região distribuída nas encostas dos afloramentos rochosos.

Estas observações conduziram à hipótese de que pudesse existir no sopé das encostas dos afloramentos rochosos, aporte de umidade diferenciada e ocorrência de solos mais desenvolvidos, capazes de abrigar espécies de vegetação mais exigentes em água. Assim, a hipótese aqui sugerida é de que as áreas de relevo residual exercem papel fundamental na hidrologia do semiárido, onde os afloramentos rochosos condicionam aporte de umidade aos solos do seu entorno imediato de forma a permitir a existência de ambientes que apresentam formações vegetais diferentes do padrão xérico que prevalece na maior parte do bioma Caatinga.

Para atingir a hipótese definida objetivou-se investigar o efeito do potencial hidrológico e da dinâmica hidrológica de compartimentos geomórficos nos solos e na vegetação. Como objetivos específicos definiu-se investigar o gradiente de umidade do solo a partir do afloramento rochoso; investigar o grau de desenvolvimento dos solos em intervalos regulares

distanciando-se do afloramento rochoso e investigar a florística e fitossociologia das plantas em intervalos regulares distanciando-se do afloramento rochoso.

As áreas de estudo compreendem parte da região do Cariri paraibano, quais sejam, - Sítio Salambaia no Município de Cabaceiras e Serra da Engabelada no Município do Congo. Essas áreas estão inseridas na ecorregião da Borborema que cobre os estados de Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco e Alagoas, caracterizada pelas unidades do planalto da Borborema contendo maciços residuais, serrotes e afloramentos rochosos (JATOBÁ, 1994).

Para alcançar os objetivos propostos e responder a hipótese determinada dividiu-se esta tese em quatro capítulos. No primeiro capítulo iremos conhecer um pouco do contexto do sistema de encostas em ambientes secos concentrados em uma revisão da literatura. O segundo capítulo apresenta a metodologia proposta, sendo baseadas em técnicas que sustentam a base teórica advinda do contexto semiárido. No capítulo terceiro os resultados e discussões são apresentadas, sendo divididos no contexto das interações atmosfera, solo e planta destacando as contribuições hidrológicas exercidas pelos afloramentos rochosos perpassando pela influência pedológica e de vegetação. O quarto capítulo propõe uma discussão dos resultados encontrados estabelecendo comparações com outros biomas.

## CAPITULO I

### SISTEMA DE ENCOSTA EM AMBIENTES SECOS

*A pedra, aflorando em lajedos horizontais, mal movimentada  
o solo, esgarçando a tênue capa das areias que o revestem.*

Euclides da Cunha – Os Sertões

---

As paisagens semiáridas estão direcionadas em muitos estudos, onde suas potencialidades e fragilidades são destacadas acerca do contexto que estão inseridas. A partir dos diversos estudos que reproduzem o comportamento das encostas em ambientes secos, serão apontadas diretrizes que representam fatores que ressaltam as potencialidades que as norteiam.

Para estabelecer este quadro, esta fundamentação teórica pretende levar a compreender a ideia de encostas em sistemas complexos adaptativos. Na busca dessa construção destacam-se os conceitos de memória ecológica, pedológica e paisagem além de comportamentos de autorregulação e *cascade systems*. Diante deste contexto da dinâmica das encostas destacam-se os aspectos hidrológicos e ecohidrológicos ressaltando a geomorfologia do semiárido brasileiro.

#### 1.1 Encostas e Sistemas Complexos

As encostas exercem a função principal de transporte de colúvio (CHRISTOFOLETTI, 1974) representando uma conexão entre relevo e dinâmica fluvial (DYLIK, 1968), onde a capacidade de transporte sólida ou líquida é diretamente proporcional a sua declividade (THOMAS, 1994). O colúvio é o material desprendido da encosta sejam materiais rochosos ou de solo, os quais formam estruturas de base das encostas. Estes materiais deposicionais nas bases da encosta são resultados da ação do processo erosivo da encosta (COELHO-NETO, 1998) o que condiciona sua caracterização em forma e identidade ao longo do tempo.

As discussões que orientam os processos que regem este comportamento são esclarecidas no conceito de sistemas complexos. Os sistemas complexos atribuem ao comportamento coletivo à reorganização das propriedades que fazem parte deste sistema (NUSSENZVEIG, 1999). Esta visão anti-reducionista (RESNIK, 1997) propõe sistemas em evolução permanente e aberto (CHRISTOFOLETTI, 1999), ou seja, submetidos a fatores externos. Esta dinâmica sistêmica conduz a uma capacidade de auto-organização (KELLY & ALLSON, 1998) no limite de ordem e do caos como expresso por Prigogine (2000).

No que corresponde ao primeiro estudo de sistema complexo para encostas tem-se a *pilha de areia* (Bak *et al.* 1988) que se reproduz aos estudos de estabilidade de encostas. Este

conceito é baseado no ângulo de atrito em repouso em uma pilha de areia, onde a ocorrência de alguma alteração em um elemento do sistema que se sobressai a este ângulo de atrito ocasionara uma instabilização em todo o sistema. A partir deste estudo, é possível observar que até o momento de alteração em algum elemento no sistema, o mesmo encontra-se em equilíbrio dinâmico.

Dentro deste equilíbrio diferentes pesquisadores mostraram que muitos sistemas complexos se auto-organizam entre ordem (estabilidade) e caos (instabilidade), onde o tamanho dos eventos obedece a uma lei de potência (STACEY, 1996; KELLY & ALLSON, 1998; SALZANO, 1999).

Entre esses eventos observa-se para as encostas que as dinâmicas climáticas exercem influência direta no transporte de sedimentos e formação coluvial (THOMAS, 1994). Apesar do referido autor esclarecer que o sistema de encosta pode ser influenciado por eventos menores, de alta magnitude como degradações ambientais que ultrapassem os patamares do sistema de encostas (CORRÊA *et al.* 2008). Diante disto, o clima contribui como elemento fundamental ao sistema de encostas, o qual pode ser refletido na relação escoamento e produção de sedimentos com respostas no comportamento erosivo e da vegetação (KNOX, 1972). A base conceitual de sistema complexo se adequa de acordo com o tipo de paisagem a ser estudada. No que corresponde às encostas serão observados aspectos inerentes a um sistema complexo adaptativo.

#### 1.1.1 Sistemas Complexos Adaptativos

As encostas como sistemas complexos adaptativos além de se adaptar podem evoluir e modificar. O sistema se modificará de acordo com distúrbios, mas se manterá invariável, perante modificações no seu ambiente ou suas propriedades (KAUFFMAN, 1993).

Desenvolvendo este conceito para as encostas observa-se que todos os estudos compõem a observar a estabilidade (CLARK *et al.*, 1995; COELHO-NETO, 1998; MATTOS & PEREZ-FILHO, 2004). A estabilidade de encosta advém de estudos desenvolvidos pela geomorfologia referindo-se a componentes específicos da paisagem (COELHO-NETO, 1998). Esta percepção comunga com os conceitos de sistema complexos, onde contribui para a sua dinâmica.

As encostas estão sujeitas a interações topográficas, pedológicas, vegetacionais, geológicas e geomorfológicas (BIGARELLA & ANDRADE, 1965), onde os métodos

desenvolvidos correspondem a interpretar as dinâmicas proporcionadas nas relações dos elementos que a compõe (HEGARTEN, 1998).

Dentro deste pressuposto os estudos de estabilidade de encostas auxiliam na busca de respostas de mudanças climáticas (KNOX, 1972), evolução de vertentes (BIGARELLA *et al.* 1965) e perspectivas geológicas (PELOGGIA, 2014). De acordo com a figura 1 verifica-se que as análises das interações provenientes do conceito de sistema de encostas colaboram para esclarecer alguns questionamentos citados anteriormente, onde é possível identificar que os impactos exercidos pelo clima tem impacto direto na dinâmica do transporte de sedimentos e consequentemente na formação do solo e manutenção da vegetação.

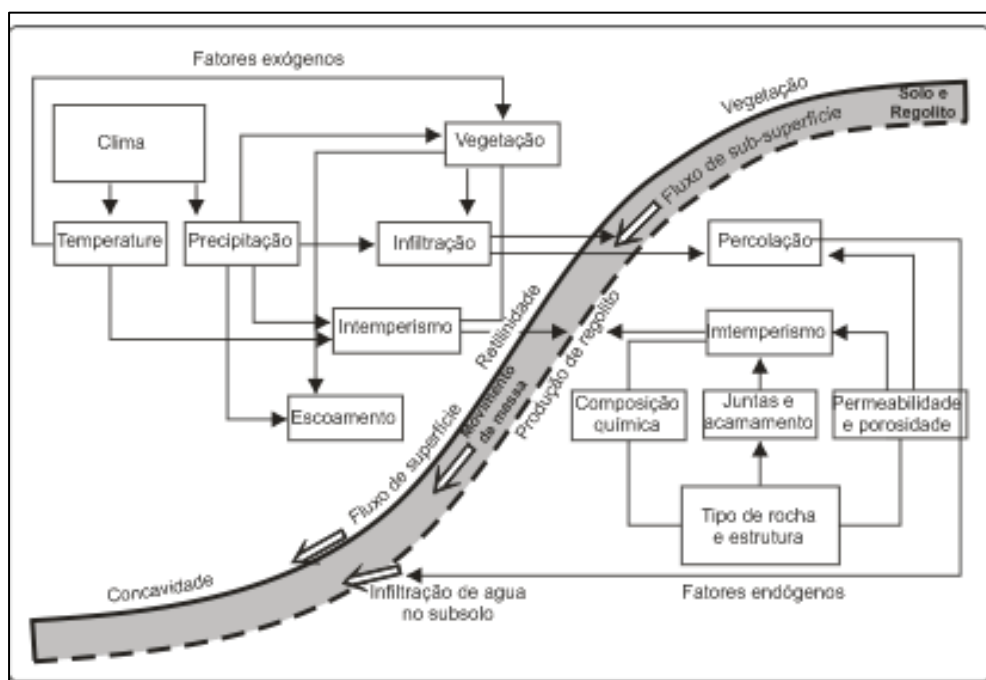


Figura 1: O Sistema de uma Vertente Convexo-Retilínea-Côncava.  
Fonte Clark & Small (1982)

Os elementos expressos na figura 1 destacam os fatores exógenos evidenciados pelo clima como principal elemento de entrada no sistema, onde através da precipitação e temperatura irá provocar respostas na vegetação provenientes de dinâmicas hidrológicas de infiltração e escoamento, além da influência dos processos intempericos. No que concerne aos fatores endógenos verifica-se que o tipo de rocha e estrutura está submetida à permeabilidade, porosidade, composição química, intemperismo e percolação, onde estes elementos são formadores dos sedimentos. Estes sedimentos são submetidos a um fluxo, o qual em uma superfície côncava é escoado para uma área convexa em sua base (área deposicional de colúvio).

Como foi expresso anteriormente, este sistema está sujeito a distúrbios como precipitações acima da média, períodos de estiagem, degradação por uso da terra, entre outras. Para evidenciar estes distúrbios é necessária a compreensão das memórias.

## 1.2 Memórias e as Encostas

As memórias são um resgate dos elementos ecológicos que representam a paisagem em seu estágio de funções originais (PACIFICO *et al.* 2012). Dentre estes elementos estão elementos biológicos e químicos que podem ser expressos na paisagem (PETERSON, 2002). Os aspectos das ocorrências e evoluções destes processos auxiliam a enfatizar o caráter sistêmico fazendo referência ao passado e futuro (PADISAK, 1992).

Os elementos que condicionam esta memória estão distribuídos na interação de organismos, onde o transporte destes organismos no ambiente proporcionam elos entre o passado e o presente (LUNDBERG & MOLBERG, 2003). Estes elos expressos por Lundberg & Molberg (2003) podem ser moveis, onde as atividades condicionadas pela movimentação do homem ou animais da fauna proporcionam a recolonização dos organismos que se estabelecem em um novo habitat, vale salientar que não cabem julgamentos do juízo de valor do papel do elo móvel, pois todos os organismos que conectam dois diferentes tipos de habitat, ou dois fragmentos do mesmo habitat com alguma barreira entre eles podem ser considerados elos móveis (PACIFICO *et al.* 2012).

Para identificar o resgate de aspectos do passado ou inferir alguma condição que expresse estes elos e modificações na paisagem é necessário verificar os fatores de distúrbios. De acordo com Pacifico *et al.* (2012) os distúrbios são qualquer evento relativamente discreto no tempo que conduz a afetar a estrutura ecossistêmica modificando os recursos, a viabilidade do substrato e o ambiente físico. Este conceito apresentou modificações ao longo do tempo, onde atualmente se considera uma função natural sobre a diversidade de espécies em ilhas ou em escala regional (ANGLESTAM, 1998), adverso da perspectiva de “balanço da natureza” de Botkin (1990), sinônimo de destruição de habitat.

Dentre os diversos estudos de memória existem três que serão abordados: memória pedológica, ecológica e paisagem.

Os estudos dos paleosolos mostram claramente que as mudanças ambientais modificam em um curto espaço de tempo o desenvolvimento do solo (BIRKELAND, 1999). Este fator condiciona a compreender que os distúrbios que possam ter ocorrido ocasionando transporte

de organismos e substratos é em decorrência de fatores de degradação, precipitação, colonização faunística, entre outros. A memória pedológica é elemento de expressão da dinâmica do ambiente, onde seu desenvolvimento influencia a vegetação e seu habitat que o cerca. Targulian & Krasilnikov (2007) discutiram um sistema de processos pedológicos baseados em auto-organização, escalas de tempo e significância ambiental, destacando os limites de desenvolvimento dos solos e sua capacidade em regular o ambiente. Os aspectos destacados por Targulian & Krasilnikov (2007) colaboram para a discussão dos aspectos pedogenéticos, os quais são responsáveis pela formação dos solos. Um dos aspectos no desenvolvimento dos solos que merece ser destacado está os níveis de maturidade, onde é dependente de escala de tempo, clima e ambiente que o cerca.

Processos pedogenéticos rápidos podem ser considerados de solos “jovens” formados principalmente em sedimentos recentemente depositados (aluviais, coluviais, eólicos ou vulcânicos) encontrados em regiões de potencial climático e pedogênese baixa como desertos frios e quentes, embora estes locais tenham tempo de pedogênese longa, enquanto que solos mais desenvolvidos são encontrados em regiões úmidas temperadas de pedogênese alta (TARGULIAN & SOKOLOV, 1978).

A pedologia é um elemento de elo importante nas discussões de memórias dentro de um ambiente. As memórias apresentadas por este elemento nos remetem a influências a outros elementos como flora e fauna. Um dos principais fatores de contribuição para o desenvolvimento do solo está na produção de matéria orgânica (TARGULIAN & KRASILNIKOV, 2007), onde seus substratos são essenciais na manutenção ecológica (BRADY & WEIL, 2013). A produção de matéria orgânica pela fauna e flora condicionam os solos a se estabelecerem estruturalmente em suas dinâmicas de disponibilidade de nutrientes e manutenção de umidade (RUIZ *et al.*, 2010). O comportamento da fauna e da flora ao longo do tempo estrutura ecologicamente a paisagem, onde as modificações provocadas através de determinados distúrbios (desmatamentos, queimadas, êxodo de animais, etc.) e condições climáticas contribuem para a regulação do sistema (KNOX, 1972; CORRÊA *et al.* 2008 ;MIGUEL, 2010).

Assim os conceitos de memória ecológica está intrinsicamente ligado a contextualização da paisagem (STALLINS, 2006; SUN *et al.* 2013). As memórias que podem ser disponibilizadas pelos elementos contidos no ambiente como solo, vegetação e rocha são dependentes das condições climáticas e de uso da terra exercidas ao longo do tempo (KNOX, 1972).



Brierley (2009) considera que as diferentes memórias (geológicas, climáticas, antropogênicas) se manifestam de maneira diferente devido a sua variabilidade, onde ainda existem buscas para compreender um certo equilíbrio (RENWICK, 1992). Brierley (2009) conclui que as paisagens são únicas com sua própria história, onde a compreensão destas paisagens são condicionadas a fragmentos aleatórios e seletivamente preservados.

Baseados nos conceitos de sistemas complexos adaptativos e memórias, as encostas exercem um papel fundamental na regulação do sistema (COELHO-NETO, 1998). As encostas podem ser atribuídas funções de auto-regulação, onde sua função de condução em harmonia com os elementos da paisagem (solo, rocha e vegetação) influenciados pelas condições climáticas se reestabelecem perante distúrbios que possam ocorrer. Ryan *et al.* (2007) investiga o funcionamento dos sistemas hidrológicos como feedbacks necessários para fornecer informações sobre manter a paisagem funcional. O referido autor destaca que está funcionalidade é somente ocorrente a partir de uma auto-organização em feedbacks em escala de encosta para o uso sustentável da terra, onde a agregação desta escala pode ser precursor do surgimento de processos em escala de paisagem ou regional que reforçam funções ec hidrológicas de nível inferior.

Assim, os conceitos de memória destacados merecem uma reflexão acerca dos distúrbios e seus procedimentos de auto-regulação e *cascade systems*, o qual será destacado a seguir.

### **1.3 Auto-regulação e *Cascade Systems***

Os processos de auto-regulação e *cascade systems* são conceitos que conduzem a análise de encostas (NAKAMURA, 2000; WEMPLE, 2001; BECHT *et al.* 2005). Como exposto anteriormente os sistemas complexos tem a capacidade de se auto organizarem perante os distúrbios afligidos. A auto-regulação é parte deste contexto de organização, onde sua regulação está condicionada a qualquer alteração em elementos do sistema. A auto-regulação proporciona uma busca de um estado de equilíbrio (RENWICK, 1992), onde este estado de equilíbrio produz uma estabilidade até o momento de uma ocorrência de distúrbio.

Esta condição de auto-regulação está inserida nos comportamentos das encostas, onde sua ação é atribuída ao efeito sistema de cascatas (*cascade systems*). Este sistema se refere ao fluxo de água e sedimentos em um sistema morfológico (STONE *et al.* 1995), onde baseia-se em uma relação entre forma e processo. O sistema de cascatas exerce influencia no sistema

morfológico estabelecendo modificações nas formas, os quais por sua vez influenciam o modo como os processos operam (WEMPLE, 2001).

Este sistema de cascata em encostas está dividido em zona de produção, transferência e deposição (Figura 2).

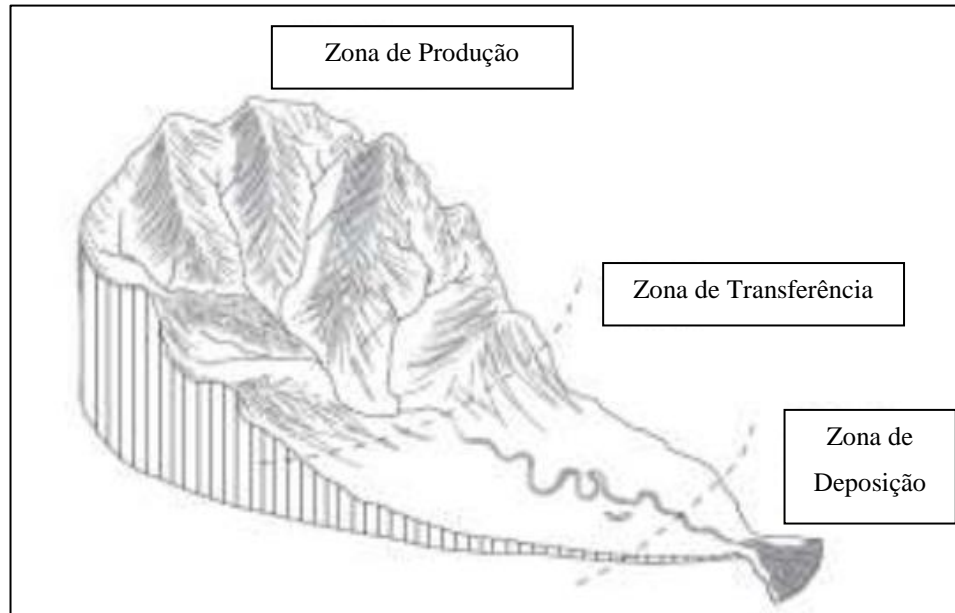


Figura 2: Sistema de Cascata.  
Fonte: WEMPLE (2001)

As encostas como forma geomorfológica na condição de um sistema de cascatas produz elementos influenciadores na estabilidade como marmitas (SILVA *et al.* 2017) podendo ser encontrados na zona de produção e transferência, rede de drenagem (SILVA *et al.* 2009) dispostas da zona de produção até a zona deposição, elementos erosivos (SWANSON, *et al.* 1975) provocados por fatores intempericos em todo o contexto sistêmico e geoformas (TWIDALE, 1982) caracterizado por formações tipológicas de encostas cristalinas.

Toda esta contextualização reproduz um quadro de contribuição promovido pelas encostas. Sua dinâmica favorece o transporte de sedimentos e formações de elementos contribuidores ao desenvolvimento do ambiente. Dentro dos aspectos sistêmicos em seu comportamento de auto-regulação e cascata observa-se a interação dos elementos contidos nas encostas os quais são relevantes para as discussões de paisagens. Para desenvolver respostas para as interações entre os elementos do sistema de encostas têm-se os estudos de hidrologia e ecoidrologia.

## 1.4 Hidrologia e Ecohidrologia de Encostas

A perspectiva hidrológica é o fator principal no comportamento da dinâmica das encostas. Os estudos hidrológicos em encostas têm como objetivo identificar o comportamento no transporte e deposição dos sedimentos, de modo a esclarecer fatores de formação e dinâmica da paisagem (DUNNE, 1980; FERNANDES, 1990; COELHO & FERNANDES, 1990).

Coelho-Neto (1998) atribui a água como agente modelador do relevo da superfície terrestre controlando a formação e o comportamento mecânico das rochas e dos solos. A referida autora destaca que a condução da água através das encostas influenciam os aspectos erosivos e formações de depósitos, resultando nas interações dos fatores bióticos (flora e fauna), abióticos (clima, rocha, solo e posição topográfica) e antrópicos (uso da terra).

Diante do pressuposto da importância da água na condução do comportamento dos elementos contidos no ambiente de encostas, é possível observar as relações de dependência entre estes elementos. Os aspectos destacados por Coelho-Neto (1998) e o resultado interativo dos fatores bióticos, abióticos e antrópicos são à base de sustentação para as conceituações da Ecohidrologia.

A primeira utilização do termo ecohidrologia foi apresentado por Ingram (1987) que estabelece o comportamento da vegetação perante a dinâmica hidrológica no solo e suas interfaces com o clima úmido da Escócia. As discussões de Ingram (1987) reforça o caráter de controle exercido pela água no ambiente. Posteriormente o conceito de ecohidrologia é estabelecido por Rodriguez-Iturbe (2000) que conceitua a ecohidrologia como a ciência que procura descrever os mecanismos hidrológicos que estão subjacentes ao padrão e processos ecológicos. Esta conceituação é o desdobramento de muitos estudos que se estabelecem nesta vertente, onde as relações solo-planta-atmosfera orientam as pesquisas sobre ecohidrologia (RODRIGUEZ-ITURBE & PORPORATO, 2004).

Dentre estes estudos Mil'kov (1978) desenvolve o conceito de contrastividade, onde o referido autor destaca um sistema simples de combinação de inclinação e complexo de planície de inundação. O principal destaque apontado por Mil'kov (1978) está na identificação da atividade biológica incomum que tende a se desenvolver ao longo das zonas de contato (vertente-base).

Com o passar dos anos verificou-se que está atividade biológica incomum destacada por Mil'kov (1978) se estabelecia pela dinâmica da encosta, onde os elementos transportados pela vertente se estabeleciam na base desenvolvendo o solo e a vegetação, isto pode ser observado

no trabalho de Yair (1982) o qual ressalta a captação de água pelas encostas para alguns sistemas agrícolas antigos no deserto de Negev em Israel. As observações de Yair (1982) identificou aspectos da vegetação e atividade biológica, os quais destacou a presença de espécies de vegetação do mediterrâneo e alta umidade do solo.

A despeito das encostas em ambientes secos estas relações se tornam ainda mais importantes (D'ODORICO, 2009), onde a escassez de água provoca ao solo e a vegetação obter estratégias de sobrevivência a baixa quantidade de água. A vegetação de ambientes secos mantém sua sobrevivência através de estratégias adaptativas. Uma das adaptações os quais favorece a vegetação está na adaptação a diferentes topografias das encostas (GUTIÉRREZ-JURADO & VIVONI, 2013), os quais promovem aspectos microclimáticos de temperatura e umidade específicos. Estes aspectos podem ser refletidos no comportamento fisiológico das plantas (SVORAY & KARNIELI, 2011).

Dependendo das condições climáticas e topográficas submetidas à encosta, observa-se um comportamento diferente da água dentro do sistema. A água é um elemento alimentador enquanto que o clima e a topografia são controladores, esta dependência exerce uma influência no solo e na vegetação, o que condiciona a topografia a ser um elemento produtor de relações em ecossistemas de ambientes secos (SVORAY & KARNIELI, 2011).

A partir da década de 70 observaram-se muitos estudos das relações umidade e planta em encostas de ambientes secos. Estes estudos refletiram comportamentos diferenciados nos grupos vegetativos de plantas à medida que se distanciavam dessas encostas.

Um dos estudos mais difundidos para compreender as encostas em ambientes secos foi desenvolvido pelo professor W. Barthlott publicado em 2010, onde reuniu diversos pesquisadores de 1973 a 2010 com trabalhos em inselbergs distribuídos por todo o mundo.

Estes estudos apontaram os primeiros indícios de algum aspecto de umidade nas áreas de afloramentos rochosos (POREMBSKY *et al.* 2000; SARTHOU *et al.*, 2007) que consideraram estas áreas como ilhas de habitats ecológicos, ressaltando como um dos principais fatores para a sua manutenção, a umidade local. Analisando os trabalhos de Porembsky *et al.* (2000) e Sarthou *et al.* (2007) sobre vegetação nos afloramentos rochosos verifica-se um direcionamento ao aspecto botânico, onde em afloramentos rochosos na Costa do Marfim na África foram identificadas espécies de plantas que apresentaram estratégias adaptativas decorrentes das concentrações de umidade. Neste mesmo ponto de vista Szarzynski (2000) chamou esses afloramentos rochosos de ilhas xéricas determinando através de análises o comportamento do transporte da água da planta perante a temperatura.

Szarzynski (2000) indica que esses ambientes promovem o estabelecimento de um microclima independente do seu entorno adverso ao clima seco, onde Krieger *et al.* (2003) verificaram o comportamento de plantas efêmeras nos inselbergs observando que os conjuntos de populações se comportavam de forma diferente a outras áreas. Os resultados expressos por Krieger *et al.* (2003) chamam atenção para o fato de algumas espécies se reproduzirem sazonalmente, destacando que algumas tendem a resistir a sazonalidade climática, onde o comportamento populacional é menos significativo.

As análises desenvolvidas acerca da dinâmica de encostas em ambientes secos até então representavam o comportamento da vegetação (POREMBSKY *et al.* 2000) e sua utilização (YAIR, 1982). Para colaborar com os estudos de dinâmica de encostas em ambientes secos Wesemael *et al.* 1998 ressaltam a importância de coleta e armazenamento de escoamento em ambiente semiárido, onde são destacados que os aspectos geomorfológicos são os condutores no aporte de água promovidos por estas encostas.

Baseados nesta premissa observa-se que o padrão topográfico é essencial para a dinâmica hidrológica nas encostas (ANDERSON, 1978). Os diferentes padrões topográficos colaboram para o escoamento superficial e capacidade de infiltração, onde são elementos hidrológicos essenciais na manutenção da vegetação e desenvolvimento do solo (BIRKELAND, 1984; AVELAR, 1994). Os dois elementos hidrológicos supracitados são controlados pela intensidade da chuva (COELHO-NETO, 1998), onde este fator faz com que haja influência no comportamento da encosta no que diz respeito à cobertura e condições do solo. A cobertura do solo por vegetação exerce um fator de manutenção da água aumentando a capacidade de infiltração, enquanto que as condições do solo como textura, compactação e profundidade controlam a quantidade de água que poderá ser armazenada mediante a sua saturação (COELHO-NETO, 1998; TUCCI, 2009).

De acordo com estas observações a ecohidrologia tornou-se um conceito extremamente amplo onde proporciona a possibilidade de responder aspectos sobre o comportamento ecológico (ZALEWSKI, 2002; MORRISON & HARPER, 2009; D'ODORICO *et al.* 2010). Estes estudos destacam a ecohidrologia como um novo paradigma de sustentabilidade, baseado na gestão da água (ZALEWSKI *et al.*, 1997).

Diante deste paradigma, WILCOX *et al* (2005) destacam o papel da ecohidrologia nos estudos de paisagens semiáridas, onde a relações condicionadas pelos aspectos ecohidrológicos (solo-planta-atmosfera) são difundidas nas discussões de fluxo de água e a utilização desta água pela planta (HUXMAN *et al*, 2005; FRANZ *et al*, 2012). As encostas

semiáridas podem explicar padrões no comportamento da vegetação perante a sua topografia (BELNAP *et al*, 2005). Os impactos proporcionados pela dinâmica topográfica condicionam a diferentes comportamentos de fluxos, onde a presença de vegetação e variabilidade topográfica influenciam na ganha ou perda por escoamento.

De acordo com a figura 3 as áreas compreendidas por vegetação exercem boa capacidade de infiltração com ganho de pulso microbiológico, enquanto que as áreas ausentes demonstram uma perda de infiltração e um ganho de escoamento, mas perda de pulso microbiológico. No que corresponde à configuração de trechos de encostas, observa-se que a declividade nua (a) apresenta baixa capacidade de absorver água e nutrientes, diferente da área de declive vegetado (b). Diante deste pressuposto Belnap *et al*, 2005 esclarece que a variabilidade topográfica (c) com pequenas depressões aumentam a capacidade de armazenamento de nutrientes e retenção de água, favorecendo a manutenção da vegetação, mas destaca-se que o aumento do volume de escoamento determina a redistribuição do material deslocado, auxiliando no desenvolvimento do solo e consequentemente a vegetação.

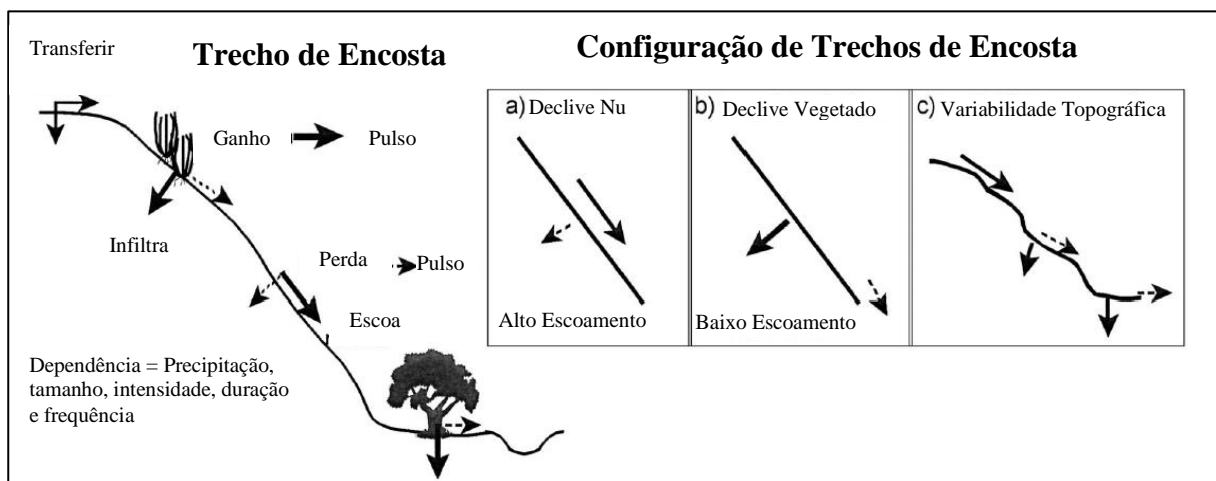


Figura 3: Trechos e Configuração de Encostas Semiáridas.

Fonte: Belnap *et al*. (2005)

Estas variabilidades topográficas são expressas no desenvolvimento de redes de drenagem que condicionam o fluxo das vertentes para a base. Em zona semiárida esta dinâmica condiciona o estabelecimento de maiores profundidades verticais (no solo) na zona de contato (base da encosta) mediante as condições climáticas de intensidade das chuvas (SEYFRIEND *et al.*, 2005).

Diante dos regimes climáticos das zonas de ambientes secos observa-se o comportamento das florestas que constituem essas regiões, o que conhecemos como florestas sazonalmente

secas. As análises dessas florestas permitem verificar aspectos da vegetação em sobreviver a áreas com baixas precipitações.

### 1.5 Florestas Sazonalmente secas

As florestas sazonalmente secas estão inseridas na contextualização das terras secas. O comportamento sistêmico em terras secas apresenta uma regulação pela água e pelo clima, conforme destacam Hassan *et al.* (2005):

As terras áridas são caracterizadas pela escassez de água, o que restringe a produção de seus dois principais interligados serviços-primário de ciclagem de nutrientes. A longo prazo, as entradas da umidade natural (isto é, precipitação) são contrabalançados por perdas de umidade por evaporação de superfícies e transpiração pelas plantas (evapotranspiração). Este déficit potencial de água afeta ambos os ecossistemas naturais e sob gestão, o que restringe a produção de culturas, forrageiras e outras plantas e tem um grande impacto sobre o gado e os seres humanos (HASSAN *et al.* 2005, p. 626 ).

O serviço de regulação do clima em terras secas envolve os componentes da biodiversidade abordando a importância da manutenção de água no solo (Figura 4).

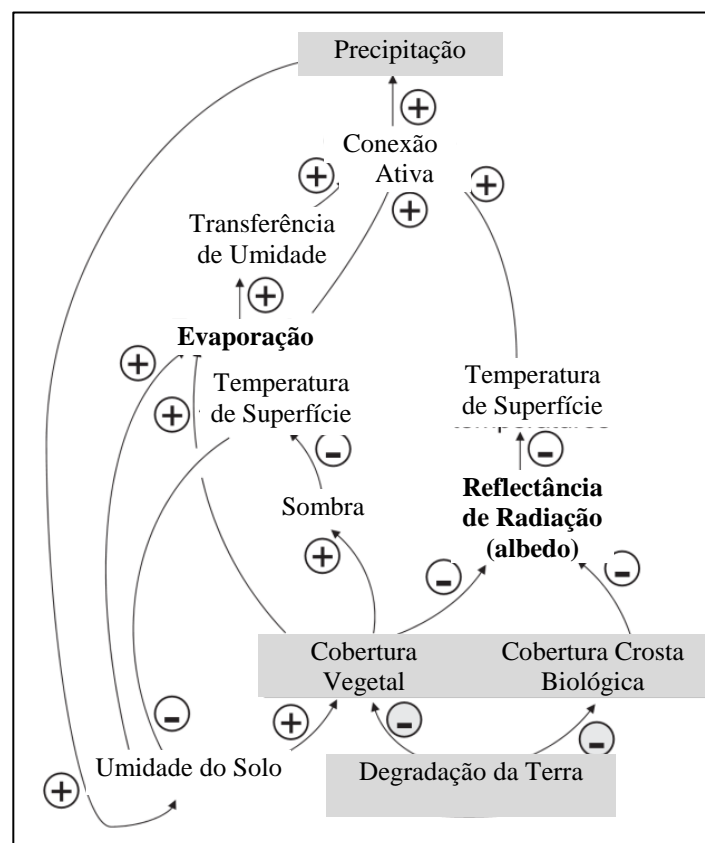


Figura 4 - Serviço de Regulação do Clima em Terras Secas.

Fonte: Hassan *et al.* (2005).

Ao observar a Figura 4, verifica-se que a precipitação contribui para a umidade solo, onde esta pode ser diminuída por um aumento da temperatura, gerando elevação da evaporação, que por sua vez transfere umidade para o sistema de chuva. A umidade do solo também contribui para a cobertura vegetal, onde através das sombras proporcionadas pela vegetação colabora positivamente diminuindo a temperatura da superfície, o que faz com que ajude a umidade a se manter no solo. Ao mesmo tempo, a vegetação também colabora para a evaporação que retorna ao sistema em forma de chuvas. O albedo é outro fator a ser considerado nesse sistema, onde a diminuição na cobertura vegetal reflete na temperatura da superfície contribuindo para uma resposta positiva para o sistema de chuvas.

Ao considerar este sistema temos que aceitar que ele pode sofrer impactos onde a degradação da terra pode influenciar na modificação da cobertura vegetal fazendo com que este sistema não responda positivamente para o ecossistema.

As discussões de Hassan *et al.* (2005) apresentam a importância da vegetação como mantenedora da umidade local e consequentemente auxiliando na riqueza da biodiversidade. Qualquer alteração que porventura ocorra na cobertura vegetal terá um aumento de temperatura e diminuição da umidade que pode interferir no comportamento da planta e da floresta, causando um impacto no ecossistema, como evidenciado pela degradação dramática que ocorreu em muitas áreas semiáridas ao longo do século passado (WILCOX & NEWMAN, 2005).

Do ponto de vista dos processos fluviais em terras secas, Souza (2014) expõe a importância dos rios para compreender as terras secas, destacando a vegetação como um dos fatores sensíveis relacionado ao escoamento superficial. Qualquer modificação na vegetação influencia no escoamento superficial, assim nas terras secas tem-se um aumento da erosão de forma mais intensa devido à sazonalidade climática anual que controla a variação da cobertura vegetal interanual. Logo, a relação entre quantidade de precipitação e vegetação estão diretamente ligadas a erosões e produção de sedimentos.

A partir das discussões que condicionam o comportamento sistêmico de áreas de encostas em ambientes secos é possível observar o processo de adaptação da vegetação as condições que são impostas, desde alterações no uso da terra a mudanças climáticas. O contexto brasileiro apresenta diversos trabalhos que estabelecem as estratégias da vegetação e seu contexto geomorfológico que expõe a importância em discutir a ecidrologia nessas áreas.



## 1.6 A Vegetação e as Encostas do Semiárido Brasileiro

No semiárido brasileiro os índices pluviométricos são baixos (entre 300 e 800 milímetros por ano), as chuvas concentradas em quatro meses do ano impactam fortemente a dinâmica hidrológica local e qualquer alteração nessa dinâmica potencializa os impactos na paisagem (SOUZA, 2014).

A preservação dos mananciais é estratégica para a manutenção do ecossistema. As discussões pertinentes aos recursos hídricos no semiárido passam por um paradigma ligado a como manter a estrutura hídrica diante de chuvas irregulares (JEMMA, 1993; IBESA, 2004; RODRIGUES *et al.* 2013).

De acordo com o MMA (2010) a vegetação do semiárido brasileiro é a Caatinga, um bioma exclusivamente brasileiro. Localizado na região nordeste do País, ocupa uma área referente a 10% do território nacional e se estende por grande parte da região Nordeste e Norte de Minas Gerais.

Mesmo diante da elevada dinâmica hidrológica, proporcionada pelas chuvas escassas e irregulares, a vegetação de caatinga é extremamente heterogênea. Ab'Saber (1974) destaca a excepcionalidade dessa formação vegetal, marcante no contexto climático e hidrológico, quando comparada as grandes extensões de terras úmidas do Brasil, com pelo menos uma centena de diferentes tipos de paisagens únicas onde, além das grandes extensões de formações tipicamente xerófilas, se destacam as lagoas ou áreas úmidas temporárias, os refúgios montanhosos e os rios permanentes como o São Francisco.

Do ponto de vista da diversidade florística da caatinga, Andrade-Lima (1953) e Rizzini (1967) encontraram afinidades entre as floras deste bioma e da Amazônia, enquanto que Cole (1960) estabelece uma relação das espécies de cerrado com a caatinga e o pantanal mato-grossense. Vale salientar que estes estudos citados anteriormente acerca da representatividade da caatinga como bioma diferenciado do cerrado e da Amazônia não estavam consolidados, apenas indicavam esse fato como possibilidade, ao passo que a aceitação dessa hipótese só será estabelecida a partir de 1986, com o advento dos estudos de diversos levantamentos florísticos estabelecidos das espécies endêmicas com a revisão de Andrade-Lima (1966) que relaciona 107 espécies de Leguminosae Hiléianas presentes no nordeste, a qual algumas espécies da família das Leguminosae se adaptaram ao clima semiárido se tornando predominantes.

Na contextualização da Caatinga como um dos três espaços semiárido da América do Sul entre as florestas sazonalmente secas, Prado (2003) a caracteriza como uma floresta arbórea ou arbustiva, compreendendo principalmente árvores e arbustos baixos, muitos dos quais apresentando espinhos e microfilia e algumas características xerofíticas, dando destaque a espécies pesquisadas das famílias das Fabaceae, Apocynaceae, Burseraceae, Euphorbiaceae, além de Leguminosae e Cactaceae.

É possível observar que a caatinga é heterogênea quanto às formas em que se apresenta. Dependendo do regime de chuvas, do tipo de solo e relevo pode-se ter uma fitofisionomia diferenciada. Colaborando com os estudos de Prado (2003), Pennington *et al.* (2006) verificam a variabilidade das espécies de Leguminosae na América Latina, onde nas florestas secas do México e do Brasil predominam as Euphorbiaceae enquanto que no Peru predominam as Cactaceae. A predominância das Leguminosae é expressa por Queiroz (2006) compreendendo 293 espécies e 77 gêneros encontradas tanto nos embasamentos cristalinos como nos sedimentares.

Ao exemplificar a sua dinâmica Araujo *et al.* (2007) verificam a importância dos fatores de umidade no processo de germinação e desenvolvimento evidenciando que a sazonalidade climática pode provocar estresse que modificará as características demográficas de populações de plantas, onde as espécies que tiverem maior capacidade de regeneração após o estresse poderão apresentar características de desequilíbrio e dominar o espaço que era anteriormente ocupado por outra.

Essa questão foi ratificada por Cardoso & Queiroz (2011) através da teoria de metacomunidades, onde a elevada abundância relativa observada em florestas secas está relacionada à baixa migração de espécies, em razão do isolamento dos fragmentos. Restrições ambientais impostas aos novos indivíduos, que tentam colonizar as áreas secas também desfavorecem a imigração, assim diminui-se a competição local possibilitando o crescimento de espécies residentes.

A reunião dos estudos de Cole (1960), Rizzini (1967), Andrade-Lima (1966), Sarmiento (1975), Prado & Gibbs (1993), Coimbra-Filho & Câmara (1996), Pennington *et al.* (2006) e Santos *et al.* (2011) enfatiza a presença de algumas espécies ocorrentes na Caatinga que, em princípio, não estariam adaptadas ao clima seco dominante. Estas observações são destacadas por Lopes (2007) que ao realizar um levantamento florístico em uma área úmida e outra seca dentro do semiárido brasileiro verificou algumas disparidades nas famílias

encontradas. Na zona de mata úmida foram encontradas *Clusiaceae*, *Moraceae*, *Myristicaceae* e *Sapotaceae* e na mata seca foram *Sterculiaceae*, *Fabaceae*, *Bignoniaceae* e *Moraceae*.

Os subsídios apresentados anteriormente acerca do bioma caatinga e sua diversidade florística nos remetem a discussões sobre essas diferenciações onde, numa aparente contradição, em um espaço regional de clima predominantemente seco encontramos espécies tanto com pouca como com muita exigência hídrica. Um dos caminhos a serem trilhados na busca de algumas respostas nos conduzem a determinadas condições ambientais pretéritas na história da formação das paisagens do semiárido brasileiro, ligadas a Teoria dos Refúgios (AB' SABER, 1992).

Como já dissemos, os estudos sobre vegetação de encostas em afloramentos rochosos no Brasil são recentes, efetuando investigações do ponto de vista taxonômico das espécies que colonizam a parte superior dos afloramentos e poucos em suas bases. Esse é o caso de Oliveira & Godoy (2007), Moraes *et al.* (2009), Tolke (2011), COSTA *et al.* (2015), entre outros, onde é possível compreender um pouco da dinâmica local e apontar diretrizes de influências microclimáticas (PEREIRA-NETO, 2012; CARMO, 2014).

No que diz respeito ao entorno dos afloramentos os estudos ainda são muito incipientes (PEREIRA-NETO, 2012; LUCENA, 2016) destacando os altos potenciais ecológicos, onde Pereira-Neto (2012) enfatiza, do ponto de vista botânico, a diversidade das espécies enquanto que Lucena (2016) aponta as áreas de afloramentos como ricas em umidade utilizando as Lianas como indicadoras, dado o elevado requerimento hídrico deste grupo de plantas para sobreviver.

Para a manutenção desta vegetação nessas áreas não é somente necessário à presença de afloramento rochoso, necessitam também de uma determinada condição geomorfológica. Como destacado anteriormente a topografia se destaca como fator preponderante na dinâmica da paisagem proporcionando uma variação de solos e diminuição dos processos de erosão com a manutenção da vegetação (BIRKELAND, 1984; THOMAS, 1989).

## **1.7 Estudos de Geomorfologia do Semiárido Brasileiro**

Analisando o ponto de vista geomorfológico Bigarella *et al.* (1994) destacam que a vegetação desempenha um papel fundamental nos processos de intemperismo e na evolução da paisagem, onde em épocas climáticas anteriores sua expansão foi máxima, desempenhando papel importante na intemperização química das rochas.

Partindo das discussões anteriores, Ab'Saber (1974) evidenciou que a partir do momento em que nos afastamos de áreas semiáridas ocorre uma modificação da paisagem onde existem exemplares de vegetação mais diversificados se diferenciado da paisagem seca comum, o que ocorre devido a compartimentação da topografia e a orientação das encostas em relação aos ventos úmidos. Portanto:

Tudo leva a crer que as caatingas possuem *facies* suficientemente diferenciadas para resistir, em seu conjunto, aos períodos de acentuação de aridez, não tendo sofrido eliminação por ocasião das eventuais fases subúmidas. Pelo contrário, nos momentos mais secos devem ter se ampliado descontinuamente os *geofacies* dotados de plantas tipicamente xerófilas, enquanto nos momentos ligeiramente mais úmidos predominaram maiores extensões de caatingas arbóreas e matas secas. (AB'SABER, 1974, p. 15)

Nessa dinâmica, as formações coluviais juntamente com a dinâmica das encostas são pontos a serem explorados (CORRÊA *et al.* 2008, BEZERRA *et al.* 2008; GURGEL *et al.* 2013). Os colúvios são blocos rochosos que são provenientes do intemperismo de uma rocha maior e se depositam na base de uma encosta. Toda essa condição é importante nas formações geomorfológicas do semiárido.

Os estudos que contribuem para a explicação dos relevos semiáridos são baseados no processo de pediplanação (PENCK, 1924; KING, 1956). A pediplanação está conceituada como um processo de modelagem cíclica do relevo destacando a regressão das vertentes, onde as mesmas evoluem nas pressuposições relacionadas com o nível de base (CHRISTOFOLLETTI, 1974).

Nesse caso, as formas de relevo que vemos atualmente são o resultado de uma série de fatores atuantes no passado. No caso dos espaços semiáridos, destacam-se em sua compartimentação topográfica os efeitos dos paleoclimas. (Figura 5).

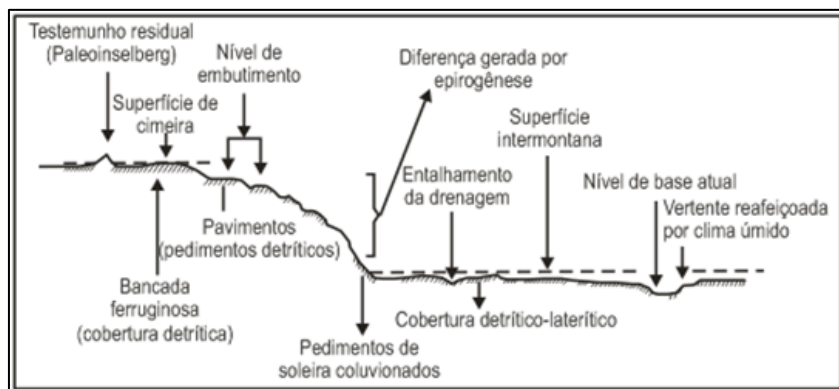


Figura 5 - Compartimentação Topográfica e Efeitos Paleoclimáticos.  
Fonte: Casseti (1994).

A compartimentação Geomorfológica do semiárido é constituída de relevo aplainado com alguns exemplares de inselbergs distribuídos e caracterizados por processos erosivos provenientes de condições climáticas diferente das atuais.

O clima semiárido (seco) que hoje compõe parte do Nordeste brasileiro está sujeito a três processos morfogenéticos exógenos que merecem atenção: Meteorização Mecânica que constitui a desagregação mecânica ou química da rocha; Escoamento Superficial, onde o mesmo é a porcentagem de água que escoar superficialmente sobre uma área decorrente da pluviosidade; Ação Eólica que trata do impacto dos ventos, sendo um fator importante para o transporte de sedimentos (JATOBÁ, 1994).

Corrêa *et al.* (2010) destacam alguns pontos que explicam a formação do relevo no semiárido brasileiro, tendo como área de estudo o planalto da Borborema, formação geomorfológica onde estão situadas as duas áreas de estudo desta tese.

Carvalho (1982) coloca que na Paraíba o maciço da Borborema apresenta-se fragmentado parecendo sob a forma de escarpas com amplas superfícies elevadas aplainadas e ainda com maciços residuais pouco extensos representados pelas serras e inselbergs.

As formações desses maciços residuais constituídos de inselbergs são parte do processo de pediplanação. A denominação de inselbergs provém do alemão, significando “monte de ilha” (WHITTOW, 1984). Essa denominação pode causar um pouco de confusão, já que existem diversos tipos de formações rochosas. Bigarella *et al.* (1984) designam inselbergs como um relevo residual sobressaindo-se de uma superfície aplainada de erosão, onde geralmente são rochas desprovidas do manto de alteração proveniente de uma elevação abrupta em terrenos planos. Dentro deste estudo há duas classificações para os inselbergs, Bornhardts e Tors, onde são derivados de forma dômica sofrendo diversos processos de intemperismo. Assim para esta tese denominou-se essas formações apenas de afloramentos rochosos, onde na geomorfologia o termo afloramento é designado para rochas expostas na superfície terrestre.

Bigarella *et al.* (1984) colocam que este afloramento rochoso é o produto final da pedimentação, podendo ocorrer como uma colina isolada ou num grupo residual de colinas. Diante disto, os afloramentos rochosos evidenciam todo o processo de pediplanação, onde podemos atestar as formações pediplanares. Estes resquícios de fragmentação pediplanar apresentam características comuns para o semiárido brasileiro, em decorrência de fatores litológicos, hidrológicos, topográficos e paleobotânicos, o que Ab'Saber (1970) no contexto da caatinga chamou de “Ilhas” de vegetação (Figura 6).

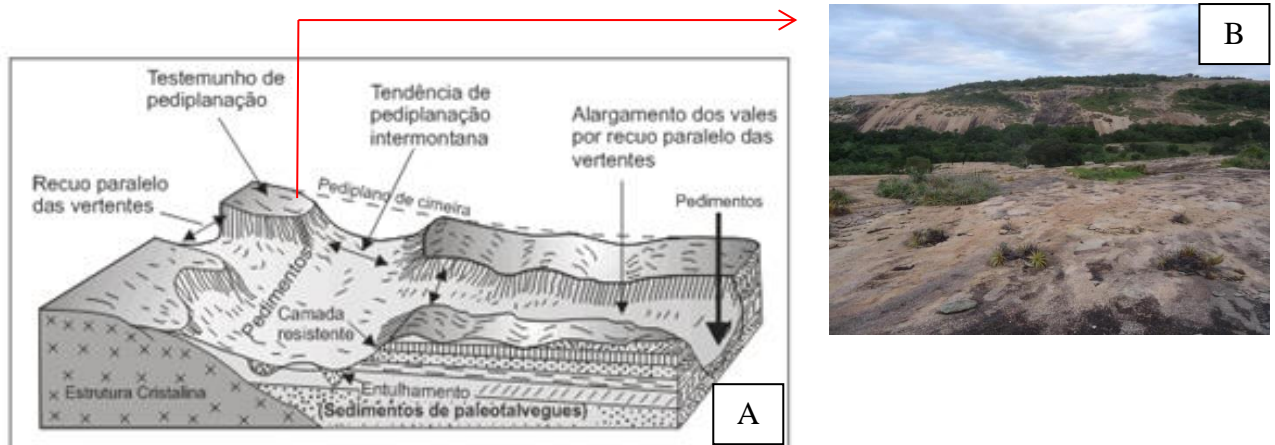


Figura 6 - A - Clima Seco Responsável pelo Alargamento dos Generalizado dos Vales por Recuo Paralelo das Vertentes com Entulhamento de Paleotalvegues; B - Lajedo da Salmbaia  
 Fonte: Figura (A) – Casseti (1994); Figura (B) – Rony Lopes Lunguinho.

Como já foi exposto anteriormente Bigarella *et al.* (1984) compreendem o inselberg como uma forma de afloramento rochoso constituído de dois tipos: Dômico e Tors (Figura 7). Na formação dômica predominam mecanismos físicos (esfoliação), auxiliado por alterações químicas nas diaclases de descompressão, enquanto que nos Tors o núcleo rochoso resulta de uma atividade química predominante (decomposição esferoidal), secundada por ações físicas (esfoliação de pequeno porte).

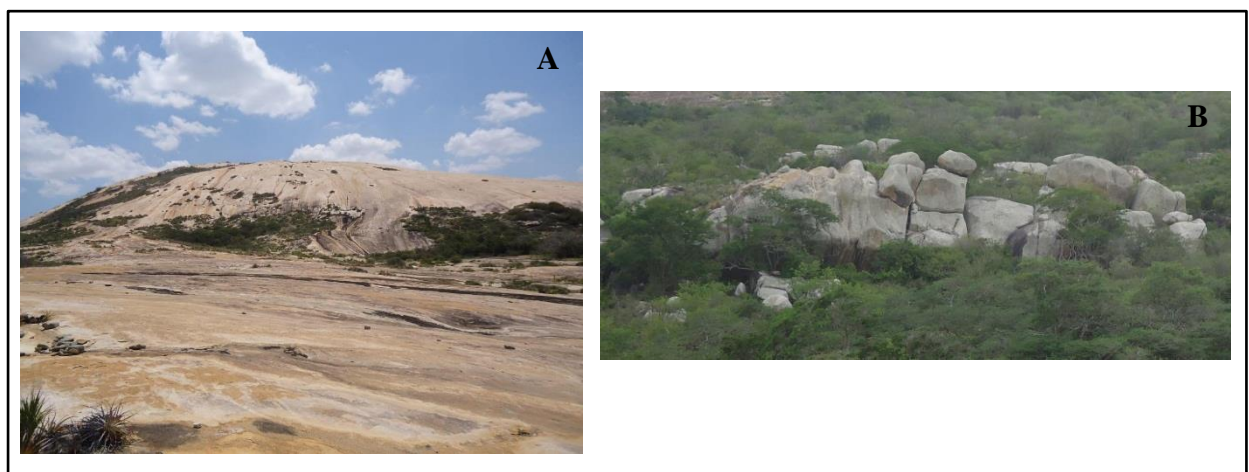


Figura 7 - Tipos de Afloramentos Rochosos. (A) - Tipo Dômico: Serra do Jatoba (Serra Branca - PB); (B) - Tors (Matacão): Salambaia (Cabaceiras - PB).  
 Fonte: Rony Lopes Lunguinho.

Dentre os estudos das formações geomorfológicas onde foi desenvolvido o presente trabalho temos Lages *et. al.* (2013) que reforça as discussões de Guerra (1994), destacando a

formação de plútons ígneos que são grandes massas de rochas magmáticas cristalizada em profundidade, na crosta, e quando afloram constituem os batólitos formações intrusivas que, de acordo com Bigarella *et al.* (1984) são provenientes de formações intrusivas discordantes onde a massa magmática foi empurrada de baixo para cima através de rochas sobrejacentes, sendo estas quebradas ou deslocadas de modo que o resultado é uma intrusão discordante.

As formações geomorfológicas das áreas provenientes deste estudo contribuem para a compreensão das características das encostas rochosas de ambientes secos, as quais Corrêa *et al.* (2013) colocam que nas encostas em zona semiárida ocorre uma delimitação de vários níveis topográficos proporcionando uma variação de paisagens, perspectiva observada por Twidale (1978) e Thomas (1989).

Além das discussões anteriores na formação dos maciços cristalinos semiáridos, Cavalcanti *et al.* (2016) classificaram os compartimentos geomorfológicos em encosta rochosa, escarpa rochosa, blocos residuais, torre, encosta/sopé coluvial, patamar, encosta de talús, pedimento rochoso, ravina, pedimento com cobertura dentritica, barra fluvial, banco de solapamento e leito arenoso/cascalho cujo objetivo era determinar uma cartografia de detalhe em maciço cristalino no semiárido brasileiro, na escala 1:10000. Este trabalho propicia conhecer as tipologias geomorfológicas e determinar suas unidades de paisagem.

Partindo dos pressupostos da geomorfologia Maia & Nascimento (2018) analisaram os relevos graníticos do nordeste brasileiro exemplificando suas formações e importância. Os autores destacam que seu processo de formação ao longo das transformações condicionaram as dinâmicas estruturais de acondicionamento de solo nas fases contato rocha e dissecação sobre o afloramento rochoso na manutenção de pavimentos dentriticos e formação de caneluras. Saliente-se que as formações provenientes dos afloramentos rochosos ainda necessitam de estudos mais aprofundados.

Mediante as conceituações que embasam as análises de encostas dentro um sistema complexo adaptativo em seus processos de auto-regulação e *cascade systems* é possível observar que dentro do contexto dos ambientes secos do semiárido brasileiro há uma necessidade de maiores estudos inerentes às relações ecohidrológicas de encostas. Diante disto serão realizados a seguir investigações acerca do comportamento dos elementos das encostas do semiárido brasileiro tendo como referência duas áreas de estudo no cariri Paraibano, para isto desenvolveu-se uma metodologia para a análise das paisagens das encostas.

## CAPITULO II

### METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE PAISAGENS EM ENCOSTAS CRISTALINAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

*As torres de nuvens por cima da serra parece outra serra querendo virar  
Chega o nevoeiro foge a luz solar é quando a chuva lá se desata  
Parece um rosário de ponte de prata e desce o aguaceiro pra beira do mar*  
Vozes e Versos

Os procedimentos metodológicos estão divididos em compreensão do sistema ambiental físico de encostas cristalinas no semiárido brasileiro, caracterização dos relevos residuais por detecção remota, descrição morfológica dos solos, levantamento fitossociológico e determinação das unidades de paisagem. Ao estabelecer a caracterização das áreas de relevos residuais determinou-se o comportamento atmosférico através dos elementos pluviosidade, temperatura e umidade do ar. A dinâmica atmosférica apresentada é preponderante como parâmetro de entrada para obter o comportamento de escoamento das encostas, armazenamento na base dos afloramentos rochosos e assim efetuar uma análise de sua condição hidrológica. Diante do quadro de caracterização, dinâmica atmosférica e condição hidrológica observa-se a ecohidrologia (atmosfera-solo-planta). A resposta dessas interações é observada com maior evidência no solo e na planta, através dos dados umidade, temperatura, potencial de água e análise física e química do solo, enquanto na planta serão destacadas as espécies mais exigentes em água considerando o levantamento fitossociológico realizado (Figura 8).

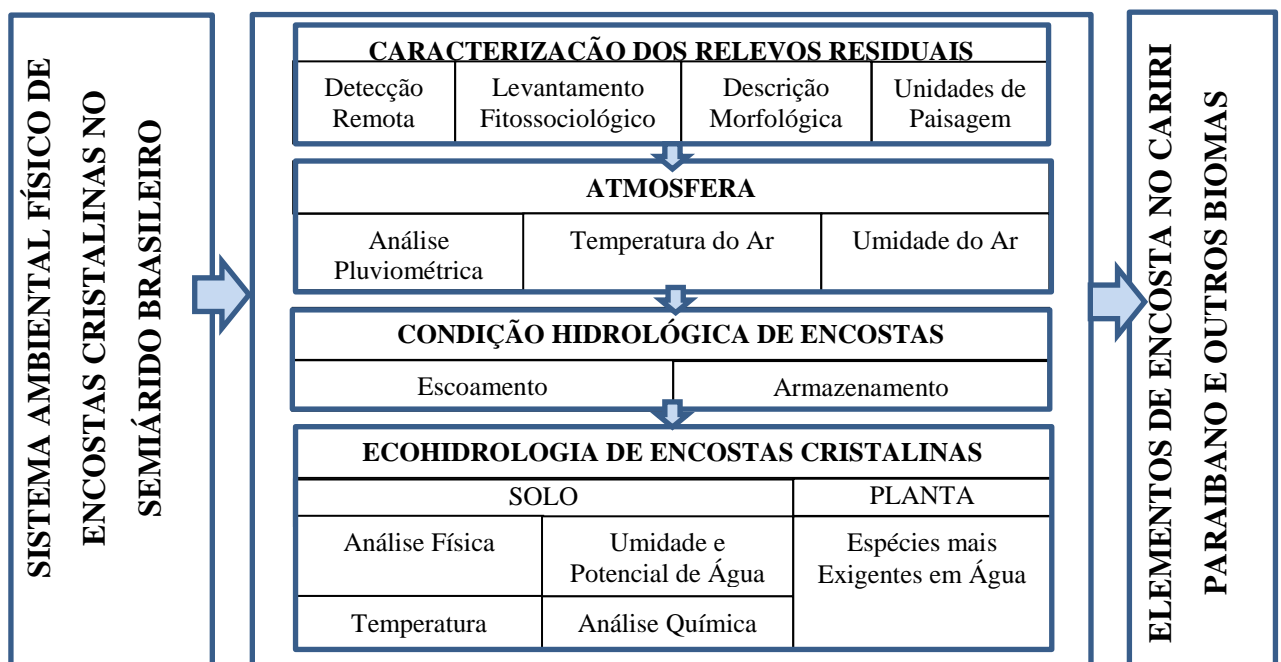


Figura 8: Fluxograma Metodológico



Para obtenção dos dados pretendidos na metodologia aplicou-se determinados procedimentos técnicos e análises de campo.

## 2.1 Sistema Ambiental Físico de Encostas Cristalinas no Semiárido Brasileiro

Para a geração do sistema ambiental físico necessitou-se de observações de campo e base teórica. O objetivo da construção de um sistema ambiental físico era representar a hipótese proposta na tese, iniciando através de observações da paisagem em alguns dos afloramentos rochosos da região do Cariri, tendo como elemento norteador a vegetação (Figura 9). Através das perspectivas expressas nos conceitos acerca do ciclo hidrológico (CHRISTOFOLLETTI, 1999; TUCCI, 2009), observações de campo e fitofisionomia da vegetação nas áreas de afloramentos rochosos verificou-se que os mesmos indicavam papel fundamental na exportação de água e manutenção de enclaves arbóreos nas bases dos afloramentos rochosos.



Figura 9: Fotografias de campo para compreensão do Sistema Ambiental Físico. A - Lajedo do Pai Mateus, Cabaceiras-PB (29/03/2014); B - Serra do Jatobá (Serra Branca-PB (23/09/2014); C - Sítio Salambaia, Cabaceiras-PB (26/06/2014). D - Serra da Engabelada, Congo-PB (23/04/2015); E - Escoamento de Encosta Sítio Salambaia, Cabaceiras-PB (26/06/2014).

Fonte: Rony Lopes Lunguinho

Baseado nas observações de campo elaborou-se um perfil esquemático que representa a hipótese estabelecida através das relações ecohidrológicas (atmosfera, solo e planta), que será apresentado nos resultados. Diante do panorama apresentado no sistema ambiental físico determinou-se a caracterização dos relevos residuais.

## **2.2 Caracterização dos Relevos Residuais no Semiárido Brasileiro**

A caracterização dos relevos residuais nas áreas de estudo (sitio Salambaia no município de Cabaceiras-PB e Serra da Engabelada no município do Congo-PB), consideradas como parâmetros para o semiárido brasileiro foram divididas em análise por detecção remota, levantamento fitossociológico, descrição morfológica dos solos e determinação das unidades de paisagem. Estas áreas foram selecionadas devido a sua representatividade em afloramentos rochosos e melhor logística de campo para a execução da metodologia proposta.

### **2.2.1 Localização e Características Gerais das Áreas de Estudo**

As duas áreas de relevos residuais selecionadas para este estudo encontram-se na região do Cariri Paraibano localizada no centro sul do estado da Paraíba fazendo divisa com o estado de Pernambuco.

O Sitio Salambaia a 500 m de altitude com uma área de 10,438 km<sup>2</sup> e 13,946 km de perímetro localiza-se na faixa oriental do Cariri, a nordeste do município de Cabaceiras na divisa com os municípios de Boa Vista, Boqueirão, São Domingos do Cariri e São João do Cariri. A serra da Engabelada com 640 m de altitude em uma área de 22,044 km<sup>2</sup> e 17,673 km de perímetro localiza-se no município do Congo na faixa ocidental do Cariri, sentido sul, fazendo divisa com os municípios de Camalaú, Sumé, Serra Branca, Coxixola, Caraúbas e o estado e Pernambuco.

Partindo do processo de formação descritos por Lages *et al.* (2014) e Corrêa *et al.* (2010) o desenvolvimento dos relevos residuais das duas áreas de estudo ocorreram por soerguimento que condicionou a existência do afloramento de rochas graníticas (Figura 10). As rochas graníticas formadas foram afetadas por processo de esfoliação esferoidal provocado por intempéries climáticas ao longo de milhares de anos (BIGARELLA *et al.*, 1994).

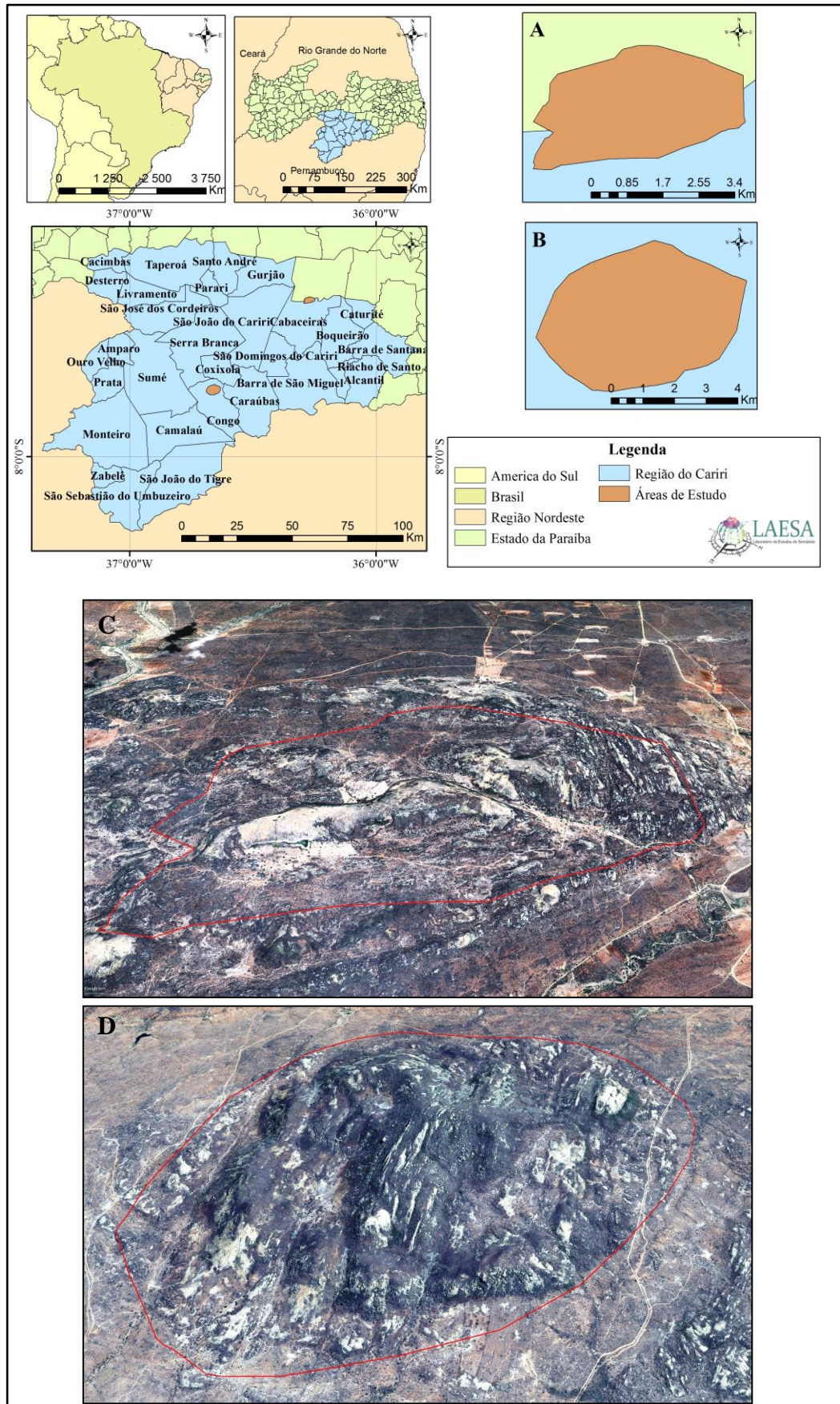


Figura 10: Localização Relevos Residuais de Estudo. A - Sitio Salambaia; B - Serra da Engabelada; C - Complexo de Relevos Residuais Sitio Salambaia; D - Complexo de Relevos Residuais Serra da Engabelada.

Fonte: Google Earth.



Após determinar as duas áreas de relevos residuais a serem analisadas selecionaram-se os afloramentos rochosos mais representativos. Para determinar os afloramentos rochosos a serem analisados aplicou-se detecção remota como técnica de auxílio na identificação de suas potencialidades hídricas e vegetativas.

### 2.2.2 Análise por Detecção Remota

As análises através de detecção remota teve por objetivo determinar dentro do relevo residual as possíveis áreas de afloramentos rochosos a serem levantados dados *in situ* que atestassem a hipótese determinada na tese.

Através do índice de umidade topográfica e índice de biomassa determinado por imagens de satélite, foi possível identificar espacialmente e inferir a representatividade dessas paisagens de afloramentos rochosos.

#### 2.2.2.1 Índice de Umidade Topográfico

Para a determinação potencial de umidade utilizou-se o TWI, sigla em inglês para *Topographic Wetness Index*. Este índice é gerado a partir de um produto topográfico ao qual leva em consideração a declividade e o fluxo acumulado (CARSON & KIRKBY, 1972). O TWI atribui que o logaritmo da razão do fluxo acumulado pela declividade aponte relações para áreas de maior ou menor umidade, sendo expresso pela equação (1):

$$\ln \left( \frac{FA}{\tan \text{Slope}} \right) \quad (1)$$

onde: FA: Fluxo Acumulado; Slope: Declividade

A utilização do TWI ocorreu pelo emprego dos produtos orbitais topográficos de radar (Figura 11) do sensor ASTER do satélite Aqua/Terra da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e executado por plataforma de sistema de informação geográfica (SIG). Ressalta-se que foram testados os produtos topográficos orbitais do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) e verificou-se que não houve diferenças significativas nos resultados apresentados. O SIG utilizado foi o ArcGis que através de sua ferramenta de cálculo raster foi possível efetuar a aplicação da equação 1.

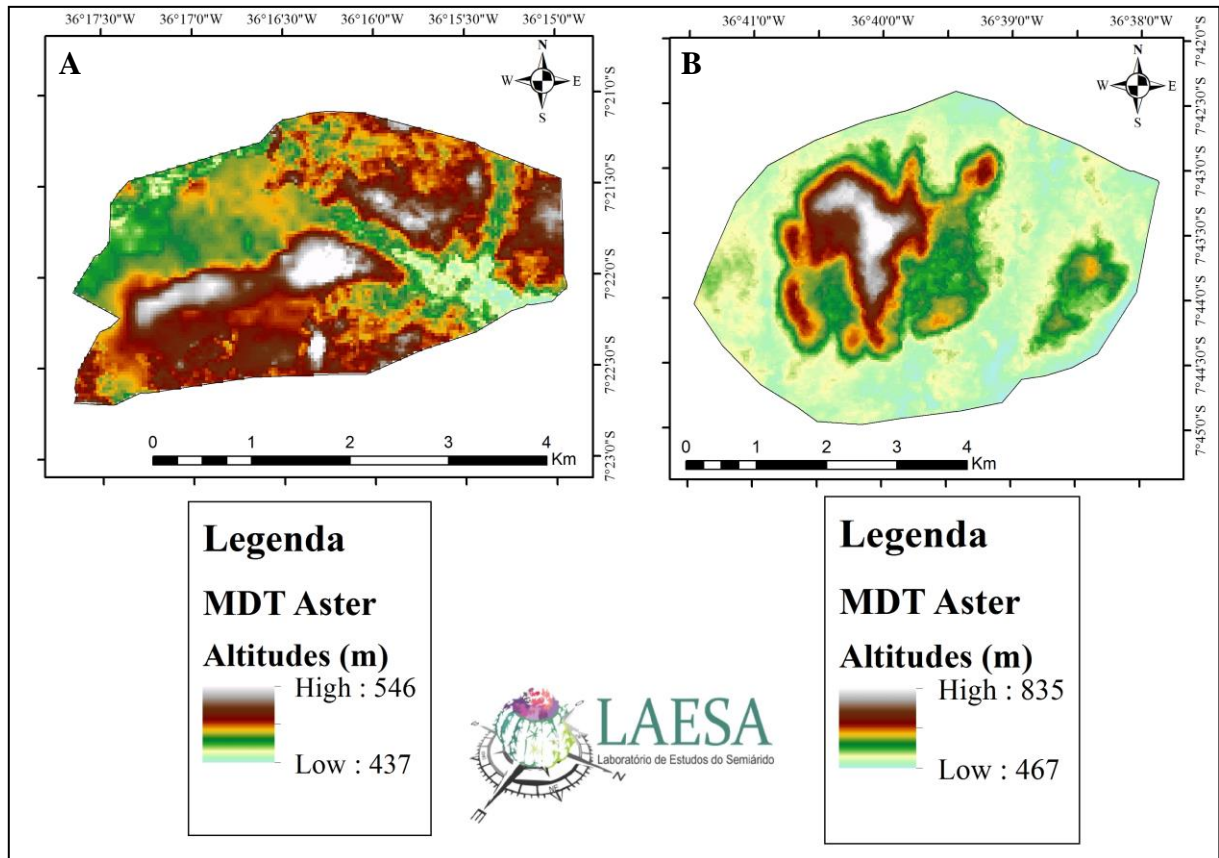


Figura 11: Modelos Digitais do Terreno (MDT) áreas de relevos residuais de estudo. A - MDE Sitio Salambaia. B - MDE Serra da Engabelada

O TWI, assim como o índice a seguir, foi classificado em cinco faixas, baixo, baixo-médio, médio, médio-alto e alto. Com o TWI apontando as possíveis áreas que apresentassem maior umidade se as mesmas estavam em sintonia com o índice de biomassa.

#### 2.2.2.2 Índice de Biomassa

Para a determinação do índice de biomassa utilizou-se o SAVI, *Soil Adjustment Vegetation Index*. De acordo com a equação (2) o SAVI é um índice de vegetação ajustado ao solo obtido através das relações dos valores de refletância entre o infravermelho próximo ( $\rho_4$ ) e o vermelho ( $\rho_3$ ) atribuindo fatores de ajuste ao solo ( $Ls$ ), onde o valor para este fator mais utilizado é de 0,5, atribuído neste trabalho (PONZONI & SHIMABUKURO, 2010).

$$\frac{(1+Ls)(\rho_4-\rho_3)}{(Ls+\rho_4+\rho_3)} \quad (2)$$

onde:  $\rho_4$ : Infravermelho Próximo;  $\rho_3$ : Vermelho;  $Ls$ : ajuste de solo

O SAVI foi obtido através da plataforma da *United States Geological Survey* (USGS) da NASA proveniente de produtos orbitais de imagens espectrais de resolução espacial de 30 metros do satélite Landsat 8 sensor OLI. O período de coleta das imagens foi dos anos de 2014 a 2017 (intervalo de construção da tese) nos meses de junho a dezembro, considerados seco de acordo com o período climático determinado para a região do cariri (NIMER, 1979). (Tabela 1).

Tabela 1 - Períodos dos produtos orbitais para a geração do SAVI.

Landsat 8/OLI		
Ano	Data	Horário de Passagem
2014	20/06/2014	12h:35
2015	14/11/2015	
2016	02/12/2016	
2017	15/08/2017	

A utilização do TWI e SAVI no período climático considerado seco no semiárido foram importantes para destacar os enclaves florestais arbóreos nas áreas de entorno das encostas rochosas dos afloramentos rochosos nos relevos residuais e evidenciar a correspondência à hipótese apresentada.

Para atestar os resultados obtidos por detecção remota realizou-se um levantamento fitossociológico no intuito de ratificar se estas áreas correspondiam a componentes florestais que representassem através de suas espécies áreas de microclima diferenciado proporcionado pela presença do afloramento rochoso.

### 2.2.3 Levantamento Fitossociológico

Para identificar a diversidade da vegetação nas áreas estudadas, foi utilizado como base um método desenvolvido por Câmara & Díaz del Olmo (2004). Iniciado a partir da definição da unidade básica de amostragem em um censo de plantas lenhosas arbustivas e arbóreas em uma área de 0,1ha, tratada como uma parcela, os transectos estão compreendidos em uma área de 50m x 2m, delimitados por uma fita métrica, o que corresponde, no total, a 1,10ha.

Os indivíduos recenseados foram aqueles situados dentro da distância de 1m de qualquer lado da fita métrica. Para estabelecer a estrutura vertical e horizontal das espécies, nos indivíduos com Diâmetro na Altura do Peito (DAP) igual ou inferior a 2 cm, foi medida a sua

altura, o diâmetro maior e menor. Quando possuía DAP igual ou superior a 2 cm, foi medida a altura, o raio maior e menor da copa (Figura 12).

De acordo com Moro *et al.* (2015) para caracterização fitossociológica de uma área de pesquisa na caatinga, deve-se adotar um esforço amostral de no mínimo 1ha, ou pelo menos de 1000 indivíduos, o que foi mais que atendido nesse trabalho, tanto na área como no número de indivíduos amostrados.

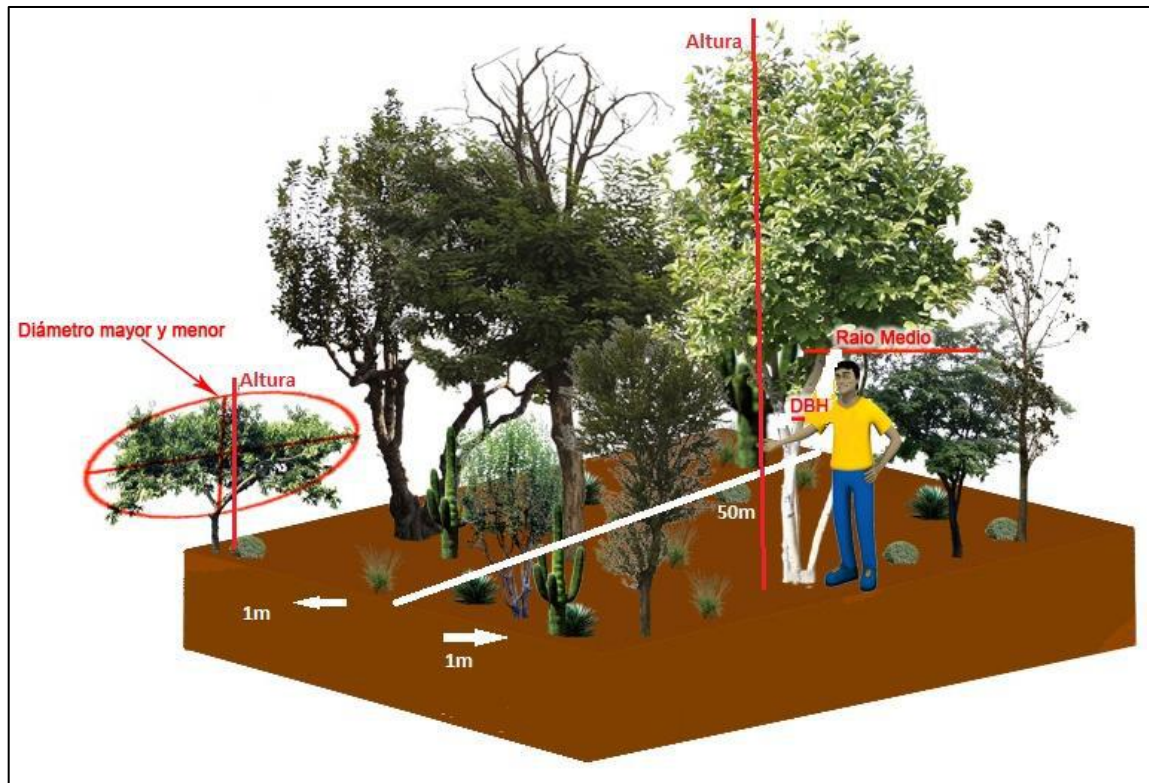


Figura 12 - Método dos Transectos.  
Fonte: Câmara & Díaz del Olmo (2004).

Para as respectivas áreas de estudo definiu-se as parcelas de acordo com a proximidade dos afloramentos rochosos na busca de estabelecer as relações entre os diversos padrões de vegetação caatinga. Ao todo foram feitos 110 transectos lineares.

No sítio Salambaia foram determinadas seis parcelas com dez transectos em um total de sessenta transectos. Os dados foram coletados em seis meses diferentes entre os anos de 2014 a 2016.

As observações de campo acerca das tipologias geomorfológicas situadas nestas parcelas serão apresentados na etapa de descrição geral dos solos, servindo de auxílio para a determinação das unidades de paisagem que serão expressas mais a seguir. A figura 13 apresenta a distribuição das parcelas e dos transectos na área de relevos residuais do sítio Salambaia.



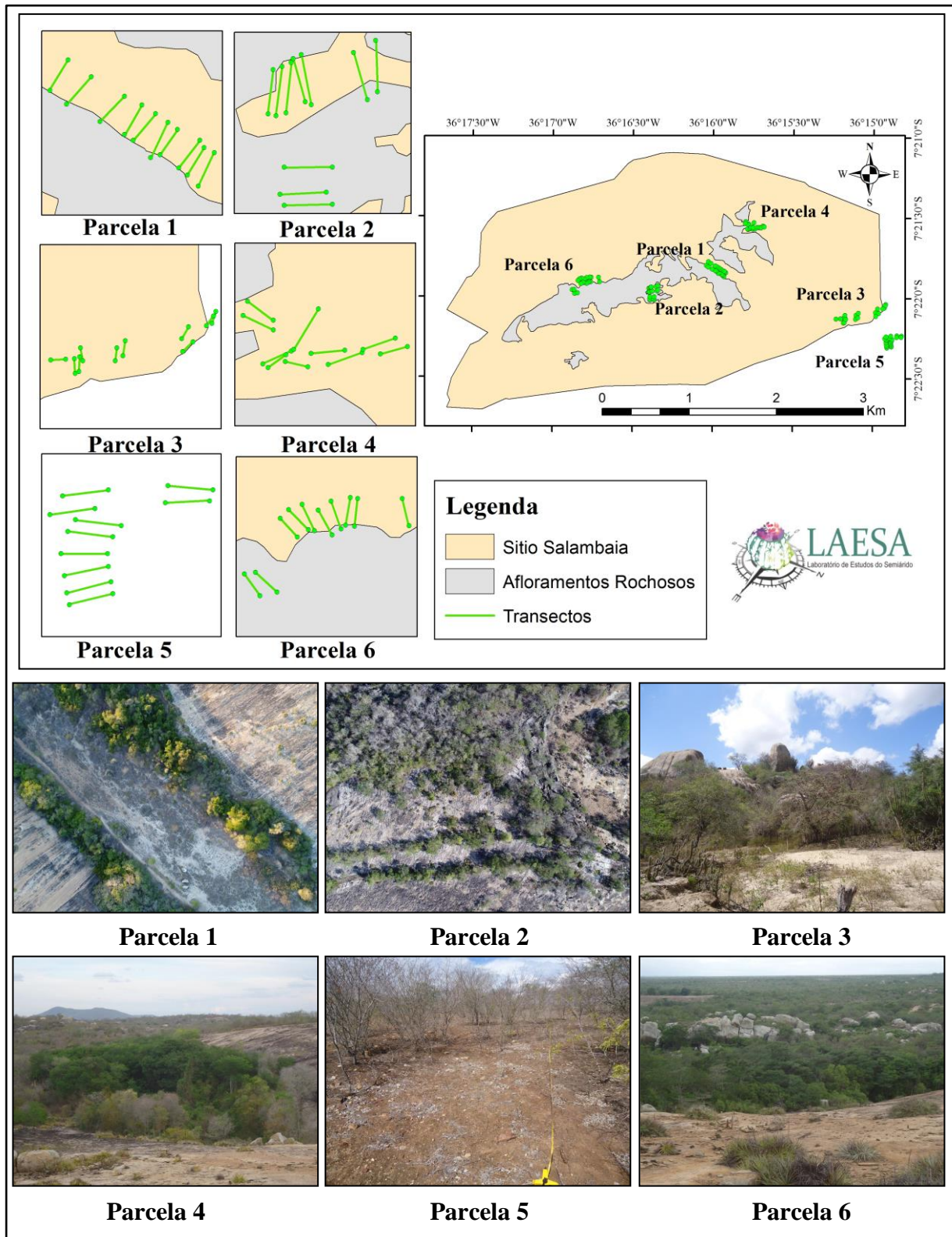


Figura 13: Distribuição e Identificação das Parcelas e Transectos Sitio Salambaia e suas Paisagens

Na serra da Engabelada foram distribuídas cinco parcelas com dez transectos em um total de cinquenta transectos levantados em quatro meses no ano de 2015. A figura 14 apresenta a distribuição das parcelas e dos transectos na área de relevos residuais na serra da Engabelada.



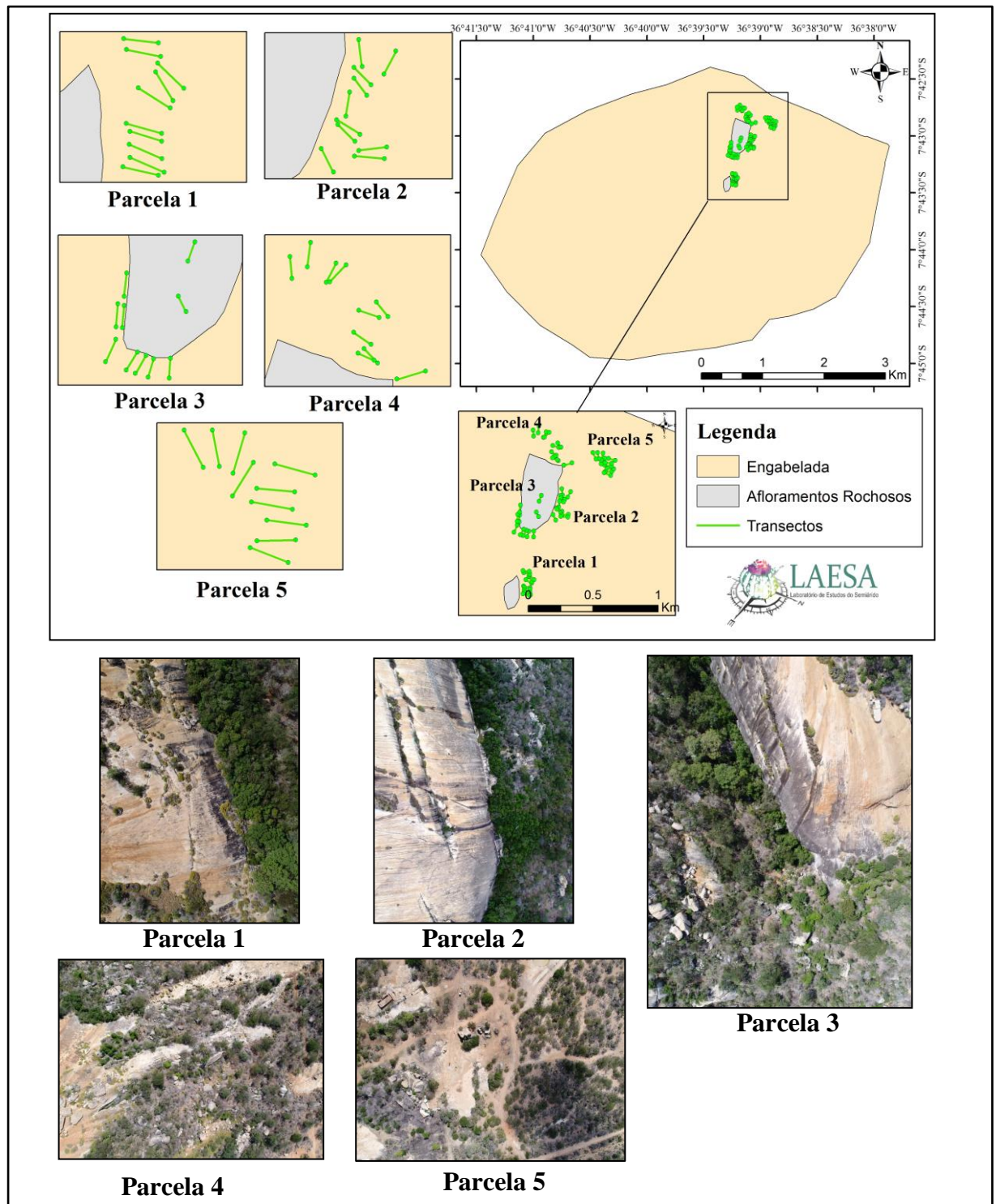


Figura 14: Distribuição e Identificação das Parcelas e Transectos Serra da Engabelada e suas Paisagens

Com a indicação proporcionada pelos resultados do TWI, SAVI e levantamento fitossociológico, procedeu-se uma análise pedológica, a qual é composta por algumas etapas.

A descrição morfológica é a primeira delas, onde objetiva-se identificar os tipos de solo e sua morfologia.

#### 2.2.4 Descrição Morfológica do Solo

A análise pedológica está dividida em descrição morfológica, análise de umidade e temperatura do solo, potencial de água e análises físicas e químicas. Os dados de umidade, temperatura e potencial de água é proveniente da coleta de equipamentos instalados em campo que estão distribuídos no sítio Salambaia em localidades que mantêm a integridade física dos equipamentos no que diz respeito a sua segurança (para evitar depredação ou furto) e que sejam em grande parte semelhantes às parcelas dos locais onde foram efetuados os levantamentos fitossociológicos.

Os equipamentos utilizados foram cinco tensiômetros para medição de potencial de água do solo e dois sensores MPS com função de coletar temperatura, umidade e potencial de água do solo. Os procedimentos metodológicos e os resultados provenientes destes equipamentos serão expressos mais a seguir.

A figura 15 apresenta nove pontos de análise pedológica no sítio Salambaia. Os pontos de T1 a T5 correspondem à localização dos tensiômetros. O ponto T4 além de conter um tensiômetro encontra-se instalado os sensores MPS. Os pontos P6 (A), P6 (B) e P6 (C) encontram-se em uma área que corresponde a parcela 6 do levantamento fitossociológico e o ponto P5 corresponde a uma área mais afastada, onde encontra-se a parcela 5. Destacamos novamente que os pontos de análise pedológica e localização dos equipamentos não estão inseridos nas localidades do levantamento fitossociológico por razões já explicadas anteriormente. Para obter as relações entre as áreas de levantamento fitossociológico e análise pedológica verificou-se a semelhança dos ambientes. Para realizar a verificação de semelhança executaram-se incursões de campo analisando a vegetação e o solo.

Após as análises constatou-se que os pontos de análise pedológica T1, T2, T4 são áreas semelhantes às encontradas nas parcelas de levantamento fitossociológico 1, 6 e o observado na parcela 4. Os pontos T5 e P6 (A) apresentaram semelhanças com a parcela 2, enquanto que o ponto T3 e P5 são homólogos, mas adversos aos demais verificados. Diante disto as análises da vegetação contidas nas áreas de análise pedológica e localização dos equipamentos farão referência a estas parcelas.

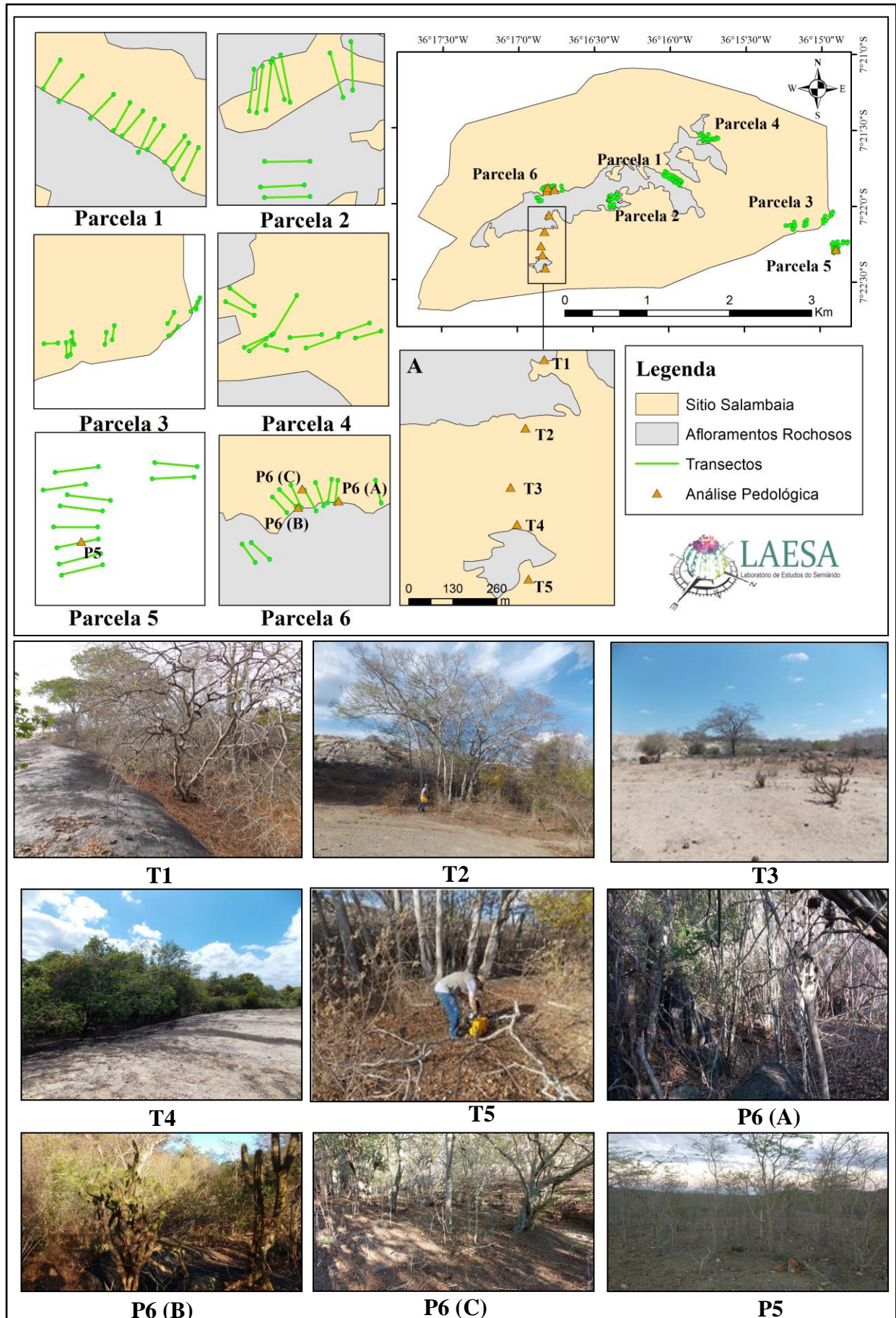


Figura 15: Distribuição dos Pontos de Análise Pedológica e suas Paisagens – Sítio Salambaia. A – Pontos dos Equipamentos



Com a definição dos locais a serem realizados as análises pedológicas aplicou-se a descrição morfológica através de perfis completos de solo. A figura 16 apresenta todas as nove trincheiras de perfis completos de solo com seus respectivos horizontes que foram utilizadas para identificação, morfologia e coleta de análise física e química no sítio Salambaia.

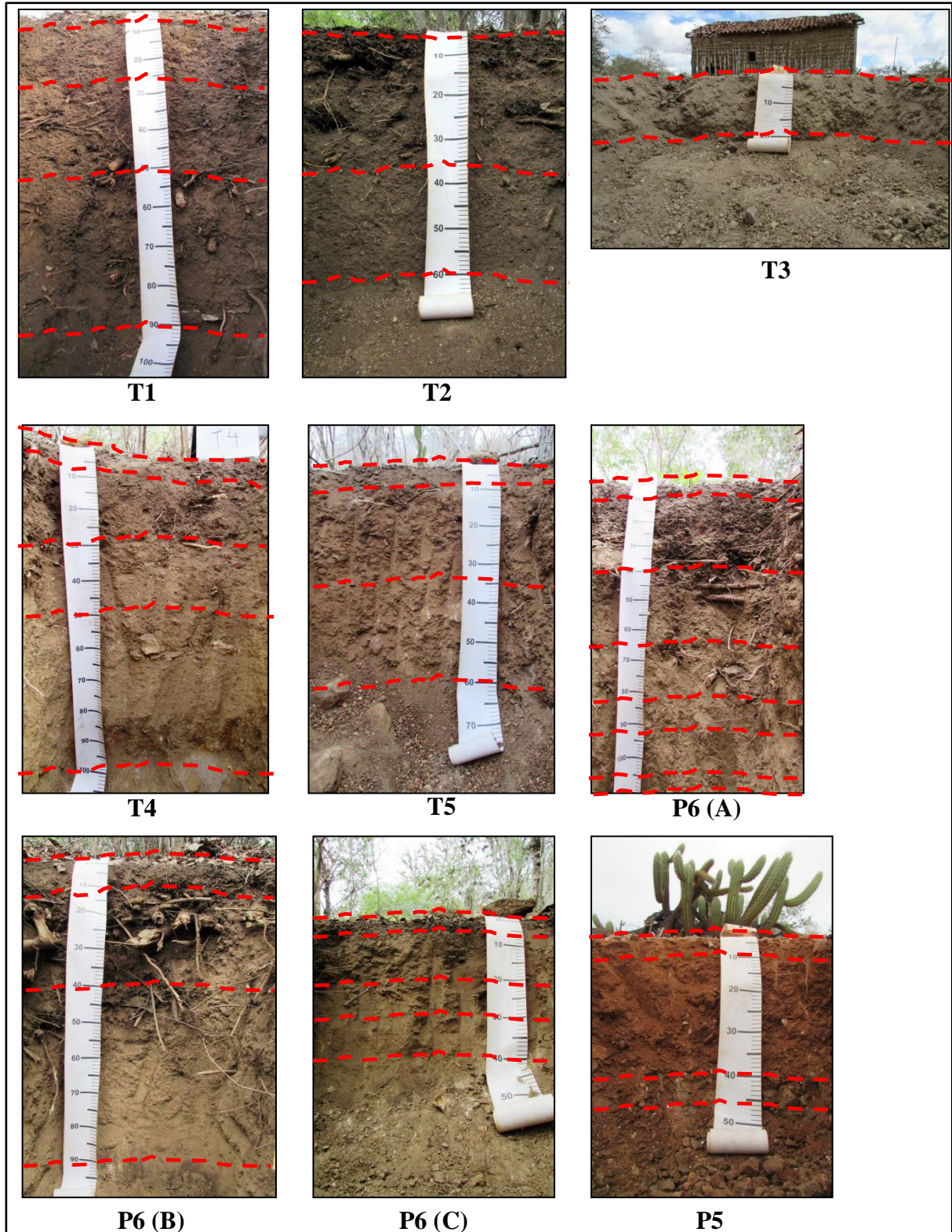


Figura 16: Perfis Completos de Solo e seus Horizontes - Sítio Salambaia

No que corresponde a Serra da Engabelada, ausente de equipamentos de monitoramento, foram realizados quatro perfis completos de solo em duas das parcelas do levantamento fitossociológico para descrição morfológica, análises física e química do solo. A ausência de equipamentos de monitoramento na serra da Engabelada ocorreu por falta de condições em manter os equipamentos seguros e custos de projeto. Apesar deste fato, os resultados apresentarão discussões nas mesmas perspectivas apontadas no sítio Salambaia. Através de observações de campo verificou-se semelhança entre os solos das parcelas de 1 a 4, havendo apenas divergência com a parcela 5 que se encontra mais afastada do afloramento rochoso. Assim, a análise pedológica se concentrou em três níveis na parcela 2 que apresenta maior adensamento de vegetação e a parcela 5 por ser a mais divergente (Figura 17).

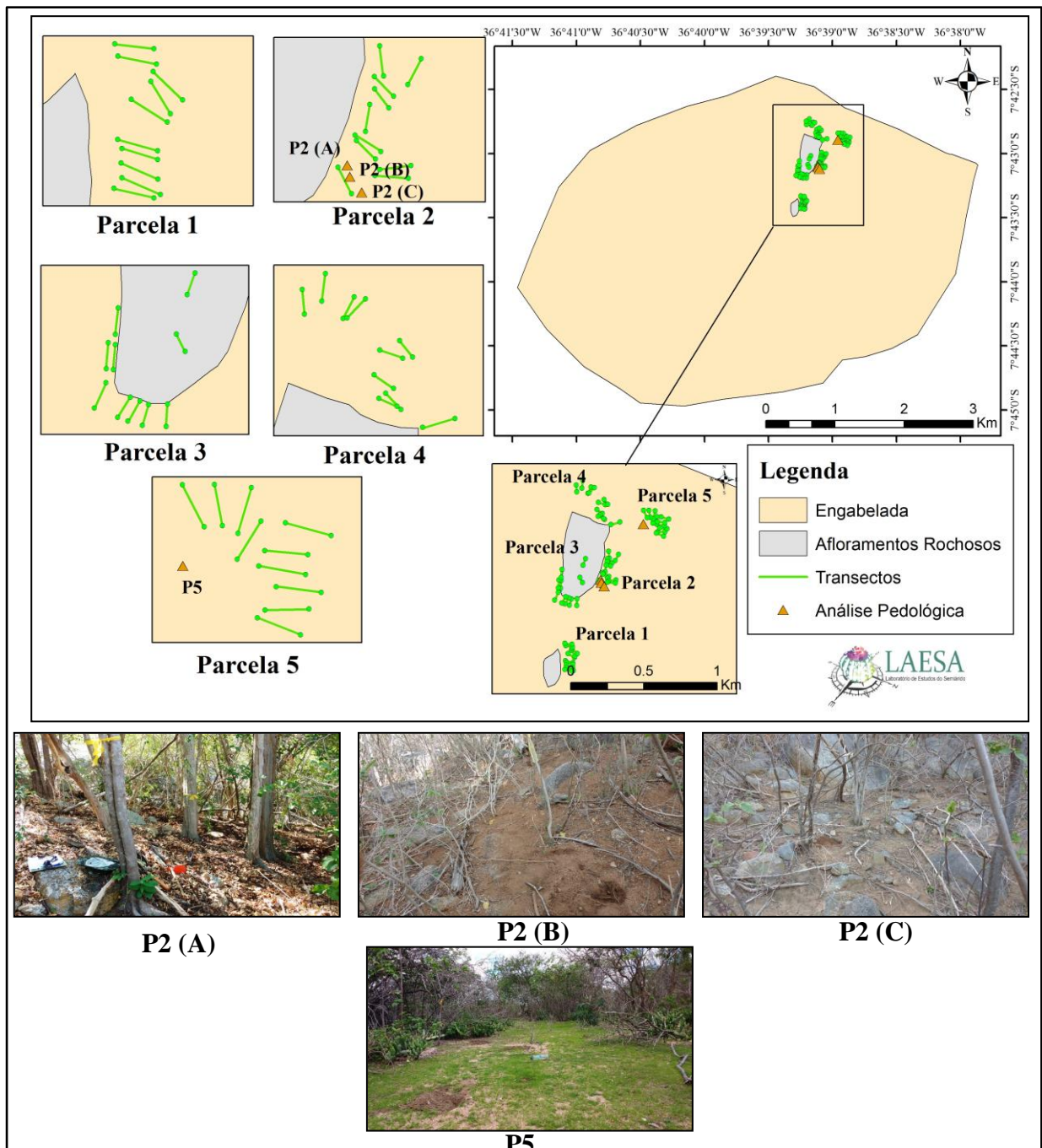


Figura 17: Distribuição dos Pontos de Análise Pedológica



Com os locais de coleta definidos executou-se a abertura de perfis completos com o mesmo objetivo expresso no sitio Salambaia. Segue na figura 18 os quatro perfis de solo e seus respectivos horizontes que foram analisados.

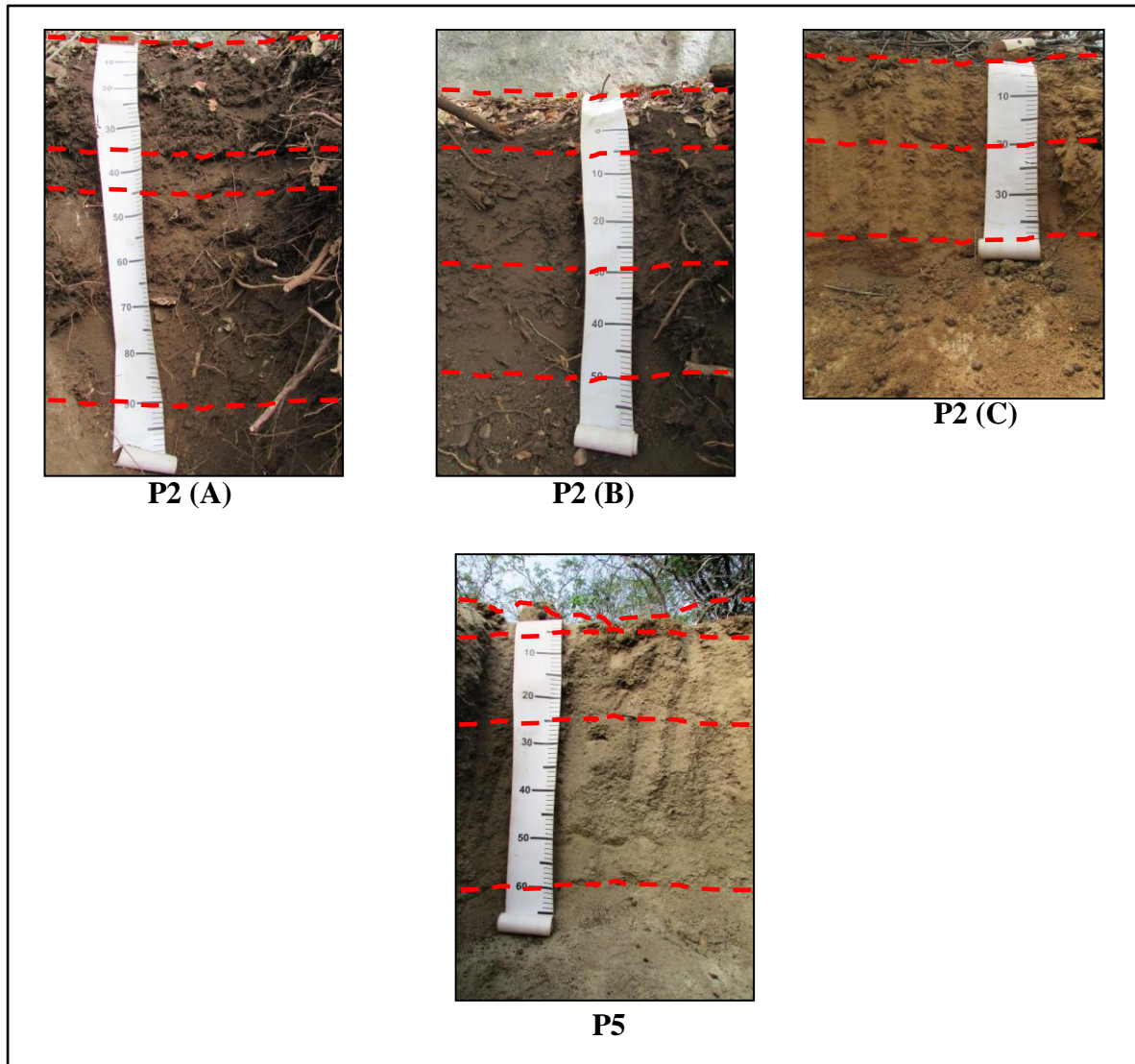


Figura 18: Perfis Completos de Solo e seus Horizontes - Serra da Engabelada

Com os perfis identificados realizou-se a descrição morfológica apoiada pelo Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2007).

Inicialmente procedeu-se uma descrição geral dos aspectos de paisagem apresentando observações sobre situação, declive, cobertura vegetal, altitude, litologia, unidade litoestratigráfica, material originário, uso atual, relevo local, relevo regional, drenagem, erosão, pedregosidade, rochosidade e vegetação primária. Após a análise dos aspectos gerais de paisagem realizou-se a descrição morfológica dos horizontes encontrados em cada perfil

determinado. Os elementos descritos consistem em determinar, profundidade, espessura, cor (apoiado pela tabela de Munssell), textura, cascalhos, estrutura, cerosidade, consistência e transição (Quadro 1).

Quadro 1: Elementos de Paisagem e Descrição Morfológica

Aspectos de Paisagem	
1	Situação, Declive e Cobertura Vegetal Sobre o Perfil
2	Altitude
3	Litologia e Unidade Litoestratigráfica
4	Material Originário
5	Uso Atual
6	Relevo Local
7	Relevo Regional
8	Drenagem
9	Erosão
10	Pedregosidade
11	Rochosidade
12	Vegetação Primária
Descrição Morfológica	
13	Símbolo
14	Profundidade
15	Espessura
16	Cor (Matriz, Mosqueado ou Variegado)/Cod. Munsell
17	Textura
18	Cascalhos
19	Estrutura (Grau, Tamanho e Tipo)
20	Cerosidade (Quantidade e Grau)
21	Consistência (Seca, Úmida, Molhada)
22	Transição (Topografia, Contraste)

Fonte: IBGE (2007)

Diante do panorama descrito denominou-se provisoriamente a identificação dos horizontes definindo seu símbolo através do manual de classificação brasileira de solos da EMBRAPA, onde esta classificação foi confirmada nas análises em laboratório provenientes dos resultados pedológicos físicos e químicos.

A partir da análise espacial através de detecção remota das possíveis áreas de afloramentos rochosos com potencial hidrológico e sua caracterização fitossociológica e pedológica determinando uma área de monitoramento, foi possível caracterizar as unidades de paisagem da área de relevos residuais.

### 2.2.5 Unidades de Paisagem

Com a indicação dos afloramentos rochosos mais representativos, identificação fitossociológica das espécies vegetais e descrição morfológica dos solos, determinaram-se as unidades de paisagem contidas nas áreas de afloramentos rochosos.

A determinação das unidades de paisagem procedeu-se aplicando a metodologia de Cavalcanti (2014) que se baseia na identificação de elementos presentes para geração de um mapa temático síntese. Nesse caso, cada unidade foi separada de acordo com os aspectos tipológicos, relevo, posição, declividade, solo, condição de drenagem, uso, vegetação, curvatura e espécies vegetais predominantes.

Para a geração das unidades de paisagem foi necessário à utilização de produtos topográficos (MDT, Curvas de Nível), fotografias aéreas e conhecimento de campo.

#### 2.2.5.1 Topografia

Para a geração do Modelo Digital do Terreno (MDT) e das curvas de nível se realizou um levantamento aéreo não tripulado ortorretificado e georreferenciado via pontos de controle determinados por receptor de posicionamento por satélite.

Os pontos de controle para georreferenciar foram materializados em campo e obtidos via receptor de sinal GPS (*Global Position System*) de frequência L1 distribuídos de modo a representar planialtimetricamente o local. Para obter melhor precisão utilizou-se o método de correção diferencial, através de um par de receptores, um como estação base em um local fixo e outra como móvel (*hover*) com vinte minutos de rastreamento em cada ponto. (Figura 19).

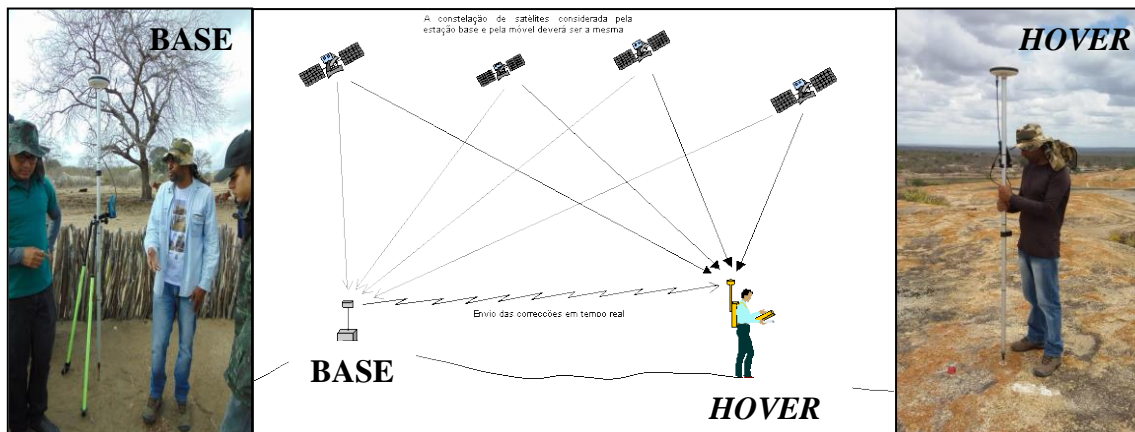


Figura 19: Esquema Correção Diferencial.  
Fonte: IBGE (2018); Fotografias: Rony Lopes Lunguinho



De posse dos pontos de controle procedeu-se o processamento dos dados. Após a coleta dos pontos de controle executou-se o processo de correção e ajustamento dos pontos. A base foi corrigida via posicionamento por ponto preciso (PPP) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) onde se identifica a base de rastreo continuo mais próxima, corrigida com a base do levantamento via correção diferencial, proporcionando coordenadas mais precisas. Para que este procedimento seja concluído o usuário deve enviar o arquivo de levantamento denominado RINEX informando a altura da antena da base ao sistema do IBGE, assim o arquivo é processado com coordenadas mais precisa. Após o processamento o IBGE lhe retorna um link para que seja baixado o relatório de PPP (Figura 20).

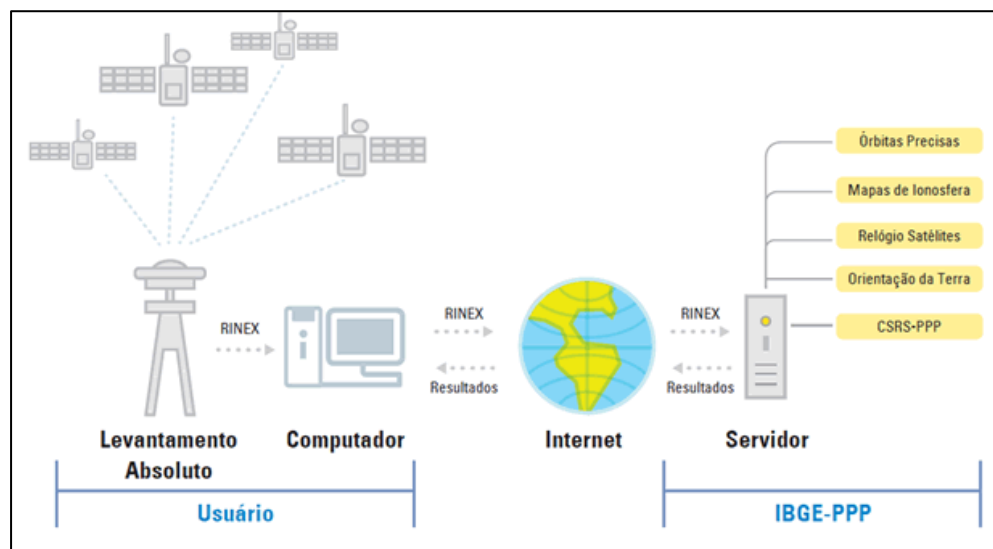


Figura 20 - Esquema ilustrativo de funcionamento do serviço IBGE-PPP.

Fonte: IBGE (2018)

Após corrigir a base, processasse os dados através do programa *Astech Solutions*. Inicialmente descarrega-se os dados de modo que os mesmos estejam identificados pelo tempo de rastreo e pelas denominações expressas em campo, após isto troca-se as coordenadas da base rastreada pelas corrigidas por PPP. Com a verificação da coesão das informações o programa realiza automaticamente as correções e os ajustes.

Observando a figura 21 tem-se a distribuição dos erros planimétricos e altimétricos de forma esquemática. A geometria circular representa o erro planimétrico de um determinado alinhamento base-ponto, enquanto que a linha vertical no centro do círculo representa o erro altimétrico, ou seja, quando maior o círculo ou a linha vertical o erro se torna maior.

Com as correções e os ajustes finalizados obtiveram-se os pontos corrigidos com erros de no máximo 15 cm planimétrico e 17 cm altimétrico, algo que não influenciou em grandes erros no processo de geração do MDT.

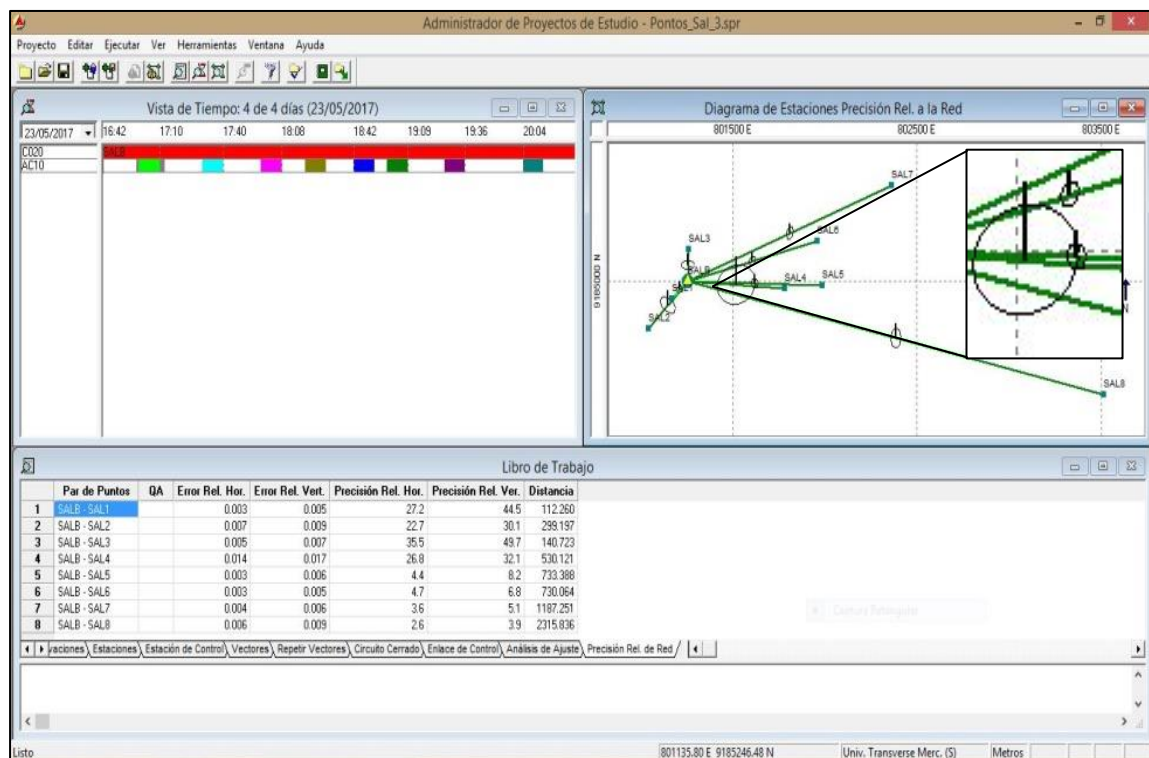


Figura 21: Plataforma Astech Solutions

Após a obtenção dos pontos de controle corrigidos e ajustados os mesmos foram utilizados para o processamento das imagens, Georreferenciamento e geração do MDT após o levantamento aéreo não tripulado.

#### 2.2.5.2 Levantamento Aéreo Não Tripulado

Estudos para a geração de topografia por veículos aéreos não tripulados (VANT'S) são recentes. A utilização de VANT'S proporciona agilidade e acuidade visual para a observação da paisagem. Estes fatores são uma evolução da aerofotogrametria, através de fotografias de alta resolução e possibilidades de executar análises topográficas tem-se uma fidelidade maior do que se propõe a observar.

Atualmente as precisões dos VANT'S para topografia são fatores muito discutidos, onde já é possível obter padrões satisfatórios em relação aos aerolevantamentos convencionais e de topografias por posicionamento por satélite (SADIKIN *et al.*, 2014; HENRIQUES, *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2016). Na busca de obter melhor precisão o levantamento por VANT desta tese foi realizado apoiado por GPS geodésico. Com os pontos de controle obtidos que serviram para o planejamento de voo e correções planialtimétricas foi possível realizar os procedimentos necessários para a execução do levantamento.

O levantamento aéreo não tripulado foi realizado em parceria com a DV aerolevantamentos. O VANT utilizado foi um Drone da Dji Phantom PRO com câmera FC6310 de 8.8 mm e resolução de 4864 x 3648 pesando de 1388 g com um tempo de voo de trinta minutos aproximadamente. O planejamento de voo consistiu na determinação do polígono de voo e materialização de pontos de controle no solo para posterior Georreferenciamento (Figura 22).

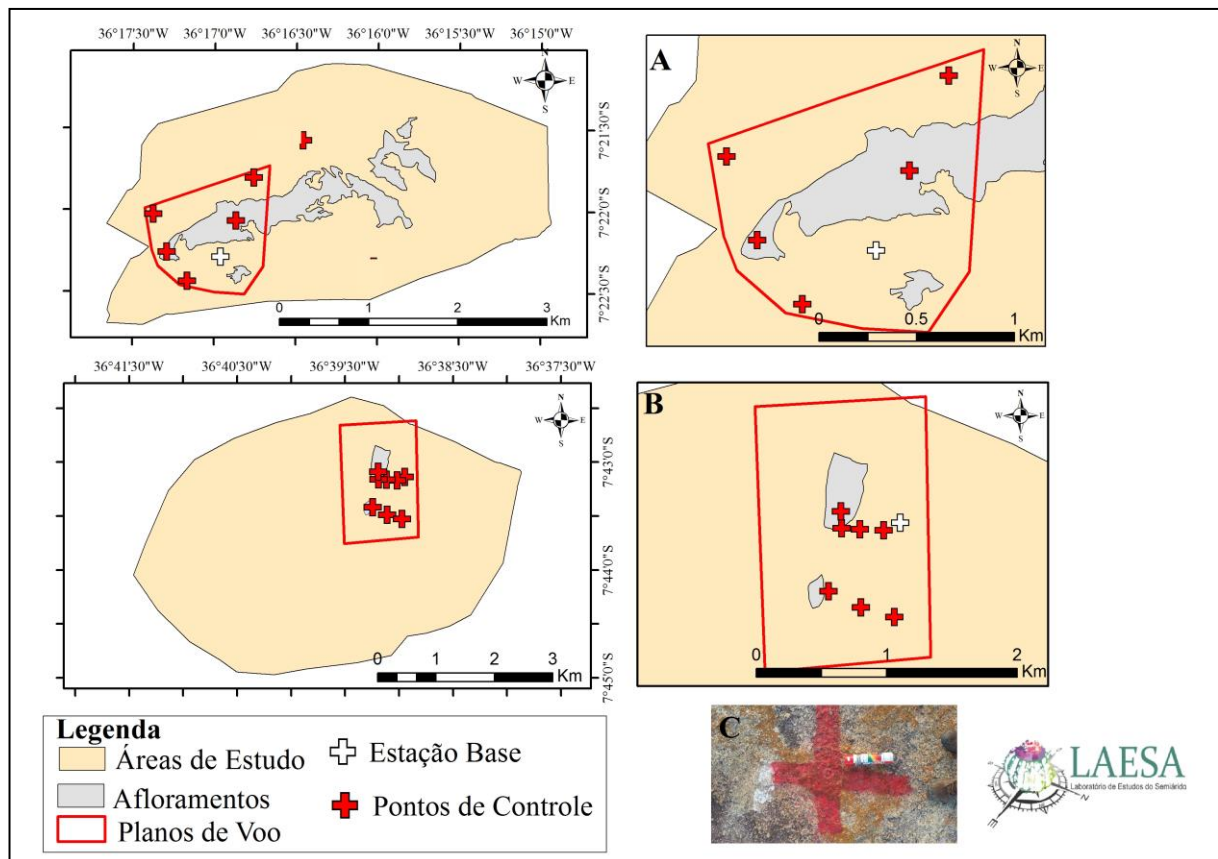


Figura 22: Planos de Voo Veículo Aéreo não Tripulado. A - Plano de Voo Sitio Salambaia; B - Plano de Voo Serra da Engabelada; C – Ponto de Controle Materializado.

É possível observar na figura 22 que o plano de voo do sitio Salambaia encontra-se na faixa de localização dos equipamentos de monitoramento e dos pontos de análise pedológica, enquanto que o plano de voo da serra da Engabelada atendeu toda área compreendida pelo afloramento rochoso mais representativo.

Para a o sito Salambaia foram coletadas 1163 fotografias e para a serra da Engabelada 1183 para a geração do ortomosacio. Após o voo importou-se as fotografias e os pontos de controle para o programa *Agisoft Photoscan* e alinhou-se as fotos gerando o ortomosaico. Com o alinhamento constituído gerou-se uma nuvem de pontos proporcionada pelo GPS

interno do Drone que irão auxiliar na criação da superfície 3D. Este procedimento proporciona um conjunto de pontos extremamente denso, de modo que com o levantamento georreferenciado proporcionado pelos pontos de controle, o programa *Agisoft Photoscan* pôde filtrar e orotorretificar (Figura 23).

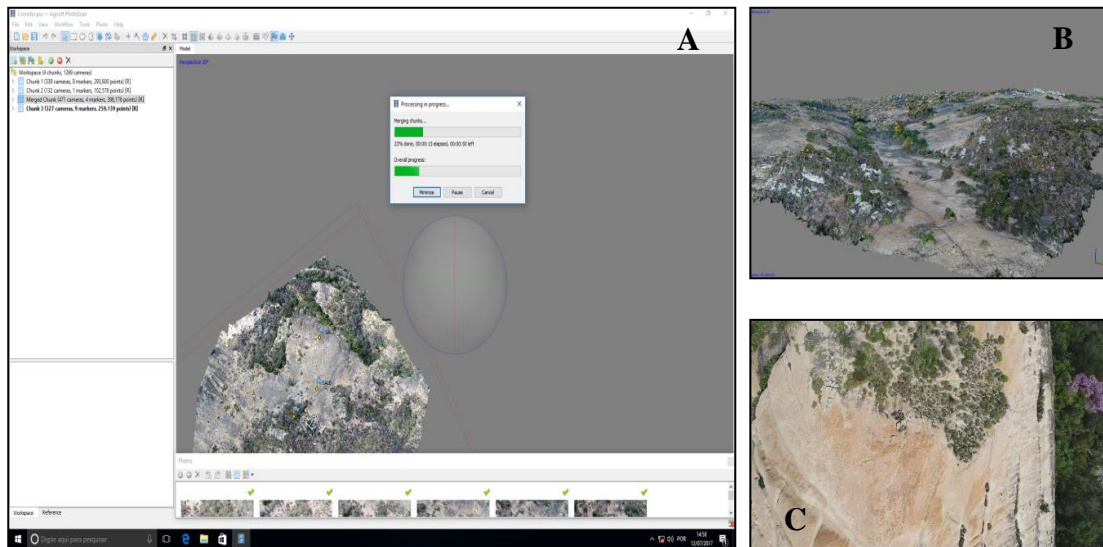


Figura 23: Processamento *Agisoft Photoscan*: A - Tela de Processamento; B - Exemplo de Nuvem de Pontos; C - Exemplo de Fotografia

Dentro deste processo citado anteriormente os erros topográficos são analisados. Os erros são factíveis no processo de levantamento topográfico, onde poderão ser toleráveis. No caso do levantamento executado para esta tese observou-se que não houve impactos ao que se propunha que era representar altimetricamente as áreas de estudo, diante disto o erro planimétrico não se torna tão relevante, pois não ocorre grandes mudanças de cotas dentro do seu raio de erro, enquanto que os erros altimétricos foram mais do que satisfatórios. (Tabela 2).

Tabela 2: Erros Topográficos do Levantamento Aéreo não Tripulado

<b>Sítio Salambaia</b>		
<u>Erro Altimétrico</u>	<u>Erro Planimétrico</u>	<u>Resolução Espacial</u>
0.42 cm	1.73 cm	15.3 cm
<b>Serra da Engabelada</b>		
<u>Erro Altimétrico</u>	<u>Erro Planimétrico</u>	<u>Resolução Espacial</u>
8 cm	10 cm	16.7 cm

Advindo deste processo a figura 24 apresenta os produtos obtidos por topografia apoiada por levantamento aéreo não tripulado. O primeiro produto é um ortomosaico proveniente das fotografias, e o segundo é um MDT onde serão gerados produtos de análise topográfica como curvas de nível e declividades.



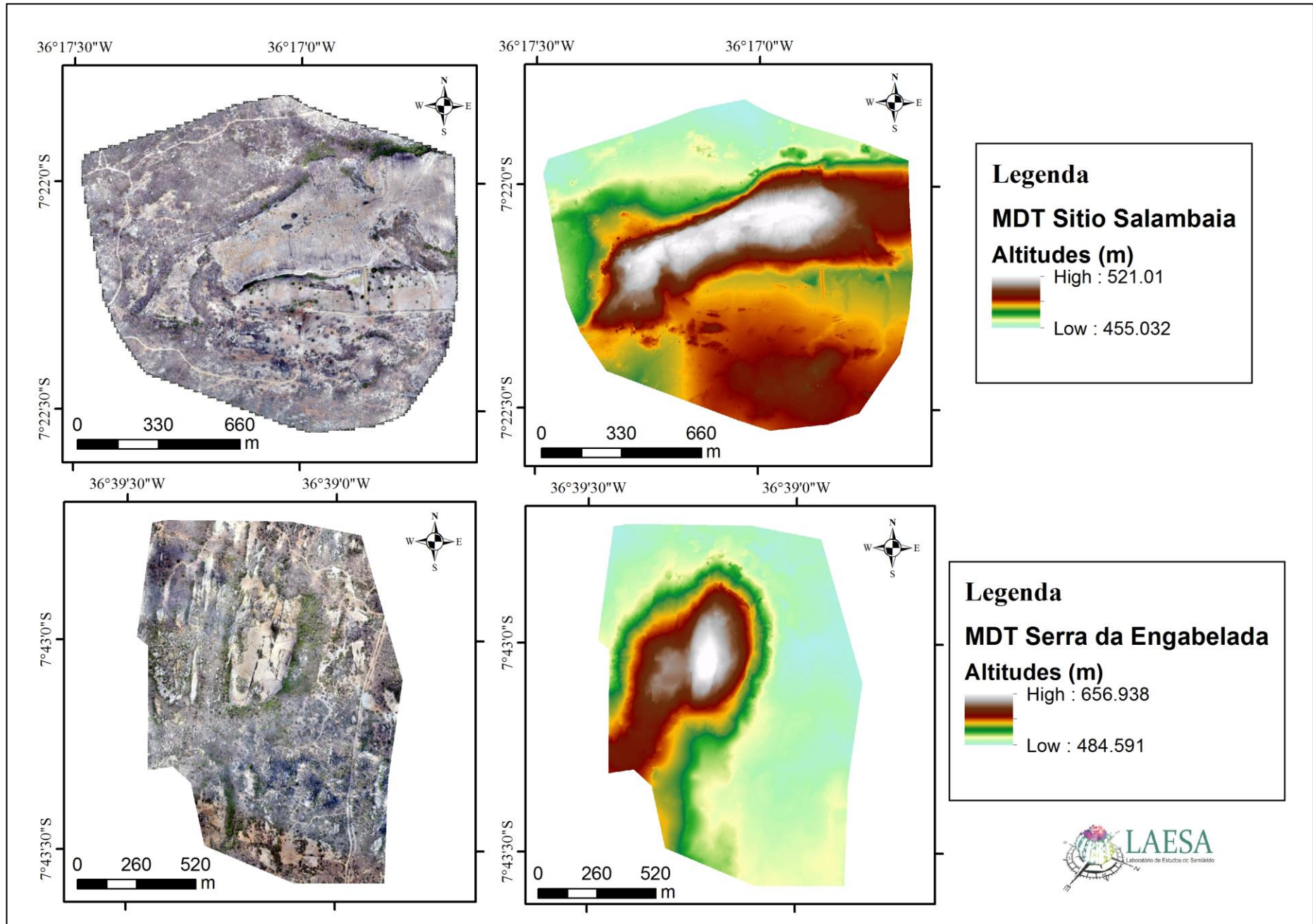


Figura 24: Ortomosaicos e MDT Levantamento Aéreo não Tripulado

Os elementos topográficos são fundamentais nas análises de compartimentos geomorfológicos. Através de padrões expressos no relevo é possível indicar tipologias geomorfológicas que colaboram na determinação das unidades de paisagem.

Como foi expresso anteriormente, a topografia é elemento fundamental na dinâmica da paisagem, onde é possível influir nos padrões pedológicos e ecológicos. Assim, diante desta condição o produto proveniente do voo aéreo não tripulado proporcionou a geração de dois elementos topográficos para a construção do mapa de unidades de paisagem.

Para geração dos mapas de relevo foram extraídas as curvas de nível e classificado o MDT de acordo com a declividade com o apoio de *software* de SIG.

Os dois produtos de leitura topográfica utilizados são importantes, pois colaboram para a descrição mais fiel dos elementos geomorfológicos. Os aspectos descritos nas curvas de nível auxiliara na identificação limítrofe das unidades de paisagem e geração das áreas de contribuição hidrológica, resultados que serão expressos a seguir.

As curvas foram obtidas através da função *contour* do ArcGis e divididas em dois produtos de equidistâncias de 2 e 5 metros. Após a verificação dos dois produtos de curvas de nível utilizou-se as curvas de 2 metros por apresentarem boa consistência e melhores níveis de detalhe.

A declividade teve como função interpretar a disposição de rampa das encostas e verificar os graus de declividade de contribuição das áreas de base dos afloramentos rochosos.

As classes de relevo foram determinadas de acordo com a classificação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e processada no ArcGis através da função *slope*, determinando-se as classes em porcentagem para posteriormente utilizar a ferramenta *reclassify* e gerar as classificações.

Assim, amparado por software de SIG gerou-se o mapa relevo com seis classes de declividade, com base no que orienta a Embrapa (1999): plano (0 – 3%), suave (3 – 8%), inclinado (8 – 20%), íngreme (20 – 45%), muito íngreme (45 – 75%) e escarpado (> 75%).

A figura 25 a seguir apresenta as curvas de nível e a declividade obtidas. Observa-se em destaque as áreas em condição escarpada que apresentam curvas muito próximas variando 2 metros. Esta observação pode indicar que essas áreas de encosta exercem um controle topográfico para as áreas de base, ou seja, qualquer modificação que ocorrer nas áreas de encosta, as mesmas irão influenciar as bases.

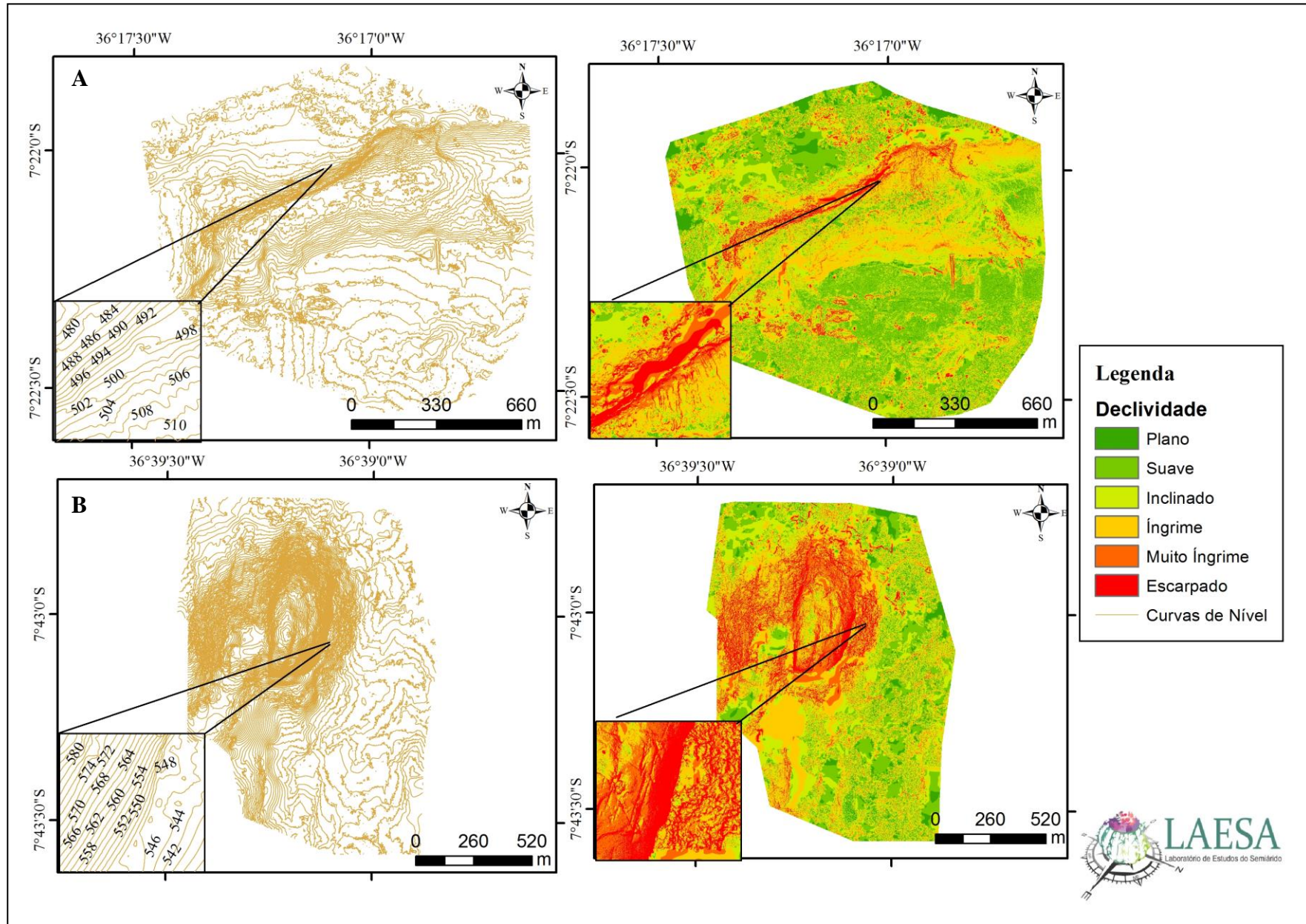


Figura 25: Curvas de Nível e Declividades. A - Sítio Salambaia. B - Serra da Engabelada

Apoiado pelas fotografias aéreas, produtos topográficos e conhecimento de campo determinou-se as unidades de paisagem. Com o objetivo de caracterizar as compartimentações geomorfológicas, a técnica de determinação de unidade de paisagem apresentou-se a mais adequada para as áreas de estudo.

Devido à experiência em determinação de unidades de paisagem no semiárido nordestino, utilizou-se a metodologia de Cavalcanti (2014), onde considera os aspectos da paisagem definidos em sua metodologia como representativos para expressar determinadas tipologias geomorfológicas observando o relevo enquanto forma e processo. Assim definiu-se para cada unidade de paisagem sua tipologia geomorfológica, relevo, posição, declividade e curvatura compreendendo a forma e condição de drenagem, uso, vegetação e espécies vegetais predominantes para a representação dos elementos do processo que constitui aquela paisagem.

A determinação das tipologias geomorfológicas foram obtidas através das observações das fotografias aéreas e caracterização topográfica.

As informações de relevo, posição, classes de declive e curvatura foram obtidas através dos produtos topográficos gerados (curva de nível e declividade). O relevo trata-se da determinação através da característica regional, posição é atribuída pela disposição das curvas de nível obtendo as faixas de encosta e curvatura é designada pela sua orientação dispostas nas curvas de nível. No que concerne à forma a condição de drenagem foi determinada perante a contribuição hídrica, o uso da terra no seu tipo e vegetação predominante.

Além destes fatores expressos acima determinou-se o tipo de solo baseado nos levantamentos pedológicos executados nesta tese.

Assim, auxiliado por *software* de SIG selecionaram-se dois recortes de estudo com o objetivo de melhorar a escala de trabalho. O recorte do sitio Salambaia compreende a área onde estão localizados os equipamentos de monitoramento e o levantamento pedológico, enquanto a serra da Engabelada é compreendida de um recorte do afloramento rochoso mais representativo que alcança as localidades do levantamento pedológico. Diante disto, sobrepondo as curvas de nível, declividade, ortomosaico e conhecimento de campo foi possível determinar as unidades de paisagem dos relevos residuais estudados, sendo que as escalas aplicadas foram de 1:4000 nas respectivas áreas de estudo. (Figura 26).



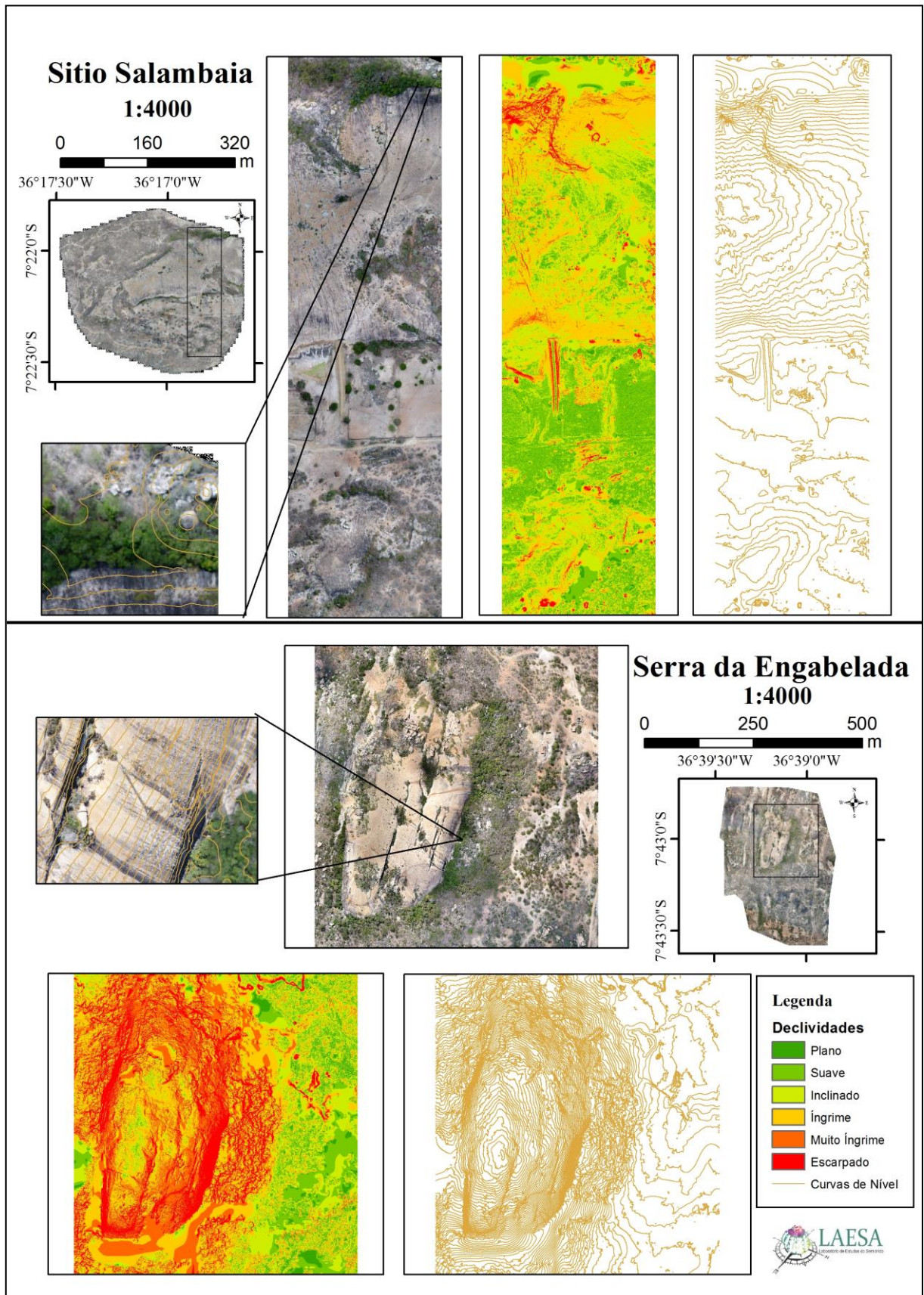


Figura 26: Recortes de Estudo de Relevos Residuais

Portanto, a metodologia de Cavalcanti (2014) se apresentou satisfatória, pois através da mesma foi possível determinar os elementos componentes da paisagem que auxiliaram nas discussões pertinentes as relações geomorfologia-ecohidrologia.

Com a determinação dos dois recortes de relevos residuais selecionados através da caracterização e identificação das unidades de paisagem foram iniciadas as etapas de coleta de informações envolvendo as relações atmosfera-solo-planta.

### 2.3 Atmosfera

A análise atmosférica levou em consideração o comportamento climático característico do semiárido e as especificidades microclimáticas das duas áreas de estudos. Para isto foram coletados dados pluviométricos, temperatura e umidade do ar.

Os dados obtidos são provenientes de duas estações climatológicas pertencentes ao Laboratório de Estudos do Semiárido (LAESA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) instaladas nas áreas de estudo. Além da utilização dos dados das estações do LAESA desenvolveram-se análises de comparações com a pluviosidade dos postos pluviométricos da Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs) instalados nas sedes municipais de Cabaceiras e Congo (Figura 27).

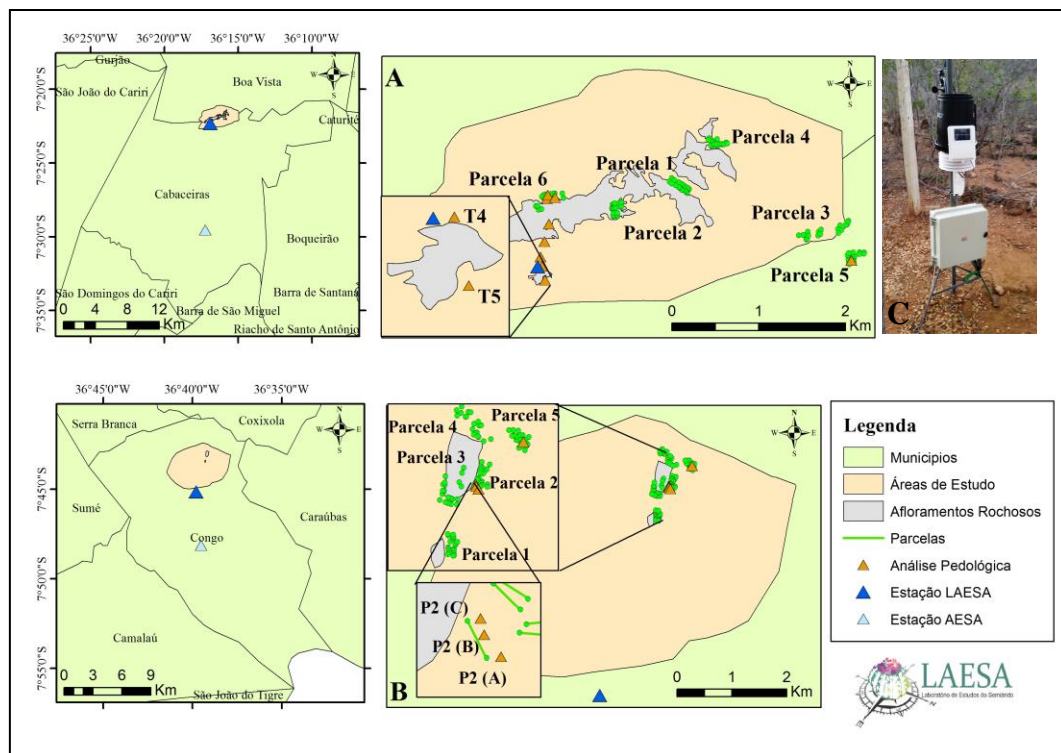


Figura 27: Mapa Postos Pluviométricos. A - Sítio Salambaia; B - Serra da Engabelada; C - Estação LAESA

As estações utilizadas para a análise atmosférica estão configuradas para medições horárias, onde foi possível definir um intervalo de estudo. No sítio Salambaia o intervalo de estudo foi determinado de outubro de 2016 a julho de 2017 contendo falhas nos períodos de 31/05/17 as 3:00 até 15/06/17 as 9 hrs e 28/07/17 as 11:00 hrs até 28/08/17 as 21:00 hrs, enquanto que na Serra da Engabelada tivemos coleta de dados no mesmo intervalo, mas ausente de falhas.

Os resultados das precipitações, temperatura e umidade do ar serão utilizados para analisar as relações com os resultados de umidade e potencial de água do solo. Estes resultados serão expressos nas análises da perspectiva hidrológica mais adiante, entretanto antes de desenvolver esta análise será necessário determinar a contribuição hidrológica dos afloramentos rochosos estudados. A análise da condição hidrológica dos afloramentos rochosos se dará através da determinação do seu volume escoado nas encostas, armazenamento na base dos afloramentos rochosos e balanço hídrico, obtidos a partir dos dados das estações do LAESA.

## **2.4 Condição Hidrológica de Encosta Cristalina**

O objetivo deste procedimento é quantificar o volume recebido de água nas áreas de encosta rochosa e base a partir de um evento de precipitação, e estabelecer relações com a paisagem local. Para isto necessitou-se inicialmente determinar as áreas de encosta e base do afloramento rochoso que contribuem hidrológicamente a serem calculadas.

### **2.4.1 Determinação das Áreas de Contribuição Hidrológica (ACH)**

As áreas de encosta rochosa são fundamentais para a exportação de água para as áreas de base, assim será possível obter uma proporção de contribuição dos afloramentos rochosos estudados. Diante disto determinou-se uma área para escoamento e outra para armazenamento, as quais serão denominadas de áreas de contribuição hidrológica (ACH).

O procedimento utilizado para identificar as áreas de encosta que contribuem com escoamento para a faixa de base foi determinado através da análise da rede de drenagem gerada pelo MNT. A geração da rede de drenagem procedeu-se apoiado pelo *software* de SIG ArcGis onde identificou-se os canais que contribuíam para cada área de base, assim realizando o contorno perfazendo o perímetro de contribuição.



As áreas condicionadas a armazenamento inseridas na base foram determinadas analisando as curvas de nível, as quais foram determinantes na identificação dos contornos de recepção e alocação de drenagem (Figura 28).

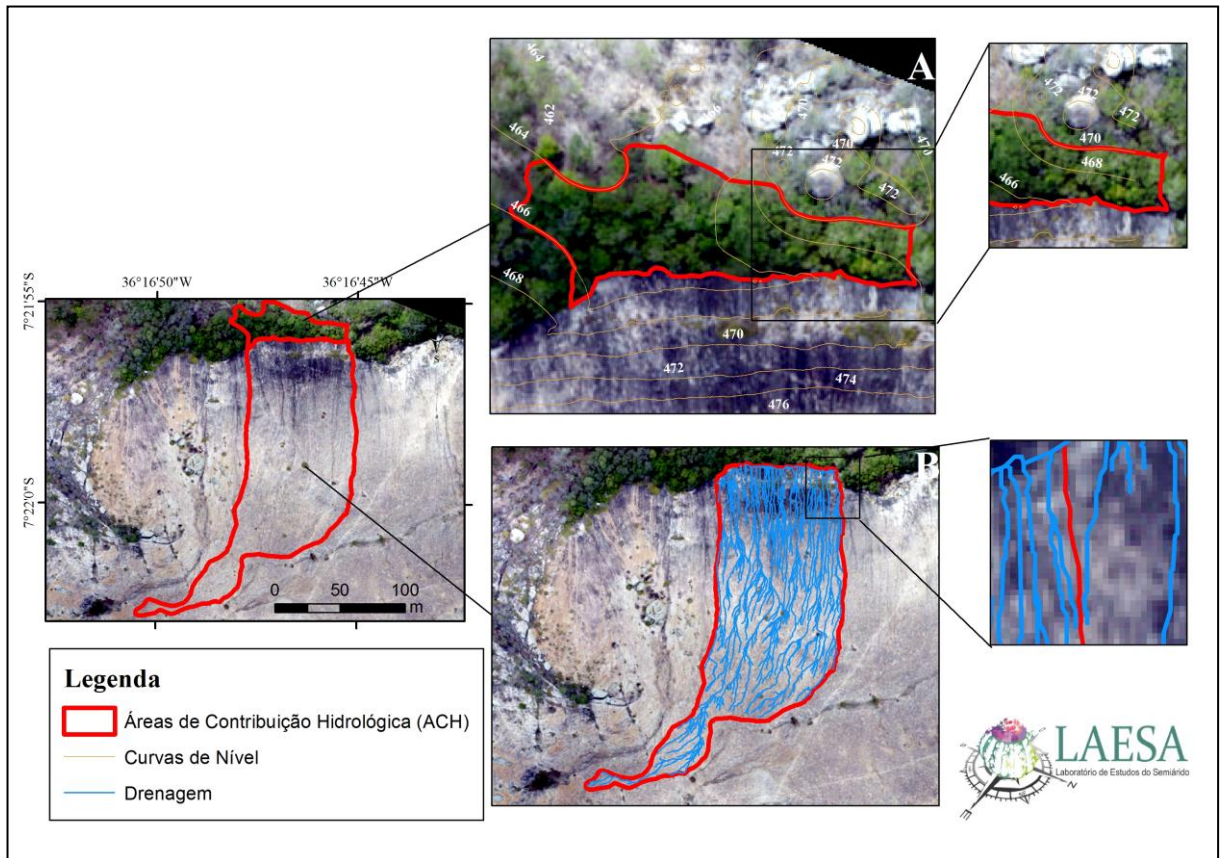


Figura 28: Mapa Metodologia para Determinação de Área de Contribuição Hidrológica (ACH) de Afloramentos Rochosos. A - Área de Armazenamento de Base; B - Área de Escoamento de Encosta Rochosa.

Para cálculo de volume das ACH considerou-se as que contribuíam com as áreas que eram monitoradas pelos equipamentos instalados, levantamento fitossociológico e análise pedológica. Para o sítio Salambaia foram escolhidas quatro áreas de encostas e armazenamento, enquanto que para a serra da Engabelada foram uma de encosta e armazenamento. No sítio Salambaia as áreas selecionadas encontram-se na parcela 6 (P6) do levantamento fitossociológico e T2, T4 e T5 onde havia equipamentos instalados e perfis de solo, enquanto que na serra da Engabelada a ACH ficou situada na parcela 2 do levantamento fitossociológico.

Após a determinação das ACH foram efetuados os cálculos necessários para quantificar o volume escoado e armazenado.

## 2.4.2 Cálculo de Volume Escorado e Armazenado

O cálculo utilizado para a obtenção do volume escorado e armazenado das ACH estabelece as relações de pluviosidade, área de superfície real e coeficiente superficial.

Os dados pluviométricos foram coletados das estações do LAESA, utilizando informações em escala mensal nos meses outubro de 2016 a agosto de 2017. De posse da distribuição pluviométrica mensal estabeleceu-se inicialmente a determinação da área de superfície real.

### 2.4.2.1 Área de Superfície Real

As áreas de superfície real das ACH foram determinadas através de estudos abordados por Fernandes (2004). Para esta metodologia é levado em consideração um MNT ao qual representara o comportamento do relevo. Fernandes (2004) considera que as áreas obtidas em formato 2D colaboram para erros na dimensão dessas áreas, assim devido a nuances do relevo se faz necessário considerar as dinâmicas das cotas (3D) para fins de cálculo de área.

A eficiência na utilização de áreas de superfícies reais está recentemente difundida buscando representar de forma mais fiel às estruturas geomorfológicas. Fernandes *et al.* (2009) realizaram um estudo de caso gerando um índice de eficiência de drenagem a partir de áreas de superfícies reais no maciço da Tijuca no Rio de Janeiro, onde foi observado que as análises da eficiência da bacia hidrográfica necessitariam de avaliações. Miceli *et al.* (2011) realizaram uma avaliação vertical de diversos modelos digitais de elevação (MDE) buscando atribuir consistência vertical na utilização destes modelos para a geração de áreas de superfícies reais. Os resultados obtidos por Miceli *et al.* (2011) colaboram com as observações de pesquisa de tese de Fernandes (2004) atribuindo as grades triangulares a tarefa de gerar uma área de superfície real mais concisa.

Diante disto, Lousada *et al.* (2017) analisaram diferentes metodologias para uso no cálculo de áreas em superfície modelada, apontando a metodologia de Jenness (2004) como a mais eficiente. Assim, será utilizado o cálculo da metodologia de Jenness (2004) para a obtenção da superfície real baseado no software de SIG ArcGis. Para a aquisição do relevo a ser aplicado na obtenção da superfície real é necessário uma rede de grade triangular, denominada TIN. A aplicação da TIN é favorável por apresentar criações de pontos 3D centrais em cada célula para posterior triangulação. O procedimento a ser executado compreende esta superfície para assim obter uma área de superfície real (JENNESS, 2004).

Através de cada vértice do triângulo com seu posicionamento tridimensional calcula-se a distância entre cada vértice e a área em superfície real baseado nessas distancias (Figura 29).

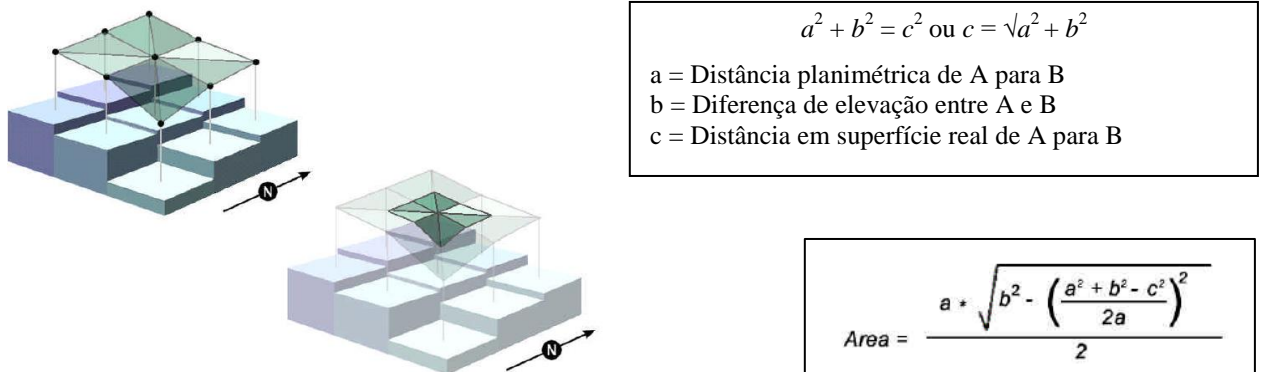


Figura 29: Cortes de Triângulos em TIN e Equações para a Geração da Área de Superfície Real.  
Fonte: JENNESS (2001) apud FERNANDES (2004)

Para obter a TIN utilizou as curvas de nível provenientes do MNT do levantamento aéreo não tripulado. Apoiado pela ferramenta 3D Analyst do *software* de SIG ArcGis criou-se a TIN. A figura 30 apresenta as TIN geradas para a obtenção das áreas de superfície real.

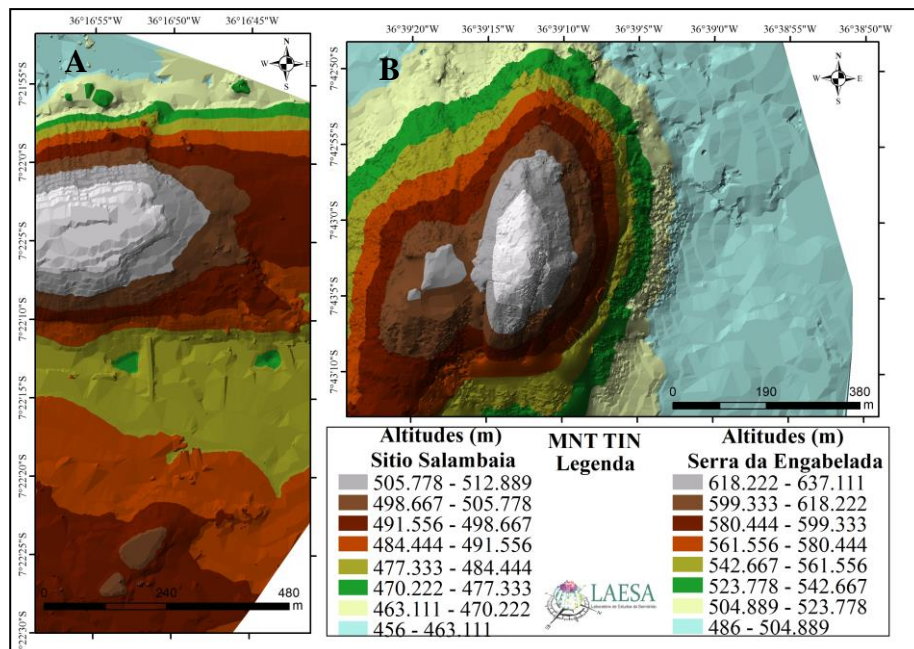


Figura 30: Mapa MNT TIN. A - Sitio Salambaia; B - Serra da Engabelada

Com o TIN definido realizou-se um recorte do TIN para cada polígono de ACH, e através da ferramenta *Polygon Volume* do *software* de SIG ArcGis, inseriu-se o TIN como parâmetro

de entrada para que o algoritmo pudesse efetuar o processo de geração do valor da área de superfície real para cada ACH (Figura 31).

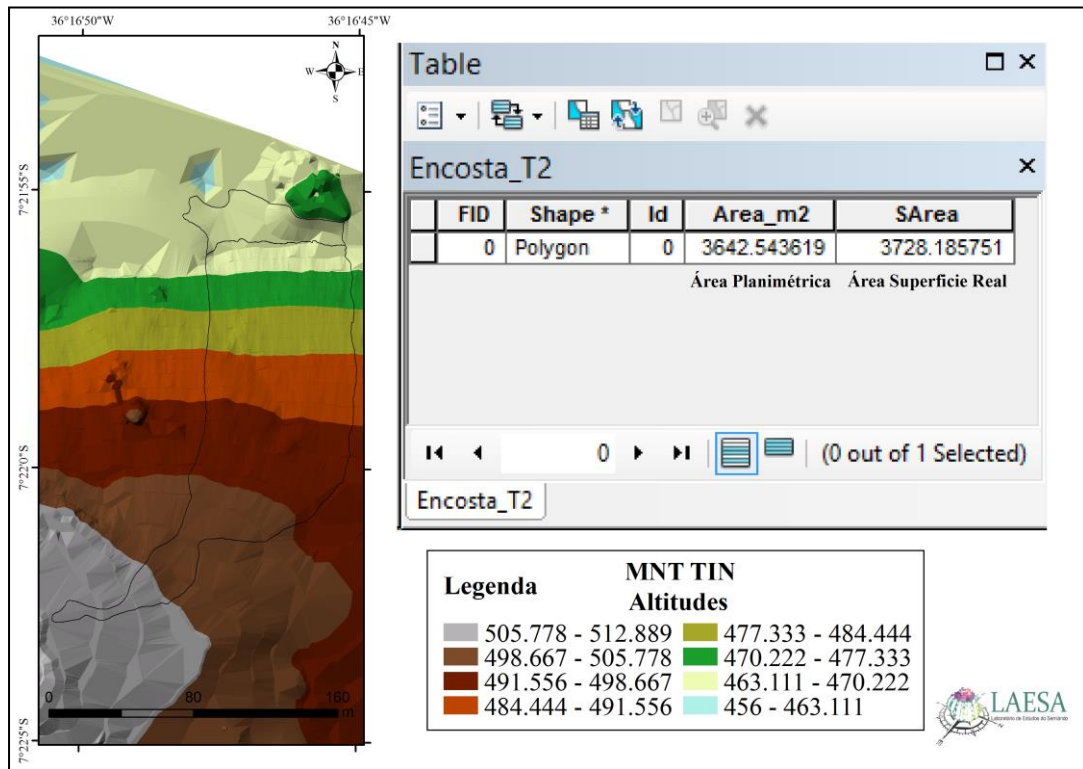


Figura 31: Obtenção de Área de Superfície Real por SIG.

As ACH e suas respectivas dimensões de superfície real serão apresentadas no capítulo de resultados e discussões mais a frente. Além das áreas de superfícies reais serão destacados parâmetros morfométricos de perímetro, altitude, declividade e gerada a densidade de drenagem.

Após a determinação das ACH, precipitações e áreas de superfície real realizou-se um levantamento bibliográfico para verificar os valores de coeficientes superficiais de solo mais consistentes.

#### 2.4.2.2 Coeficientes Superficiais de Solo (C)

A utilização dos coeficientes superficiais de solo (C) tem como objetivo levar em consideração o tipo de solo atribuído à área em que se deve calcular o volume. A partir deste fato observa-se a diferenciação de pavimentos das ACH de escoamento e de armazenamento.

As ACH de escoamento são compostas por pavimentos graníticos, enquanto que as de armazenamento estão compostas de solos texturais. Assim os coeficientes atribuídos a cada um destes pavimentos serão diferentes.

Os coeficientes superficiais (C) levam em consideração a razão do volume precipitado com o volume escoado, mas além desta condição os coeficientes superficiais são influenciados por fatores como topografia, cobertura vegetal, comprimento da área de captação, textura, profundidade do solo, teor de matéria orgânica, grau de compactação do solo, teor de umidade do solo, intensidade e frequência com que se apresentam as chuvas.

Ao longo dos anos existiram pesquisas com o objetivo de determinar valores de C para cada tipo de pavimento. Assim para obter valores de C mais aproximados analisaram-se bibliografias que apresentassem coeficientes adequados aos tipos de solos contidos nas ACH.

Analisando as bibliografias que utilizam coeficientes superficiais (C) observaram-se os valores que representassem os aspectos de escoamento proporcionado por cada pavimento. Diante do objetivo de determinar o coeficiente superficial (C), identificou-se nos estudos da circular técnica sobre captação e conservação de água da chuva para a construção de cisternas rurais da EMBRAPA/SUDENE (SILVA *et al.*, 1984) e da *American Society of Civil Engineers* (ASCE) (ASCE, 1992) valores que correspondiam aos mais próximos as ACH de encostas.

Para os estudos da EMBRAPA/SUDENE foram calculados C (médios) de acordo com as características do material usado na cobertura da área de captação para terras semiáridas brasileiras (Tabela 3).

Tabela 3: Valores médios do coeficiente superficial (C) de acordo com as características do material usado na cobertura da área de captação (Ac), para o TSA brasileiro.

Materiais e tipos de cobertura (Ac)	C (Médio)
Ac – cobertura de polietileno	0,90
<b>Ac – cobertura de argamassa de cimento e areia</b>	<b>0,88</b>
<b>Ac – cobertura com asfalto</b>	<b>0,88</b>
Ac – cobertura com telha de barro	0,75
Ac – cobertura com lona impermeabilizante + seixo rolado	0,70
Ac – solo de textura fina raspado com lâmina	0,50
Ac – solo de textura média raspado com lâmina	0,40
Ac – solo de textura fina em “pousio”	0,24
Ac – solo de textura grossa	0,20
Ac – cobertura com capim buffel usando drenos coletores	0,15
Ac – cobertura com capim buffel	0,07
Ac – solo coberto com uma camada de seixos pequenos	0,02

Fonte: Silva *et al.* (1984), Grifo Rony Lopes Lunguinho.



É possível observar na Tabela 4 um C médio de 0,88 (grifo do autor) para a cobertura de argamassa de cimento e areia e asfalto, ao qual são pavimentos próximos do padrão granítico que compõe as ACH de encostas rochosas. Seguindo na mesma linha de atribuição dos valores de C, a *American Society of Civil Engineers* (ASCE) apresenta intervalos de valores que podem ser atribuídos ao C determinando um valor esperado (Tabela 4).

Tabela 4: Valores de C recomendados pela ASCE.

Superfície	C	
	Intervalo	Valor Esperado
Pavimento		
<b>Asfalto</b>	<b>0,70 – 0,95</b>	<b>0,83</b>
<b>Concreto</b>	<b>0,80 – 0,95</b>	<b>0,88</b>
Calçadas	0,75 – 0,85	0,80
Telhado	0,75 – 0,95	0,85
Cob.: grama solo arenoso		
Plano (2%)	0,05 – 0,10	0,08
Médio (2 a 7%)	0,10 – 0,15	0,13
Alta (7%)	0,15 – 0,20	0,18
Grama, solo, pesado		
Plano (2%)	0,13 – 0,17	0,15
Médio (2 a 7%)	0,18 – 0,22	0,20
Declividade alta (7%)	0,25 – 0,35	0,30

Fonte: ASCE (1992), Grifo Rony Lopes Lunguinho.

Observa-se na tabela 4 que os valores para asfalto e concreto variam de 0,70 – 0,95, onde são esperados 0,83 e 0,88, respectivamente. Assim atesta-se que os estudos da EMBRAPA/SUDENE e ASCE apontam para valores de C na mesma proporção.

Como os estudos anteriores apontavam para pavimentos de concreto e asfalto pesquisou-se alguns trabalhos que indicavam a alta capacidade de escoamento no granito. Dentre estes estudos destaca-se o manual de pequenos açudes para regiões semiáridas de Molle & Cadier (1992) onde encontramos valores de coeficiente de escoamento. O objetivo de Molle & Cadier (1992) era desenvolver uma metodologia para a avaliação do escoamento superficial.

A pesquisa de Molle & Cadier (1992) diz que a partir de uma lâmina fictícia denominada de L<sub>600</sub> seria possível avaliar o quanto escoaria por uma bacia hidrográfica dentro de determinados tipos de solo e uso recebendo uma precipitação média anual de 600 mm. Essa metodologia foi aplicada em 30 bacias hidrográficas da região semiárida do nordeste brasileiro.

Os resultados dos coeficientes de escoamento Molle & Cadier (1992) foram denominados de aptidão de escoamento dos principais tipos de solos do nordeste semiárido (Tabela 5).

Tabela 5: Aptidão ao escoamento dos principais tipos de solos do nordeste semiárido

Tipo de Solo	Características Adicionais	L <sub>600</sub> (mm)
<b>Luvissolos</b>	<b>Típico</b>	<b>37</b>
	<b>Vértico ou Planossólico</b>	<b>25</b>
<b>Afloramentos de Rocha</b>		<b>90</b>
<b>Solos Litólicos</b>		<b>37</b>
Brunizem		37
Redzina		37
Podzólicos	Textura média a arenosa ou média ou textura média a arenosa plântico	15
	Textura média a argilosa ou média plântico	25
	Textura média a argilosa plântico	30
	Textura argilosa ou raso	37
	Erodido (Truncado)	60
	Solódico	125
Podzólico Acinzentado		25
Terra Roxa	Típica	25
	Erodido (Truncado)	60
Vertissolo		25
Solos Aluviais	Textura arenosa a média	10
	Textura média ou indiscriminada ou textura média a argilosa	25
	Textura argilosa	70
	Solódico	125
<b>Cambissolo</b>	<b>Textura média a arenosa</b>	<b>5</b>
	<b>Textura média a argilosa ou média</b>	<b>15</b>
	<b>Textura argilosa ou raso</b>	<b>37</b>
	<b>Erodido raso ou Textura argilosa erodido</b>	<b>60</b>
	<b>Vértico</b>	<b>25</b>
Solonet Solodizado		125
Laterita Hidromórfica		125
Solonchak		125
Solos Halomórficos		125
Planossolo	Típico (PL)	25
	Solódico Típico (PLs)	70
	Solódico com A espesso (PLs)	15
Plintossolo	Típico	50
	Erodido (Truncado)	70
	Solódico	125
Gleissolo	Típico	25
	Com impedimento	70
Areia Quartzosa		0
Regossolo	Típico	3
	Com fragipã	5
Latossolo	Textura média	5
	Textura média a argilosa	10
	Textura argilosa	15
Dunas		0

Fonte: Molle &amp; Cadier (1992), Grifo Rony Lopes Lunguinho.

Os valores observados na tabela 5 apresentam alto índice para afloramentos rochosos, o que se aproxima dos valores de asfalto e concreto determinados pela EMBRAPA/SUDENE e ASCE. Caso não haja um excesso de fraturas ao longo do pavimento granítico do afloramento rochoso, o mesmo torna-se um pavimento impermeável, algo que a *Colorado Highway Department* (CHD) atribui o valor de C de 90 a 95% (PRUSKI *et al.* 2004).

Diante disto, atesta-se que a variação de 0,70 a 0,95 para C é recomendável, de modo que com as características de declividade acentuada e consistência do granito com poucas fraturas imposta as ACH de encosta, utilizou-se um coeficiente superficial (C) de 0,90, superior ao asfalto e concreto e se aproximando das recomendações propostas na metodologia de Molle & Cadier (1992) e de impermeabilidade da CHD (PRUSKI *et al.* 2004).

Com a definição do valor de C da ACH das encostas analisou-se os valores de C para as ACH de armazenamento. Ainda analisando a tabela 5 verifica-se a aptidão de escoamento para cada tipo de solo (grifo do autor), onde se observam que existem valores que podem indicar os coeficientes a serem utilizados nas ACH de armazenamento.

Cada ACH de armazenamento está inserida em um ou dois tipos de solos, diante disto será comparado os valores de aptidão de solo de Molle & Cadier (1992) com os valores de C disponibilizados pela *Soil Conservation Service* (SCS) da *United States Department of Agriculture* (SCS, 2008).

Os valores de C do SCS são identificados pelas classes texturais e o uso do solo. Os solos são texturalmente divididos em arenosos, francos e argilosos, enquanto que o uso está dividido em florestas, pastagens e terras cultivadas. Outro elemento importante a ser destacado pelos valores de C do SCS é a atenção aos níveis de declividade, como pode ser observado na tabela 6.

Tabela 6: Valores de C recomendados pelo SCS – USDA

Declividade (%)	Solos Arenosos	Solos Francos	Solos Argilosos
	Florestas		
0 – 5	0,10	0,30	0,40
5 – 10	0,25	0,35	0,50
10 – 30	0,30	0,50	0,60
	Pastagens		
0 – 5	0,10	0,30	0,40
5 – 10	0,15	0,35	0,55
10 – 30	0,20	0,40	0,60
	Terras Cultivadas		
0 – 5	0,30	0,50	0,60
5 – 10	0,40	0,60	0,70
10 – 30	0,50	0,70	0,80

Fonte: SCS (2008)

Através das declividades, classes texturais e usos do solo nas ACH de armazenamento, identificaram-se os valores de C na tabela da SCS. Com a identificação dos valores de C verificou-se se estes valores correspondiam aos valores de aptidão de escoamento dos solos grifados na tabela 5.

Vale ressaltar que os valores de C da ASCE (tabela 4) também apresentam valores para pavimentos texturais e de declividade de forma resumida não atendendo as ACH de armazenamento, sendo assim será utilizado o os valores de C levando em consideração os trabalhos de Molle & Cadier (1992) e da SCS.

Com a obtenção dos valores de precipitação (chuva), área de superfície real (AC) e coeficientes superficiais (C) obtiveram-se os volumes potenciais de captação (VPC) das ACH através da equação 3 (SILVA *et al.*, 1984).

$$VPC(L) = chuva (mm) \times AC (m^2) \times C \quad (3)$$

Os valores de VPC são expressos em litros, diante disto necessitou-se de uma interpretação de relações de mm e L. Partindo do princípio que 1mm é 1L de água em 1m<sup>2</sup> de pavimento, calculou-se a razão VPC(L)/AC (m<sup>2</sup>) para obter os valores em mm em cada 1m<sup>2</sup> de pavimento. Os resultados provenientes dos cálculos volume de potencial de captação (VPC) das ACH serão apresentados no capítulo resultados e discussões.

A condição hidrológica dos afloramentos rochosos é importante elemento de contribuição para a compreensão da capacidade dessas áreas com enclaves de vegetação diferenciados dos que se encontram no seu entorno mais distante. Assim, serão analisadas as relações ecohidrológicas.

## 2.5 Ecohidrologia

As análises que correspondem a perspectiva ecohidrológica baseia-se em três fases, atmosfera, solo e planta. As análises atmosféricas já foram analisadas, enquanto que as análises de solo estão divididas em umidade, temperatura, potencial de água e análise física e química, enquanto que a fase planta está em destacar as espécies mais exigentes em água.

### 2.5.1 Solo

O objetivo das análises neste capítulo é evidenciar o comportamento do solo submetido a condições climáticas semiáridas, reproduzidas através do capítulo atmosfera e condições hidrológicas específicas, provenientes da presença do afloramento rochoso.

Para reproduzir o comportamento do solo ao ser influenciado pela presença do afloramento rochoso obteve-se temperatura, umidade, potencial de água e coleta para análise física e química. Os dados de temperatura, umidade e potencial de água foram obtidos por sensores instalados e as análises físicas e químicas foram provenientes de coletas de amostras de solos dos horizontes descritos na etapa de morfologia.

Como já foi expresso no capítulo os equipamentos estão divididos no sítio Salambaia em cinco tensiômetros de T1 a T5 (Figura 15) e dois sensores MPS com função de coletar temperatura, umidade e potencial de água inseridos na base da encosta de (T4). A serra da Engabelada está ausente de equipamentos, mas foram executados análises física e química do solo nas parcelas 2 e 5. A parcela 2 em três níveis, com o objetivo de determinar a influência do afloramento rochoso, e a parcela 5, por ser adversa dos demais pontos.

#### 2.5.1.1 Tensiômetros

Os tensiômetros foram utilizados com o objetivo de compreender o comportamento da tensão matricial da água no solo. Assim sua resposta física é a energia, onde é possível determinar com que força a água é retida no solo e o quanto isto afeta as plantas.

Os tensiômetros utilizados foram os de punção (Figura 32), que são tubos rígidos de material plástico onde a ponta que vai ao solo é de cerâmica porosa e a parte posterior é transparente com uma tampa a vácuo. A ponta de cerâmica permite a troca de água entre o interior do tubo e o solo. Quando o solo está seco a água que está no tubo é absorvida pelo solo criando um vácuo, onde é efetuada a medição com um vacuômetro (Figura 32). Após uma saturação de água no solo a água entra pelo tensiômetro pela ação do vácuo formado durante a condição do solo seco, assim permiti medir o esforço que a planta está exercendo para extrair água do solo (MOROUELLI, 2008).

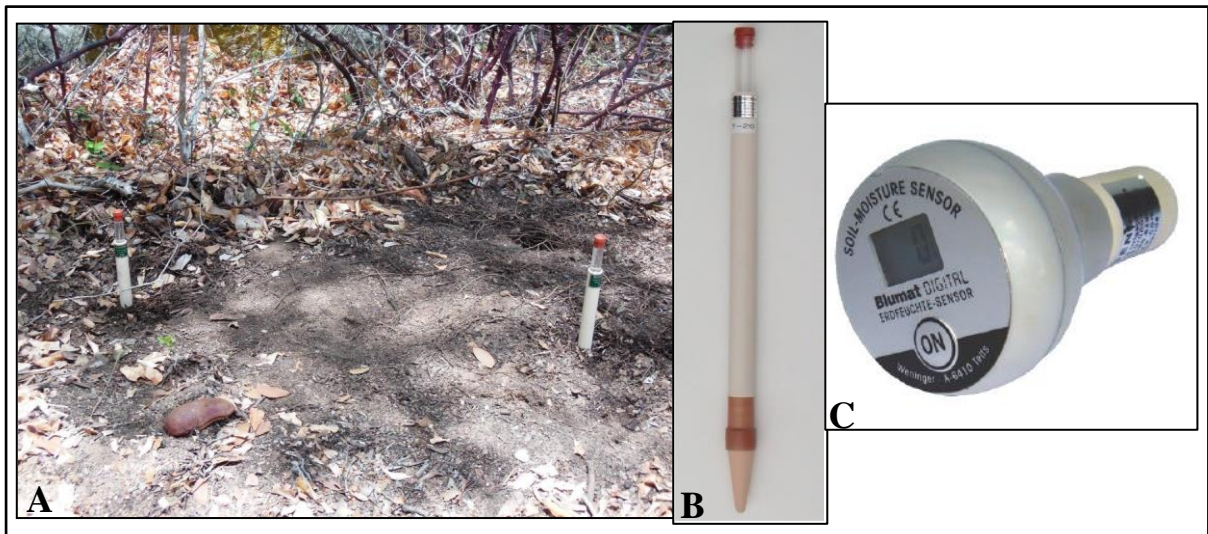


Figura 32: Tensiômetros, A - Tensiômetros no Solo; B - Tensiômetro utilizado; C – Vacuômetro.

Foram instalados um par de tensiômetros em cada paisagem de T1 a T5 medindo 20 e 40 cm sendo coletados dados às 7hrs no período da manhã e às 16hrs no período da tarde, com o objetivo de observar as variações no início e no final do dia. Os horários não puderam ser estendidos em função da não disponibilidade da pessoa encarregada dessa parte da coleta para realizar as medições com o vacuômetro e as anotações em planilhas de campo, em outros horários.

A resolução de medição dos tensiômetros é de 0 - 750mbar, o que corresponde a 0 - 75kpa, unidade padrão adotada para este trabalho. Esta faixa de leitura (0 – 75kpa) é a faixa saturada, ao qual são característicos os tensiômetros, de modo que foram efetuados recortes de tempo no momento em que o solo estivesse saturado observando o comportamento dos sensores MPS por serem medições contínuas. Estes recortes são de 1 a 3 de Junho de 2017, 1 a 12 de Julho de 2017 e 21 de Julho a 1 de Agosto de 2017.

Com os dados coletados digitalizaram-se as planilhas de campo em plataforma Excel. Após a digitalização calculou-se o valor do potencial matricial em mbar descontando o tamanho da coluna de água (20 e 40 cm) do valor de potencial obtido em campo. Com os valores em mbar definidos transformaram-se estes valores em kpa, para que fossem igualados às unidades dos sensores MPS.

Com os valores em kpa definidos foram gerados produtos gráficos para representar o comportamento dos solos das respectivas áreas em momento saturado.

Os tensiômetros expressam o comportamento do solo em um momento específico de estado saturado, assim para expressar o comportamento do solo na base do afloramento rochoso nos dois estados, seco e saturado, analisou-se a área de base T4.

### 2.5.1.2 Sensores MPS

A área de base foi selecionada para a instalação dos sensores MPS por ser a primeira área a receber o impacto de água proveniente do escoamento dos afloramentos rochosos e é também onde se concentram enclaves mais densos de vegetação arbórea.

Os dois sensores MPS são responsáveis por medir três fatores, umidade, temperatura e potencial de água. De acordo com a figura 33 observam-se o processo de instalação dos sensores MPS.

Para a instalação dos sensores como representado na figura 33 (A) inicialmente escavou-se em um profundidade de 10 cm, após isto confirmou-se a profundidade através de uma trena (Figura 33 – B). Com a determinação da profundidade inicialmente instalou-se o sensor de temperatura em posição vertical (Figura 33 – C). Com a finalização da instalação do sensor de temperatura procedeu-se a instalação do sensor de umidade e potencial de água. Diferente do sensor de temperatura, o sensor de umidade e potencial de água necessita de um momento de ativação. Para ativar o sensor envolve o mesmo em uma camada de solo molhada e o insere no solo na posição vertical (Figura 33 – D/E). Após os sensores instalados fecha-se a trincheira e passa-se os fios dos sensores dentro de um cano tubular (Figura 33 - F) e liga-se as entradas do logguer. Ao final configura-se o período de rastreo para a coleta dos dados (Figura 33 – G).



Figura 33: Instalação Sensores MPS. A - Escavação; B - Medição da Profundidade, C - Instalação do Sensor de Temperatura; D - Instalação do Sensor de Umidade e Potencial de Água; E - Procedimento de calibração do sensor de umidade; F - Finalizando infraestrutura; G - Inicializando o Sistema no Logguer.

O tempo de rastreio configurado foi de hora em hora para coincidir com o tempo de coleta da estação climatológica do LAESA, sendo as unidades de umidade em  $\text{m}^3/\text{m}^3$ , potencial de água em kpa e temperatura em  $^{\circ}\text{C}$ . Entre as três unidades apenas a de umidade foi modificada para porcentagem.

Os resultados obtidos das análises dos sensores MPS foram respostas gráficas que expressaram a caracterização do solo e suas relações com o comportamento das plantas. Diante das respostas de caracterização do solo e reflexos que podem indicar o comportamento das plantas, verificaram-se os resultados obtidos das análises físicas e químicas do solo, indicando respostas sobre os questionamentos advindos da condição atmosférica e hidrológica.

#### *2.5.1.3 Análise Física e Química do Solo*

As análises físicas e químicas foram realizadas pelo laboratório de solo da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Foram selecionados treze pedons, descritos e classificados de acordo com a Taxonomia do Solo e o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (SANTOS *et al.*, 2006) em uma área mínima perturbada. As amostras de solo foram coletadas da superfície até o contato lítico em cada pedon. Para solos mais profundos, foi utilizada uma seção de controle de 200 cm. Devido à ausência de dados de temperatura dos solos no semiárido brasileiro, classificamos o regime de umidade de acordo com estudos anteriores (RIBEIRO *et al.*, 2016).

As amostras foram secas ao ar e peneiradas através de uma peneira de 2 mm antes da textura e análises químicas de acordo com métodos estabelecidos para solos tropicais (DONAGEMA *et al.*, 2011). A areia, o sedimento e a argila foram determinados pelo método da pipeta após dispersão com NaOH 0,1 M. O pH do solo foi medido com um eletrodo de vidro em um solo de suspensão de 1: 2,5 / água desionizada (pH de  $\text{H}_2\text{O}$ ) e solução de KCl 1 M (pH de KCl). O pH do delta ( $\Delta\text{pH}$ ) foi calculado pelo pH de KCl menos o pH de  $\text{H}_2\text{O}$ . A acidez potencial ( $\text{H} + \text{Al}$ ) foi extraída por solução de acetato de amônio 1 M a pH 7. O teor de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  trocáveis foi determinado num extracto de KCl 1 M.  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$  intercambiáveis foram determinados após a extração de Melhich-1. A partir destes resultados, calculou-se a soma das bases (SB), saturação de base (V), saturação de alumínio (m), capacidade de troca de cátions equivalente (ECEC), capacidade de troca de cátions total (CEC) e saturação de Na (ISNA).



O teor de fósforo disponível (PM) foi determinado por uma solução de extração de Mehlich-1. O carbono orgânico total (C) foi determinado por combustão húmida (YEOMANS & BREMNER, 1988). O nitrogênio total (N) foi determinado pelo método de Kjeldahl e titulação (EMBRAPA, 1997). A relação carbono / nitrogênio (C / N) foi calculada em massa. A capacidade de adsorção de P do solo foi determinada após agitação durante 1 hora com 2,5 g de solo em  $\text{CaCl}_2$  0,01 M contendo 60 mg de P L<sup>-1</sup>. A suspensão foi filtrada e o restante P em solução (PREM) foi determinado por fotolorimetria (ALVAREZ *et al.*, 2000).

As estatísticas descritivas foram calculadas para todos os pedons e para cada pedon. Diferenças significativas entre o conteúdo de argila e C/N significam que cada pedon foi analisado pelo teste de Kruskal-Wallis em  $p = 0,05$ . Além disso, a correlação de Pearson entre as propriedades do solo foi calculada. A Análise de Componentes Principais (PCA) foi realizada para elucidar a correlação entre as variáveis. Antes do PCA, dados analíticos de cada horizonte foram logaritmicamente transformados e padronizados para fornecer uma distribuição normal (WACKERNAGEL, 2003).

A densidade granulométrica, a densidade de partículas e a microporosidade (poros com diâmetro inferior a 0,5 mm) foram determinadas em amostras de solo não perturbadas coletadas por anéis volumétricos (EMBRAPA, 1997). A porosidade total e a macroporosidade (poros com diâmetro acima de 0,5 mm) foram calculadas a partir desses resultados.

Com a conclusão das análises físicas e químicas analisou-se quais reflexos todos estes processos exerceriam na vegetação.

### 2.5.2 Planta

Essa etapa está condicionada a identificar e analisar através do levantamento florístico realizado o posicionamento dos indivíduos levantados em relação ao afloramento rochoso o que pode indicar a influência hídrica, no que diz respeito à presença de algumas espécies, mais ou menos exigentes em água. Analisando a distribuição dessas espécies e estabelecendo relações com a proximidade dos afloramentos rochosos será possível comprovar a influência estabelecida nos resultados das condições hidrológica e pedológica.

O tratamento analítico dos dados foi executado em planilhas desenvolvidas no software Excel advindo da metodologia de Câmara & Díaz del Olmo (2004), com a finalidade de apresentar os atributos das unidades amostradas e seus elementos em relação às características estruturais da formação vegetal. A identificação das espécies foi realizada em campo e

também com o apoio das informações contidas no site do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, o qual também forneceu a origem dos biomas fitogeográficos das espécies identificadas, os quais serviram como parâmetro para representar as espécies mais exigentes em água, sendo discriminadas as alheias ao bioma Caatinga e pertencentes a biomas não xéricos como Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica.

Um dos produtos disponibilizados via levantamento florístico é o gráfico de distribuição quantitativa da vegetação ao longo do transecto, o qual será destacado nos resultados.

Além da identificação dessas espécies serão destacados de modo geral o comportamento dessas áreas perante o comportamento bioclimático proveniente da metodologia de Câmara & Martinez. (2007). Os dados de entrada serão precipitação e temperatura do ar disponibilizados pela estação do LAESA.

Os índices a serem destacados são, intensidade bioclimática condicionada (IBc), intensidade bioclimática livre (IBl), intensidade bioclimática seca (IBs) e intensidade bioclimática potencial (IBp). Esses índices estabelecem de modo geral intervalos em que uma planta reproduz atividade vegetativa perante os valores de temperatura evapotranspiração.

O índice de intensidade bioclimática condicionada (IBc) consiste na identificação da atividade vegetativa em condições de seca ou geada. O índice de intensidade bioclimática livre (IBl) aponta para uma atividade vegetativa normal, enquanto que o índice de intensidade bioclimática seca (IBs) indica uma paralização da atividade vegetativa e o índice de intensidade bioclimática potencial (IBp) atende a identificar a atividade vegetativa máxima possível em um determinado clima.

Através da execução dos procedimentos metodológicos para a geração dos produtos que irão compor os resultados, será possível discutir os aspectos que compõe as paisagens de vegetação de caatinga dos afloramentos rochosos e o papel hidrológico dessas formações que contribui com o padrão adverso ao xérico presente nas áreas mais distantes através da ecohidrologia.

### CAPITULO III

#### A ECOHIDROLOGIA DE ENCOSTAS NO CARIRI PARAIBANO

*Depois que a chuva caiu, Ficou verde o arrebol,  
A babugem cobre o chão, Parece um verde lençol,  
Cicatrizando as feridas, Das queimaduras do sol*  
Ademar Macedo

---

Para analisar as paisagens de afloramentos rochosos no semiárido brasileiro serão discutidos os resultados pertinentes à metodologia executada no Cariri Paraibano. As discussões serão conduzidas pelo panorama atmosférico, análise do sistema ambiental físico de encosta, caracterização das paisagens no compartimento de relevo residual, condição hidrológica de encosta, ecohidrologia a partir de relações atmosfera-solo-planta e potencial de contribuição hidrológica com seus reflexos na vegetação.

#### 3.1 Atmosfera

As análises climáticas objetivaram representar em uma escala macro os componentes atmosféricos que contribuem para o sistema de encostas dos afloramentos rochosos. Com o desenvolvimento das análises climáticas desenvolvidas será possível evidenciar o comportamento microclimático estabelecido nos entornos dos afloramentos rochosos dos relevos residuais em destaque.

##### 3.1.1 Pluviosidade

Essas análises consistiram na avaliação de como as irregularidades da pluviosidade no semiárido brasileiro podem influenciar o sistema atmosfera-solo-planta, destacando os efeitos na região e na área estudada.

As irregularidades pluviométricas apresentadas no semiárido brasileiro são intensificadas em função dos fenômenos meteorológicos El Niño e La Niña (Souza *et al.* 2001), gerando variações nos padrões na temperatura da superfície do mar sobre os oceanos tropicais, os quais afetam a zona de convergência intertropical (ZCIT) no Oceano Atlântico e, conseqüentemente, a frequência, quantidade e intensidade das chuvas nessa região (Correia *et al.* 2011).

No que concerne ao semiárido brasileiro às chuvas anuais podem variar de 280 a 800 mm (ARAÚJO, 2011), com o estado da Paraíba apresentando os menores índices pluviométricos

do país, na região do Cariri. Nessa região, a média histórica geral é de 484 mm (Menezes *et al.* 2008). No município de Cabaceiras, onde está inserido o sítio Salambaia em um intervalo de vinte anos (1994 a 2014), são registradas precipitações que variaram de 154.5 mm em 1998 a 755.8 mm em 2004, enquanto que no município do Congo, onde está inserida a serra da Engabelada, as variações foram de 60.7 mm em 2012 e 932.2 mm em 2009, o que comprova a irregularidade pluviométrica e os efeitos do *El Niño* e *La Niña* (Figura 34).

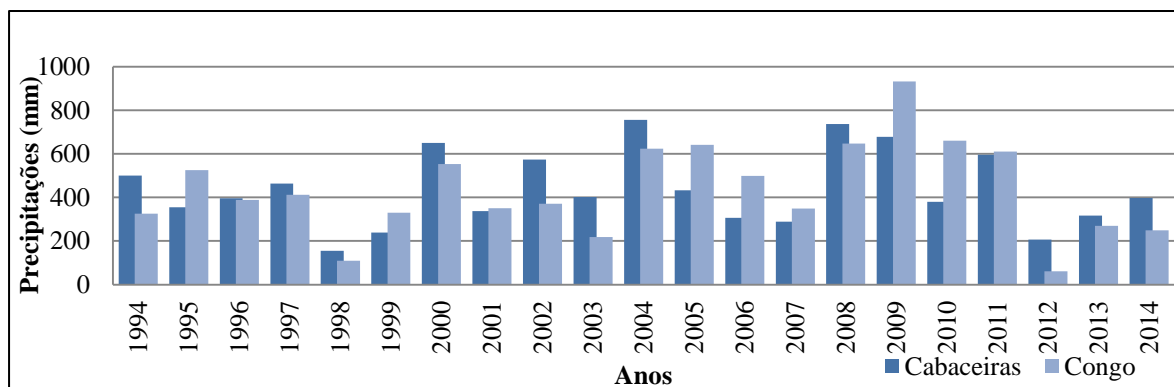


Figura 34: Distribuição Pluviométrica (1994 - 2014).

Fonte: AESA (2017)

Quanto à sazonalidade da estação chuvosa na Paraíba, analisando os postos pluviométricos existentes, 67,3% apontam o mês de fevereiro como o início do período chuvoso (MENEZES *et al.* 2008), o qual se estende até maio, embora também haja elevada heterogeneidade ao longo desse quadrimestre (NIMER, 1977). Nos oito meses restantes domina a estação seca. Sendo assim, para longe de representar uma realidade vigente, as médias de chuva não são capazes de representar a realidade pluviométrica para regiões como essa onde, por exemplo, em um dia pode ocorrer à pluviosidade esperada para um mês (SOUZA, 2008).

Corroborando com a questão levantada acima, a figura 35, apresenta uma considerável diferença nas precipitações das médias históricas utilizadas como oficiais para os municípios (Estação AESA), no período de 1994 a 2014, em relação às da estação meteorológica das áreas de estudo (Estação LAESA), instalada somente no ano 2016 (período de outubro de 2016 a agosto de 2017). Nesse caso, observamos que as precipitações se apresentaram irregulares atestando que as precipitações podem ser extremamente divergentes, mesmo que estejam em localidades próximas. Assim observa-se que houve uma predominância chuvosa de fevereiro/17 a agosto/17, o qual se determinou de período chuvoso.

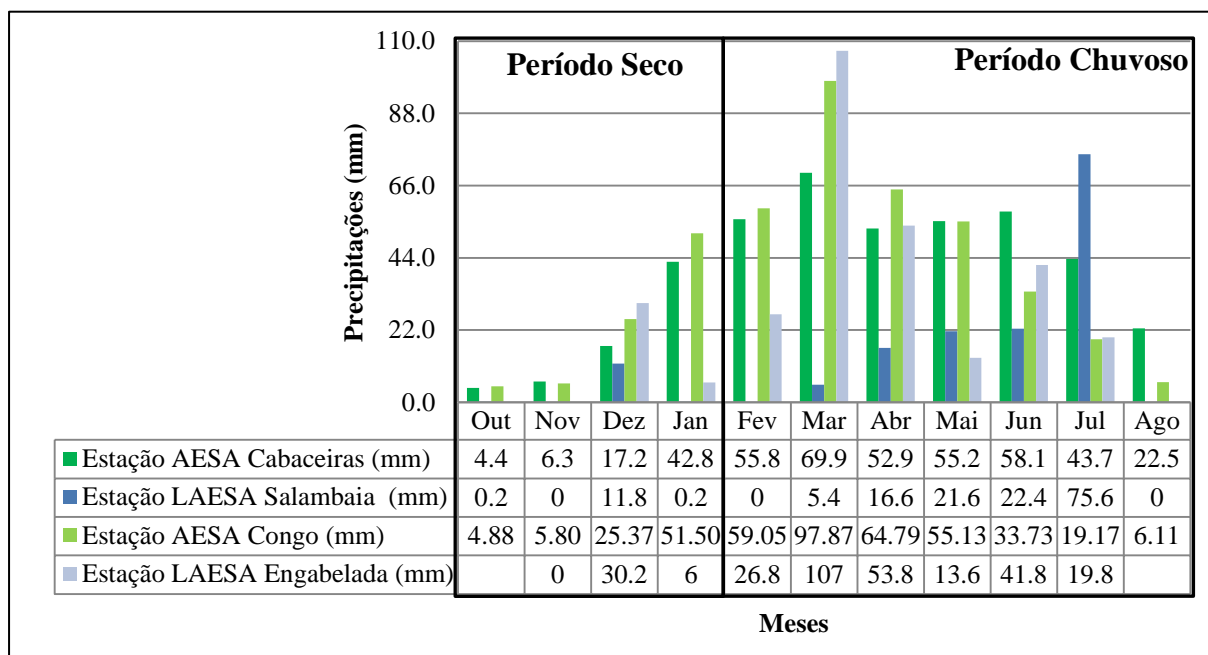


Figura 35: Distribuição Pluviométrica das áreas de estudo.  
Fonte: AESA (2017); LAESA (2017).

Analisando os meses de maiores precipitações dos postos pluviométricos das áreas de estudo (Estação LAESA), tem-se que no sitio Salambaia em julho de 2017 a precipitação se concentrou no dia 01/07/17 com 28.2 mm, o que corresponde a 37% da precipitação de todo esse período, enquanto que na serra da Engabelada houve dois eventos de alta precipitação. O primeiro evento ocorreu em 09/03/17 com 26.4 mm que corresponde a 24% de todo o mês e 11/03/17 com 44 mm correspondendo a 41% do mês.

De modo geral o intervalo de estudo (Estação LAESA) apresentou uma maior concentração de precipitação na faixa de prolongamento de período chuvoso (junho/2017 – agosto/2017) no sitio Salambaia, o que corresponde a 64% de todo o intervalo de estudo. A serra da Engabelada apresentou maior precipitação no período que é considerado pela literatura como chuvoso (Fevereiro /17 – Maio/17), o que corresponde a 68% de todo o intervalo de estudo. Além dos períodos citados o mês de dezembro/2016 merece destaque, apresentando precipitações altas para este período, algo que não é comum nas médias registradas historicamente.

### 3.1.2 Temperatura e Umidade do Ar

A temperatura e umidade do ar foram analisadas a partir de seu comportamento mensal e horário. As observações mensais consistiram em evidenciar os meses realizando relações com os períodos de precipitações, enquanto que as análises horárias dizem respeito ao comportamento da umidade e temperatura do ar ao longo do dia.

O sitio Salambaia e a serra da Engabelada apresentaram resultados de temperatura do ar semelhantes, onde as quedas nas temperaturas se iniciaram a partir de março, coincidindo com o início do período denominado chuvoso (NIMER, 1979). No que corresponde à umidade do ar observa-se uma diminuição nos meses mais quentes de outubro/16 a fevereiro/17 e um aumento nos meses de temperaturas mais amenas, março/17 a agosto/17 (Figura 36).

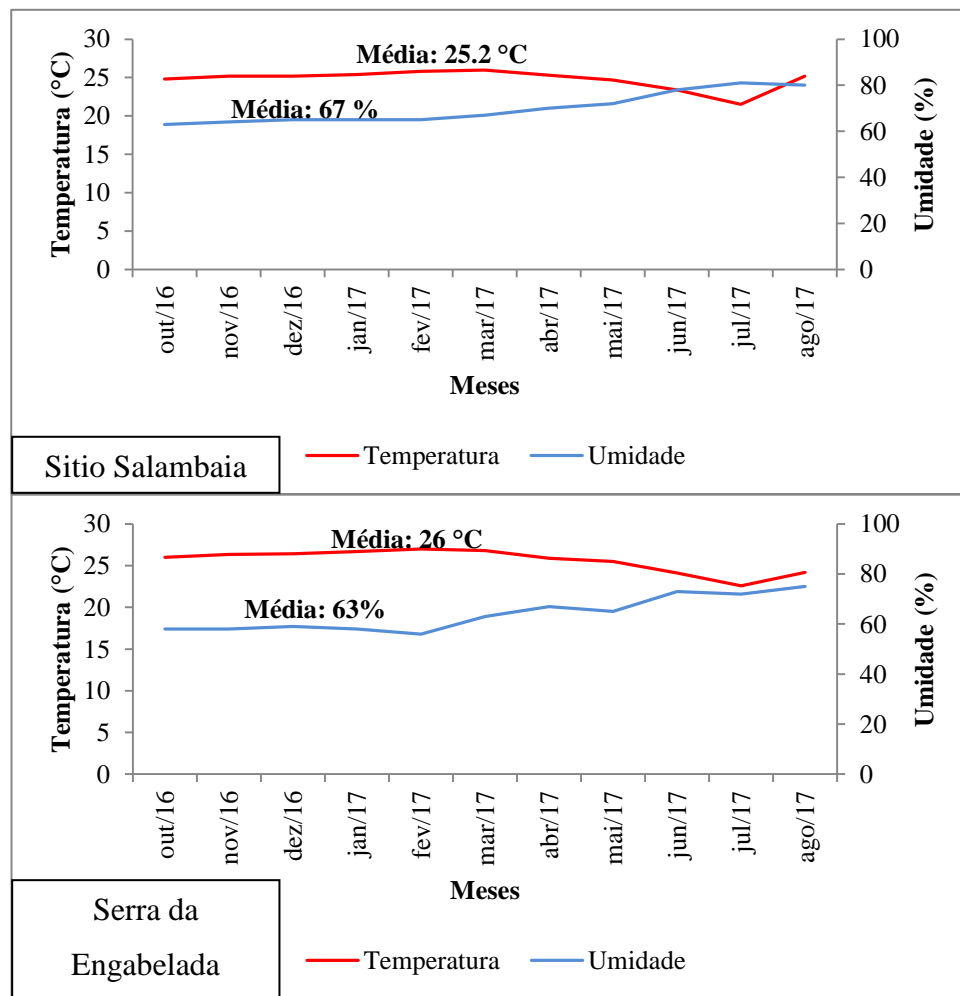


Figura 36: Comportamento Temperatura de Umidade do Ar Mensal

Para exemplificar o comportamento da temperatura e umidade do ar será analisada a dinâmica ao longo do dia nas duas áreas de estudo. Observando a figura 37 verifica-se que no

período de 0 às 7h as temperaturas e umidade do ar se mantêm uniformes na faixa dos 22 °C e 85%. Após este período, as 8h há um ponto de inflexão com um aumento da temperatura e diminuição da umidade, mantendo-se essa dinâmica na faixa de 9h até às 14h e 15h, onde a temperatura começa a diminuir e a umidade a aumentar, com um ponto de inflexão as 21h se restabelecendo até as 7h. Dentro desta dinâmica há apenas uma diferença, onde o ponto de inflexão na serra da Engabelada ocorre uma hora mais cedo pela manhã, as 7h, e uma hora mais tarde, as 22h.

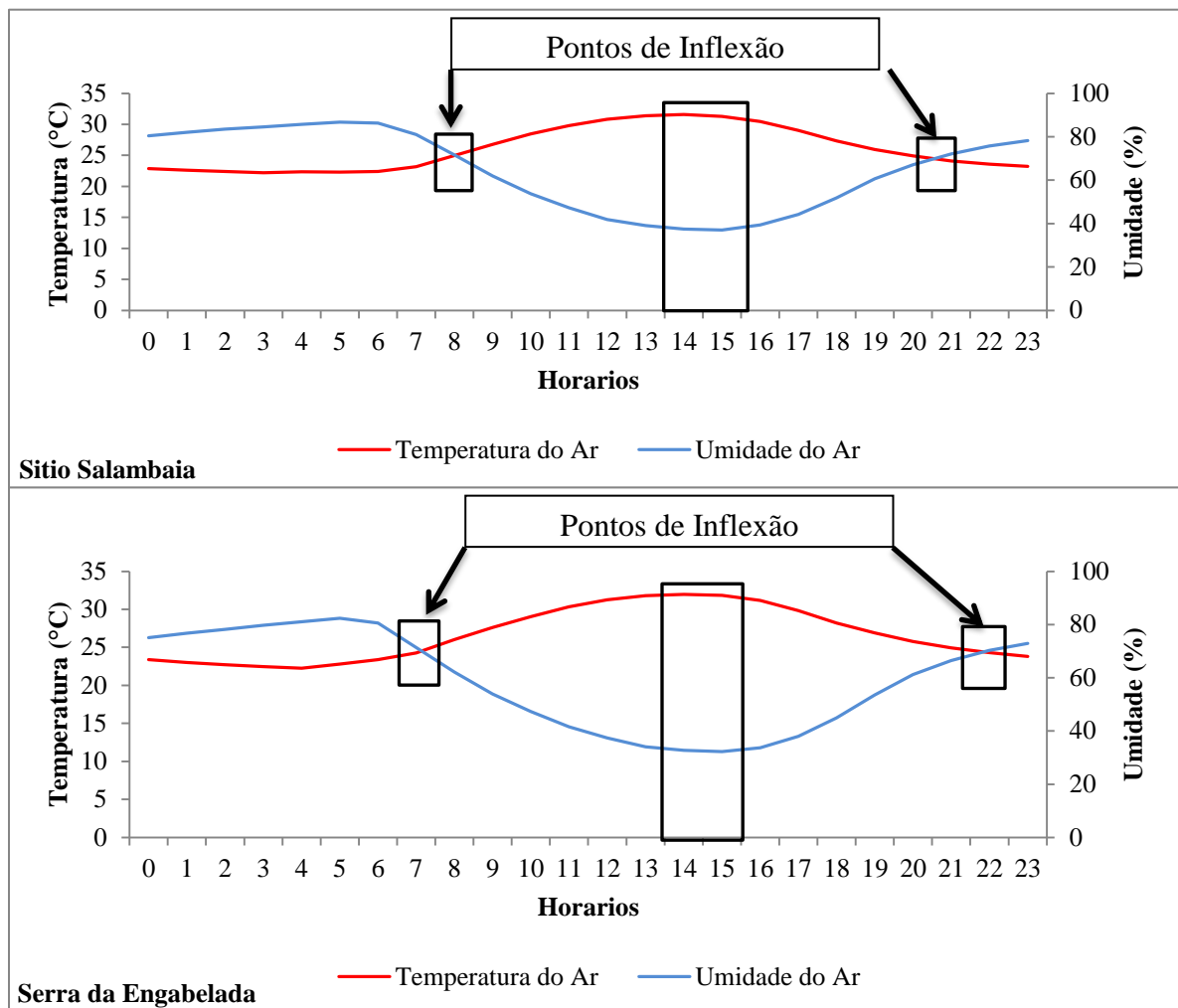


Figura 37: Comportamento de Temperatura e Umidade do Ar.

### 3.2 Sistema de Encostas em Ambientes Secos

O sistema ambiental físico que compõe os afloramentos rochosos está formado pelas matérias água, rocha, solo e vegetação e tem a estrutura de interação dividida em dois



sistemas: sistema não isolado fechado composto pelo ciclo hidrológico e sistema aberto representado pelo próprio afloramento rochoso (CRISTOFOLLETTI, 1999).

As interações do ciclo hidrológico (precipitação, escoamento superficial, evapotranspiração, infiltração e escoamento de base) entram em contato com o afloramento rochoso que é composto de rocha e solo que por sua vez interagem com a vegetação. Ao ocorrer à precipitação a água entra em contato com o afloramento rochoso granítico onde parte dessa água penetra nas fraturas sendo que a maior quantidade escoar para as bases. A parte que penetra nas fraturas pode encontrar depósitos de solos que formaram uma pequena área vegetada, favorecendo a infiltração de parte desta água, enquanto o restante escoar para a base. A maior proporção da água que escoar encontra a base do afloramento rochoso que é constituída de uma área de floresta mais densa com solos mais desenvolvidos, onde parte infiltra e o restante escoar ou encontra seu escoamento de base. Após interagir com a vegetação parte da água evapora ou alcança os mananciais mais próximos. (Figura 38).

O sistema ambiental físico de afloramentos rochosos no semiárido está sujeito a distúrbios, onde a ocorrência de modificação de algum elemento pode acarretar alterações no seu comportamento. Nesse contexto, existem duas forças de distúrbios possíveis, alteração da pluviosidade e supressão da vegetação.

Com a diminuição da pluviosidade ocorre um baixo escoamento superficial e capacidade de infiltração com aumento do potencial de evapotranspiração afetando diretamente a vegetação das áreas de base. Se pensarmos em uma escala de tempo de seca prolongada, como por exemplo um *El Niño* de grandes proporções, pode ocorrer uma diminuição da diversidade de vegetação das áreas de base de forma lenta, e nesse caso é possível que as espécies xerófilas voltem a colonizar naturalmente essas áreas, passando a ser dominantes.

Ao ocorrer um aumento substancial das precipitações, como é o caso do fenômeno *La Niña*, teremos um aumento do escoamento superficial no afloramento rochoso e consequentemente maior aporte de água nas bases. No que corresponde ao solo nas bases, a resposta a tal distúrbio está em atingir a capacidade de saturação, com isto há um aumento da umidade do solo e as plantas ali inseridas conseguem se manter.

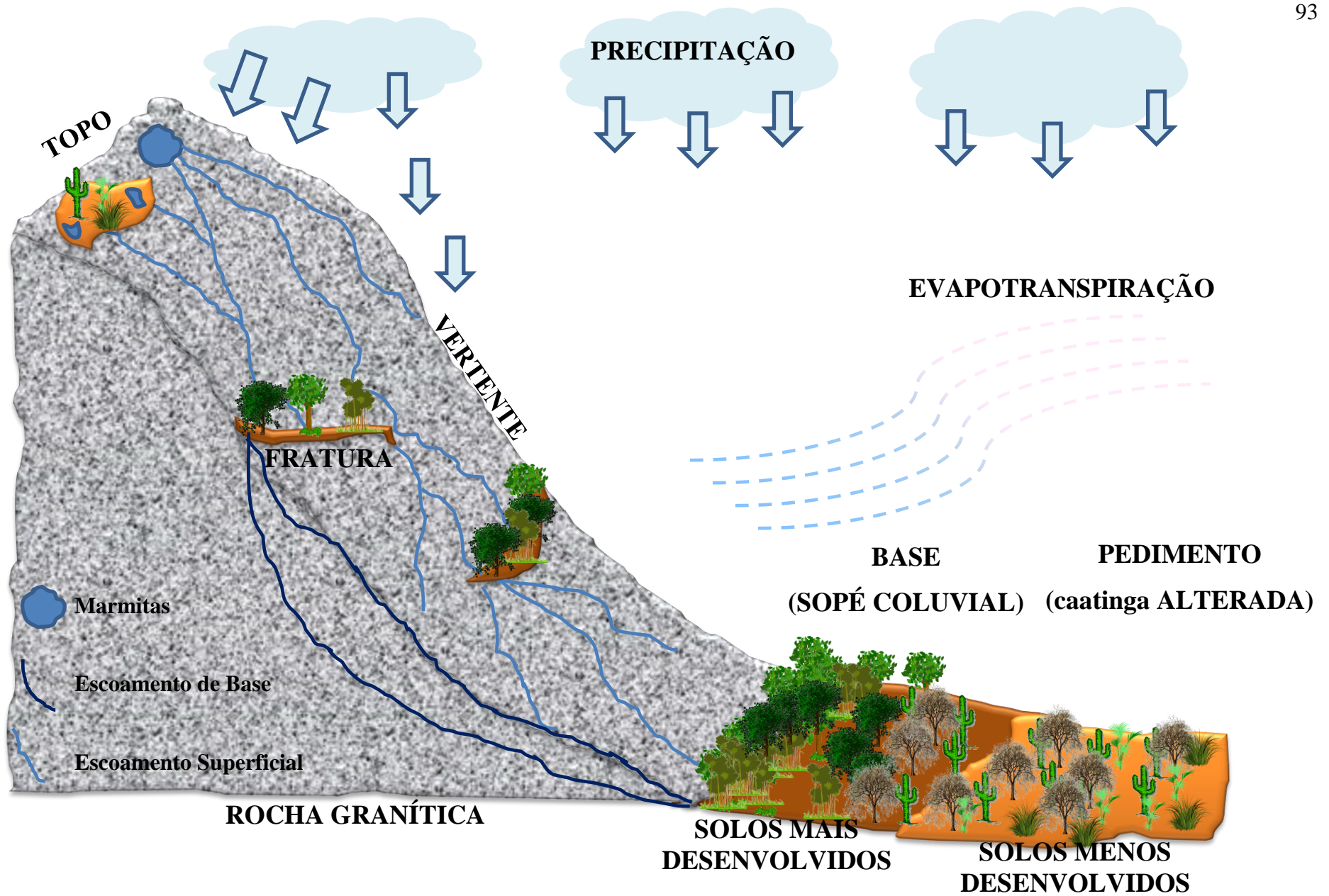


Figura 38: Sistema Ambiental Físico de Afloramentos Rochosos no Semiárido Brasileiro

No caso da retirada de vegetação das bases por ação humana ocorrer em períodos chuvosos, particularmente durante uma *La Niña*, teríamos um aumento do escoamento e diminuição da capacidade de infiltração do solo, gerando em consequência uma provável diminuição da diversidade das plantas. Dessa forma, as bases do afloramento rochoso serão “invadidas” por espécies pioneiras nativas, melhor adaptadas a uma condição xerófila e os solos passarão a ser menos desenvolvidos.

### **3.3 Análise do Potencial das Encostas**

Será destacado nos complexos de relevos residuais do sitio Salambaia e serra da Engabelada os afloramentos rochosos representativos selecionados para levantamentos de dados e apresentar as relações por potencial de umidade topográfico e índice de biomassa indicando o potencial dessas das encostas em se destacar do ambiente xérico.

#### **3.3.1 Potencial de Umidade Topográfica**

A topografia é o norteador para a determinação do potencial de umidade nos compartimentos geomorfológicos contidos nos relevos residuais. Através da compreensão da topografia é possível observar os caminhos da drenagem e onde a umidade pode se alocar. Para analisar o efeito da topografia na distribuição da umidade utilizou-se o TWI, que apresentou a capacidade de cada compartimento em poder manter o recurso hídrico local.

Analisando a figura 39 que representa as áreas de estudo, constata-se que os entornos dos afloramentos rochosos representativos do sitio Salambaia apresentam classes de TWI de médio-alto a alto, isto indica que estes afloramentos contribuem para a manutenção da umidade em seu entorno, sendo áreas de boa retenção de água.

Diferente dos resultados de TWI apresentados no sitio Salambaia, a serra da Engabelada apresentou as áreas de entorno com baixo potencial, isto é devido à declividade extremamente acentuada e a desfavorável resolução espacial da imagem, como pode ser observado na figura 39. Este fato as condiciona como áreas de baixa retenção de água, mas ressalta-se que através de observações de campo as áreas de entorno apresentaram enclaves arbóreos de boa diversidade e solos com alta atividade de matéria orgânica, o que indica boa retenção de umidade.

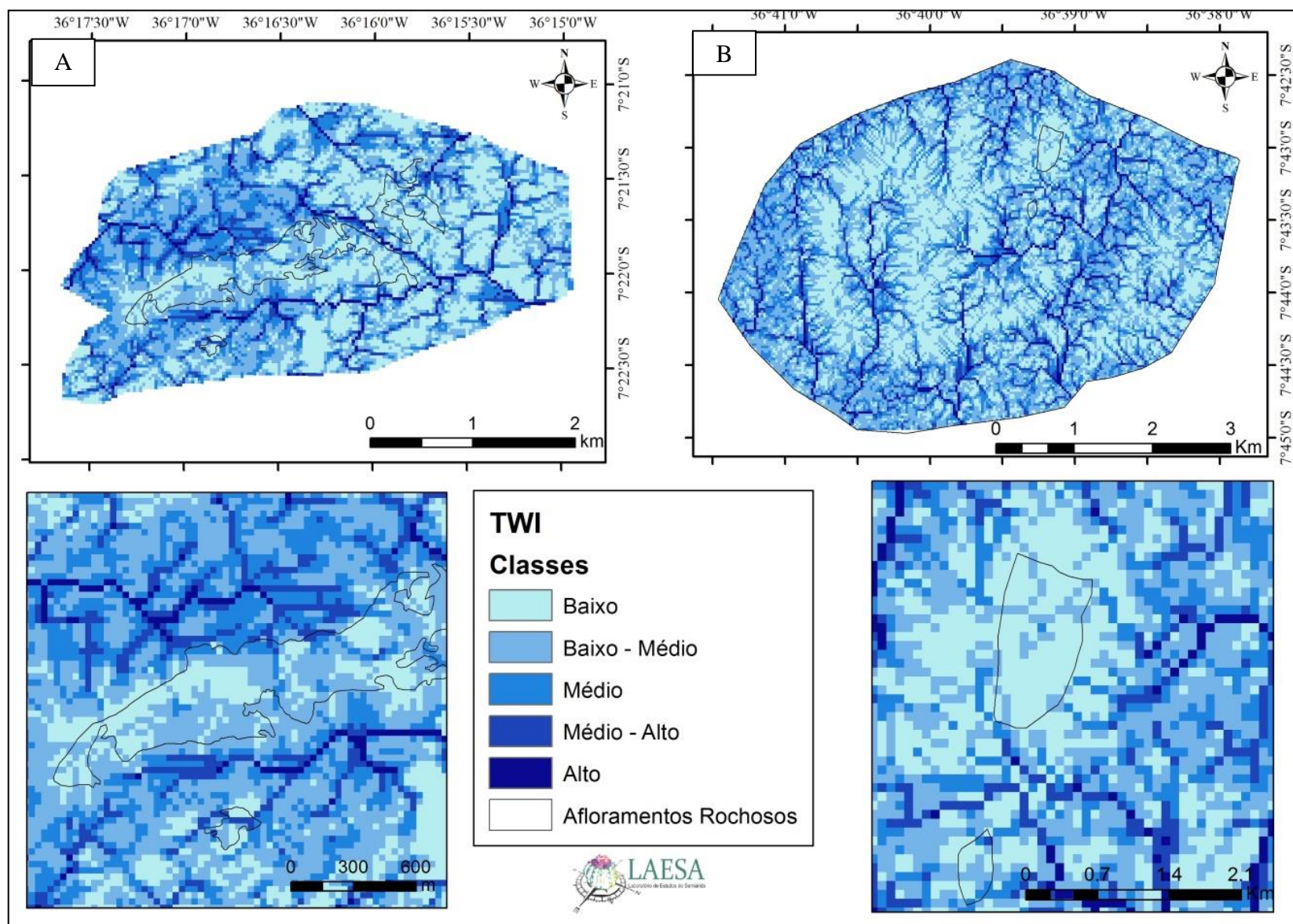


Figura 39: Distribuição do Potencial de Umidade Topográfico por TWI. A: Sitio Salambaia; B: Serra da Engabelada

Os resultados divergentes quanto ao acúmulo de umidade entre as duas áreas indicam serem necessárias observações em campo com outros elementos para evidenciar esse parâmetro.

### 3.3.2 Índice de Biomassa

De acordo com Ponzoni *et al.* (2012) as interações eletromagnéticas determinadas por sensoriamento remoto podem auxiliar na identificação de aspectos da planta, onde nos faz recordar que os vegetais realizam fotossíntese, processo fundamentado na absorção da radiação eletromagnética por parte dos pigmentos fotossintetizantes como as clorofilas, xantofilas e carotenos. Esta conceituação nos remete a observar que através destas análises é possível discernir o comportamento da vegetação ao longo do seu ciclo de vida (NOVO, 2010). Para alcançar os resultados que possibilitam esta interpretação existem diversas formas de modelagem do espectro eletromagnético. Uma das formas de modelagem é a determinação do índice de biomassa.

De acordo com Ponzoni & Shimabukuro (2010) os índices tem como tarefa explorar as propriedades espectrais da vegetação principalmente nas regiões do visível e infravermelho próximo, procedimento técnico exposto no capítulo anterior, onde destaca-se a determinação de parâmetros biofísicos, sendo um desses a biomassa.

O índice de biomassa foi obtido através do SAVI nos períodos de 2014 – 2017. Este período selecionado compreende o intervalo de pesquisa onde estão contidas as análises atmosféricas, pedológicas e fitossociológicas.

O período de análise dos produtos de índice de biomassa está submetido a uma condição climática atípica, onde as precipitações estiveram muito abaixo do padrão climático anual comum que corresponde a precipitações concentradas de fevereiro a maio e menores nos meses restantes (NIMER, 1979). Este fato colaborou para ressaltar a resposta da biomassa das áreas que compreendiam o entorno dos afloramentos rochosos.

A figura 40 apresenta de modo geral o índice de biomassa das áreas de relevos residuais do sítio Salambaia e Serra da Engabelada, onde os maiores índices compreendem a presença de vegetação e os menores a solos expostos ou afloramentos rochosos. Analisando em um contexto detalhado observando o entorno dos afloramentos rochosos, observa-se nessas áreas uma maior concentração de biomassa a despeito das demais, o que ressalta a presença dos enclaves florestais inseridos nessas localidades (Figura 40).



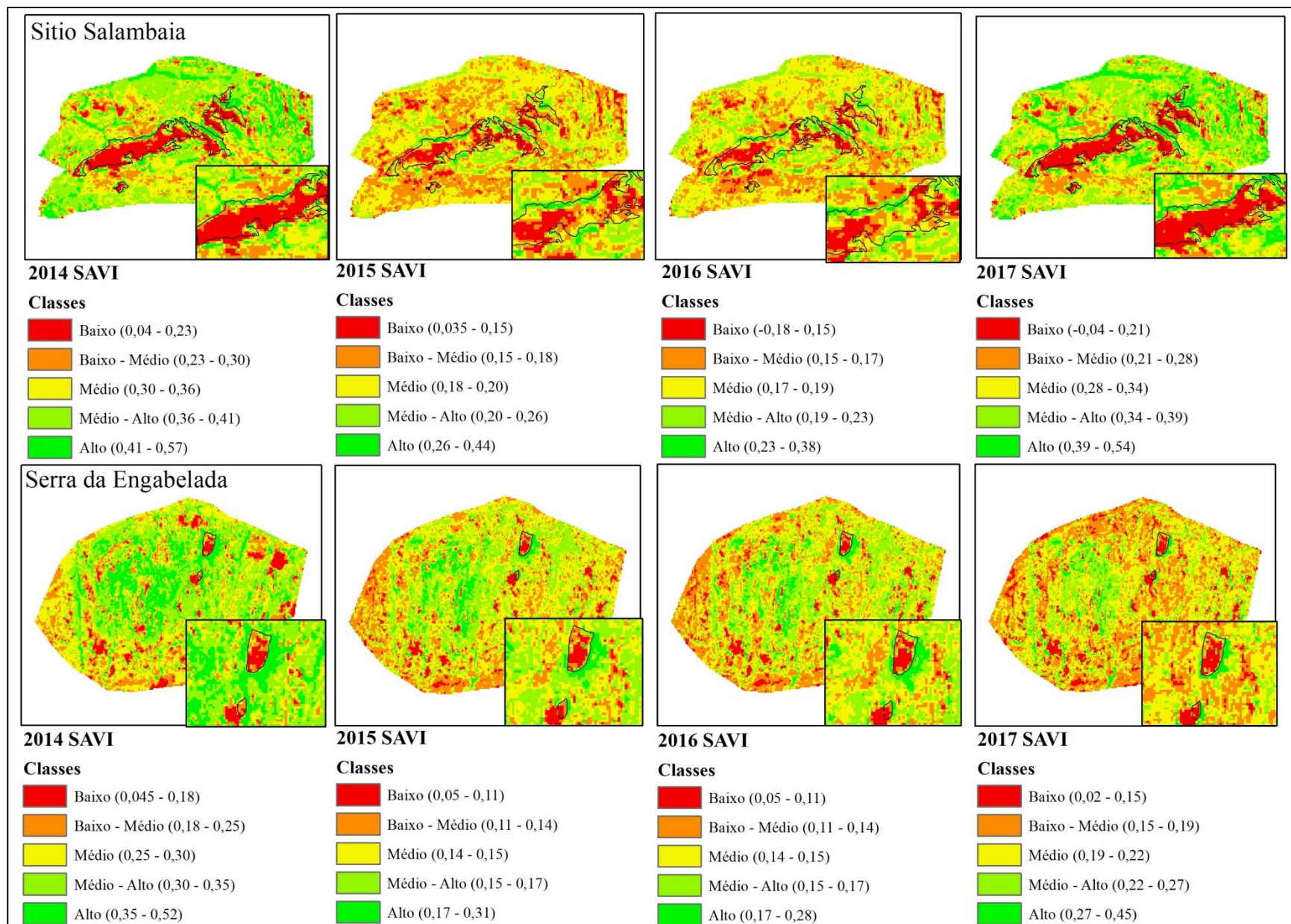


Figura 40: Índices de Biomassa por SAVI

A utilização do SAVI precede observações de estudos realizados de comparação de diversos índices, onde verificou-se os que se adequavam melhor ao Bioma Caatinga. Diante disto Rocha *et al.* (2011) realizaram este estudo a partir da localidade de Petrolina no estado de Pernambuco, onde chegou a conclusão que o SAVI discrimina melhor os alvos na superfície terrestre. Perspectiva também identificada por Rego *et al.* (2012) e ratificado por Monteiro (2013).

Diante deste pressuposto, observa-se que no sítio Salambaia houve maiores índices nos anos de 2014 e 2017, enquanto que nos anos de 2015 e 2016 foram menores. Entre estes dois anos destaca-se 2015 como o mais baixo. Na serra da Engabelada apenas o ano de 2014 apresentou índice mais alto que os demais, sendo 2016 o mais baixo.

O SAVI do ano 2014 diz respeito ao mês de junho, pouco depois do período climático considerado chuvoso para essa região (NIMER, 1979), assim faz sentido o mesmo apresentar maiores índices de biomassa nas respectivas áreas de estudo. Nos anos de 2015 e 2016 o SAVI corresponde aos meses de novembro e dezembro respectivamente, período considerado seco, o que colabora para índices de biomassas mais baixos. O SAVI do ano de 2017 encontra-se no mês de agosto, três meses após o período considerado chuvoso. De modo geral o mês de agosto armazena algumas ocorrências de precipitações esparsas, sendo um período em que a vegetação ainda apresenta folhagem, proporcionando um aumento de biomassa.

Analizando em uma escala mais detalhada observando os afloramentos rochosos mais representativos verifica-se que independente do período climático o índice de biomassa é alto nos entornos dos afloramentos rochosos (Figura 40).

No sítio Salambaia é possível observar com mais evidência nas imagens de 2015 e 2016 (Figura 40), onde mesmo no período mais seco tem-se um alto índice de biomassa apontando para um enclave de vegetação preservado no entorno dos afloramentos rochosos.

Na serra da Engabelada tem-se o destaque dos altos índices de biomassa no entorno dos afloramentos rochosos em todos os períodos. No que corresponde aos meses mais secos representados pelos anos de 2015 e 2016 temos a confirmação do potencial dessas áreas como fontes mantenedoras de umidade, caracterizado pelo significativo valor de biomassa, o que contrapõe o TWI apresentado anteriormente para essa área.

Entre os dois índices analisados o SAVI foi o que representou melhor as localidades que compreendem os afloramentos rochosos. O destaque para os altos índices de biomassa atesta as observações levantadas em campo, onde foram identificados enclaves de vegetação de fitofisionomias arbóreas e densas.



Analisando as relações entre os índices TWI e SAVI atribuindo o SAVI como indicador de referência é possível destacar a resposta desses entornos nos períodos de 2014 - 2017.

Com a análise das relações entre estes dois fatores será possível reforçar os indicativos dessas áreas como propensas a influências dos afloramentos rochosos. Os gráficos da figura 41 evidenciam o grau de relações entre os dois elementos em discussão. O TWI é um índice fixo, pois o mesmo é proveniente da topografia, enquanto que o SAVI é variável.

Partindo da condição de severa estiagem sofrida pela região nos anos de 2014 a 2017 nota-se com mais evidencia a presença de enclaves de vegetação nos entornos dos afloramentos.

Notamos uma forte sintonia entre os padrões de TWI e SAVI na área estudada, o que é proporcionado pelas características topográficas aí existentes, onde as zonas dos topos dos afloramentos rochosos, como áreas de exportação de sedimentos e água, propiciam o domínio de pouca cobertura vegetal, ao passo que esses elementos estarão muito mais presentes na área de entorno dessa forma de relevo, onde ocorre a acumulação dos elementos citados. Tal observação pode ser melhor visualizada nos perfis da figura 41, indicando que nas áreas A e B temos a presença de maior umidade e uma correspondência direta da biomassa.

As relações dos indicadores analisados ponderam sobre aspectos microclimáticos, onde áreas de maior biomassa podem proporcionar maiores umidades. Observando a figura 41 verifica-se a ocorrência deste fato, onde as maiores biomassa de entorno no sitio Salambaia indicam que o TWI alto, ou seja, mesmo influenciados por altas temperaturas que ocorrem na região (CORREIA, *et al.*, 2011). Este fato pode ser preponderante na estabilização do sistema.

Portanto, as condições geomorfológicas do afloramento rochoso do sitio Salambaia condicionou este comportamento microclimático, o que estabelece discussões acerca do potencial ambiental dessas áreas.

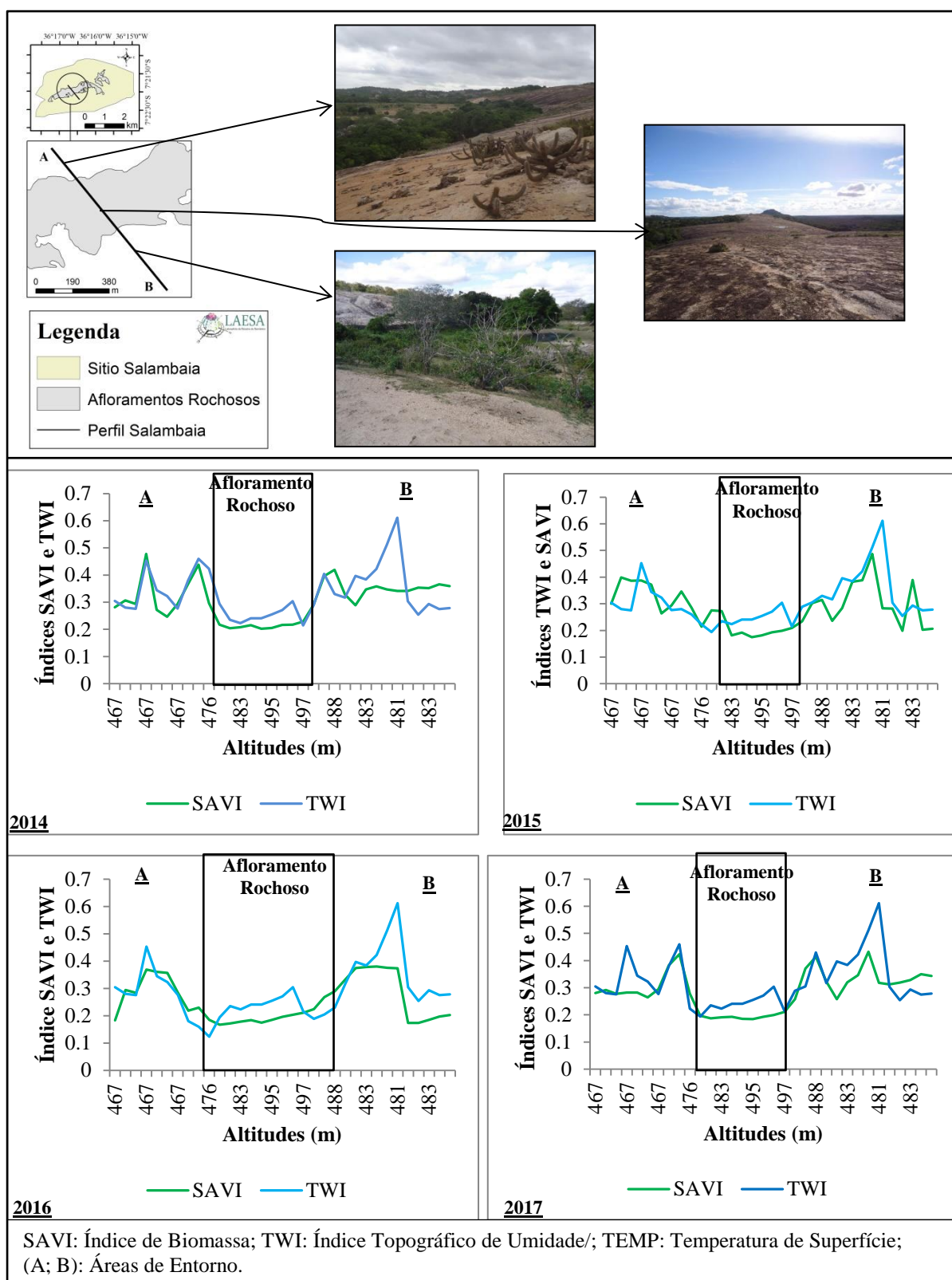


Figura 41: Comportamentos dos índices TWI, SAVI e Temperatura de Superfície no Afloramento Rochoso do Sítio Salambaia

Observando na mesma perspectiva do sítio Salambaia, a figura 42 apresentam as relações dos índices obtidos na serra da Engabelada. De modo mais detalhado nota-se que não houve

uma sintonia entre TWI e SAVI, perante a ineficiência do TWI em obter os padrões de umidade. Evidencia-se que o SAVI apresentou menores valores no afloramento rochoso e maiores no seu entorno, representados pelos pontos A e B da figura 42. O TWI praticamente se mostrou uniforme com uma pequena alta no afloramento rochoso, seguidos pelos pontos A e B do entorno.

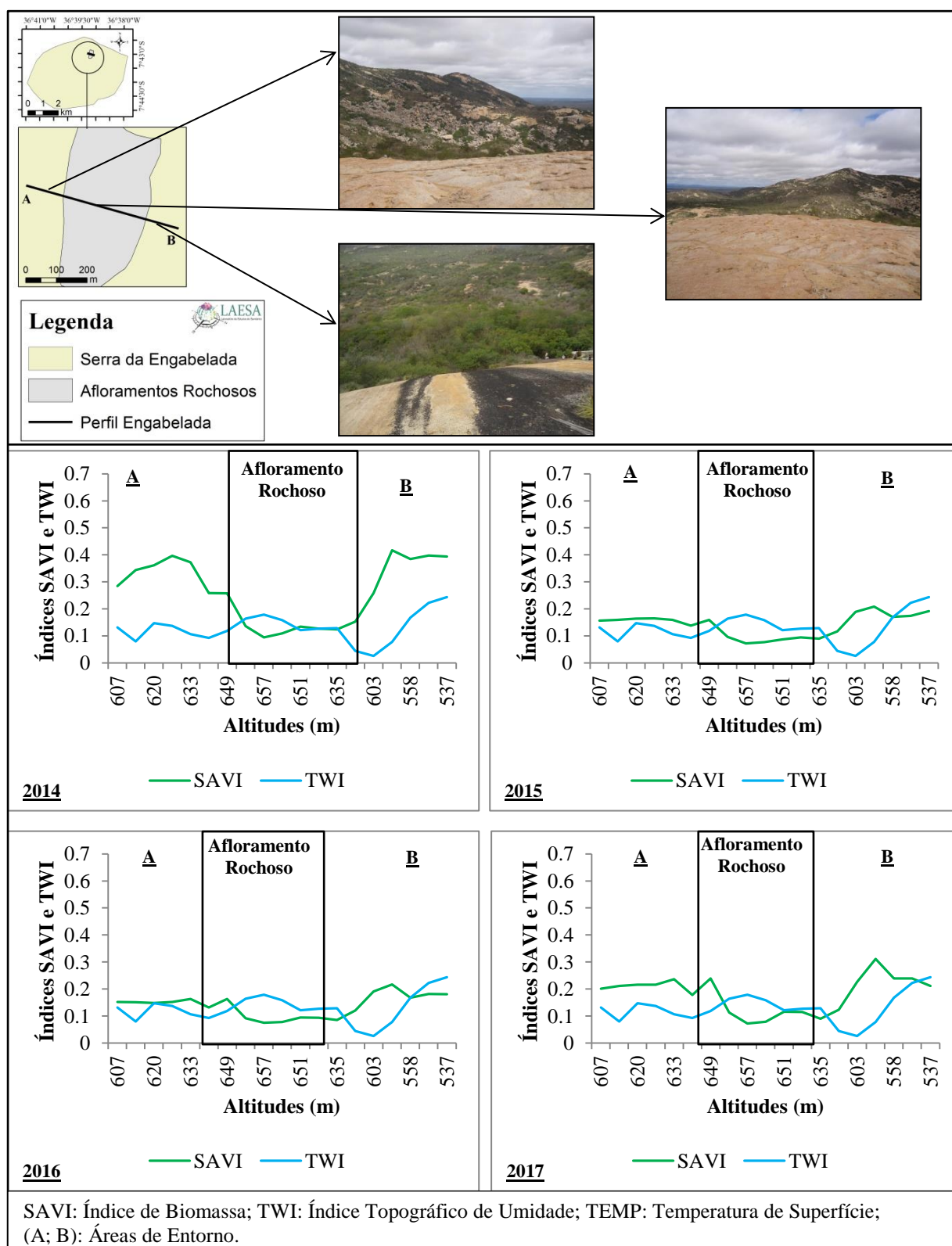


Figura 42: Comportamentos dos índices TWI, SAVI e Temperatura de Superfície no Afloramento Rochoso da Serra da Engabelada.

Analisando o ano de 2014 ressalta-se que os valores de SAVI nas áreas de entorno foram significativamente superiores as de entorno. Ao comparar esta resposta com o TWI verifica-se que os maiores valores se encontram no afloramento rochoso e na área de entorno A, enquanto que na área de entorno B tem-se uma ascendência nos SAVI e TWI.

Nos anos de 2015 e 2016 ocorre uma queda nos índices de biomassa, mas mantendo-se o mesmo comportamento de maiores valores nas áreas de entorno. No ano de 2017 os índices de biomassa aumentam destacando o mesmo padrão de 2014 com menores valores no afloramento rochoso e maiores no entorno.

Destacando os valores de TWI sobre um perfil como foi expresso na figura 42 nota-se que houve um comportamento melhor nas áreas de entorno B onde existem enclaves arbóreos significativos a despeito da área de entorno A, que apresenta área de blocos residuais. O fato destacado acima pode ser explicado pelo fato da área B estar compreendida em um enclave florestal arbóreo, o que auxilia na manutenção dos altos valores de biomassa, o que pode ser destacado observando os anos de 2015 e 2016 períodos mais secos, e mesmo assim mantém biomassa alta. Em períodos mais chuvosos como 2014 e 2017 o SAVI é ainda mais significativo nesta área, onde observa-se um aumento da biomassa.

No que concerne ao topo do afloramento rochoso, temos os menores índices de biomassas em todos os anos, devido à ausência de vegetação.

Ao estabelecer o comportamento das áreas de relevos residuais destacando os afloramentos rochosos como possíveis áreas potenciais de contribuição para a vegetação e elemento fundamental na paisagem semiárida serão verificadas de forma mais detalhada os elementos que envolvem as encostas das duas áreas de estudo propostas.

### **3.4 Uso e Ocupação da Terra no Cariri Paraibano**

Os ambientes que compõem o cariri paraibano são afetados pelo processo de uso e ocupação da terra. Esta região, que estão compreendidas as áreas de estudo são afetadas pelos diversos usos que impactam em modificações nas paisagens.

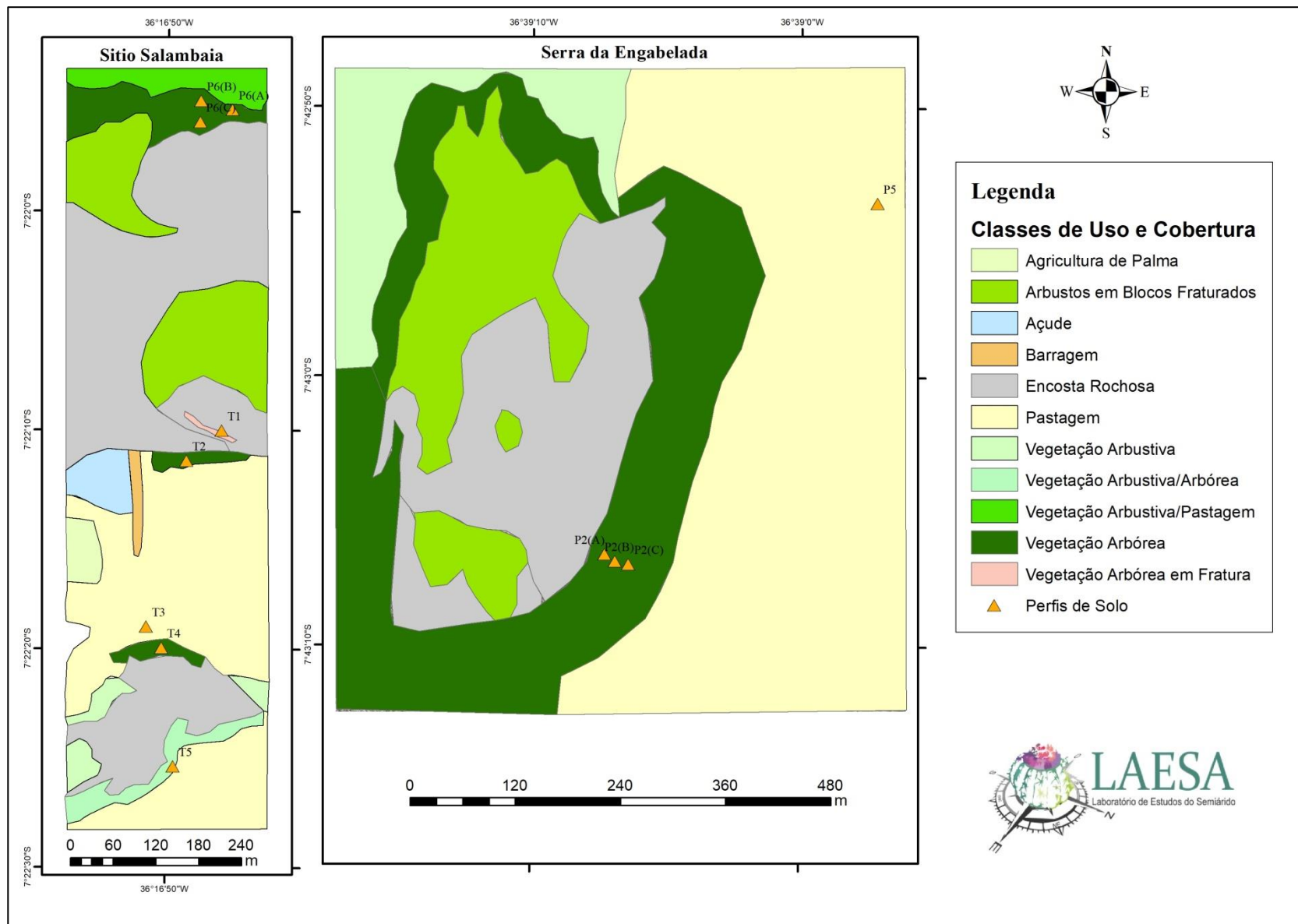
A determinação e as consequências dos usos na região do cariri paraibano são fruto de vários estudos (JOFFILY, 1892; XAVIER, 1942; ALMEIDA, 1979; AGUIAR & RIBEIRO COUTINHO, 1982; GRABOIS & AGUIAR, 1984). Estes estudos auxiliam a compreender o comportamento espacial e o processo de ocupação e modificações da paisagem no que corresponde a elementos de vegetação e solos.

Dentro deste contexto Grabois *et al.* (1991) expõe como elemento modificador do ambiente semiárido da região do cariri paraibano a degradação, onde é decorrente aos usos de agricultura e pastagem natural para fornecimento de lenha, carvão e madeira para construção de casas, currais, cercas, etc. Este fato condiciona a solos desprotegidos que acelera o escoamento superficial e o processo de erosão, onde a depender da topografia pode proporcionar uma maior ou menor natureza na disponibilidade de água (JACOMINE, 1996).

Diante deste quadro através da luz da biogeografia é possível discernir representações que proporcionam compreender o processo de ocupação no cariri paraibano (SOUZA & SOUZA, 2016). Através da análise de classificação da vegetação de caatinga pertencente a esta região é possível estabelecer comparações com os processos de ocupação (SOUZA, 2008). Com base na identificação de determinadas espécies de vegetação é possível relacionar aos usos predominantes e seu contexto de modificação na paisagem. Souza & Souza, 2016 analisaram o processo de ocupação do cariri destacando alguns aspectos inerentes à identidade da paisagem ao longo dos anos a partir da classificação da vegetação, o que será a base das discussões deste capítulo.

Diante da análise dos estudos desenvolvidos de uso e ocupação da terra no cariri paraibano verificou-se que as áreas de encostas escolhidas para este trabalho estão sujeitas aos mesmos processos de ocupação, sendo ressaltados menores impactos de degradação. De acordo com a figura 43 é possível observar que o sítio Salambaia apresenta áreas de uso de agricultura e pastagem que podem comprometer as áreas mais preservadas na base das encostas que são compostas por vegetação arbórea. Apesar das características arbóreas as bases da encosta sofreram impactos de retiro de vegetação para fabrico de lenha e cana de açúcar a dez anos atrás, de acordo com informações dos agricultores locais. Apesar deste ato de degradação nas bases das encostas é possível observar que as mesmas se restabeleceram e/ou os impactos não foram significativos. Este fato poderá ser constatado posteriormente na análise da vegetação local.

No que corresponde a serra da Engabelada observa-se que seu entorno é praticamente degradado, onde a serra torna-se uma ilha dentro do contexto geral. As encostas da serra são praticamente preservadas com pequenas ocorrências de pastagem caprina e retiro de madeira para cercas.



Na busca de aprofundar-se mais nas excepcionalidades da Caatinga tentando encontrar suas origens, Coimbra-Filho & Câmara (1996) defendem a ideia de continuidade das florestas da margem atlântica brasileira ainda nos primórdios do século XVI, quando diversas formações florestais deviam recobrir toda a costa do país.

Nestes estudos Coimbra-Filho & Câmara (1996) defendem que a composição florística do Nordeste era constituída de matas mesófilas ripárias e orográficas, além de amplas caatingas arbóreas primárias, o que formava um vasto continuo silvestre estruturado em intima inter-relação com ecossistemas adjacentes de outras províncias fitogeográficas. Discordando da idéia quase sempre dominante de que a atual vegetação de caatinga é fruto somente das condições climáticas semiáridas, os autores propõem que esta é na realidade consequência de impactos antrópicos produzidos ao longo dos séculos na observância da ocupação do homem no território nordestino, devido à degradação intensa pela ocupação de vastas florestas da época o qual foram cruciais para a mudança do clima de uma condição úmida para seca.

Baseados nestes pressupostos, o usos será importante para compreendermos a presença de algumas espécies de vegetação encontradas nas encostas deste trabalho.

### **3.5 Encostas do Sítio Salambaia**

As áreas de encostas do sítio Salambaia foram analisadas de acordo com a perspectiva ecohidrológica destacando suas características geomorfológicas e topográficas que influenciam na dinâmica do comportamento da umidade, temperatura e potencial de água do solo com influência em seu desenvolvimento refletindo nos padrões de vegetação estabelecidos naquelas áreas.

#### **3.5.1 Unidades de Paisagem**

Através dos produtos topográficos de declividades e curvas de nível foram determinadas as respectivas características das unidades distribuídas nos diversos compartimentos geomorfológicos identificados.

Para o sítio Salambaia foram descritas 53 unidades (Apêndice A), onde se observa na figura 44 que as unidades de paisagem foram divididas em dezessete classes, sendo onze encostas e suas respectivas marmitas e linhas de drenagem denominadas de caneluras, seis áreas de sopé coluviais, duas de blocos fraturados, duas fraturas lineares, seis de blocos



residuais, cinco rampas coluviais, três de pavimentos e pedimentos detríticos e dois topos rochosos, além de identificação de linhas erosivas, barragens e açude.

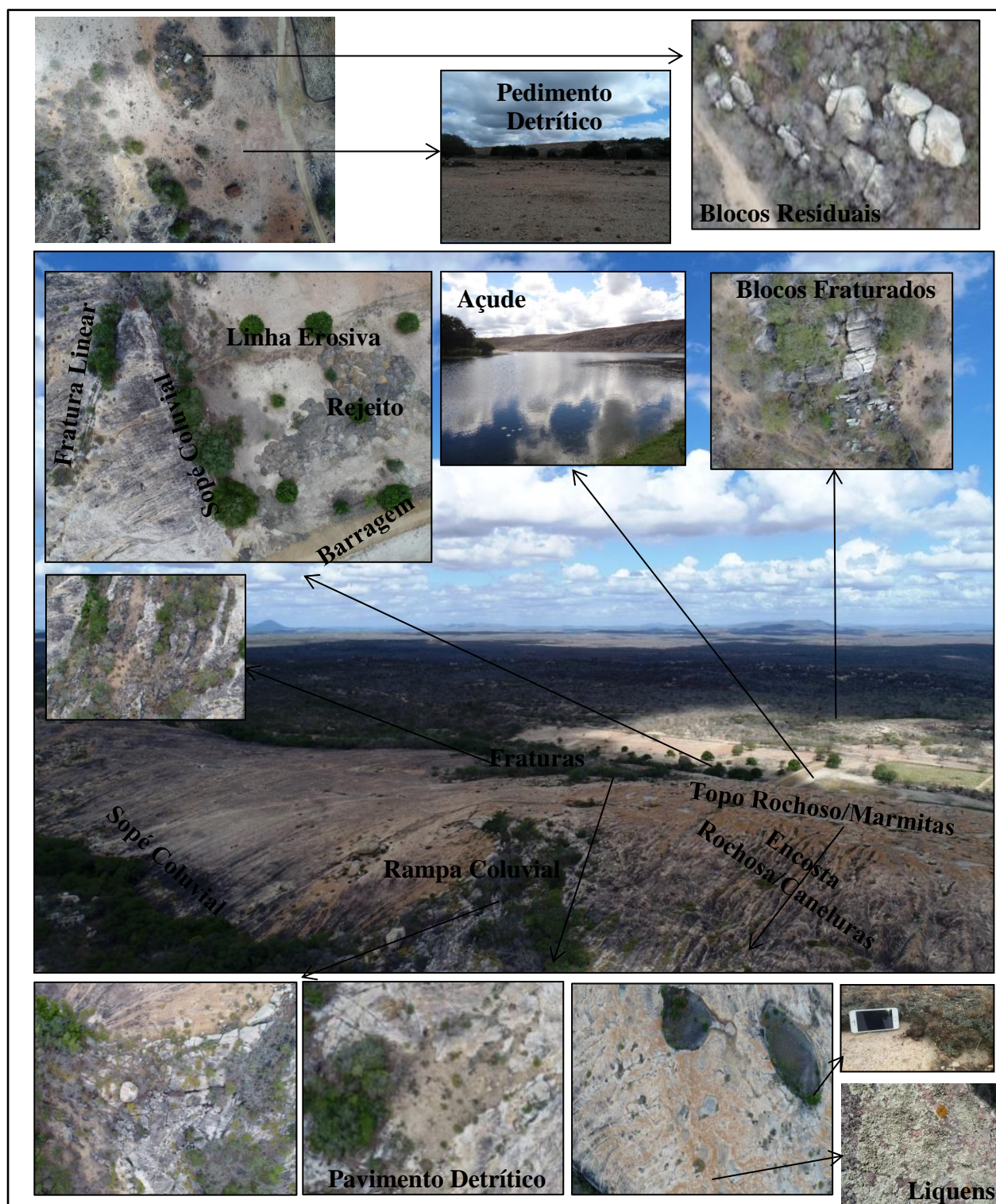


Figura 44: Tipologias Geomorfológicas - Sitio Salambaia.

A caracterização dessas paisagens ressaltou aspectos de comportamento hidráulico como a identificação de marmitas no topo rochoso e principalmente as linhas de drenagem (caneluras)

evidente nas áreas de encostas, algo que destaca a contribuição para as áreas de sopé coluviais. Segue na figura 45 as unidades de paisagem determinadas para o sitio Salambaia e suas características.

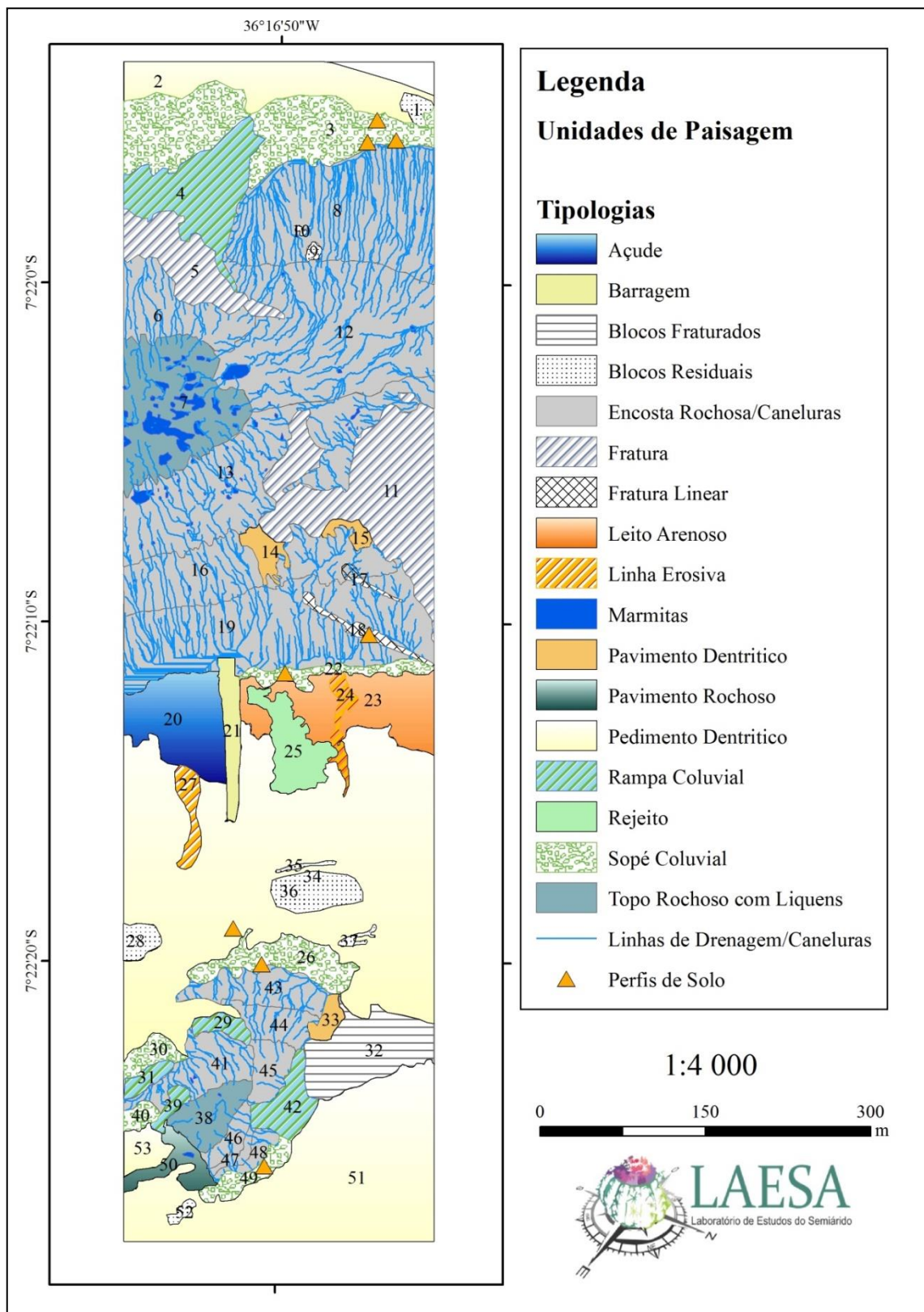


Figura 45: Unidades de Paisagem de Relevos Residuais - Sítio Salambaia



É possível observar na figura 45 que as áreas de encostas selecionadas para as análises são compostas por encostas rochosas na faixa de vertente e sopés coluviais nas áreas de base. Esta identificação será reproduzida para as análises de condição hidrológica.

### 3.5.2 Condição Hidrológica

A identificação de aspectos hidrológicos auxiliam a refletir o quadro de importância hídrica destes afloramentos rochosos. O contexto do ciclo hidrológico como expresso no sistema ambiental físico dessas áreas, destacam os afloramentos rochosos dentro do contexto de contribuição, onde a caracterização dessas áreas se torna imprescindível.

#### 3.5.2.1 Áreas de Contribuição Hidrológicas (ACH)

A determinação das áreas de contribuição hidrológica foram importantes e necessárias para definir as áreas de influência hidrológica das encostas dos afloramentos rochosos e seu impacto as áreas de base compreendia por sopés coluviais.

De modo geral estas áreas funcionam como uma espécie de bacia hidrográfica de contribuição, onde são ressaltados aspectos topográficos de drenagem e fluxo de água a ser conduzido aos sopés coluviais. As duas áreas de estudo apresentaram características semelhantes sendo condicionadas a uma diferenciação topográfica que se tornou primordial na relevância das encostas em contribuir.

A seleção das localidades a serem determinadas como áreas de contribuição hidrológica foram condicionadas as áreas de monitoramento. Diante disto no sitio Salambaia as áreas de contribuição hidrológica se localizam nos pontos de monitoramento dos equipamentos *in situ* e dos perfis de solo.

A figura 46 apresenta as áreas de contribuição hidrológica (ACH) que delimitam as superfícies de escoamento e armazenamento denominadas ACH-Encosta e ACH-Sopé, respeitando suas tipologias geomorfológicas. Observa-se que as encostas rochosas representadas pelas ACH de Encosta apresentam pavimento rochoso composto de rocha granítica, enquanto que as ACH de sopé são compostas de enclaves florestais, onde temos a presença de solos texturais. Ressalta-se que as áreas de contribuição hidrológica ACH-P6 estão direcionadas para dois perfis de solo e uma das parcelas de levantamento fitossociológico.

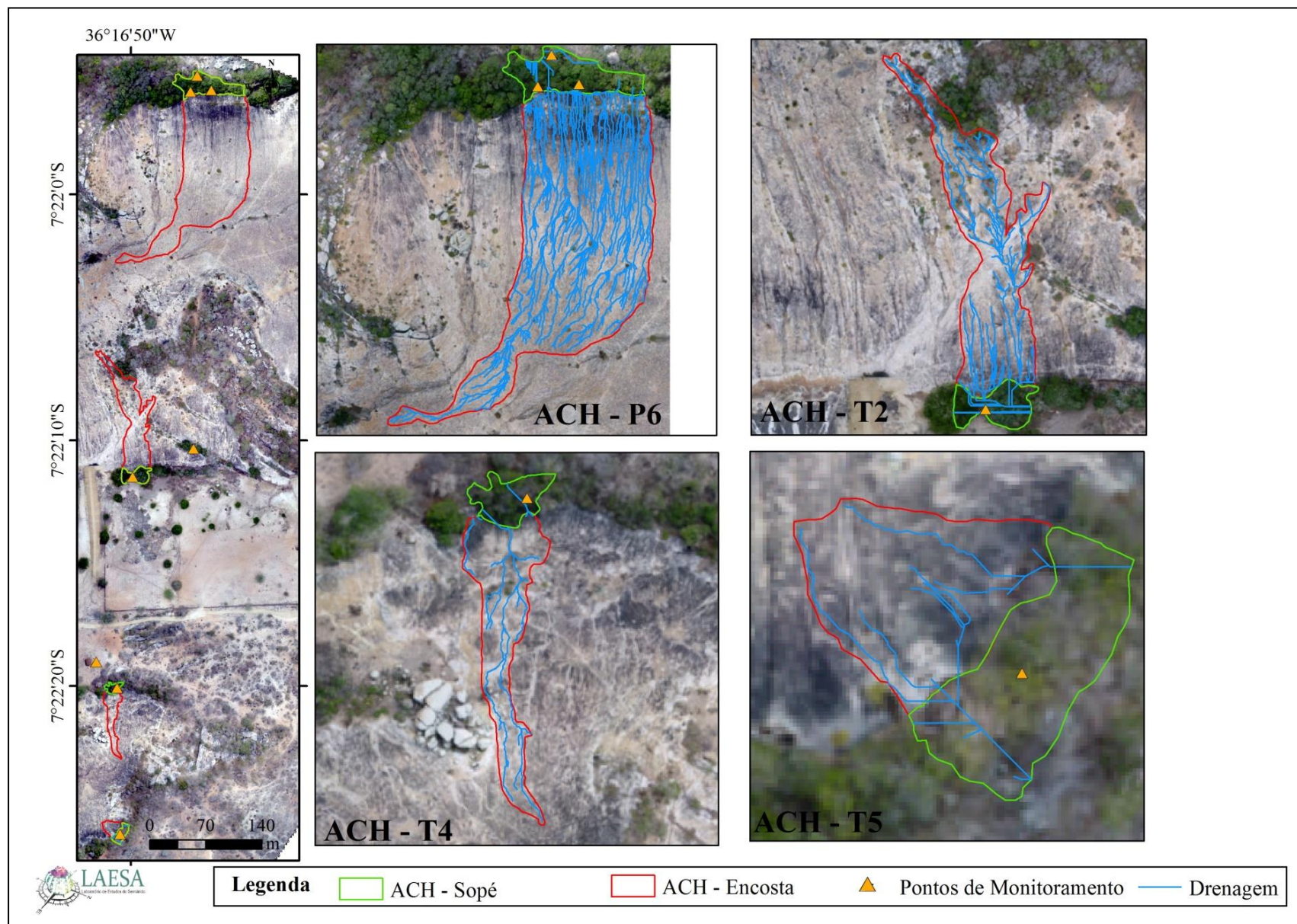


Figura 46: Áreas de Contribuição Hidrológicas (ACH) Sitio Salambaia.

Destaca-se que este quadro representa um componente dentro do contexto dos relevos residuais, aos quais são submetidos a estes afloramentos rochosos. Assim verifica-se que os afloramentos rochosos podem apresentar características hidrológicas de destaque para contribuir coma vegetação de seu entorno, onde isto favorece a manutenção das florestas expressas nas imagens da figura 46.

Ressalta-se que as linhas de drenagem que compõe cada ACH, apresentam um comportamento hidráulico que indica que parte da água que escoas das encostas contribuem para as áreas de sopé coluvial. A característica das drenagens tem um desenvolvimento dendritico, onde se configura maior densidade nas ACH de encosta, diferente das ACH de sopé, onde apresentaram menor densidade.

Este fato ocorre devido às características topográficas, onde se verifica que o comportamento da declividade colabora com o fluxo de drenagem das encostas para as áreas de sopé coluvial (Figura 46). Essa condição topográfica é essencial para a formação da paisagem presente no entorno onde, em função desses aspectos, é possível o aparecimento de solos e vegetações mais desenvolvidas (Bétard *et al.*, 2007; Oliveira *et al.*, 2009), como é o caso dessa área.

Observa-se na figura 47 que as ACH de encosta estão condicionadas a um terreno mais acidentado nas áreas ACH-P6, ACH-T2 e ACH-T5, com declividades em torno de 25% a 27% sendo a ACH-P6 a de maior desnível de 40 m. A ACH-T4 apresenta um terreno mais suave com um desnível de 15 m e declividade de 20%. No que corresponde as ACH de sopé, de modo geral temos terrenos que apresentam condições mais planas.

Os afloramentos rochosos do sitio Salambaia destacados para este estudo apresentaram características topográficas que colaboram para a formação das paisagens de entorno. De acordo com a topografia nota-se que as ACH de sopé são influenciadas pelas condicionantes das ACH de Encosta. Tal observação colabora com as análises de Cardoso & Schiavini (2002) que identificaram a relação da distribuição das espécies arbóreas com a topografia na formação dos gradientes florestais.

As relações identificadas por Cardoso & Schiavini (2002) são elementos enfatizados anteriormente por Birkeland (1984) que destaca a influência da topografia na orientação da pedogênese e suas influências na distribuição da vegetação, algo que veremos mais frente.

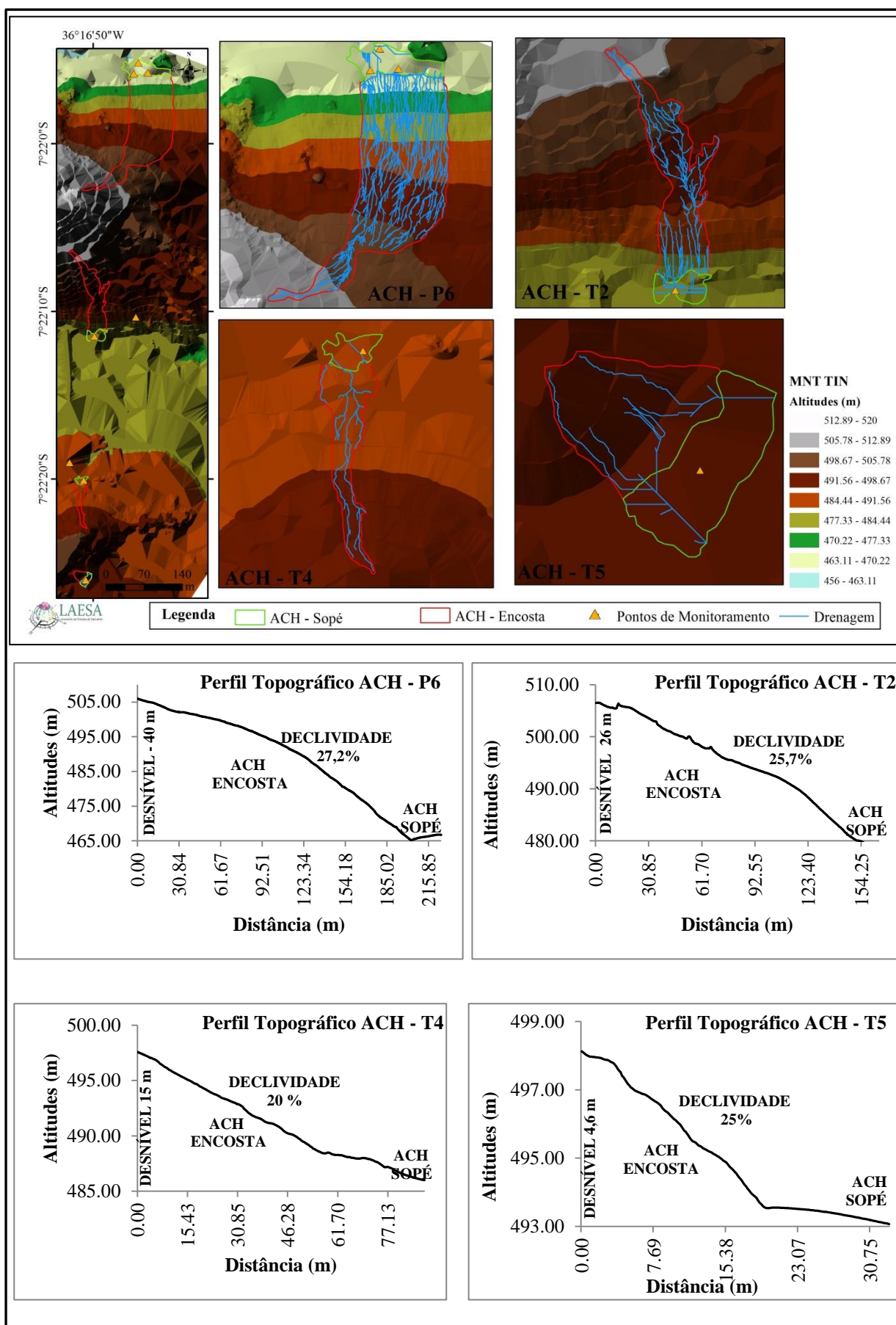


Figura 47: Topografia das Áreas de Contribuição Hidrológicas (ACH) - Sítio Salambaia.



Para representar a influência das condições topográficas das áreas de afloramentos rochosos verificam-se na tabela 7 alguns parâmetros morfométricos e de paisagens atuantes para a caracterização das ACH.

As informações morfométricas determinadas são área de superfície normal (2D) e real (3D), perímetro, altitude, declividade e densidade de drenagem e as informações de paisagem são tipologia geomorfológica, solos, fitofisionomia e espécies de vegetação predominantes.

A análise das áreas de superfícies mostrou-se importante para se obter uma melhor proximidade do valor de área condicionado a sua topografia, onde Fernandes (2004) destaca que a obtenção de uma superfície real representa uma melhor exatidão nas análises dos padrões geoecológicos (perspectiva topográfica dos padrões de paisagem). As altitudes e declividades evidenciam o grau de desnível das encostas e dos sopés coluviais representados pelas ACH, onde em conjunto com a densidade de drenagem expõem o comportamento hidráulico dessas áreas.

Os resultados de densidade de drenagem expõem que entre as ACH de encosta apresentaram maiores valores em relação às ACH de sopé. Ao dispor desta condição as ACH de encosta estão condicionadas a melhores fluxos e possível acúmulo de água captada da chuva, algo que nas ACH de sopé não é apresentado, tornando de certa forma dependente do fluxo da ACH de encosta.

O elemento de densidade de drenagem indica a dinâmica de fluxo e sua capacidade morfométrica, onde estes resultados podem sugerir uma influência nos elementos da paisagem como vegetação e solo.

No que corresponde às informações de paisagens observa-se a tipologia geomorfológica a qual estão inseridas as ACH ressaltando seus solos e vegetação.

Para as fitofisionomias e as espécies de vegetação predominantes nas áreas de contribuição hidrológica as quais não foi realizado o levantamento fitossociológico (ACH-T2, ACH-T4 e ACH-T5), foram verificados em campo seus padrões com as parcelas levantadas. Verificou-se que as ACH que se seguem apresentam similaridades com as parcelas 1 e 6 do levantamento fitossociológico. Observa-se também que a nomenclatura das ACH foi baseada nos perfis de solo.

As espécies de vegetação predominantes e seus respectivos solos são constituintes da condição geomorfológica estruturada. O destaque a estas espécies será reforçado nas discussões de vegetação, mais adiante.



Tabela 7: Caracterização Morfométrica ACH Sitio Salambaia.

ACH	Área de Superfície Normal 2D. (m <sup>2</sup> )	Área de Superfície Real 3D (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Altitude (m)	Declividade (%)	Comprimento Total da Drenagem (m)	Densidade de Drenagem ( $\Sigma$ CTD/A)	Tipologia Geomorfológica	Solos	Fitofisionomias	Espécies de Vegetação Predominantes
ACH – P6 Encosta	14353.37	14730.16	680.19	490	20 – 45	6487,35	0,44	Encosta Rochosa	Rocha Granítica	Ausente	<i>Bromelia laciniosa</i> / <i>Liquens</i>
ACH- P6 Sopé	1652.28	1680.44	240.54	466	8 – 20	255,39	0,15	Sopé Coluvial	Neossolo Regolítico/ Cambissolo	Arbórea	<i>Hymenaea rubriflora</i> / <i>Cordia rigida</i> / <i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.
ACH – T2 Encosta	3642.54	3728.18	477.38	496	20 - 45	1235,51	0,43	Encosta Rochosa	Rocha Granítica	Ausente	<i>Bromelia laciniosa</i> / <i>Liquens</i>
ACH- T2 Sopé	525.53	552.37	123.18	480	8 – 20	233,53	0,32	Sopé Coluvial	Neossolo Litólico	Arbustiva/ Arbórea	<i>Hymenaea rubriflora</i> / <i>Tocoyena formosa</i> / <i>Rhamnidium molle</i>
ACH – T4 Encosta	886.63	896.19	214.06	490	8 – 20	272,72	0,30	Encosta Rochosa	Rocha Granítica	Ausente	<i>Bromelia laciniosa</i> / <i>Liquens</i>
ACH- T4 Sopé	207.05	208.26	78.58	486	8 – 20	15,76	0,07	Sopé Coluvial	Neossolo Regolítico	Arbórea	<i>Libidibia ferrea</i> var <i>Leiostachya</i> / <i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil./ <i>Poincianella gardneriana</i>
ACH – T5 Encosta	338.77	346.15	77.1	495	20 - 45	102,63	0,29	Encosta Rochosa	Rocha Granítica	Ausente	<i>Bromelia laciniosa</i> / <i>Liquens</i>
ACH- T5 Sopé	273.33	273.91	77.97	493	3 – 8	35,95	0,13	Sopé Coluvial	Neossolo Litólico	Arbustiva/ Arbórea	<i>Libidibia ferrea</i> var <i>Leiostachya</i> / <i>Poincianella gardneriana</i>

Analisando a tabela 7 observa-se que os valores de superfície real (3D) se sobressaíram às áreas de superfície normal (2D). As maiores áreas das ACH de encosta foram ACH-P6 e ACH-T2, enquanto que as menores foram ACH-T4 e ACH-T5. No que concerne as ACH de sopé destacam-se as ACH-T2 e ACH-P6 com maior área, enquanto que as ACH-T4 e ACH-T5 apresentaram-se menores.

As diferenças de cota representadas nas altitudes auxiliam a verificar a diferença de nível entre a ACH de encosta e as ACH de sopé. A ACH-P6 apresentou uma diferença de 24 metros, a ACH-T2 de 16 metros, a ACH-T4 de 4 metros e a ACH-T5 de 2 metros. Esperava-se a ACH-P6 e a ACH-T2 com maiores diferenças, já que as mesmas fazem parte do afloramento rochoso mais representativo, enquanto que as demais estão inseridas no afloramento rochoso menos representativo. Apesar das diferenças de cota apontarem uma influência topográfica, é a declividade que nos mostrará resultados mais expressivos da atuação topográfica.

Os resultados de declividade destacados na tabela 7 mostram valores mais acentuados nas ACH de encosta o que condiciona a um comportamento hidráulico de maior densidade, enquanto que as ACH de sopé estão condicionadas a menores declividades e menor dinâmica hidráulica observada nos valores de densidade de drenagem, exceto ACH-T2.

### 3.5.2.2 Coeficientes de Escoamento

Os coeficientes de escoamento proporcionam compreender a capacidade das ACH perante o seu pavimento. Os coeficientes superficiais (C) para as ACH de encosta serão os mesmos, pois estas áreas estão compreendidas por rocha granítica. No que corresponde as ACH de sopé observa-se solos texturais diferenciados, onde serão utilizados valores diferentes a depender do tipo de solo.

Ao analisar os diversos coeficientes superficiais propostos na literatura realizou-se uma comparação entre eles para poder obter os mais próximos dos pavimentos das ACH.

As bibliografias utilizadas foram Silva *et al.* (1984), ASCE (1992), Molle & Cadier (1992) e SCS (2008). Diante das análises das bibliografias verificou-se que os valores de C atribuídos nos trabalhos de Molle & Cadier (1992) e SCS (2008) se apresentaram mais próximos dos pavimentos determinados (Tabela 8).

Tabela 8: Coeficientes Superficiais das Encostas Cristalinas – Sítio Salambaia

Sitio Salambaia								
ACH	Pavimento	Classe Textural	Declividade (%)	Valores de C				
				Silva <i>et al</i> (1984)	ASCE (1992)	Molle & Cadier (1992)	SCS (2008)	C Utilizado
ACH - P6 Encosta	Rocha Granítica	-----	20 - 45	0,88	0,83 - 0,88	0,9	-----	0,9
ACH - T2 Encosta		-----	20 - 45	0,88	0,83 - 0,88	0,9	-----	
ACH - T4 Encosta		-----	8 - 20	0,88	0,83 - 0,88	0,9	-----	
ACH - T5 Encosta		-----	20 - 45	0,88	0,83 - 0,88	0,9	-----	
	Neossolo Regolítico/ Cambissolo	Franco-Argilo- Arenosa/Franco- Arenosa	8 - 20					
ACH - P6 Sopé				0,20	0,20	0,15	0,35 - 0,50	0,15
ACH - T2 Sopé	Neossolo Litólico	Franco-Arenosa	8 - 20	0,40	0,13	0,37	0,25 - 0,35	0,37
ACH - T4 Sopé	Neossolo Regolítico	Franco-Arenosa	8 - 20	0,50	0,13	-----	0,25 - 0,35	0,30
ACH - T5 Sopé	Neossolo Litólico	Franco-Arenosa	3 - 8	0,40	0,13	0,37	0,25 - 0,35	0,37

No que corresponde ao Neossolos Regolítico ausentes nas tabelas de Molle & Cadier (1992) utilizou os dados do SCS (2008), onde levam em consideração o uso e a declividade. É possível observar na tabela 8 que os valores de C do Neossolo Regolítico apresentaram-se 0,30, devido a textura arenoso do solo.

Os Neossolos Litólicos encontram-se nas ACH – T2 e ACH – T5. É possível observar que ocorreu uma manutenção nos valores de C apesar do solo da ACH – P2 apresentar uma classe textural diferente. A manutenção é devido a já atribuição deste valor nos trabalhos de Molle & Cadier (1992) e a correlação nos intervalos dos valores proporcionados pela SCS.

Destacando a ACH – P6 verifica-se que a mesma apresenta dois tipos de solos (Neossolo Regolítico e Cambissolo). O Cambissolo é um solo mais desenvolvido que os demais apesar de ser comum no semiárido brasileiro. Diante disso, utilizou-se o valor de C do Cambissolo atribuídos por Molle & Cadier (1992), já que o Neossolo já está representado em outras ACH.

### 3.5.2.3 Volume Captado Precipitado (VCP)

Com a determinação das áreas de captação e dos coeficientes superficiais será possível estipular os valores de precipitação captados pelas ACH. Aplicando o método de Silva *et al.* (1984) observou-se uma influência das ACH de encosta como fonte contribuidora para as ACH de sopé.

Como é especificada na metodologia, a quantificação do volume escoado/armazenado é dependente do tipo de pavimento. Analisando a tabela 9 constata-se que devido à declividade e a determinação dos valores de C, as ACH de encosta contribuem com 90% da precipitação recebida, enquanto que as ACH de sopé variaram, por conta dos divergentes coeficientes correspondentes aos tipos de solos diferenciados. Vale salientar que para este tipo de cálculo são desconsideradas as perdas por evapotranspiração e interceptação.

É possível observar que o Cambissolo contido na ACH –P6 por apresentar textura mais argilosa está condicionado a menor propensão a escoamento superficial (15%), apesar de expor um baixo volume de precipitação captado (VPC). Isto aponta que mesmo tendo menor volume esta área está condicionada a reter água, o que é reforçado pela presença da vegetação e características do solo.

Os Neossolos apresentaram propensão a escoamento um pouco maior, onde o Neossolo Regolítico apresentou 37% nas ACH correspondentes. Nesse contexto, o Neossolo Regolítico tem 30% na ACH – T4.

Tabela 9: Volumes de Precipitação Captados (VPC) e Influência dos Coeficientes de Escoamento - Sito Salambaia

## SITIO SALAMBAIA

Precipitações (mm)			out/16		nov/16		dez/16		jan/17		fev/17		mar/17		abr/17		mai/17		jun/17		jul/17		ago/17		C (%)
			0		0		17.9		2.3		0		1.4		2.6		13.5		33.8		44.6		0		
ACH	Area Superfície Real (m²)	C	VPC (L)	VPC (mm)	VPC (L)	VPC (mm)	VPC (L)	VPC(mm)	VPC (L)	VPC(mm)	VPC (L)	VPC (mm)	VPC (L)	VPC(mm)	VPC (L)	VPC(mm)	VPC (L)	VPC(mm)	VPC (L)	VPC(mm)	VPC (L)	VPC(mm)	VPC (L)	VPC (mm)	
ACH - P6 Encosta	14730.16	0.9	0	0	0	0	237302.88	16.11	30491.43	2.07	0	0	18560.00	1.26	34468.57	2.34	178971.44	12.15	448091.47	30.42	591268.62	40.14	0	0	90
ACH - P6 Sopé	1680.44	0.15	0	0	0	0	4511.98	2.685	579.75	0.345	0	0	352.89	0.21	655.37	0.39	3402.89	2.025	8519.83	5.07	11242.14	6.69	0	0	15
ACH - T2 Encosta	3728.18	0.9	0	0	0	0	60060.98	16.11	7717.33	2.07	0	0	4697.51	1.26	8723.94	2.34	45297.39	12.15	113411.24	30.42	149649.15	40.14	0	0	90
ACH - T2 Sopé	552.37	0.37	0	0	0	0	3658.35	6.623	470.07	0.851	0	0	286.13	0.518	531.38	0.962	2759.09	4.995	6907.94	12.506	9115.21	16.502	0	0	37
ACH - T4 Encosta	896.19	0.9	0	0	0	0	14437.62	16.11	1855.11	2.07	0	0	1129.20	1.26	2097.08	2.34	10888.71	12.15	27262.10	30.42	35973.07	40.14	0	0	90
ACH - T4 Sopé	208.26	0.3	0	0	0	0	1118.36	5.37	143.70	0.69	0	0	87.47	0.42	162.44	0.78	843.45	4.05	2111.76	10.14	2786.52	13.38	0	0	30
ACH - T5 Encosta	346.15	0.9	0	0	0	0	5576.48	16.11	716.53	2.07	0	0	436.15	1.26	809.99	2.34	4205.72	12.15	10529.88	30.42	13894.46	40.14	0	0	90
ACH - T5 Sopé	273.91	0.37	0	0	0	0	1814.11	6.623	233.10	0.851	0	0	141.89	0.518	263.50	0.962	1368.18	4.995	3425.52	12.506	4520.06	16.502	0	0	37

Com base nas observações das capacidades de escoamento apresentado pelas encostas rochosas é possível evidenciar sua importância em contribuir com aporte de água para as áreas de sopé coluvial. A partir disto determinou-se a quantidade de água que as encostas podem contribuir com o sopé coluvial.

Os cálculos desenvolvidos partem do pressuposto que a ACH de encosta que esta condicionada a escoamento e a ACH de sopé que está condicionada a armazenamento são um único complexo de encosta. A partir desta condição estipulou-se o calculo total que este complexo pode captar. A partir deste valor de contribuição total do complexo de encosta estabeleceu as relações entre cada parte da encosta (ACH Encosta; ACH Sopé), diante da assertiva que as ACH de encostas podem exercer neste complexo aporte de água fundamental as ACH de sopé na manutenção de sua paisagem.

Para determinar o potencial de influência das encostas para as áreas de sopé coluvial observa-se que os volumes aportados nas encostas são muito consideráveis em relação ao que é captado diretamente pela chuva nas áreas de sopé coluvial.

Partindo do pressuposto que a água escoada nas encostas é transportada e armazenada nos sopés coluviais das bases das encostas, observa-se na tabela 10 que no sitio Salambaia a ACH-P6 de todo volume precipitado captado (VPC) 98,13% contribui para a área de sopé coluvial, enquanto que a recepção direta na ACH de sopé corresponde a apenas 1,87%. Na ACH-T2 há uma contribuição de 94,26% enquanto que a recepção direta apresenta 5,74%. A ACH-T4 apresentou um aporte de 92,81%, enquanto que a recepção direta no sopé coluvial é de 7,19%. Na ACH-T5 o volume aportado é de 75.45% com 24.55% de recepção direta do que foi precipitado.

Analisando um panorama geral de todo o período de outubro de 2016 a agosto de 2017 observa-se que a partir de uma precipitação de 116,1 mm ocorrida no sitio Salambaia as ACH de encostas apresentaram uma captação 2058524,05 L, o que corresponde a 104,49 mm.

Estes resultados apresentados colaboram para as discussões pedológicas e de vegetação posteriores, onde irão reforçar a compreensão das relações ecohidrológicas. A partir desta perspectiva serão observados os aspectos de relações de umidade, temperatura e análise física e química que reflete nos tipos de vegetação encontrada nas áreas de encostas.

Tabela 10: Volume Precipitado Captado (VPC) e Aporte das ACH de Encosta - Sítio Salambaia

**SÍTIO SALAMBAIA**

Precipitações (mm)			out/16	nov/16	dez/16	jan/17	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17	jun/17	jul/17	ago/17	Aporte (%)
			0	0	17.9	2.3	0	1.4	2.6	13.5	33.8	44.6	0	
ACH	Area Superfície Real (m <sup>2</sup> )	C	VPC (L)	VPC (L)	VPC (L)	VPC (L)	VPC (L)	VPC (L)	VPC (L)	VPC (L)	VPC (L)	VPC (L)	VPC (L)	
ACH - P6 Encosta	14730.16	0.9	0	0	237302.88	30491.43	0	18560.00	34468.57	178971.44	448091.47	591268.62	0	98.13
ACH - P6 Sopé	1680.44	0.15	0	0	4511.98	579.75	0	352.89	655.37	3402.89	8519.83	11242.14	0	1.87
ACH - T2 Encosta	3728.18	0.9	0	0	60060.98	7717.33	0	4697.51	8723.94	45297.39	113411.24	149649.15	0	94.26
ACH - T2 Sopé	552.37	0.37	0	0	3658.35	470.07	0	286.13	531.38	2759.09	6907.94	9115.21	0	5.74
ACH - T4 Encosta	896.19	0.9	0	0	14437.62	1855.11	0	1129.20	2097.08	10888.71	27262.10	35973.07	0	92.81
ACH - T4 Sopé	208.26	0.3	0	0	1118.36	143.70	0	87.47	162.44	843.45	2111.76	2786.52	0	7.19
ACH - T5 Encosta	346.15	0.9	0	0	5576.48	716.53	0	436.15	809.99	4205.72	10529.88	13894.46	0	75.45
ACH - T5 Sopé	273.91	0.37	0	0	1814.11	233.10	0	141.89	263.50	1368.18	3425.52	4520.06	0	24.55



### 3.5.3 Pedogênese

As análises pedológicas do sítio Salambaia compreendem de descrições morfológicas, análise física, potencial de água, comportamento hidro-termo-pedológico de sopé coluvial e análise química.

#### 3.5.3.1 Morfologia

O sítio Salambaia apresentou quatro tipos de solos, Neossolo Litólico, Neossolo Regolítico, Luvisolo Crômico e Cambissolo. O Neossolo Litólico está em quatro situações, Perfis T2, T3, T5 e Parcela 6(C) e o Neossolo Regolítico é presente em três situações, nos perfis T1, T4 e Parcela 6(B). O Luvisolo Crômico e o Cambissolo em uma situação, nos perfis Parcela 5 (P5) e Parcela 6(A), respectivamente (Figura 15).

Analisando os tipos de solos descritos verifica-se que os mesmos estão contidos em compartimentos geomorfológicos específicos, onde o Neossolo Litólico dos perfis T2, T5 e P6(C), Neossolo Regolítico dos perfis T4 e P6(B) e o Cambissolo de P6(A) estão em uma área de entorno de afloramento rochoso, em um sopé coluvial, enquanto que o perfil T3 encontra-se em uma área de pedimento. O Neossolo Regolítico de T1 encontra-se em uma área de fratura, enquanto que o Luvisolo Crômico situa-se em uma área de pedimento mais afastada do sítio (P5).

A partir das informações de laboratório as classificações foram amparadas pelo sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 2006), onde foi possível definir suas características nomeando as subclasses. Foram verificadas características gerais de localização da vertente, presença erosiva, drenagem, material de origem, camada superficial, tipo de vegetação, textura observada e relevo (Apêndice B).

Analisando os tipos de solos encontrados e as primeiras impressões gerais exemplificadas no Apêndice B verifica-se que nas áreas de sopé coluvial mais próximas ao afloramento rochoso predominam os Neossolos Regolíticos (T4 e P6(B)), enquanto que T1 apesar de se encontrar em uma de fratura, apresenta o mesmo tipo de solo da área de sopé coluvial. Nestas áreas mais próximas do afloramento rochoso deve ser destacado o Cambissolo (P6 (A)), pois apresentou um comportamento diferenciado dos demais, algo que será destacado mais a frente.

Os Neossolos Litólicos são mais comuns em áreas de pedimento como em T3, mas também podem ser encontrados nas áreas de sopé coluvial em condição mais alterada, como as áreas T2 e T5. No caso do Neossolo Litólico do perfil P6(C) que se encontra em uma área menos alterada um pouco mais distante do afloramento rochoso, observa-se que está condicionada a um Litólico de característica Húmica, o que através de observações de campo indica que a condição topográfica favoreceu a manutenção de um pouco mais de umidade e consequentemente maior presença de vegetação.

Para exemplificar a divergência com os perfis anteriores que encontram-se mais próximos dos afloramentos rochosos observou-se o Luvisolo Crômico (P5) localizado mais afastado inserido em uma área de pedimento de padrão xérico condicionada à pastagem e intenso uso agrícola.

De acordo com a literatura, o Luvisolo Crômico é um dos solos mais predominantes no semiárido brasileiro, onde estão distribuídos percentualmente em Neossolos Litólicos (19,2%), Latossolos (21%), Argissolos (14,7%), Luvisolos (13,3%), Neossolos Quartzarênicos (9,3%), Planossolos (9,1%), Neossolos Regolíticos (4,4%) e Cambissolos (3,6%). Perfazendo 5,4% da região, podem também ser encontrados Neossolos Flúvicos, Vertissolos, Chernossolos, entre outros, em pequenas extensões (JACOMINE, 1996).

Ao observar solos não tão predominantes do semiárido verifica-se que as áreas de entorno de afloramentos rochosos compostas de Neossolo Regolítico e Cambissolo merece destaque.

De modo geral os perfis de solo estão variando em uma altitude de 464 a 501m inseridos em um relevo regional suave e ondulado. Todos eles são autóctones tendo como material de origem a rocha granítica que forma os afloramentos rochosos, resultando do acúmulo de sedimentos der rampa de colúvio, a exceção da amostra em T1, formada por material originário de gnama possibilitado pela localização em fratura.

No que corresponde à localização das tipologias geomorfológicas no relevo, observa-se que a área de fratura (T1) encontra-se em uma escarpa rochosa no terço médio da vertente e as áreas de sopés coluviais no terço inferior ou superior da vertente. Os solos de T2 e P6(C) localizam-se no terço inferior, enquanto que os solos de T4, T5, P6(A) e P6(B) no terço superior da vertente. As áreas de pedimento de T3 e P5 apresentaram feições planas.

Os solos apresentaram-se bem drenados em grande parte dos perfis, exceto em P6(A), P6(C) e P5. No que corresponde à erosão apenas as áreas dos solos de T3 e P5 apresentaram erosão com pavimento desértico, enquanto que os demais não apresentaram erosão, apenas características de derivação de colúvio.

No que concerne à cobertura do solo evidencia-se que as áreas de sopés coluviais e fraturas são cobertas por serapilheira, enquanto que nas áreas de pedimento esta é ausente. As fitofisionomias encontradas são do tipo caatinga arbórea-arbustiva em T1, T2, T4, P6(A), P6(B) e P6(C), enquanto que em T3, T5 e P5 arbustiva-herbácea.

Outro fator ressaltado nas descrições de campo é a textura do solo, apresentando-se arenosa-média em T1, T2, T3 e P6(B), média-arenosa em T4 e T5, média-argilosa em P6(A) e argilosa em P5. As observações nos horizontes superficiais evidenciaram que a maioria dos solos apresentaram horizontes A, exceto T2 que apresentou horizonte O. Os horizontes A de T4, T5, P6(B) e P5 apresentaram-se moderado, húmico em T1 e P6(C) e fraco no solo de T3, enquanto que o horizonte O em T2 apresentou-se histíco.

Para representar de modo mais detalhado a característica dos tipos de solos obtidos nas áreas de estudo, será analisado os resultados de descrição morfológica (Quadro 2). Para fins de análise de padrões entre os resultados obtidos serão verificados os tipos de solos contidos e as predominâncias em estrutura, consistência, raízes e poros.

Quadro 2: Descrição Morfológica - Sítio Salambaia

T1 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Húmico léptico êutrico							
Horizonte	Profundidade (Cm)	Transição (nitidez - forma)	Cor	Estrutura	Consistência	Raízes	Poros
1A	0 - 5	cl - pl	10YR3/3 (s) 10YR2/1 (u)	gs	sl (s) sl; npl; npg (u)	f; pc	m; a
2A	5 - 25	cl - pl	2.5Y3/2 (s) 2.5Y2.5/1 (u)	gs	sl (s) sl; npl; npg (u)	f; pc	m; pc
AC	25 - 50	cl - pl	2.5Y2.5/1 (s) 10YR2/1 (u)	bsa/ frc (G); pq; m (T)	sl (s) fr; npl; npg (u)	m; a	m; a
C	50 - 90	cl - pl	7.5YR4/2 (s) 10YR2/1 (u)	bsa/ frc (G); pq; m (T)	sl (s) sl; npl; npg (u)	gr; c	m; c
T2 - NEOSSOLO LITÓLICO Hístico fragipânico arênico							
A	0 - 5	cl - pl	5YR2/1.5 (s) 5YR2/2 (u)	gr/md (G) m (T)	sl; mac (s) mf; npl; npg (u)	f; a	pc; c
Ac	5 - 35	cl - pl	2.5Y4/2 (s) 2.5Y2/2 (u)	bsa/ frc (G); pq (T)	sl (s) fir; npl; npg (u)	m; gr; c	m; a
C	35 - 60	cl - pl	5Y4/2 (s) 5Y5/1 (u)	gs	sl (s) sl; npl; npg (u)	m; pc	m; pc
T3 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico							
Ac	0 - 20	abr - pl	10YR4/4 (s) 2.5Y4/2 (u)	gs	sl (s) fir; npl; npg (u)	aus	pq; pc

T4 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico saprolítico							
A	0 - 8	cl - pl	2.5Y4/4 (s) 2.5Y4/2 (u)	gs	sl (s) sl; npl; npg (u)	f; m; c	m; g; a
Ac	8 - 30	cl - pl	10YR5/4 (s) 7.5YR3/2 (u)	bsa/md (G) pq; m (T)	mac (s) fr; npl; npg (u)	m; gr; c	m; a
C	30 - 50	cl - pl	2.5YR5/4 (s) 2.5Y4/2 (u)	bsa/md (G) pq; m (T)	mac (s) fr; lpl; lpg (u)	f; pc (R)	m pc
C <sub>R</sub>	50 - 100	abr - pl	5Y8/4 (s) 2.5Y4/4 (u)	bsa/frc (G) pq; m (T)	sl (s) fr; lpl; lpg (u)	aus	pq; pc
T5 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragipânico							
A	0 - 8	cl - pl	2.5Y4/4 (s) 2.5Y3/2 (u)	gr/frc (G) m(T)	sl (s) fr; npl; npg (u)	f; pc	m; a
Ac	8 - 35	cl - pl	5Y4/4 (s) 2.5Y3/2 (u)	bsa/md;ft (G) m (T)	ld (s) fr; lpl; lpg (u)	f; m; c	m; pc
C <sub>R</sub>	35 - 60	abr - irr	2.5Y5/4 (s) 10YR3/3 (u)	mç	sl (s) fr; lpl; lpg (u)	aus	pq; pc
P6 (A) - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico úmbrico							
A1	0 - 5	cl - pl	5Y3/2 (s) 5Y2.5/1 (u)	gr/frc (G) m(T)	d (s) fr; lpl; npg (u)	f; m; a	pq, a
A2	5 - 40	cl - pl	2.5Y4/2 (s) 5Y2.5/2 (u)	gr/frc (G) pq; m(T)	d (s) fr; lpl; lpg (u)	f; m; gr; mgr; a	m; a
B <sub>i</sub>	40 - 65	cl - pl	2.5Y4/4 (s) 5Y2.5/2 (u)	bsa/md (G) m (T)	ld (s) mfr; pl; pg (u)	f; m; c	m; pc
B <sub>i2</sub>	65 - 82	cl - pl	2.5Y5/6 (s) 5Y3/2 (u)	bsa/md (G) m (T)	ld (s) fr; pl; npg (u)	f; m; gr; a	m; a
B <sub>c</sub>	82 - 92	cl - pl	5Y5/4 (s) 2.5Y4/4 (u)	bsa/frc (G) pq(T)	mac (s) fr; lpl; npg (u)	f; m; a	m, pc
C	92 - 105	cl - pl	5Y5/4 (s) 2.5Y4/4 (u)	bsa/frc (G) pq (T)	mac (s) fr; lpl; npg (u)	f; pc (R)	pq, pc
C <sub>R</sub>	105 - 150	/ - pl	2.5Y6/4 (s) 2.5Y5/4 (u)	bsa/frc (G) pq (T)	mac (s) fr; npl; npg (u)	gr; pc	pq; pc
P6 (B) - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico léptico arênico							
A	0 - 15	cl - pl	2.5Y3/2 (s) 10YR2/1 (u)	gr/frc (G) pq (T)	sl (s) sl; npl; npg (u)	f; m; a	m; a
Ac	15 - 40	cl - pl	2.5Y4/4 (s) 2.5Y3/2 (u)	gs	sl (s) sl; npl; npg (u)	gr;mgr; a	g; a
C <sub>R</sub>	40 - 90	/ - pl	2.5Y7/4 (s) 2.5Y5/6 (u)	bsa/frc (G) pq (T)	ld (s) fr; npl; npg (u)	aus	m; pc

P6 (C) - NEOSSOLO LITÓLICO Húmico fragipânico êutrico							
A	0 - 8	cl - pl	2.5Y3/2 (s) 10YR2/1 (u)	gr/md (G) m; g (T)	ld (s) sl; npl; npg (u)	f; a	m; a
Ac	8 - 20	cl - pl	2.5Y4/4 (s) 2.5Y3/2 (u)	bsa/frc (G) m (T)	ld (s) fr; lpl; npg (u)	f; m; a	m; a
C	20 - 30	cl - pl	2.5Y4/3 (s) 10YR3/3 (u)	mç	sl (s) fr; lpl; lpg (u)	m; gr; c	pq; c
C <sub>R</sub>	30 - 40	abr - pl	10YR5/3 (s) 10YR3/4 (u)	mç	sl (s) npl; npg (u)	aus	pq; pc
P5 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico							
A <sub>B</sub>	0 - 10	cl - pl	2.5Y2.5/4 (u)	gr/ft (G) pq (T)	pl; lpg (u)	aus	m; c
B <sub>T1</sub>	10 - 40	cl - pl	5YR3/3 (s) 2.5YR2.5/4(u)	bsa/ft (G) g (T)	d (s) fr; mpl; mpg (u)	m; pc	pq; pc
B <sub>T2</sub>	40 - 45	abr - pl	2.5YR3/1 (s) 2.5YR4/4 (u)	col/ft (G) m (T)	d (s) efir;mpl; mpg(u)	aus	pq; pc
Transição: Nitidez - cl=Clara, abr=Abrupta; Forma - pl=Plana, irr=Irregular. Estrutura (Grau (G); Tamanho (T)) - gr=Granular, gs=Grãos Simples, bsa=Blocos Subangulares, col=Colunar, mç=Maciço; Grau (G) - frc=Fraco, md=moderado, ft=Forte; Tamanho (T) - pq=Pequeno, m=Médio, g=Grande. Consistência - sl=Solta, d=Dura ld=Ligeiramente Dura, mac=Macia, pl=Plástica, pg=Pegajosa, lpl=Ligeiramente Plástica, lpg=Ligeiramento Pegajosa, mpl=Muito Plástica, mpg=Muito Pegajosa, npl= Não Plástica, npg= Não Pegajosa, fir=Firme, efir=Extremamente Firme, fr=Friável, mfr=Muito Friável. Raízes - aus=Ausente, f=Finas, m=Médias, pc=Poucas, gr=Grossas, mgr=Muito Grossas, a=Abundantes, c=Comuns. Poros - pq=Pequenos, pc=Poucos, m=médios, a=abundantes, c=comuns. (s)=Seca; (u)=Úmida.							

De modo geral os solos do semiárido apresentam pouca profundidade (JACOMINE, 1996). A descrição morfológica do sitio Salambaia apresentou esta condição, onde apenas o Neossolo Regolítico de T4 e o Cambissolo de P6(A) apresentaram profundidades maiores de um metro, estando localizados mais próximos do afloramento rochoso.

Analisando os padrões das demais características verificou-se que, no que corresponde à transição, há uma predominância de clara e plana, exceto nos últimos horizontes dos perfis T3, T5, P6(C) e P5 que fazem transição com a rocha ou o saprolito, o que são perfis de solos um pouco mais distante dos afloramentos rochosos. As cores variam de amarelo (10Y) a vermelho (2.5Y), algo característico de solos de climas tropicais, subtropicais e temperados. Os solos tropicais e subtropicais são solos mais avermelhados, pois apresentam níveis variados tanto de hematita quanto de goethita. Já os solos de climas temperados são dominados por goethita e normalmente não apresentam hematita em sua composição, portanto são mais amarelos a amarronzados (SCHWERTMANN & TAYLOR, 1989).

No que concerne ao tipo de solo predominante no sitio Salambaia observa-se que os Neossolos são solos bem drenados e altamente intemperizados onde apresentam uma coloração vermelha ou amarela devido à presença de óxidos de ferro (Fe<sup>+3</sup>) (GUIMARÃES,

2016), onde se verificou uma predominância vermelha (2.5Y) em todos os solos. No que corresponde ao croma observa-se que os solos mais próximos dos afloramentos rochosos tendem a ter valores de croma menor (1 -3) o que corresponde a uma cor mais brunada típico de solos mais desenvolvidos, o que se observa ao comparar os Neossolos Litólicos menos desenvolvidos de T3 e T5 e o Luvisolo Crômico de P5 com os solos mais próximos dos afloramentos rochosos.

A estrutura variou de grão simples, blocos subangulares e granular. A estrutura grão simples está associado a solos menos desenvolvidos e estruturas de blocos subangulares e granular a solos mais desenvolvidos. No que corresponde à ocorrência da estrutura de grão simples verifica-se que elas ocorrem em T1, T2, T3, T4 e P6(B), onde em T1, T3 e T4 estão presentes em horizontes superficiais e em T2 no ultimo horizonte enquanto que P6(B) no horizonte central. Entre todos os solos de estrutura de grão simples há uma predominância total apenas em T3, onde os demais horizontes tendem a ser blocos subangulares, granular ou outros.

A estrutura de blocos subangulares se concentrou em maior parte nos perfis T4 e P6(A) com predominância nas camadas mais profundas, assim como T1, T2, T5, P6(B), P6(C) e P5 o que indica que os solos próximos a afloramentos rochosos sejam mais desenvolvidos. Outro fator que pode comprovar a assertiva anterior é a presença de estrutura granular na superfície dos perfis T2, T5, P6(A), P6(B) e P6(C), todos próximos ao afloramento rochoso.

Dentro deste contexto destaca-se que o fato de ser Neossolo Regolítico não o classifica a ser mais desenvolvido. De acordo com as classificações de solos a subclasse húmica é características por apresentar um alto teor de matéria orgânica, enquanto que o histico também apresenta só quem em graus mais elevados (EMBRAPA, 2006). De modo geral o horizonte histico compreende materiais depositados nos solos sob condições de excesso de agua (horizonte H), por longos períodos ou todo o ano, ainda que no presente tenham sido artificialmente drenados, bem como materiais depositados em condições de drenagem livre (horizonte O), sem estagnação de agua, condicionados pelo clima úmido, frio e de vegetação alto-montana (EMBRAPA, 2006).

Assim diante das classificações em laboratório observou-se que a subclasse Húmica do Neossolo Regolítico de T1 apesar de apresentar muita matéria orgânica, não foi maior que a do Neossolo Litólico de T2 situado no sopé coluvial, que apresentou característica Histica. Nesse caso há uma indicação que a atividade vegetativa ocorra com mais intensidade em T2 em camadas mais superficiais como pode ser observado no quadro 2 pela presença das raízes.

No que corresponde à consistência, a maior parte dos perfis apresentaram consistência solta, tanto em seco e úmido, exceto em alguns horizontes dos perfis T4, T5, P6(A), P6(B), P6(C) e P5. No perfil T4 predominou a consistência macia e friável nos horizontes de 8 a 50 cm, enquanto que nos demais houve a predominância de ligeiramente dura e dura. Dentre eles destaca-se o Cambissolo de P6(A) que em nenhum momento apresentou condição solta.

No que corresponde à plasticidade observa-se que os Neossolos apresentaram característica de não plástica e em alguns horizontes ligeiramente plástica, enquanto que no Cambissolo houve uma predominância de plástica, ligeiramente plástica e muito pegajosa, reforçando seu caráter mais argiloso, assim como Luvisolo sendo muito plástico e muito pegajoso. Estes fatores destacados de consistência reforçam o caráter do comportamento dos solos perante a umidade, verificando-se que de modo geral os solos que estão mais próximos dos afloramentos apresentam melhor retenção.

Estabelecendo uma condição de umidade verifica-se que todos os perfis de solo analisados, exceto o perfil T3, apresentam características friáveis em ao menos um de seus horizontes, onde apesar de ser em grande parte consistência solta em seco, quando o solo é enxertado de água reage de forma positiva a reter está água. Em suas relações com a vegetação essas características morfológicas indicam que as áreas de entorno de afloramentos rochosos apresentam solos que propiciam a vegetação a se desenvolver e manter-se. Os aspectos de consistência reforçam que os horizontes de características friáveis e plasticidades pegajosas condicionam a adequação dos poros e melhoramento do fluxo das raízes.

As raízes apresentam-se na maior parte finas na superfície e grossas em horizontes mais profundos. As raízes finas correspondem à absorção de nutrientes e raízes grossas em adsorção de água. Assim indica-se que a maior parte dos nutrientes está alocado na camada superior do solo, enquanto as camadas mais inferiores consistem em horizontes mais proeminentes a reter água. As raízes apresentaram-se ausentes nos últimos horizontes de T3, T4, T5, P6(B), P6(C) e P5.

Na comparação entre alguns perfis estabelecendo relações com a suas localidades dentro do contexto dos afloramentos rochosos observa-se alguns comportamentos das raízes que devem ser destacados. O perfil T1 situado em uma área de fratura ressalta no seu ultimo horizonte C raízes grandes e comuns, onde pelo fato de estar em um contato lítico diretamente com a rocha é característico de retenção de água, fato que ocorre apenas nos perfis P6(A), P6(B) e P6(C) que são perfis muito próximos do afloramento rochoso.



Analisando os perfis P6(A), P6(B) e P6(C) observa-se que em P6(A) as raízes grandes se concentram nos horizontes A2 (5 – 40 cm), B<sub>1</sub>2 (65 – 82 cm) e C<sub>R</sub> (105 – 150 cm) em P6(B) no horizonte A<sub>c</sub> (5 - 40 cm) e em P6(C) em C (20 – 40 cm). Verifica-se que estes perfis que estão próximos aos afloramentos rochosos tendem a manter raízes grossas em horizontes superficiais, o que indica melhor capacidade de sustentar água nestes horizontes. Este comportamento das raízes mostra que as plantas exploram profundidades diferentes de armazenamento de água.

Acompanhando o comportamento das raízes observa-se que a maior presença de poros se caracteriza por maiores densidades de raízes. Estabelecendo uma comparação entre alguns perfis verifica-se que quando se encontra raízes grandes têm-se poros grandes, médios e abundantes e quando são finas e poucas se tem médios e comuns. Esta condição é importante para as plantas direcionarem suas raízes na obtenção de nutrientes e água.

Os panoramas expressos para destacar o comportamento morfológico dos solos auxiliam na compreensão de sua condição em relação ao ambiente que se encontra. Diante disto serão observados aspectos físicos do solo no que corresponde ao seu comportamento estabelecendo inferências que caracterizam seu desenvolvimento.

#### *3.5.3.2 Análise Física*

A análise física incide em analisar padrões de dinâmica hidrológica e alguns aspectos que podem influenciar no comportamento da planta. Os dados levantados consistem em verificar aspectos de densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total, microporosidade, macroporosidade nas profundidades de 20 e 40 cm e componentes de texturais (areia grossa, areia fina, silte, argila) que irão definir a classe textural ressaltando a atividade de argila, caso ocorra.

Os dados de densidade foram utilizados para a geração dos resultados de porosidade, funcionando como um elemento de verificação da dinâmica das partículas dos solos, sendo divididos em micro e macro. Através dos resultados de porosidade será possível indicar aspectos de movimentação da água e penetração das raízes. Com a análise dessas informações será possível determinar as classes texturais e comprovar os aspectos observados na descrição morfológica (Tabela 11).

Tabela 11: Análise Física dos Solos - Sítio Salambaia

T1 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Húmico léptico êutrico							
	Profundidades (cm)	Densidade de Partículas	Densidade do Solo	Porosidade Total	Microporosidade	Macroporosidade	
	g/cm³						
	0 - 20	2.62	1.15	0.56	0.12	0.44	
	20 - 40	2.52	1.09	0.57	0.14	0.43	
Horizonte	Profundidades (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural	Atividade de Argila
		dag kg <sup>-1</sup>					
A1	0 - 5	82.9	7.3	1.1	8.7	Areia	-----
A2	5 - 25	59.5	19.9	7.3	13.2	Franco-Arenosa	-----
A3	25 - 50	43.6	27.1	11.5	17.9	Franco-Arenosa	-----
AC	50 - 90	55.7	15.5	13	15.9	Franco-Arenosa	-----
T2 - NEOSSOLO LITÓLICO Hístico fragipânico arênico							
	Profundidades (cm)	Densidade de Partículas	Densidade do Solo	Porosidade Total	Microporosidade	Macroporosidade	
	g/cm3						
	0 - 20	2.25	0.82	0.64	0.34	0.3	
	20 - 40	2.62	1.36	0.48	0.11	0.37	
Horizonte	Profundidades (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural	Atividade de Argila
		dag kg <sup>-1</sup>					
O	0-5	53.8	17.1	12.1	17	Franco-Arenosa	-----
AC	5-35	71	13.1	7.3	8.6	Areia Franca	-----
C	35-60	72.4	10.2	9.2	8.2	Areia Franca	-----
T3 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico							
	Profundidades (cm)	Densidade de Partículas	Densidade do Solo	Porosidade Total	Microporosidade	Macroporosidade	
	g/cm3						
	0 - 20	2.69	1.42	0.47	0.23	0.25	
	20 - 40	2.56	1.08	0.58	0.21	0.37	
Horizonte	Profundidades (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural	Atividade de Argila
		dag kg <sup>-1</sup>					
AC	0-20	53.1	20.3	16.8	9.8	Franco-Arenosa	-----
T4 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico saprolítico							
	Profundidades (cm)	Densidade de Partículas	Densidade do Solo	Porosidade Total	Microporosidade	Macroporosidade	
	g/cm3						
	0 - 20	2.6	1.27	0.51	0.2	0.31	
	20 - 40	2.56	1.08	0.58	0.21	0.37	
Horizonte	Profundidades (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural	Atividade de Argila
		dag kg <sup>-1</sup>					
A1	0-8	55.3	21.2	10.6	12.9	Franco-Arenosa	-----
A2	8-30	52.5	21	10.5	16	Franco-Arenosa	-----
C	30-50	44.6	20.1	10.7	24.5	Franco-Argilo-Arenosa	-----
CR	50-100	46.9	13.3	14.8	25	Franco-Argilo-Arenosa	-----

T5 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragipânico							
	Profundidades (cm)	Densidade de Partículas	Densidade do Solo	Porosidade Total	Microporosidade	Macroporosidade	
	g/cm3						
	0 - 20	2.62	1.35	0.48	0.2	0.28	
	20 - 40	2.65	1.24	0.53	0.21	0.33	
Horizonte	Profundidades (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural	Atividade de Argila
		dag kg <sup>-1</sup>					
A	0-8	44.2	26.4	14.9	14.6	Franco-Arenosa	-----
AC	8-35	42.4	23.5	16.3	17.8	Franco-Arenosa	-----
CR	35-60	50.8	15.8	13.5	19.9	Franco-Arenosa	-----
P6 (A) - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico úmbrico							
	Profundidades (cm)	Densidade de Partículas	Densidade do Solo	Porosidade Total	Microporosidade	Macroporosidade	
	g/cm3						
	0 - 20	2.27	0.87	0.61	0.24	0.37	
	20 - 40	2.5	0.9	0.64	0.19	0.45	
Horizonte	Profundidades (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural	Atividade de Argila
		dag kg <sup>-1</sup>					
A1	0-5	41.6	21.4	15.7	21.2	Franco-Argilo-Arenosa	59.29
BA	5-40	38.8	22.4	15.3	23.4	Franco-Argilo-Arenosa	36.45
Bi1	40-65	37.7	18.7	13.9	29.7	Franco-Argilo-Arenosa	21.48
Bi2	65-82	39.3	14.8	19.1	26.8	Franco-Argilo-Arenosa	21.53
Bi3	82-92	44	15.7	14.6	25.8	Franco-Argilo-Arenosa	18.72
BC	92-105	48.8	16.6	13.2	21.5	Franco-Argilo-Arenosa	20.98
CR	105-150+	55.5	13.7	13.2	17.6	Franco-Arenosa	21.36
P6 (B) - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico léptico arênico							
	Profundidades (cm)	Densidade de Partículas	Densidade do Solo	Porosidade Total	Microporosidade	Macroporosidade	
	g/cm3						
	0 - 20	2.51	1.14	0.55	0.19	0.36	
	20 - 40	2.47	1.01	0.59	0.11	0.48	
Horizonte	Profundidades (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural	Atividade de Argila
		dag kg <sup>-1</sup>					
A	0-15	54.7	20.6	9.4	15.3	Franco-Arenosa	-----
AC	15-40	54.9	27.9	6	11.3	Areia Franca	-----
CR	40-90	51	21.8	14.5	12.7	Franco-Arenosa	-----

P6 (C) - NEOSSOLO LITÓLICO Húmico fragipânico êutrico							
	Profundidades (cm)	Densidade de Partículas	Densidade do Solo	Porosidade Total	Microporosidade	Macroporosidade	
	g/cm3						
	0 - 20	2.51	1.22	0.51	0.24	0.27	
	20 - 40	2.62	1.08	0.59	0.2	0.39	
Horizonte	Profundidades (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural	Atividade de Argila
		dag kg <sup>-1</sup>					
A	0-8	41.6	24.6	12.8	21	Franco-Argilo-Arenosa	-----
AC1	8-20	34.9	29.8	14.7	20.6	Franco-Argilo-Arenosa	-----
AC2	20-30	35.8	29.5	10.8	23.9	Franco-Argilo-Arenosa	-----
CR	30-40	38.8	28.2	16.8	16.3	Franco-Arenosa	-----
P5 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico							
	Profundidades (cm)	Densidade de Partículas	Densidade do Solo	Porosidade Total	Microporosidade	Macroporosidade	
	g/cm3						
	0 - 20	2.64	1.34	0.49	0.22	0.27	
Horizonte	Profundidades (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural	Atividade de Argila
		dag kg <sup>-1</sup>					
A	0-10	26.4	27.6	21.5	24.6	Franco-Argilo-Arenosa	76.22
AB	10-40	33.3	19.7	19.6	27.4	Franco-Argilo-Arenosa	96.57
Bt1	40-45+	23.8	12.9	20	43.3	Argila	93.12

A classificação dos elementos que compõem a classe textural foi advinda da identificação do tamanho dos poros. Os microporos estão mais ligados a solos de característica argilosa indicando a capacidade de armazenamento de água, enquanto que os macroporos a solos mais arenosos, que indicam menor capacidade de armazenar água. As relações entre estes elementos podem auxiliar na identificação dos solos mais propícios a determinados ambientes.

Inicialmente foram observados o comportamento da porosidade nos perfis e suas relações entre eles. A coleta para porosidade concentrou-se nas profundidades de superfície (20 cm) e subsuperfície (40 cm). Após a análise da porosidade foram observados os resultados de classe textural provenientes dos perfis, onde desta forma foi possível destacar o seu comportamento em diferentes profundidades, o que auxiliou nas relações estabelecidas pela presença das raízes provenientes da vegetação que compõe cada ambiente, destacado anteriormente.

Analisando a porosidade total observa-se que todos os perfis apresentaram valores menores na camada superficial de 20 cm e maiores na camada subsuperficial de 40 cm, mas

com pouca variação, sendo praticamente semelhantes, exceto o perfil T2, embora se compararmos em ambientes diferentes de proximidade e afastado do afloramento rochoso podemos ver uma diferença.

Os perfis T1, T2, P6(A), P6(B), T4 e T5 que são próximos aos afloramentos rochosos apresentam em média uma porosidade total de 0,56 enquanto que os mais afastados compreendido pelos perfis T3 e P5 apresentam uma porosidade total média de 0,48. Esta condição indica que os solos mais próximos do afloramento rochoso apresentam um volume de armazenamento de água maior.

A predominância textural é franco-arenosa com destaque para as franco-argilo-arenosa nos perfis T4, P6(A), P6(C) (próximos aos afloramentos rochosos) e P5, destacando a areia grossa como predominante em todos os perfis, o que reflete um aumento na presença de maiores valores de macroporosidades.

A macroporosidade varia pouco entre os horizontes, mas ela encontra-se maior em relação à microporosidade, o que está relacionado à capacidade de infiltração dos solos. A identificação de maiores valores de macroporosidades indicam um maior fluxo das raízes e água, já que há uma maior quantidade de agregados. Pressupondo um momento de precipitação, a água captada pelo solo é submetida à intensa infiltração devido à macroporosidade permitindo pouco escoamento superficial, ou seja, a maior parte da água captada pela precipitação é armazenada pelos solos. Este percurso da água ao infiltrar o solo só será cessado quando encontrar um horizonte com porosidade menor, que está abaixo de 40 cm, ou a rocha.

Analisando os valores de macroporosidade dos perfis de solo mais próximos ao afloramento rochoso (T1, T2, P6(A), P6(B), T4 e T5), observa-se que os solos são capazes de armazenar água em maiores profundidades, fato que é comprovado pela presença de raízes de maiores densidades em horizontes mais profundos identificada na descrição morfológica (Quadro 2).

Outro fator com relação à macroporosidade a ser destacado é que os solos identificados apresentam em grande parte texturas arenosas, o que proporciona a não ocorrência de capilaridade, assim a água que é drenada pelo solo dificilmente ela subirá por capilaridade e ser perdida por evaporação. Algo que deve ser ressaltado é que essa condição reforça que a água que é captada pela precipitação é pouco perdida e grande parte é absorvida pelas plantas, algo que implica na vegetação exuberante encontrada nessas áreas de sopé coluvial e fraturas.

Analisando a microporosidade verifica-se que embora a vegetação do entorno dos afloramentos rochosos e as afastadas tenham praticamente a mesma condição de microporosidade, isto ressalta a hipótese de que essas vegetações utilizem outros recursos de fontes de água, já que a microporosidade faz relação com a água que ela pode acumular ao longo do ano, mas através dos dados apresentados é provável que a vegetação do entorno dos afloramentos rochosos sejam mantidas pela capacidade de armazenar água que os solos de sopé coluvial tem de a manter, como foi visto nas análises de macroporosidade.

As observações anteriores refletem sobre a maioria dos perfis de solo, exceto T2. A condição do perfil T2 apresentam variações na porosidade total e microporosidade, onde a superfície apresentou melhor condição de armazenamento de água, mas baixa capacidade de infiltração. Esta condição reflete as observações identificadas nas análises da descrição morfológica. Se destacarmos o perfil T2 verifica-se que o horizonte superficial apresenta uma estrutura granular de grau moderado, o que o caracteriza como desenvolvido em relação ao seu horizonte abaixo que apresentou um menor grau de evolução com estrutura de blocos subangulares, mas de grau fraco, o que reflete sua baixa microporosidade.

Apesar dos perfis apresentarem uma maior concentração de areia grossa, o diferencial para as análises está na presença de argila. Observa-se que grande parte dos perfis apresentam um aumento do grau de argila à medida que aumenta a profundidade. As quantidades de argila estão relacionadas com áreas menos porosas e a presença de raízes mais densas. Este fato reforça que estas áreas de entorno dos afloramentos rochosos estão condicionadas a reter umidade em horizontes mais profundos. Entre todos os perfis, apenas o perfil T2 apresentou diminuição de argila. As discussões pertinentes ao perfil T2 serão retomadas nas discussões das análises químicas, onde será possível esclarecer seus aspectos diferenciais.

Ainda nas discussões sobre a argila, dois solos apresentaram satisfatória presença desse elemento, constantes nos perfis P6(A) e P5. No perfil P6(A) mais próximo do afloramento rochoso temos uma profundidade considerável em relação aos demais onde a presença é maior nas camadas superiores e vai diminuindo à medida que alcança horizontes mais profundos. Este fato faz com que grande parte deste solo seja favorável à atividade vegetativa, embora as camadas superficiais sejam as mais intensas. No que corresponde ao perfil P5 mais afastado do afloramento rochoso, o solo apresenta maiores presenças de argila em horizontes mais profundos, condicionando-o a um melhor armazenamento de água e nutrientes em camadas mais profundas.

Após estabelecer um panorama físico do comportamento dos solos presentes no contexto dos relevos residuais do sítio Salambaia verificou-se o comportamento destes solos perante a dinâmica do potencial de água determinados pelos tensiômetros nos perfis T1, T2, T3, T4 e T5.

#### *3.5.3.3 Potencial de Água*

Como foi exposto anteriormente o sítio Salambaia é composto por cinco tensiômetros para medições de potencial de água no período da manhã e final da tarde distribuídos em localidades de acordo com a proximidade do afloramento rochoso a 20 e 40 cm de profundidade do solo. Para colaborar com os resultados estabeleceram-se relações com as características dos solos onde estão situados os tensiômetros, sendo as análises divididas em tensiômetros próximos aos afloramentos rochosos (T1, T2, T4 e T5) e afastado destes (T3).

As análises preliminares foram estabelecer o comportamento do potencial de água a partir dos tensiômetros. Os tensiômetros apresentam resultados do comportamento do potencial de água em um período de saturação do solo de acordo com a resolução do aparelho (0 – 75kpa). Este período foi definido de acordo com sensor MPS. A utilização do sensor MPS para se obter a faixa de saturação se deu pelo seu recorte temporal com medições horárias contínuas.

Os potenciais de água estabelecidos pelos tensiômetros foram satisfatórios, pois apresentaram de maneira geral o comportamento de todas as áreas determinadas. O mês representativo das respostas dos tensiômetros foi julho, onde é possível observar que os primeiros e últimos dez dias foram de maior representatividade no comportamento do potencial de água.

O tensiômetro 1 localizado em uma tipologia de fratura (figura 48) de Neossolo Regolítico Húmico léptico éutrico apresenta uma resposta na profundidade de 20 cm menor saturação, enquanto que a profundidade de 40 cm teve maior saturação. Observa-se que nos dias 07 a 09 de julho houve uma total saturação do solo, o que foi decorrente das precipitações atingidas no início desse mês.

Os últimos dez dias de julho apresentaram maiores saturações nas faixas de 40 cm principalmente no momento das precipitações dos dias 21 a 23 embora a precipitação ocorrida não tenha sido suficiente para saturar totalmente o solo como foram nos dias 07 e 09, onde apenas a faixa de 40 cm se mostrou 100% saturada.



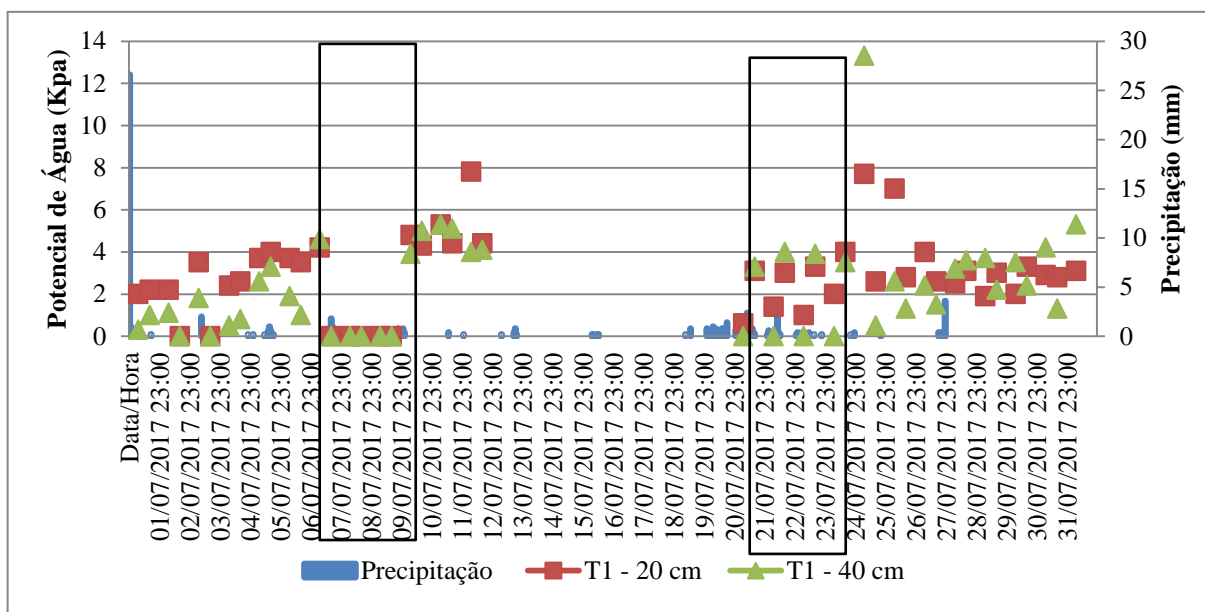


Figura 48: Distribuição do Potencial de Água Tensiometro 1 do perfil de solo T1 Sitio Salambaia

Como foram expostos anteriormente, os solos do entorno de afloramentos rochosos, como é o caso do perfil T1, apresentam uma alta capacidade de infiltração devido a sua macroporosidade e manutenção da água nas profundidades inferiores destacados na presença de argila e raízes densas.

Os resultados de potencial de água expressos no nível de 20 cm colaboram com as características de areia encontradas nos horizontes superficiais deste perfil. Observa-se que em grande parte do período de análise os valores de potencial de água concentram-se baixa capacidade em manter a água no solo, enquanto que o tensiometro no nível de 40 cm apresentou valores de melhor retenção de água nos horizontes mais profundos, o que se dá pelo aumento acentuado de argila e contato com o afloramento rochoso no último horizonte.

De modo geral o potencial de água do perfil T1 apresenta uma variação de 0 a 13.3 kpa, esta condição reforça que apesar de apresentar característica arenosa e macroporosidades elevadas o mesmo conseguiu manter a água após um evento de precipitação, fato menos ocorrente no perfil T2.

Analisando o potencial de água no perfil T2 (Figura 49) observa-se uma variação de 0 a 45.6 kpa, condição que ocorre devido a alta variação de porosidade, embora nos momentos de maior precipitação tenha ocorrido uma resposta positiva no armazenamento de água.

Observando os dois momentos de maiores precipitações, verifica-se que há uma resposta imediata de armazenamento desta água no solo após o evento chuvoso. Destacando o início do período constata-se uma capacidade de água disponível no solo entre 0 e 8 kpa nos dias 01

a 06 de julho. Averiguando o segundo período de maiores precipitações, observa-se que ocorreu uma manutenção da capacidade de armazenamento de água com variação de 0 a 9.1 kpa nos dias 20 a 23 de julho, sendo mais frequentes entre 0 e 1.5 kpa nos dias de 26 a 31 de julho.

Este comportamento do potencial de água do solo no perfil T2 é devido a sua intensa atividade vegetativa nos horizontes superficiais. O solo de T2 foi classificado como histico, o que é devido a identificação de alta teor de matéria orgânica, passível de ser observado no alto valor de microporosidade e argila na superfície (Tabela 11).

Os elementos que conduzem a caracterização do comportamento do solo no perfil T2 apontam um melhor armazenamento de água na superfície, o que favorece mais água e nutrientes disponíveis para as plantas. Este fato é comprovado pela a identificação de raízes finas e abundantes, responsáveis pela absorção de nutrientes e médias e grandes na adsorção de água nos horizontes que compões estes níveis de 20 e 40 cm.

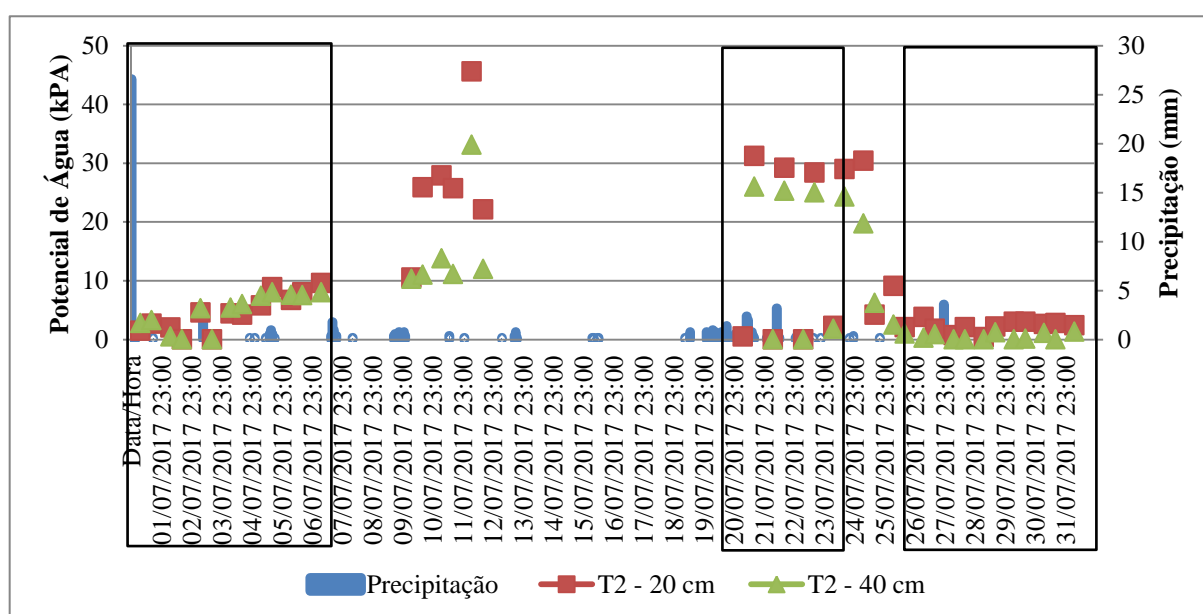


Figura 49: Distribuição do Potencial de Água Tensiometro 2 do perfil de solo T2 Sitio Salambaia

O perfil T2 está localizado em uma área de sopé coluvial do afloramento rochoso mais representativo do contexto de relevos residuais do sitio Salambaia, tipologia geomorfológica que também caracteriza o local do tensiometro T4.

O perfil T4 onde está contido o tensiometro T4 situa-se no sopé coluvial de um afloramento rochoso menos representativo, mas propício às mesmas análises. O comportamento do potencial de água (Figura 50) apresentou-se mais sensível ao início da

precipitação nos dias de 1 a 3 de julho com variação de 0 a 1.7 kpa, mas logo após a água se torna menos disponível para as plantas. Outro momento a ser destacado é o de 07 a 09 de julho que mostrou um período de água disponível, do mesmo modo que de 20 a 26 de julho.

Este quadro exemplifica que a capacidade deste solo em manter a água é muito baixo, onde sua perda mais rápida é devido a utilização imediata das plantas destes recurso nessas áreas superficiais de 20 e 40 cm.

O solo do perfil T4 apresenta raízes finas e poros abundantes no horizonte de 0 – 8 cm responsáveis pela absorção de nutrientes e raízes médias e grandes com poros abundantes no horizonte de 8 - 30 cm, enquanto que os demais retornam a raízes finais e poucas com o horizonte 50 a 100 cm ausentes de raízes (Quadro 2). Este quadro reflete o comportamento do potencial de água estabelecido onde há uma maior atividade vegetativa na coleta de água e nutrientes pelas plantas no nível de 0 a 40 cm. A característica de alta porosidade designada pela sua classe textural franco-arenosa nos horizontes superficiais, faz com que a planta tenha que agir rapidamente na coleta dos nutrientes e de água, pois os mesmos não estarão expostos por muito tempo, mas no que concerne a camada mais profundas de 30 - 50 cm observa-se a presença de raízes finas e poucas, o que indica uma busca de nutrientes pelas plantas nesse horizonte, local de armazenamento de água que pode ser comprovado pela presença de argila (Tabela 11).

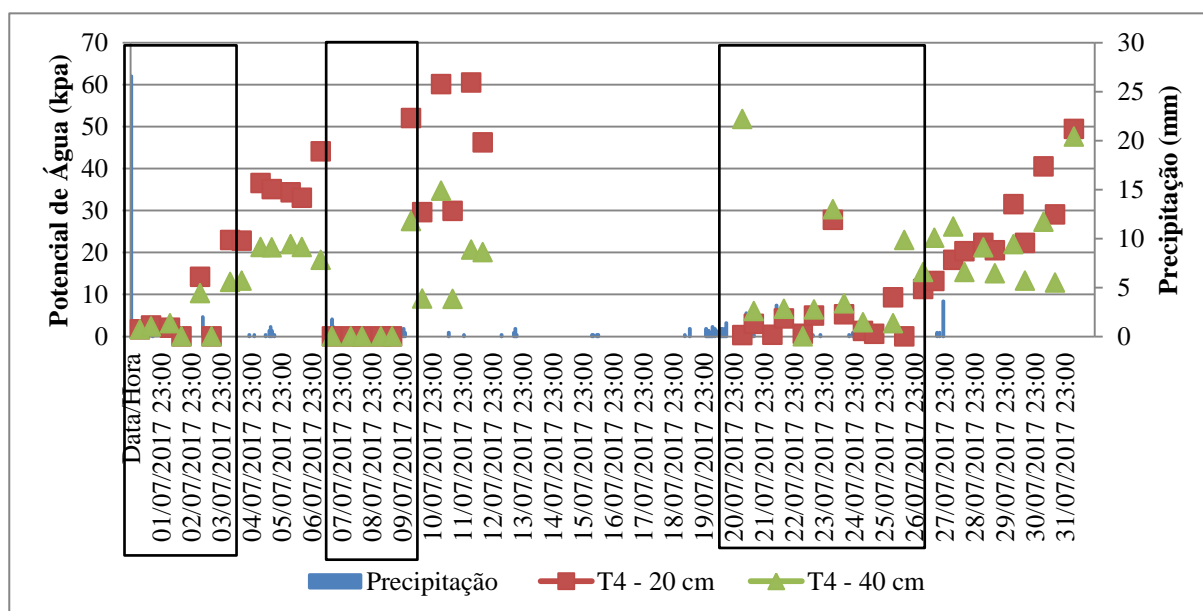


Figura 50: Distribuição do Potencial de Água Tensiometro 4 do perfil de solo T4 Sítio Salambaia

Seguindo a mesma perspectiva das análises anteriores, o potencial de água do solo situado no perfil T5 (figura 51) apresentou uma resposta positiva no nível de 20 cm no

armazenamento de água nos primeiros dez dias, com um aumento posterior a este momento. No momento das precipitações decorrentes nos últimos dez dias foram observados pouca sensibilidade em disponibilizar água para as plantas.

Os aspectos destacados anteriormente indicam que o solo do perfil T5 apresenta uma boa resposta quando recebe uma quantidade de precipitação considerável como aconteceu no início do mês de julho de 2017, mas baixa capacidade de retenção em precipitações menos intensas. Este fato decorre de suas características físicas.

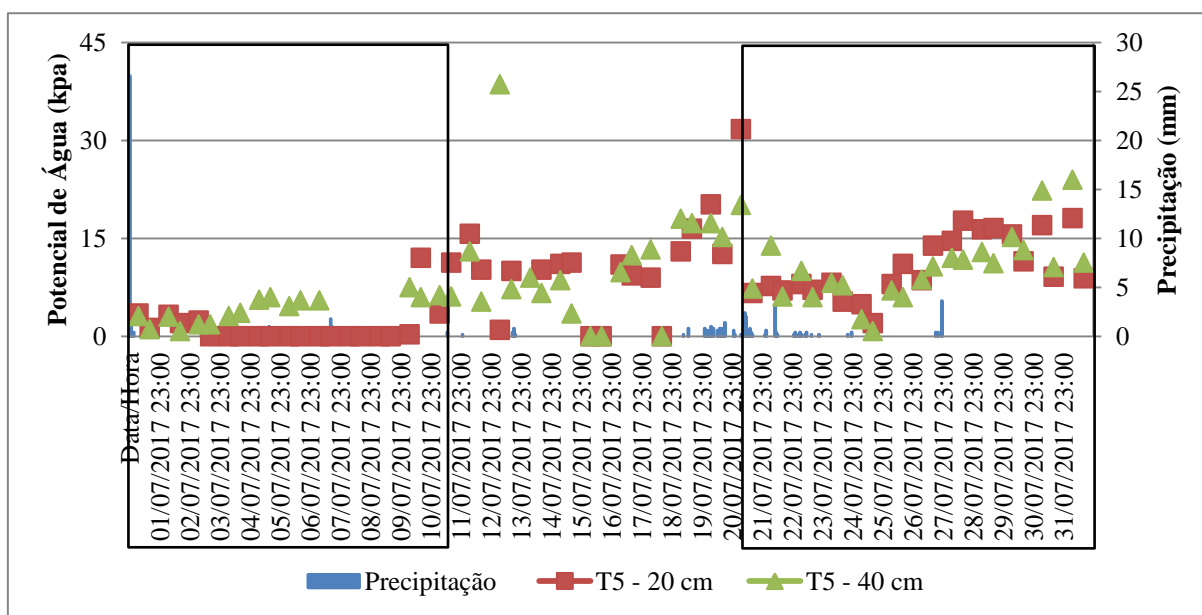


Figura 51: Distribuição do Potencial de Água Tensiometro 5 do perfil de solo T5 Sitio Salambaia

Com o objetivo de comparar o comportamento do potencial de água das áreas próximas aos afloramentos rochosos analisou-se uma área mais afastada. A área mais afastada está compreendida pelo perfil T3 (Figura 52), onde se observou uma baixa capacidade de armazenamento de água nos primeiros dez dias compreendidos de maiores precipitações. Verifica-se que neste momento há um discreto armazenamento, mas após isto há um aumento o que caracteriza perda de armazenamento, retornando nos dias 07 a 09 de julho uma melhor recarga.

No que corresponde aos os últimos dez dias observa-se que após a precipitação inicia-se um melhor armazenamento na camada de 20 cm em relação a camada de 40 cm, mas assim que a água atinge o nível subsuperficial de 40 cm o solo apresenta saturação quase que total por sete dias (24 a 31 de julho).

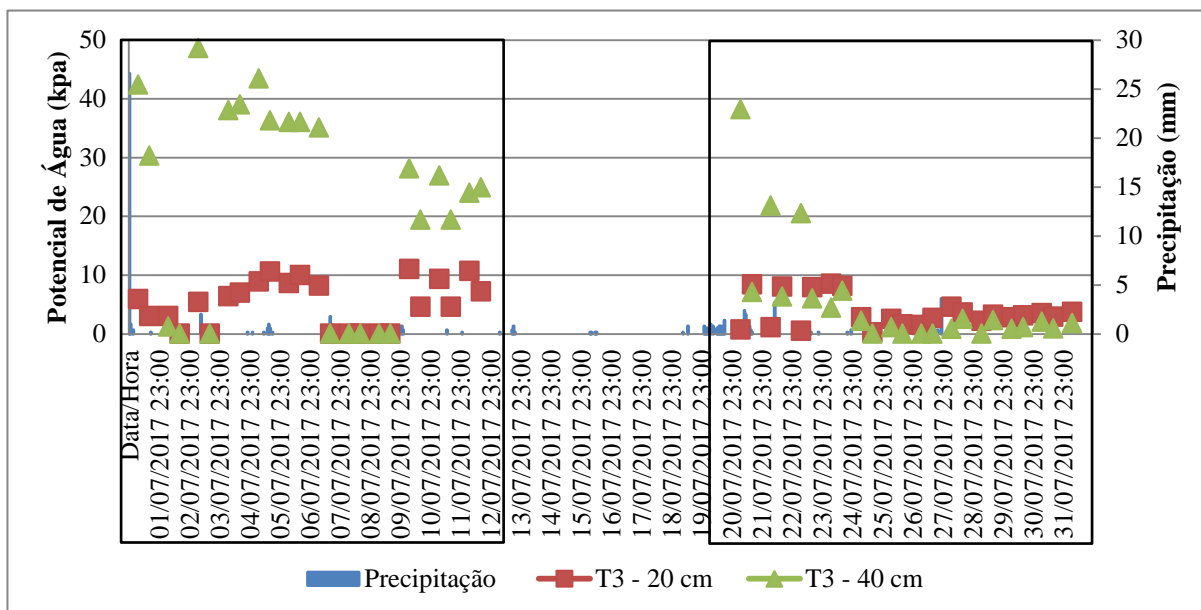


Figura 52: Distribuição do Potencial de Água Tensiometro 3 do perfil de solo T3 Sitio Salambaia

De modo geral os resultados expressos pelos tensiômetros apresentaram respostas que expressaram o comportamento desses solos em faixa saturada. Devido à sensibilidade dos tensiômetros em atuar nesta faixa, foi possível apontar especificidades inerentes as características dos solos e dinâmicas que contribuem para o comportamento da planta na busca de sua sobrevivência.

Analisando os intervalos de potenciais de água que atuam nos tensiômetros das respectivas áreas próximas ao afloramento rochoso observa-se que a dinâmica das áreas de sopé coluvial se adaptam as condições designadas pelo aporte de água proporcionado pelo afloramento rochoso. Diante disto será analisado o comportamento de umidade, potencial de água e temperatura do solo na área de sopé coluvial.

#### 3.5.3.4 Comportamento Hidro-Termo-Pedológico de Sopé Coluvial

Conforme já foi dito, as análises pertinentes ao sopé coluvial estão condicionadas a observações de umidade, potencial de água e temperatura do solo.

A umidade é diretamente dependente da precipitação e a resposta refletida no solo poderá ser observada de maneiras diferentes nas condições seca e úmida. Diante disto será analisado o comportamento da umidade perante a precipitação do sensor fixo localizado no sopé coluvial ACH-T4 (Figura 53).

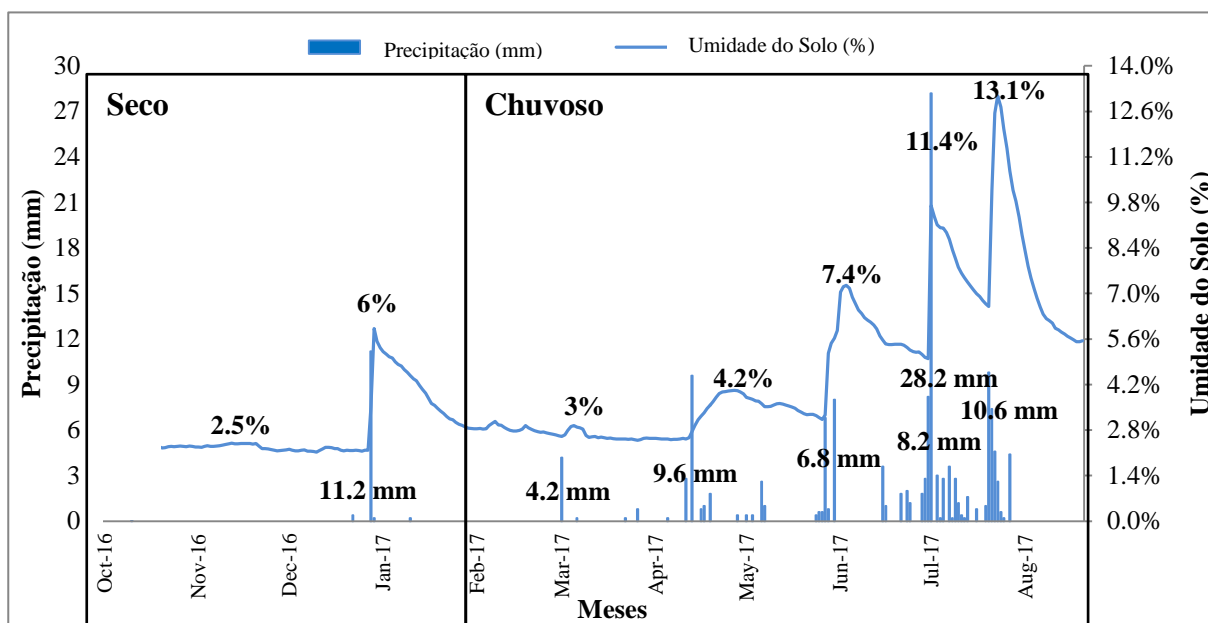


Figura 53: Comportamento da umidade do solo Sopé Coluvial ACH-T4

Analisando os dois períodos (seco e chuvoso) apresentados na figura 53, verifica-se que o primeiro apresentou umidade que variou de 2.5% inicialmente, do final de outubro a dezembro de 2016, com elevação para 6% ao final de dezembro de 2016 à segunda metade de janeiro de 2017, baixando gradativamente a partir daí. No período chuvoso temos o início com 3,0% em fevereiro de 2017, aumentando gradativamente até 13,1% no início de agosto de 2017. Após esse período, os valores começam a baixar novamente.

Na mais alta umidade no período seco (outubro/2016 – janeiro/2017), para chegar aos 6% foi necessária uma precipitação de 11.2 mm, ocorrida totalmente no dia 28/12/2016. O período chuvoso apresentou cinco altas: março/2017, abril/2017, junho/2017 e duas em julho/2017. A alta de março alcançou máxima de 3% no dia 04/03/17 advindo da precipitação de 4.2 mm de 01/03/2017. A alta de abril/2017 atingiu 4.2% no dia 24/04/2017 proveniente da precipitação de 9.6 mm do dia 13/04/2017. A alta de junho/2017 atingiu 7.4% em 01/06/2017 como resultado de uma precipitação no dia 27/05/2017 de 6.8 mm e eventual precipitação no dia 31/05/2017 (houve falha da estação do LAESA no registro da pluviosidade deste dia). No que corresponde ao mês de julho, à primeira alta ocorreu de uma precipitação de 8.20 mm em 30/06/2017 e 28.2 mm de 01/07/2017, enquanto que a segunda alta ocorreu em 23/07/2017 proveniente de uma sequência de precipitações de três dias anteriores, atingindo o total de 10.6 mm.

Após a análise da umidade, verificou-se o comportamento do potencial de água no solo, conforme demonstrado na figura 54. As precipitações de dezembro/2016 (11.2 mm),

março/2017 (4.2 mm) e abril/2017 (9.6 mm) não foram suficientes para alterar esse potencial, que teve aumentos discretos retornando as suas oscilações constantes predominates em todo o intervalo de estudo, na faixa de -1400 kpa a -1200 kpa (Figura 54), diferente do que ocorreu como consequência das precipitações do final de maio/2017 (6.8 mm), final de junho/2017 (8.2 mm) e início de julho/2017 (22.6 mm), responsáveis por gerar picos de saturação do solo.

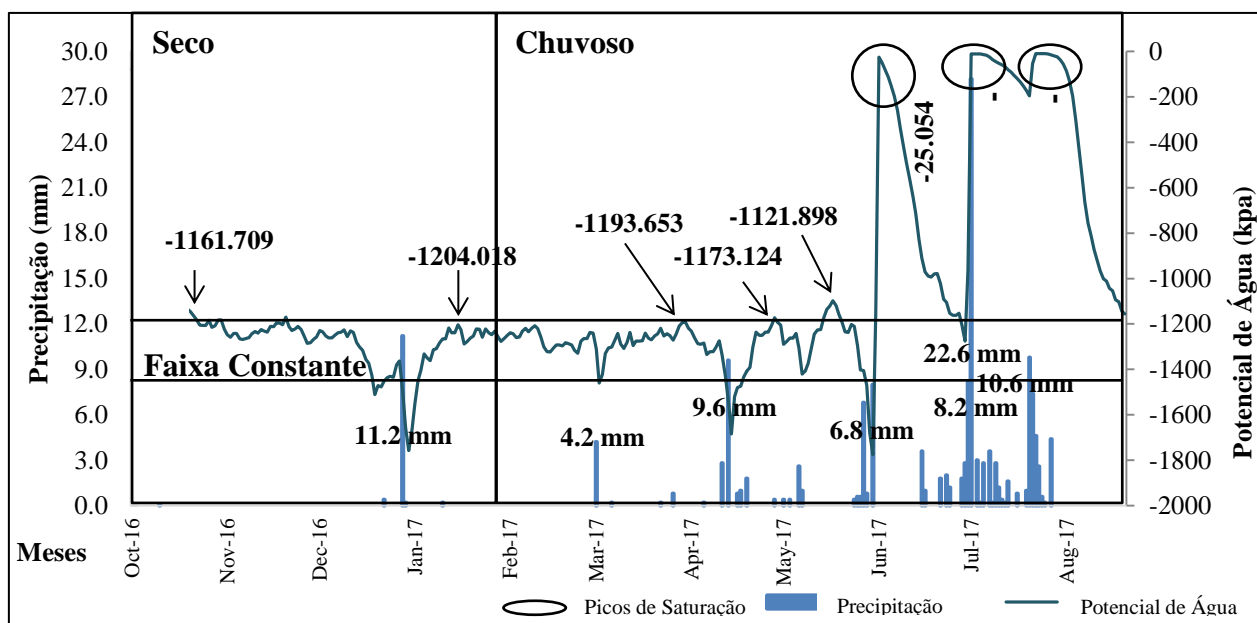


Figura 54: Comportamento do potencial de água do solo Sopé Coluvial ACH-T4

Com base na figura 54, de outubro/2016 a maio/2017 (mês de início da saturação) o solo recebeu 55.6 mm de precipitação, e de maio/2017 até agosto/2017 (fim da saturação) recebeu 98 mm, ou seja, em três meses de precipitação o aporte de água foi maior que os oito meses que antecederam a esse período de saturação. Nesse caso, verificando a contribuição da maior precipitação anterior a fase de saturação dos solos, é possível evidenciar o quanto de aporte de água foi necessário para que isso ocorresse.

O pico de saturação do dia 31/05/2017 recebeu sua maior precipitação no dia 27/05/2017 (6.8 mm), onde desde esse dia a contribuição foi de 15.6 mm. Vale salientar, como já o fizemos anteriormente, que devido a falhas na estação pluviométrica da área de estudo não foi possível obter a precipitação do dia 31/05/2017. Ainda assim, de acordo com o posto pluviométrico da AESA, nesse dia ocorreram 3.4 mm na sede municipal.

Analisando o momento de pico de saturação do final de 30/06/2017, verifica-se que não houve grandes precipitações, apenas eventos esparsos dos quais o maior foi 3.8 mm nesse mesmo dia. Anteriormente a este evento, a pluviosidade de 15/06/2017 foi de 15.4 mm, ou seja, 19.2 mm nos quinze dias antecedentes foram suficientes para saturar os solos. Ainda



analisando este momento observa-se que a maior pluviosidade de todo intervalo de estudo ocorreu no dia 01/07/2017, totalizando 26.6 mm. Esta precipitação foi responsável para a manutenção da máxima de -10 kpa até 4/7/2017 (3 dias), onde neste período o potencial de água começou a descender retornando ao terceiro pico no dia 21/07/2017, advindo de uma precipitação de 10.6 mm do dia anterior (Figura 54).

De modo geral, verifica-se que o acúmulo de precipitações superiores a 15 mm que ocorreram em quinze dias proporcionaram a saturação dos solos, exceto no dia 21/07/2017, pois nesse momento o solo já estava em avançado processo de saturação.

Os dados dos sensores MPS (potencial de água e umidade) apresentados proporcionarão desenvolver relações com as plantas perante o comportamento do solo.

Em termos de vegetação, solo e microclima, a área de sopé coluvial ACH-T4 apresenta as mesmas características da parcela 6 do levantamento fitossociológico com vegetação densa, parcela que será discutida posteriormente. Diante disto verificou-se o comportamento diário que o solo pode proporcionar refletindo na vegetação mediante os eventos de precipitação.

De acordo com a figura 55, as relações de umidade e potencial de água apresentaram padrões diferentes no momento de déficit hídrico (outubro/16 a maio/17) e período de saturação (final de maio/17 a julho/17).

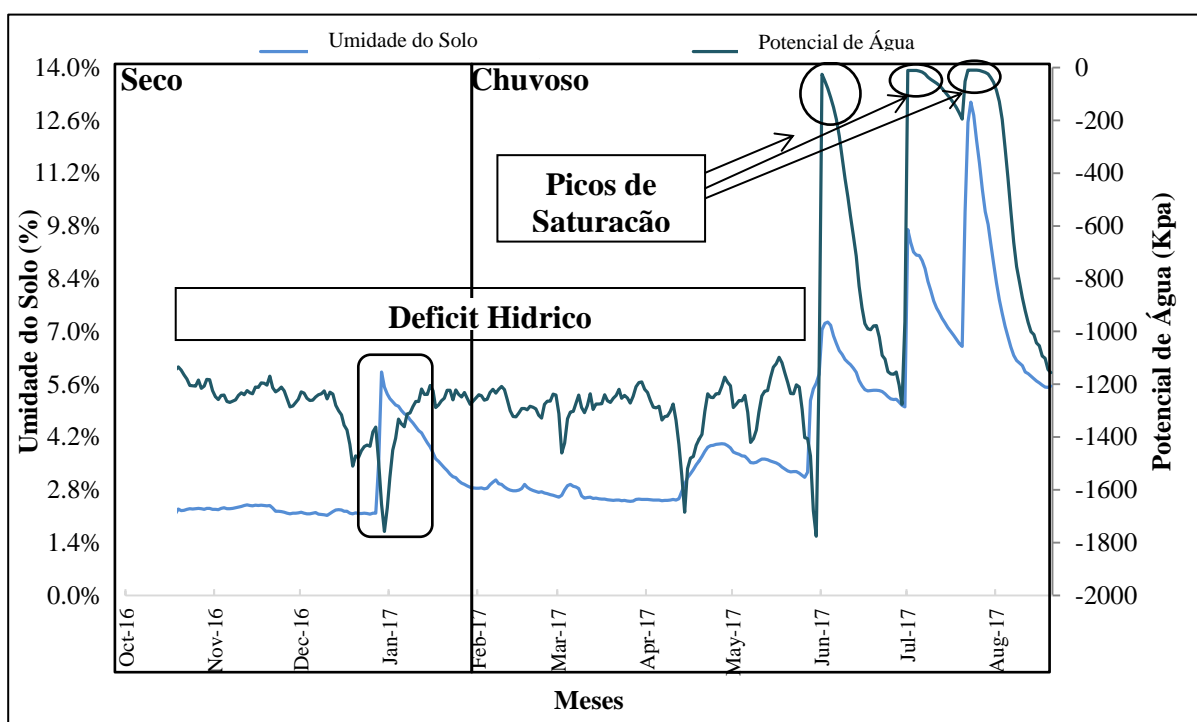


Figura 55: Comportamento do potencial de água e umidade do solo Sopé Coluvial ACH-T4

No período de outubro/2016 a maio/2017, observam-se quando da ocorrência de alguns momentos de precipitação a umidade atinge uma elevação, ocorrendo um aumento momentâneo do déficit hídrico (potencial de água mais negativo). A área de déficit hídrico destacado na figura 55 ocorre muito provavelmente pela condição arenosa do solo na faixa superficial que se encontra os sensores, onde a água é rapidamente drenada não havendo tempo para que a água esteja disponível para as plantas.

De modo geral, as plantas realizam seus processos de fluxo de água por absorção nas raízes e transpiração pelas folhas. Este processo também acarreta em absorver umidade atmosférica em forma de orvalho, embora de acordo com Cavalcante *et al.* (2009) isto seja considerado insignificante quando comparado com a absorção radicular, mas para a caatinga existem alguns estudos que podem ressaltar indícios importantes do orvalho (SANTOS, 2018)

Quanto à transpiração, este processo é principalmente estomático, havendo divergências entre autores sobre sua função (ALQUINI *et al.* 2003), alguns atribuindo aos estômatos o papel de captadores de CO<sub>2</sub> e outros como emissores de vapor de água.

Dependendo da iluminação, umidade relativa do ar, temperatura, água disponível no solo e vento, os estômatos tem a capacidade de abrir e fechar para expelir vapor de água ou captar CO<sub>2</sub> ao longo do dia. De modo geral os estômatos se fecham quando há pouca água disponível no solo, diminuindo absorção e transpiração para evitar desidratação (ALQUINI *et al.* 2003).

Partindo do pressuposto que a maior parte do suprimento de água vem do solo (PAIVA & OLIVEIRA, 2006) e que pode ocorrer perda de água por transpiração ou captação de CO<sub>2</sub> pelos estômatos, é fato que a água nas plantas precisa-se ser continuamente renovada (CAVALCANTE *et al.* 2009). Entendemos assim que nos picos de déficit hídrico (potencial de água mais negativo) causado pelo evento de precipitação daquele momento (Figura 55), pode indicar que a planta abriu seus estômatos pelo fato de estar recebendo água. Isto condiciona a um aumento de absorção e transpiração ou captação de CO<sub>2</sub>, proporcionando uma provável disponibilidade de água pelas raízes, ou seja, neste caso, como a precipitação não foi suficiente para que os poros contidos no solo fossem completados com água, o potencial retorna logo a seguir ao seu padrão (fechamento dos estômatos).

Na faixa saturada (final de maio/17 a julho/17) observa-se na figura 55 extensos momentos de saturação, onde temos apenas a ocorrência de picos momentâneos. Após o pico de saturação, ocorre rapidamente um decréscimo de potencial de água, reforçando a ocorrência de alta drenagem do solo nos horizontes superficiais. A água que está disponível

para a planta vai diminuindo à medida que é utilizada, havendo esvaziamento dos espaços capilares, enquanto as partículas do solo vão restando cada vez mais energicamente a água que resta (DIAS, 2008).

O fato anterior retrata que quando a umidade atinge o perímetro radicular, a mesma busca fazer uma renovação da água, já que está sujeita a intenso déficit hídrico. Mesmo assim a planta busca um comportamento de sobrevivência ao longo do dia, até quando temos ausência de precipitação, como pode ser observado na figura 56.

Para as condições semiáridas, temos as seguintes implicações: i) temperaturas amenas nos períodos da manhã, final de tarde e noite; altas a tarde; ii) umidade relativa do ar alta nos períodos de manhã, final da tarde e a noite, com baixas a tarde; iii) Iluminação alta nos períodos da manhã, tarde e final de tarde, levando em consideração que o equipamento está em uma área sombreada; iv) Vento com fluxos consideráveis de manhã, final de tarde e noite.

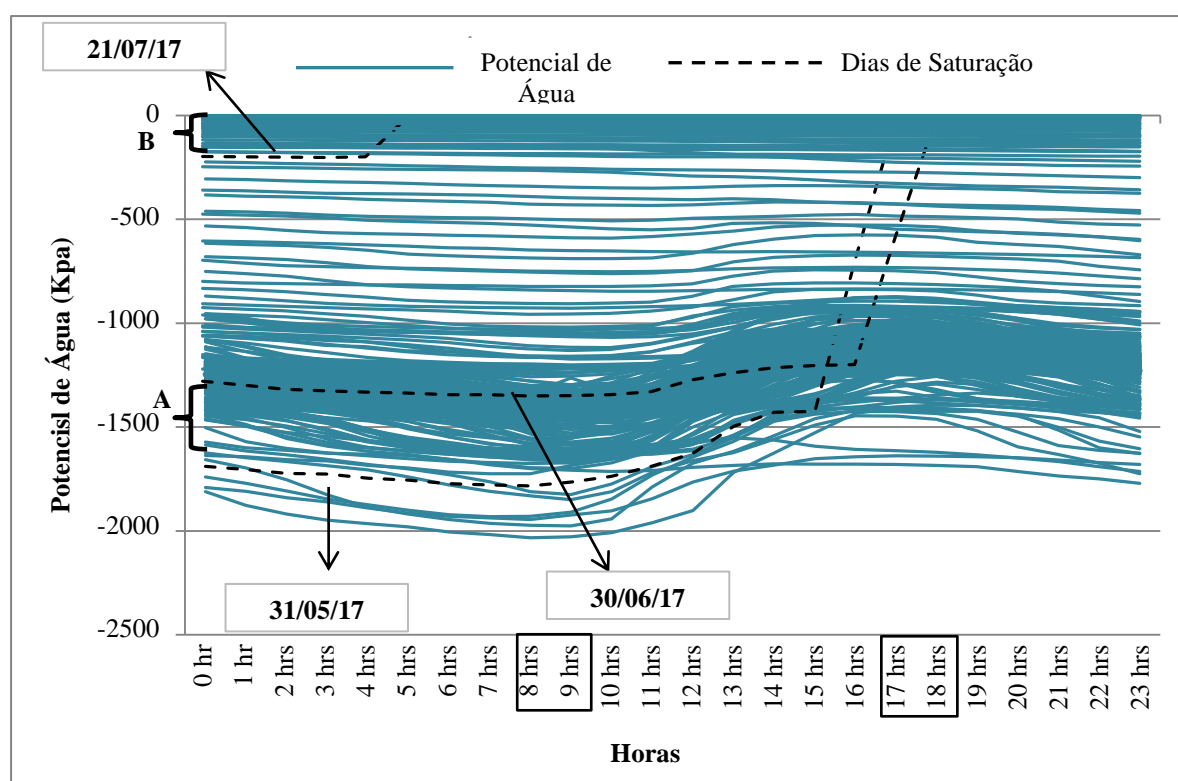


Figura 56: Comportamento Horário do Potencial de Água Sópé Coluvial ACH-T4

A água no sistema solo-planta busca sempre o equilíbrio termodinâmico (LACERDA, 2007), este equilíbrio tem como objetivo estabelecer o movimento para locais com maior energia. Nesse caso, através deste movimento é possível apontar o comportamento da planta.

O comportamento expresso na figura 56 mostra que a partir das 0h00 o potencial de água inicia um decréscimo, levando a diminuição de água disponível no solo para as plantas onde

seu ápice é entre 8h00 e 9h00, após este horário a um aumento do potencial de água (potencial de água menos negativo) ocasionando um pouco mais de água disponível no solo para as plantas com um ápice entre 17h00 e 18h00, após este horário o potencial de água começa a diminuir retornando ao estágio inicial das 0h00. Diante disto observa-se maior déficit hídrico (água menos disponível para as plantas) no intervalo de entre 8h00 e 9h00, enquanto que no intervalo entre 17h00 e 18h00 ocorre o menor déficit hídrico (água mais disponível para as plantas). Isto posto, indica-se que estes sejam os horários de fechamento e abertura dos estômatos respectivamente, onde o intervalo de 1 hora é destacado por ALQUINI *et al.*, (2003) como o período estomático de abrir e fechar.

O intervalo entre 8h00 e 9h00 (Figura 56) apresenta menos água disponível no solo condicionando o fechamento dos estômatos e reduzindo a absorção e a transpiração ou captação de CO<sub>2</sub>, ou seja, mesmo com esse horário ainda se caracterizar pelo domínio de temperaturas mais amenas e maiores umidades relativas do ar, as plantas começam a se resguardar para evitar a desidratação nas horas seguintes.

O intervalo entre 17h00 e 18h00 (Figura 56) apresenta um pouco mais de água disponível no solo condicionando a abertura dos estômatos, aumentando a absorção e a transpiração ou captação de CO<sub>2</sub>. Nesse caso, entendemos que a planta busca compensar o restante do dia.

Em outras palavras, conforme já dissemos em outro momento, estes intervalos estariam relacionados às condições atmosféricas de temperatura externa e umidade relativa do ar. O intervalo entre 8h00 e 9h00 antecede o período de mudança ao quais as temperaturas estão se elevando e a umidade relativa do ar está descendo (Figura 37), enquanto o intervalo entre 17h00 e 18h00 ocorre no exato momento do período de mudança onde as temperaturas estão decaindo e a umidade relativa do ar aumentando (Figura 37).

Assim, as observações destacadas anteriormente podem indicar o comportamento de plantas do tipo CAM, classificadas como sempre verdes ou perenifólias (SOUZA *et al.* 2015) com maior sensibilidade estomática do que espécies decíduas que evitam a seca mantendo as folhas e as trocas gasosas mesmo sob baixos potenciais hídricos, com uma clara tolerância ao déficit hídrico (ODENING *et al.* 1974).

A dinâmica da umidade no sopé coluvial ACH-T4 apresentou uma tendência em manter a umidade à medida que recebe eventos de precipitação. De acordo com os dados de umidade apresentados no intervalo de estudo (outubro/16 – agosto/17), a umidade saiu de 2.5% para 13.1%, onde se verificou que em um nível superior a 6% recebendo uma precipitação de 28.2 mm (01/07/17) a mesma tendeu a saturação, como foi exposto nos dados de potencial de água.

Diante disto, após a compreensão do potencial de água e umidade representado no compartimento de sopé coluvial será verificado o comportamento térmico.

As análises de temperatura do solo foram verificadas em duas áreas, a área de sopé coluvial de ACH-T4 que é compreendido por uma fitofissionomia arbórea e em uma área antropizada que está localizado próxima a estação climatologica do LAESA de fitofissionomia herbacea e arbustiva. Através destas observações foi possível distinguir o comportamento da temperatura do solo em fitofissionomias diferenciadas que sofreram condições de uso adversas.

Analisando o comportamento da temperatura do solo no periodo de outubro de 2016 a julho de 2017 (Figura 57) verificou-se que as temperaturas apresentam um comportamento de semelhante de maiores temperaturas de outubro/16 a março/17 com quedas de março/17 a julho/17.

As temperaturas da estação do LAESA tiveram maior valor no mês de novembro/16 e menor em julho/17, enquanto que as temperaturas do sensor MPS localizado em ACH-T4 apresentou maiores altas em novembro/16 e março/17 com baixa em julho/17.

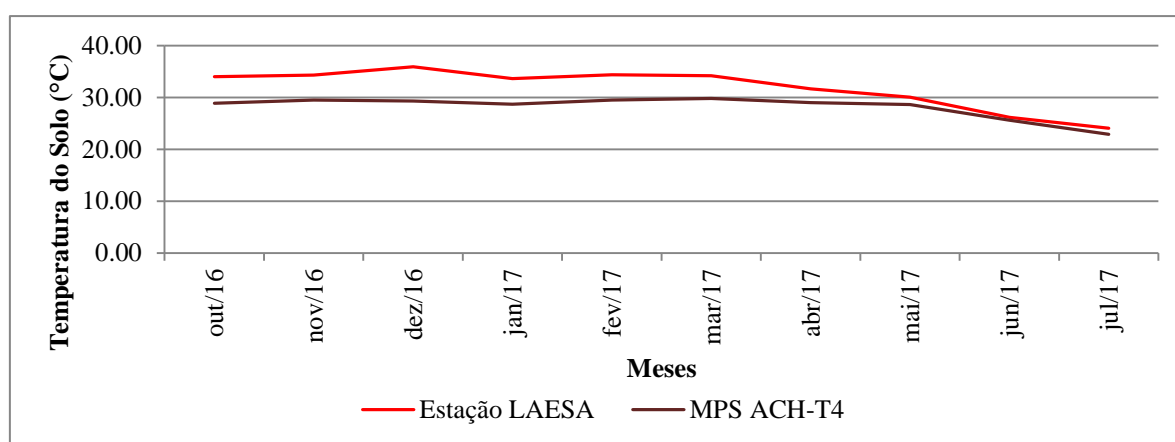


Figura 57: Comportamento da Temperatura do solo mensal Estação LAESA e Sensor MPS ACH-T4

O que se destaca na figura 57 são as temperaturas do sensor MPS ACH-T4 menores em relação à estação do LAESA. Este fato reforça o acondicionamento térmico proporcionado pela vegetação contida em ACH-T4 o que produz um ambiente mais úmido ao solo. A temperatura do solo de ACH-T4 no remete aos condicionantes de calor específico condutividade termica nos solos, onde a condutividade termica está ligada ao aumento de conteúdo de água (PREVEDELLO, 2016), o que faz com que as tempraturas não tenham grandes variações.

Para evidenciar melhor esta dinâmica observa-se na figura 58 o comportamento da temperatura do solo ao longo do dia.

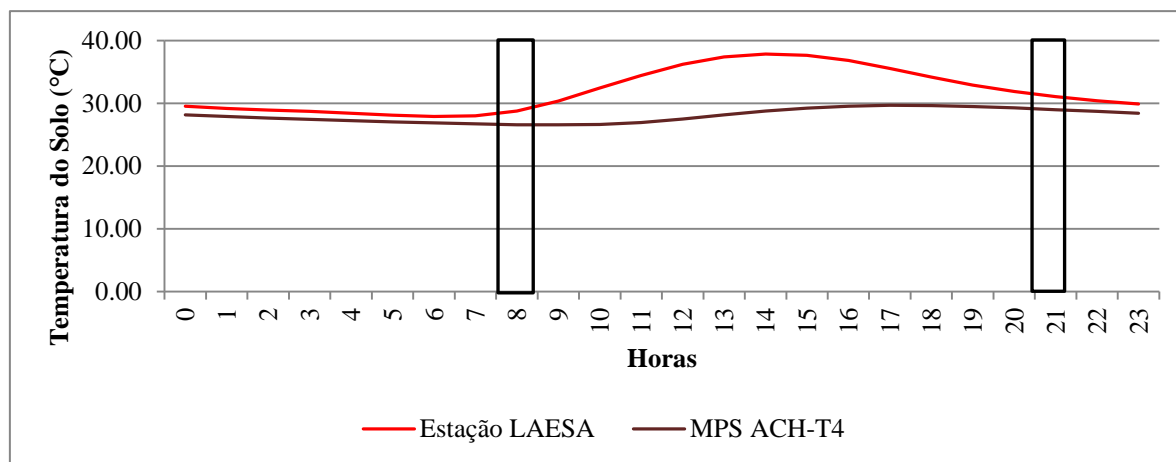


Figura 58: Comportamento da temperatura do solo horário estação LAESA e sensor MPS ACH-T4

A figura 58 mostra que o período de 0h a 8h apresenta-se mais ameno e o período de 9h a 15h o mais quente. Após este período a temperatura do solo começa a decrescer. Analisando a faixa mais alta de temperaturas, observa-se que a temperatura do sensor MPS ACH-T4 é muito inferior a da estação do LAESA, onde as do sensor MPS ACH-T4 não ultrapassa os 30 °C. Na faixas de temperaturas amenas há uma diferença de 1 °C, enquanto que na faixa mais quente há uma diferença de 8 °C. Essa condição reforça que mesmo imposto a temperaturas mais elevadas a área de ACH-T4 tem capacidade para manter este conforto termico no solo.

Observando os periodos em que a temperatura do ar e umidade se elevam e diminuem verifica-se que as 8h, a temperatura do solo responde crescendo, enquanto que as 21h quando a temperatura diminui e a umidade do ar aumenta, verifica-se que temperatura do solo também responde com uma queda.

Analisando a figura 59 observa-se as relações entre o potencial de água do solo e a temperatura. Levando em consideração que o potencial de água é um fator que acompanha a temperatura do solo, observa-se que os dois componentes seguem o mesmo padrão, onde no periodo de mais água disponível para as plantas de 8h temos menor temperatura do solo e de inicio de aumento da temperatura do ar, enquanto que no periodo de melhor disponibilidade para as plantas, de 16h a 18h, ocorre o aumento de temperatura do solo, onde em relação ao periodo mais ameno houve um aumento de apenas 2 °C, podendo se dizer que houve uma manutenção de menores temperaturas em comparação as do ar.

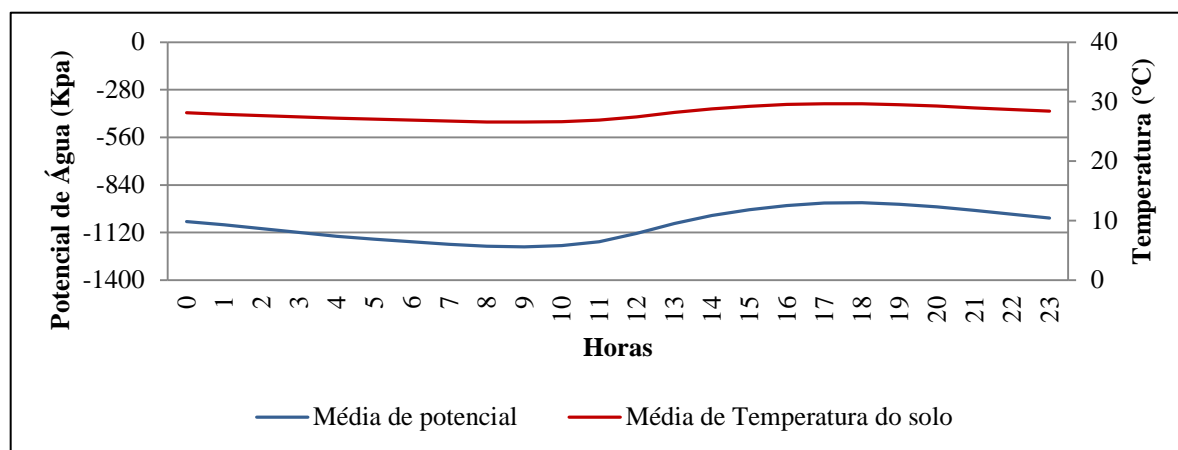


Figura 59: Relações de Potencial de Água e Temperatura do Solo ACH-T4

Após as análises das características pedológicas através da morfologia e física estabelecendo relações com o comportamento hidro-termico serão apresentadas as discussões destas análises com as características químicas inferindo aspectos da vegetação.

#### 3.5.3.5 Análise Química

A análise química dos perfis de solos proporcionou estabelecer relações com a presença da vegetação e suas condições de intemperismo e fertilidade. Os aspectos destacados na morfologia, física e química contribuem na formação do desenvolvimento solo, indicando através de seus elementos o impacto do contexto hidrológico que afeta principalmente as áreas próximas aos afloramentos rochosos.

Analisando a Tabela 12 observa-se que de modo geral no sitio Salambaia os valores de pH H<sub>2</sub>O são ácidos em todos os perfis, exceto nos solos dos perfis T3 (NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico) e P5 (LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico) que são mais afastados do afloramento rochoso. Esta condição reflete que de modo geral os solos mais próximos dos afloramentos rochosos estão em um nível maior de intemperismo proporcionando uma maior lixiviação de nutrientes, o que caminha para solos menos desenvolvidos, enquanto que os mais afastados apresentam características mais jovens e ricos em nutrientes, onde armazenam melhor essa fertilidade. Esta condição geral dos solos próximos aos afloramentos rochosos não significa que eles não possam ser solos férteis. O aumento da acidez está condicionado à alta presença de compostos orgânicos, o que pode ser observado nos valores de H+Al, o que caracteriza a presença de matéria orgânica.



Tabela 12: Análise Química dos Perfis de Solo Sítio Salambaia

T1 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Húmico léptico êutrico																		
Horizontes	Profundidades (cm)	EtC (Mg/há)																
	0 - 20	61.16																
	20 - 40	66.64																
	Profundidades (cm)	pH H2O	pH KCl	P	K+	Na+	Ca2+	Mg2+	Al3+	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MOS	P-Rem
				mg dm-3	cmolc dm-3								%				mg L <sup>-1</sup>	
A1	0 - 5	5.94	5.16	24.1	0.33	0.04	3.31	0.74	0	1.4	4.42	4.42	5.82	75.9	0	0.62	1.84	50
A2	5 - 25	5.42	4.41	12.4	0.38	0.05	3.91	0.74	0	4.2	5.08	5.08	9.28	54.7	0	0.58	5.27	43.4
A3	25 - 50	5.24	4.27	6.6	0.26	0.06	4.3	0.69	0.1	5	5.32	5.42	10.32	51.6	1.8	0.61	5.27	39
AC	50 - 90	5.02	4.02	7.5	71	0.06	2.84	0.4	0.57	5	3.48	4.05	8.48	41	14.1	0.74	2.96	34.7
T2 - NEOSSOLO LITÓLICO Hístico fragipânico arênico																		
Horizontes	Profundidades (cm)	EtC (Mg/há)																
	0 - 20	36.90																
	20 - 40	26.03																
	Profundidades (cm)	pH H2O	pH KCl	P	K+	Na+	Ca2+	Mg2+	Al3+	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MOS	P-Rem
				mg dm-3	cmolc dm-3								%				mg L <sup>-1</sup>	
O	0-5	5.65	4.77	31.2	0.26	0.12	6.96	1.56	0	6.4	8.9	8.9	15.3	58.2	0	0.75	14.49	44.2
AC	5-35	4.94	3.91	21.9	0.16	0.07	2.12	0.58	0.86	4.6	2.93	3.79	7.53	38.9	22.7	0.95	2.11	37
C	35-60	5.02	3.95	25	0.14	0.05	1.7	0.45	0.76	4.2	2.34	3.1	6.54	35.8	24.5	0.69	1.65	33.1

T3 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico																		
Horizontes	Profundidades (cm)	EtC (Mg/há)																
	0 - 20	15.16																
	Profundidades (cm)	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	P	K+	Na+	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MOS	P-Rem
				mg dm <sup>-3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>										%		mg L <sup>-1</sup>	
AC	0-20	6.23	5.19	19	0.91	0.12	4.16	1.3	0	0.9	6.49	6.49	7.39	87.8	0	1.68	0.92	50.7
T4 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico saprolítico																		
Horizontes	Profundidades (cm)	EtC (Mg/há)																
	0 - 20	37.78																
	20 - 40	8.27																
	Profundidades (cm)	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	P	K+	Na+	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MOS	P-Rem
				mg dm <sup>-3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>										%		mg L <sup>-1</sup>	
A1	0-8	5.1	4.29	17.4	0.33	0.09	4.32	1.48	0.19	5.3	6.22	6.41	11.52	54	3	0.77	5.27	41.8
A2	8-30	4.59	3.72	3.8	0.10	0.02	1.12	0.22	2.1	5.7	1.46	3.56	7.16	20.4	59	0.26	1.58	23.8
C	30-50	4.6	3.66	1.5	0.05	0.05	1.01	0.15	2.95	5.5	1.26	4.21	6.76	18.6	70.1	0.67	0.66	20.9
CR	50-100	5.06	3.56	0.6	0.03	0.12	1.8	0.23	2.57	3.8	2.18	4.75	5.98	36.5	54.1	2.07	0.4	23.9
T5 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragipânico																		
Horizontes	Profundidades (cm)	EtC (Mg/há)																
	0 - 20	30.09																
	20 - 40	7.62																
	Profundidades (cm)	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	P	K+	Na+	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MOS	P-Rem
				mg dm <sup>-3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>										%		mg L <sup>-1</sup>	
A	0-8	5.95	5.22	9.5	0.55	0.08	7.07	1.77	0	2	9.47	9.47	11.47	82.6	0	0.7	3.95	42.2
AC	8-35	5.17	3.84	2.4	0.14	0.15	3.15	1.72	0.67	3.1	5.16	5.83	8.26	62.5	11.5	1.82	1.32	40.1
CR	35-60	5.28	3.73	1.6	0.06	0.20	2.68	3.44	0.67	2.5	6.38	7.05	8.88	71.8	9.5	2.28	0.53	39.6

P6 (A) - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico úmbrico																		
Horizontes	Profundidades (cm)	EtC (Mg/há)																
	0 - 20	38.60																
	20 - 40	34.35																
	Profundidades (cm)	pH H2O	pH KCl	P	K+	Na+	Ca2+	Mg2+	Al3+	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MOS	P-Rem
				mg dm-3	cmolc dm-3									%			mg L <sup>-1</sup>	
A1	0-5	5.17	4.19	11.1	0.60	0.20	3.92	1.54	0.29	6.3	6.27	6.56	12.57	49.9	4.4	1.61	7.57	31.2
BA	5-40	4.63	3.77	2.6	0.18	0.05	1.22	0.29	3.14	6.8	1.73	4.87	8.53	20.3	64.5	0.53	3.29	20.9
Bi1	40-65	4.83	3.89	0.5	0.05	0.03	0.56	0.04	2.76	5.7	0.68	3.44	6.38	10.7	80.2	0.43	2.3	11.2
Bi2	65-82	4.64	4	0.5	0.04	0.05	0.67	0.01	2	5	0.77	2.77	5.77	13.3	72.2	0.78	1.58	7.5
Bi3	82-92	4.69	4.13	0.6	0.04	0.04	0.67	-0.01	1.43	4.1	0.73	2.16	4.83	15.1	66.2	0.75	1.32	7.7
BC	92-105	4.66	4.16	0.7	0.02	0.03	0.66	0	1.24	3.8	0.71	1.95	4.51	15.7	63.6	0.61	1.45	8.1
CR	105-150+	5.07	4.25	2.8	0.02	0.06	0.68	0	1.05	3	0.76	1.81	3.76	20.2	58	1.67	0.79	9.6
P6 (B) - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico léptico arênico																		
Horizontes	Profundidades (cm)	EtC (Mg/há)																
	0 - 20	45.78																
	20 - 40	23.20																
	Profundidades (cm)	pH H2O	pH KCl	P	K+	Na+	Ca2+	Mg2+	Al3+	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MOS	P-Rem
				mg dm-3	cmolc dm-3									%			mg L <sup>-1</sup>	
A	0-15	5.63	4.85	17.8	0.91	0.26	4.64	2.26	0	3.9	8.07	8.07	11.97	67.4	0	2.13	5.93	46.8
AC	15-40	5.17	3.9	3.9	0.58	0.12	1.07	0.9	0.57	4.1	2.66	3.23	6.76	39.3	17.6	1.7	1.98	47.3
CR	40-90	5.06	3.74	0.8	0.63	0.19	0.66	0.97	0.86	3	2.45	3.31	5.45	45	26	3.56	1.19	43.8

P6 (C) - NEOSSOLO LITÓLICO Húmico fragipânico êutrico																		
Horizontes	Profundidades (cm)	EtC (Mg/há)																
	0 - 20	86.50																
	20 - 40	24.74																
	Profundidades (cm)	pH H2O	pH KCl	P	K+	Na+	Ca2+	Mg2+	Al3+	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MOS	P-Rem
				mg dm-3	cmolc dm-3								%				mg L <sup>-1</sup>	
A	0-8	6.02	5.33	17.2	0.91	0.31	9.36	3.32	0	3.3	13.9	13.9	17.2	80.8	0	1.79	10.54	44.8
AC1	8-20	5.09	3.85	2.6	0.60	0.52	2.7	2.27	0.38	4.7	6.09	6.47	10.79	56.4	5.9	4.8	3.16	43.9
AC2	20-30	5.02	3.61	1.7	0.48	0.83	1.97	2.25	1.05	4.2	5.54	6.59	9.74	56.9	15.9	8.56	2.24	37
CR	30-40	5.02	3.45	1.7	0.30	1.23	1.46	1.85	1.14	4.1	4.85	5.99	8.95	54.2	19	13.77	1.71	39.2
P5 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico																		
Horizontes	Profundidades (cm)	EtC (Mg/há)																
	0 - 20	19.94																
	Profundidades (cm)	pH H2O	pH KCl	P	K+	Na+	Ca2+	Mg2+	Al3+	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MOS	P-Rem
					mg dm-3	cmolc dm-3								%				mg L <sup>-1</sup>
A	0-10	6.31	4.67	9.6	0.43	0.09	12.92	4.21	0	1.1	17.65	17.65	18.75	94.1	0	0.47	1.98	39.8
AB	10-40	6.53	4.85	2	0.17	0.28	19.53	5.68	0	0.8	25.66	25.66	26.46	97	0	1.06	1.05	37.4
Bt1	40-45+	7.08	5	4.3	0.06	1.10	25.13	13.53	0	0.5	39.82	39.82	40.32	98.8	0	2.73	0.4	41

Observando a Tabela 12 verifica-se que o comportamento ao longo dos horizontes nos perfis aponta para maior aporte de matéria orgânica nos horizontes superficiais e estoque de carbono, fato que poder ser destacado pelo EtC e MOS. No EtC se destacam com maiores estoques de carbono o perfil T1 e P6(C).

Na obtenção da quantidade de nutrientes que o solo consegue armazenar, observa-se a capacidade de troca catiônica (T). Verificando o a presença de teor de argila identificado em profundidade como apresenta os padrões obtidos, tem-se uma tendência à presença de nutrientes em horizontes mais profundos.

Comparando os resultados apresentados em pH H<sub>2</sub>O, H+Al e T verifica-se que apesar da alta acidez dos solos mais próximos aos afloramentos rochosos expressos nos valores de pH H<sub>2</sub>O o aporte de matéria orgânica condiciona a dinâmica dos nutrientes do solo, isto ocorre muito pela presença da vegetação.

Diante do panorama acima é possível estabelecer uma análise de nutrientes relacionando a quantidade de argila e os valores de capacidade de troca catiônica (T). Observa-se que todos os perfis de solo analisados apresentam uma correlação forte entre a quantidade de argila e T.

No comportamento de correlação entre os horizontes dos perfis verifica-se que os perfis T1, T2, T4, T5, P6(B) e P5 apresentaram correlações fortes, fato que aponta um melhor armazenamento de nutrientes nestes perfis (Tabela 13).

Tabela 13: Correlações entre Argila e T Sitio Salambaia

Perfis	Correlação Linear	Classificação
T1 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Húmico léptico êutrico	0.89	Positiva Forte
T2 - NEOSSOLO LITÓLICO Hístico fragipânico arênico	0.99	Positiva Forte
T3 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico		
T4 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico saprolítico	-0.82	Negativa Forte
T5 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragipânico	-0.83	Negativa Forte
P6 (A) - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico úmbrico	-0.016	Negativa Fraca
P6 (B) - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico léptico arênico	0.85	Positiva Forte
P6 (C) - NEOSSOLO LITÓLICO Húmico fragipânico êutrico	0.21	Positiva Fraca
P5 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico	0.97	Positiva Forte

Como o ambiente estudado é pouco intemperizado observa-se que o solo do perfil P6(A) apresentou-se o mais adverso em termos de correlação entre argila e T. Apesar deste fato, este solo apresentou uma boa quantidade de argila e consequentemente T, mas a despeito do

aumento de argila à medida que alcança horizontes mais profundos há uma diminuição de T, isto em função do aumento do pH H<sub>2</sub>O o que indica uma diminuição de matéria orgânica.

Estas características peculiares condicionam a destacar o comportamento dos elementos químicos de base. A saturação por base (V) auxilia na determinação de um solo eutrófico ou distrófico. Um solo eutrófico indica boa fertilidade, enquanto que num distrófico ela é baixa.

A tabela 12 apresenta valores de V com solos mais eutróficos na superfície e distróficos à medida que vai ficando mais profundo, onde essa condição de fertilidade é dada pela presença da matéria orgânica (MOS) (Tabela 14).

O único caso divergente é do perfil T1, onde apesar de um aumento de argila e consequentemente T nos horizontes mais profundos, ocorre um aumento da distrofia (V) que está condicionado ao aumento da acidez (H+Al), deixando o solo mais pobre, onde parte é compensado pela presença da matéria orgânica nos horizontes mais profundos.

Os perfis de solos mais próximos ao afloramento rochoso (T1, T2, T4, T5, P6(A), P6(B), P6(C)) apresentaram de modo geral 65% de MOS na superfície, destacando-se os perfis T2, T4, T5 e P6(B).

Tabela 14: Porcentagem de matéria orgânica na superfície Sitio Salambaia

<b>Perfis</b>	<b>% MOS na Superfície</b>
T1 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Húmico léptico êutrico	11.99
T2 - NEOSSOLO LITÓLICO Hístico fragipânico arênico	79.4
T3 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico	92
T4 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico saprolítico	66.62
T5 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragipânico	68.1
P6 (A) - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico úmbrico	41.37
P6 (B) - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico léptico arênico	65.16
P6 (C) - NEOSSOLO LITÓLICO Húmico fragipânico êutrico	59.72
P5 - LUVISSOLO CRÔMICO Ôrtico vertissólico	57.73

Destacando o perfil mais divergente dos analisados, observa-se que o perfil P5 (mais afastado do afloramento rochoso) apesar de apresentar boa atividade de argila, capacidade de troca catiônica (T) e riqueza em bases, ele é pobre em matéria orgânica (MOS) e nutrientes.

Outro ponto a ser ressaltado está no fósforo remanescente (P-Rem) que corresponde à mineralogia do solo. De acordo com estudos de fertilidade química do solo, quando o valor de P-Rem atinge 60 mg L<sup>-1</sup>, temos um solo menos argiloso e com argila intemperizada.

Observa-se que todos os valores de fósforo remanescente se encontram praticamente na mesma proporção em todos os perfis de solo, exceto no perfil P6(A) (CAMBISSOLO

HÁPLICO Tb Distrófico úmbrico), isto é pelo fato da presença de óxido de ferro, onde a goetita e hematita adsorvem muito fósforo e assim tendem a baixar o P-Rem. Este fato indica que os demais solos tem uma mineralogia muito incipiente que lembra muito o material de origem.

Assim, os dados analisados até o momento indicam que nos perfis de solo próximos aos afloramentos rochosos, apesar de ser uma zona intemperizada, é a matéria orgânica que condiciona o seu desenvolvimento. Ressalta-se que a presença de altos percentuais de matéria orgânica só é possível pela presença da vegetação que está condicionada aos aspectos de contribuição hidrológica proporcionada pela presença do afloramento rochoso.

Os resultados que podem comprovar a importância da argila na atividade vegetativa podem ser observados na tabela 15. Comparando o comportamento da capacidade de troca catiônica (T) com a presença de matéria orgânica observa-se que todos os solos são dependentes da presença da argila.

Tabela 15: Correlações entre T e MOS Sitio Salambaia

Perfis	Correlação Linear	Classificação
T1 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Húmico léptico eútrico	0.91	Positiva Forte
T2 - NEOSSOLO LITÓLICO Hístico fragipânico arênico		
T3 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico	0.99	Positiva Forte
T4 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico saprolítico	0.99	Positiva Forte
T5 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragipânico	0.91	Positiva Forte
P6 (A) - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico úmbrico	0.98	Positiva Forte
P6 (B) - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico léptico arênico	0.99	Positiva Forte
P6 (C) - NEOSSOLO LITÓLICO Húmico fragipânico eútrico	0.99	Positiva Forte
P5 - LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico	0.96	Positiva Forte

Apesar da argila se apresentar menos influente na capacidade de troca catiônica (T) nos solos dos perfis P6(A) e P6(C) ela se apresenta primordial para a manutenção da matéria orgânica. A dinâmica da argila é o fator essencial na manutenção dos nutrientes e fertilidade do solo. A presença da vegetação como produtor de matéria orgânica reforça a manutenção dessas condições, isto é refletido quando observamos os solos mais próximos dos afloramentos rochosos a despeito dos mais distantes.

Objetivando estabelecer uma comparação nos padrões de comportamento da pedogênese dos solos das encostas cristalinas observou-se a dinâmica da vegetação através de levantamento fitossociológico.



### 3.5.4 Vegetação das Encostas do Sítio Salambaia

Os levantamentos fitossociológicos realizados nas áreas de estudo tiveram como objetivo identificar a diversidade e principalmente a origem das espécies em termos de bioma original, além de auxiliar na diferenciação na distribuição das espécies que compõem os sopés coluviais (caatinga preservada) e áreas mais distantes (caatinga antropizada) e sua relação com a umidade local.

Inicialmente foi feita uma caracterização botânica das espécies que compõe as regiões de relevos residuais destacando família, ocorrência na Paraíba, origem e endemismo. Posteriormente discutimos sobre as espécies encontradas relacionando as mais exigentes em água, ressaltando seus biomas de origem e a proximidade com os afloramentos rochosos.

As localizações das parcelas foram determinadas de acordo com a proximidade com os afloramentos rochosos (Figura 13). Analisando estas proximidades verificou-se que as parcelas estão contidas em tipologias geomorfológicas diferentes, denominadas de acordo com os estudos de Cavalcanti *et al.* (2016).

O sítio Salambaia é compreendido pelas parcelas de 1 a 6. Os compartimentos geomorfológicos de sopé coluvial estão situados nas parcelas 1 e 6, encosta de talús na parcela 4, fratura de topo parcela 2, blocos residuais parcela 3 e pedimento parcela 5. No geral, foram identificadas 97 espécies distribuídas em 35 famílias.

Dentre as espécies encontradas existem 15 para as quais até então não havia registro de ocorrência na Paraíba: *Acalypha brasiliensis* Müll.Arg, *Baccharis crispa* Spreng, *Calyptanthus lucida* Mart. ex DC, *Chloroleucon tortum* (Mart.) Pittier, *Cnidoscolus urens* var. *neglectus* (Pohl) Lourteig, *Colicodendron yco* Mart, *Cordia rigida* (K.Schum.) Kuntze, *Ditaxis desertorum* (Müll.Arg.) Pax & K.Hoffm, *Erythroxylum suberosum* A.St.-Hil, *Libidibia ferrea* var. *leiostachya* (Benth.) L.P.Queiroz, *Pisonia ambigua* Heimerl, *Pouteria gardneriana* (A.DC.) Radlk, *Savia sessiliflora* (Sw.) Willd, *Sebastiania macrocarpa* Müll. Arg, *Wedelia villosa* e duas não nativas (*Lantana camara* L, *Prosopis juliflora* (Sw) DC) com 57 não endêmicas, 32 endêmicas e 8 desconhecidas (Apêndice C).

Para exemplificar a identificação e distribuição dessas espécies será observado primeiramente o comportamento bioclimático proveniente da metodologia Câmara & Martinez. (2007). Para a geração destes indicadores foram testadas as capacidades de campo de cada tipo de solo provenientes do levantamento pedológico, precipitação e temperatura.

### 3.5.4.1 Balanço Bioclimático

No sitio Salambaia foram encontrados três índices bioclimáticos, índice bioclimático potencial (IBPc), índice bioclimático seco (IBSc) e intensidade bioclimática condicionada (IBCc) (Figura 60).

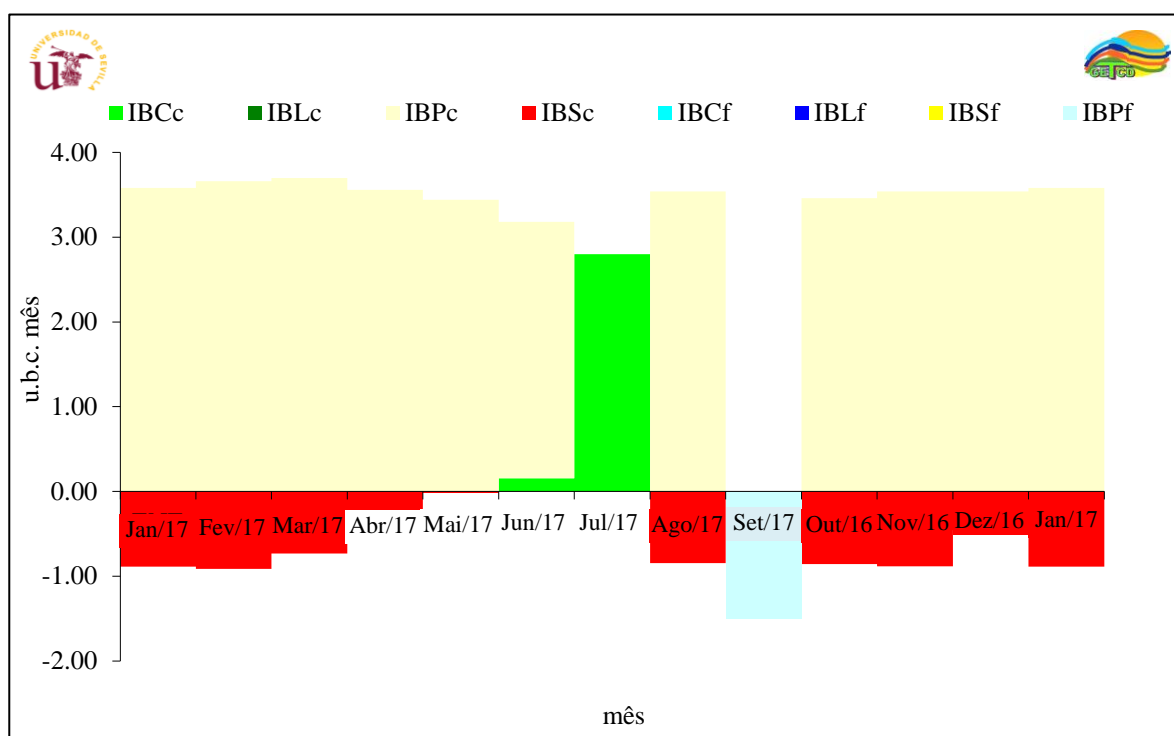


Figura 60: Diagrama Bioclimático Sítio Salambaia

De modo geral as respostas dos índices bioclimáticos representam um período predominante de ausência de atividade vegetativa com ocorrência de resposta das plantas apenas em dois meses (junho e julho). O aumento da atividade vegetativa nos meses de junho e julho de 2017 indicados pelo IBC é devido às precipitações decorrentes nesses meses. O mês de setembro não foi considerado, pois não existiam dados.

Este panorama reforça que após uma precipitação de 98 mm nos meses de junho e julho identificado pelos dados pluviométricos da estação do LAESA o solo conseguiu corresponder com uma dinâmica de umidade que favoreceu a atividade vegetativa. Essa condição reforça que do ponto de vista macroclimático há um regime não favorável à atividade vegetativa, embora os aspectos microclimáticos favoreçam a sua manutenção, conforme já comentamos em outro momento desse trabalho.

### 3.5.4.2 Levantamento Fitossociológico

Foram efetuadas seis parcelas para identificação das plantas nos levantamentos fitossociológicos, nas proximidades do afloramento rochoso (Apêndice C). A distribuição dos indivíduos em cada parcela é analisada de acordo com sua espécie, onde são destacadas as mais exigentes em água (*Allophylus quercifolius* (Mart.) Radlk; *Calyptranthes lucida* Mart. ex DC; *Chloroleucon tortum* (Mart.) Pittier; *Erythroxylum suberosum* A.St.-Hil.; *Hymenaea rubriflora* Ducke; *Libidibia ferrea* var. *leiostachya* (Benth.) L.P.Queiroz; *Myroxylon peruiferum* L.f.; *Pisonia ambigua* Heimerl; *Vitex orinocensis* Kunth) (Apêndice D). Os resultados identificados apontam para as parcelas 6 e 4 como as que apresentam maior quantidade indivíduos provenientes das espécies mais exigentes em água, enquanto que as parcelas 1, 2, 3 e 5 são dominadas por espécies menos exigentes em água.

Foram identificadas 296 ocorrências de indivíduos de espécies mais exigentes em água, onde a parcela 6 foi a que apresentou a maior quantidade nessa categoria, com 124 indivíduos, enquanto a parcela 4 teve a ocorrência de 87 indivíduos correspondendo a 29%. As parcelas 1, 2 e 3 também apresentaram espécies mais exigentes em água, onde na parcela 1 houve a ocorrência de 38 indivíduos que corresponde a 12% desse total, enquanto que a parcela 2 apresentou 43 indivíduos, correspondendo a 14% e a parcela 3 com 4 indivíduos correspondendo a 1%. A parcela 5 não apresentou nenhuma espécie mais exigente em água.

No que corresponde a cada espécie destacada no apêndice D observa-se que algumas foram predominantes em determinadas parcelas. *Allophylus quercifolius* (Mart.) Radlk teve 100% de indivíduos concentrados na parcela 1, a espécie *Calyptranthes lucida* Mart. ex DC apresentou 100% de seus indivíduos na parcela 4, a espécie *Chloroleucon tortum* (Mart.) Pittier teve uma distribuição nas parcelas 1, 2, 3 e 6 com predominância nas parcelas 2 (33%), 6 (27%) e 1 (22%). No que corresponde a espécie *Erythroxylum suberosum* A.St.-Hil observa-se também uma distribuição entre as parcelas, onde há uma predominância na parcela 6 de 71 indivíduos com 77% de ocorrência, esta espécie foi a que apresentou maior índice de ocorrência entre todas as espécies mais exigentes em água. A *Hymenaea rubriflora* Ducke apresentou-se distribuídas nas parcelas 1, 2, 4 e 6, onde houve uma predominância de 34% na parcela 6 seguido por 25% nas parcelas 2 e 4, o que corresponde a 37 e 28 indivíduos respectivamente. A *Libidibia ferrea* var. *leiostachya* (Benth.) L.P.Queiroz destacou-se nas parcelas 4 e 1, onde teve uma predominância de 35% na parcela 4 e 29% na parcela 1. A *Myroxylon peruiferum* L.f teve uma presença maior na parcela 4 com 96% de ocorrência, o

que corresponde a 26 indivíduos. A *Pisonia ambigua* Heimerl apresentou 73% de ocorrência na parcela 1 com 11 indivíduos. A espécie *Vitex orinocensis* Kunth teve 100% de ocorrência na parcela 6 com 6 indivíduos.

Entre as espécies mais exigentes em água, as que mais se destacam são *Hymenaea rubriflora* Ducke e *Erythroxylum suberosum* A.St.-Hil, responsáveis por quase 70% da ocorrência nessa categoria (Tabela 16).

Tabela 16: Porcentagem de ocorrência de indivíduos das espécies mais exigentes em água Sítio Salambaia.

Nome Científico	%
<i>Allophylus quercifolius</i> (Mart.) Radlk.	0.6
<i>Calyptanthus lucida</i> Mart. Ex DC	3.7
<i>Chloroleucon tortum</i> (Mart.) Pittier	6
<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.	31
<i>Hymenaea rubriflora</i> Ducke	36
<i>Libidibia ferrea</i> var. <i>leiostachya</i> (Benth.) L.P. Queiroz	5.7
<i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.	9
<i>Pisonia ambigua</i> Heimerl	5
<i>Vitex orinocensis</i> Kunth	2
<b>TOTAL</b>	100%

Os resultados apresentados reforçam que as parcelas mais próximas ao afloramento rochoso apresentam padrões distintos ao padrão xerófilo predominante na Caatinga. Partindo desta perspectiva de modo mais detalhado, observa-se que os gráficos das figuras que se seguem representam a ocorrência de espécies mais exigentes em água na base do sopé coluvial, enquanto as espécies de padrão xérico ocorrem à medida que o afloramento rochoso se distancia.

As parcelas 1 e 6 se concentraram em uma área de sopé coluvial, onde o transecto destacado abaixo representa o comportamento da distribuição das espécies a medida que se distancia do afloramento rochoso. É possível observar que estas referidas parcelas apresentam uma ocorrência de espécies mais exigentes em água na base do afloramento rochoso, onde na parcela 1 predominam *Hymenaea rubriflora* Ducke, *Chloroleucon tortum* (Mart.) Pittier e *Pisonia ambigua* Heimerl e a medida que o afloramento fica mais distante observamos as menos exigente em água destacando-se *Sidastrum paniculatum*, *Senna martiana* e *Sida galheirensis* (Figura 61).

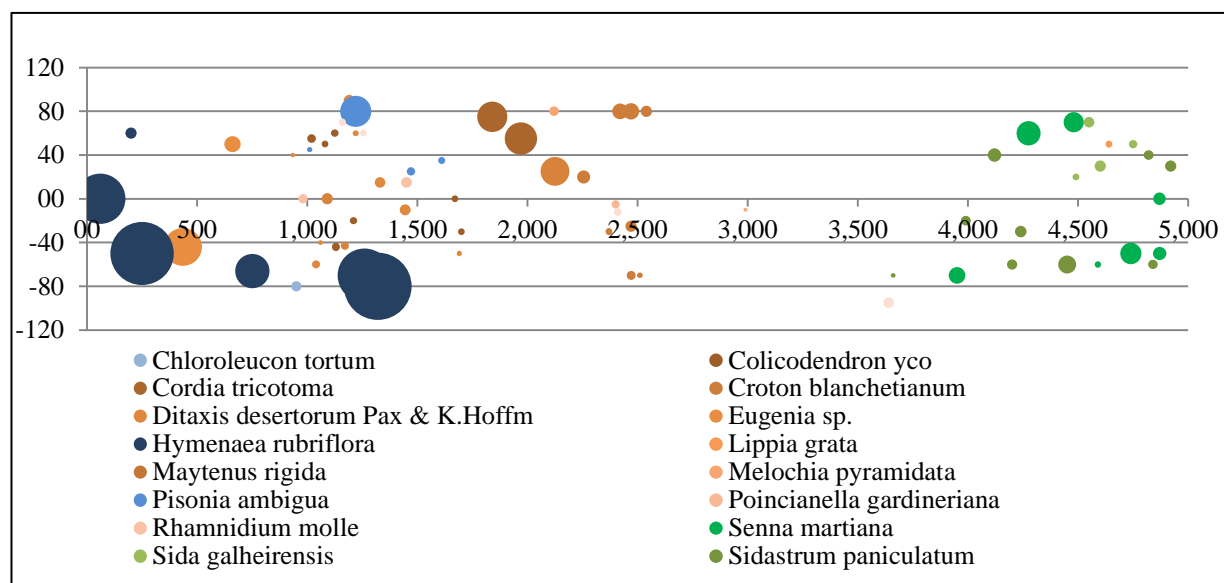


Figura 61: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 1 Sitio Salambaia

Na mesma perspectiva da parcela 1 observa-se que na parcela 6 houve uma predominância na base do afloramento rochoso de espécies mais exigentes em água como *Vitex orinocensis* Kunth, *Erythroxylum suberosum* A.St.-Hil e *Hymenaea rubriflora* Ducke. No que corresponde as espécies mais afastadas e menos exigentes em água tem-se uma predominância de *Cordia rigida* (K.Schum.) Kuntze, *Tacinga inamoena* (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy e *Myracrodruon urundeuva* e *Allemao* (Figura 62).

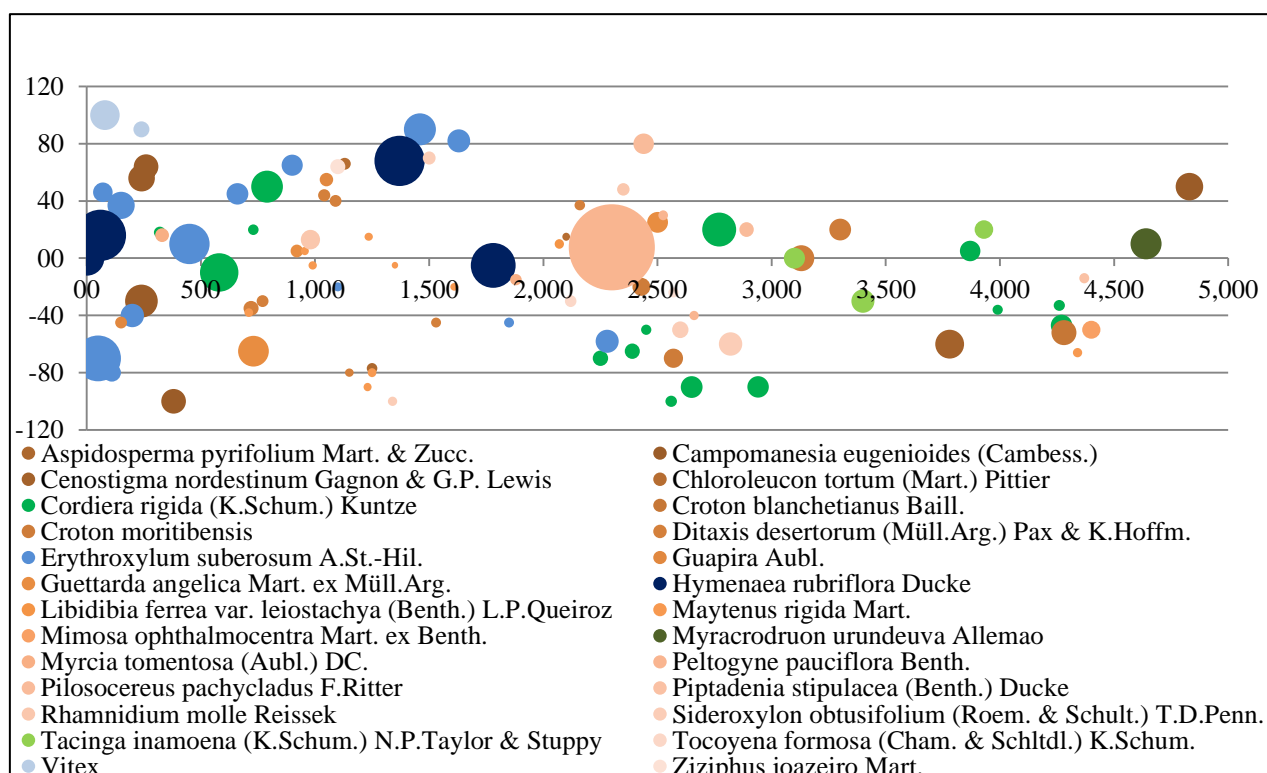


Figura 62: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 6 Sitio Salambaia

As duas parcelas de sopé coluvial citadas anteriormente apresentam um padrão de predominância de espécies mais exigentes em água até 25 m do início da base do afloramento, ou seja, a atuação da umidade do solo provocado pelo escoamento da água proveniente do afloramento rochoso compromete até esta distância, sendo esta faixa a de melhor concentração de solos mais desenvolvidos como foi observado nas discussões pedológicas.

Assim observa-se a parcela 4, com o maior destaque nessa categoria onde a mesma se localiza em uma encosta de talús favorecendo melhor a manutenção de solos mais desenvolvidos. Observamos também que as espécies encontradas nessa parcela são as mesmas identificadas com frequência nas áreas de sopé coluvial das parcelas 1 e 6 como *Hymenaea rubriflora* Ducke e *Erythroxylum suberosum* A.St.-Hil e *Libidibia ferrea* var. *leiostachya* (Benth.) L.P.Queiroz (Figura 63).

Além das espécies mais exigentes em água encontradas na parcela 4, deve-se destacar a ocorrência de espécies que apesar de serem classificadas como do bioma Caatinga, são um pouco mais exigentes em água, pois sua ocorrência está relacionada às áreas de mata ciliar como *Handroanthus impetiginosus* e *Tocoyena formosa*.

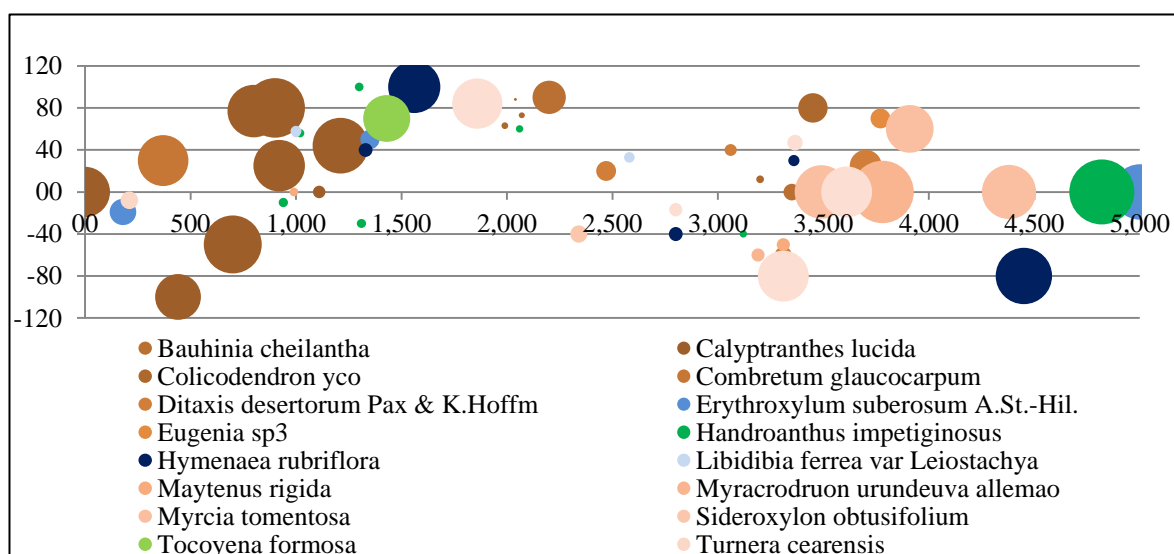


Figura 63: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 4 Sitio Salambaia

As parcelas 2, 3 e 5 apresentam comportamento adverso às parcelas anteriores. O comportamento da parcela 2 é semelhante a áreas de caatinga de pedimento, onde são áreas de constante uso humano. A parcela 2 localiza-se em uma área de topo plano condicionada a fraturas que apresentam acondicionamento de solos em alguns casos melhor desenvolvidos.

Diante disto serão observadas duas situações inerentes a parcela 2, uma em fraturas mais esparsas com predominância de Neossolos Litólicos, e outra em fratura linear de solos com

maior concentração de matéria orgânica. A figura 64 apresenta uma distribuição de espécies em fraturas mais alongadas com predominância de Neossolo Litólico. Observa-se que a maioria das espécies identificadas são menos exigentes em água como *Aspidosperma pyrifoliun*, *Commiphora leptophloeos* e *Jatropha molíssima* nativas da Caatinga.

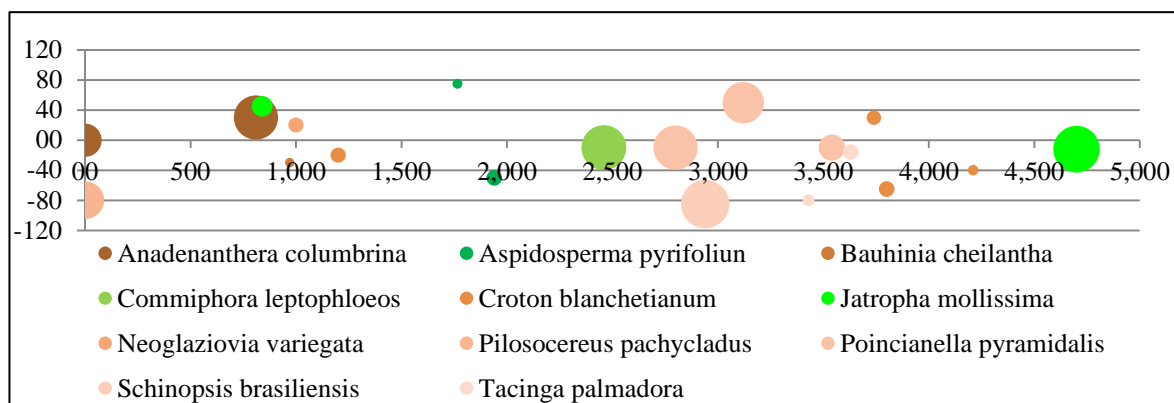


Figura 64: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 2 Fratura caatinga comum Sítio Salambaia

No que concerne à fratura linear que apresenta maior acúmulo de matéria orgânica observa-se uma ocorrência de espécies mais exigentes em água. Dentre as identificadas destacam-se *Pisonia ambigua*, *Hymenaea rubriflora* Ducke, *Libidibia ferrea* var. *leiostachya* (Benth.) L.P.Queiroz, além de das típicas de mata ciliar e vales encontradas na caatinga como *Handroanthus impetiginosus* e *Tocoyena formosa* (Figura 65).

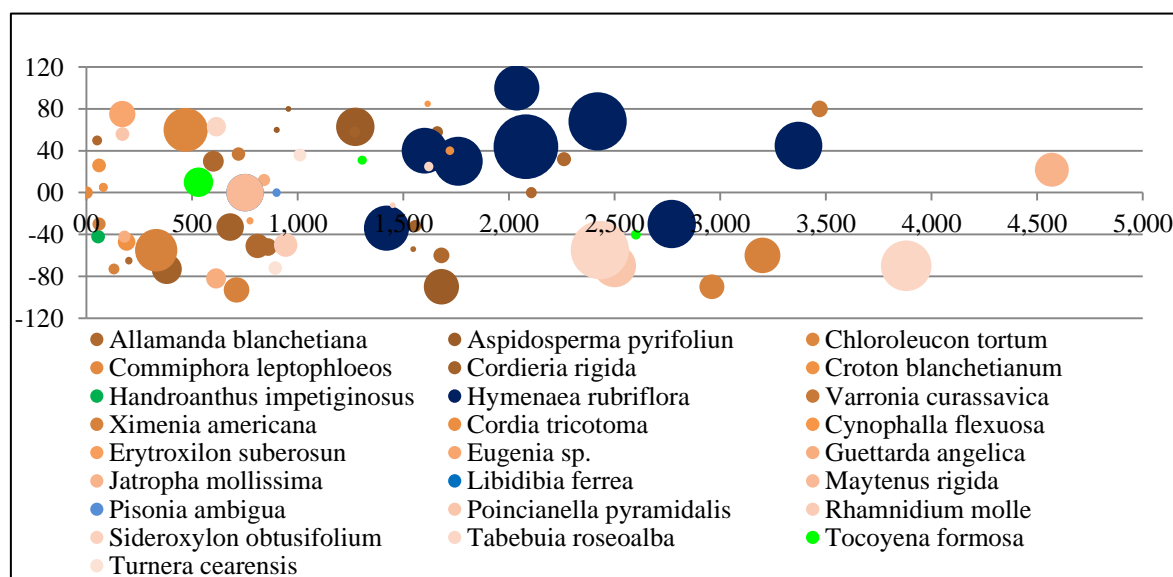


Figura 65: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 2 Fratura linear espécies mais exigentes em água Sítio Salambaia



Os resultados apresentados na parcela 2 reforçam que dependendo da condição estabelecida no afloramento rochoso, pode-se gerar acumulo de matéria orgânica no solo o que colabora para o desenvolvimento dessas espécies mais exigentes em água, padrão semelhante ao encontrado na fratura que corresponde ao perfil de solo T1, onde foi encontrado um Neossolo Regolítico Húmico léptico êutrico com alta presença de matéria orgânica.

As parcelas analisadas até então apresentam um padrão que destaca a condição geomorfológica que auxilia no favorecimento na formação dessas paisagens. Diante disto serão observados padrões adversos que foram encontrados nas parcelas 3 e 5 que se encontram mais distantes do afloramento rochoso.

A parcela 3 está situada em uma área de blocos residuais provenientes do descolamento intemperico provocado no afloramento rochoso principal. Essa condição gerou o estabelecimento de algumas espécies mais exigentes em água e outras de aspecto de mata ciliar e vales da Caatinga. A figura 66 representa a distribuição dessas espécies em uma área de blocos residuais onde temos, entre outras: *Libidibia ferrea* var. *leiostachya* (Benth.) L.P. Queiroz, *Ziziphus joazeiro* e *Myracrodruon urundeuva* Allemão embora grande parte das espécies identificadas sejam nativas da caatinga, como *Poincianella gardineriana* e *Jatropha molíssima*.

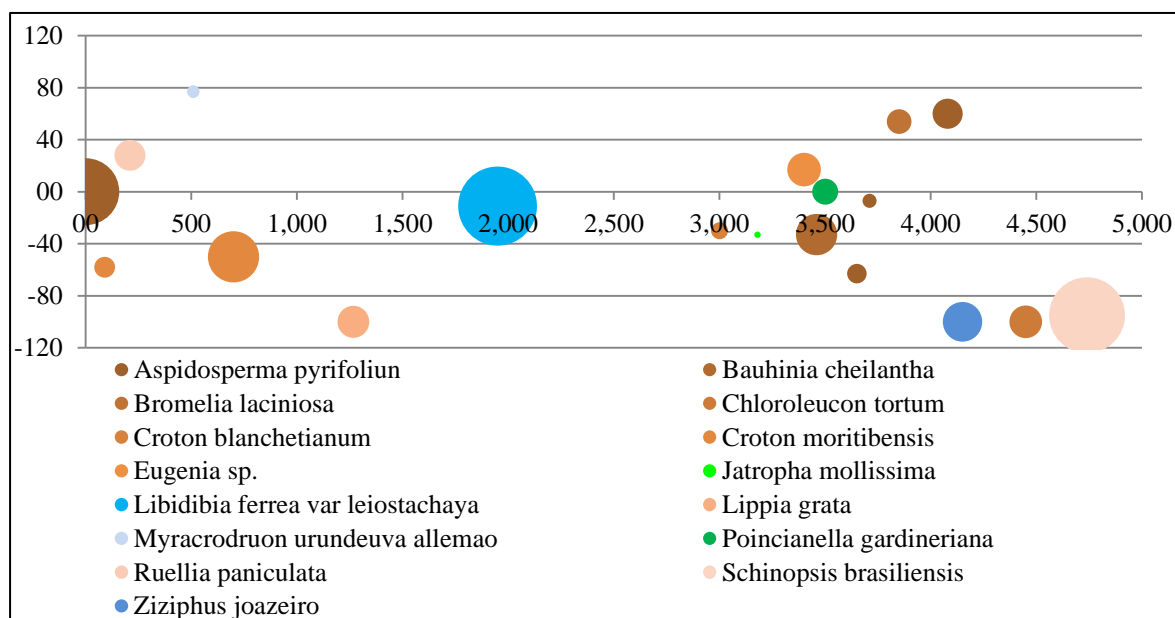


Figura 66: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 3 Sítio Salambaia

Dentre as parcelas analisadas, a de número 5 (Figura 67) foi a que apresentou um padrão menos diverso. Com um comportamento típico xerófilo observa-se que a maioria das espécies

são nativas da Caatinga, exceto *Prosopis juliflora* (Sw) DC, exótica sulamericana introduzida na Caatinga.

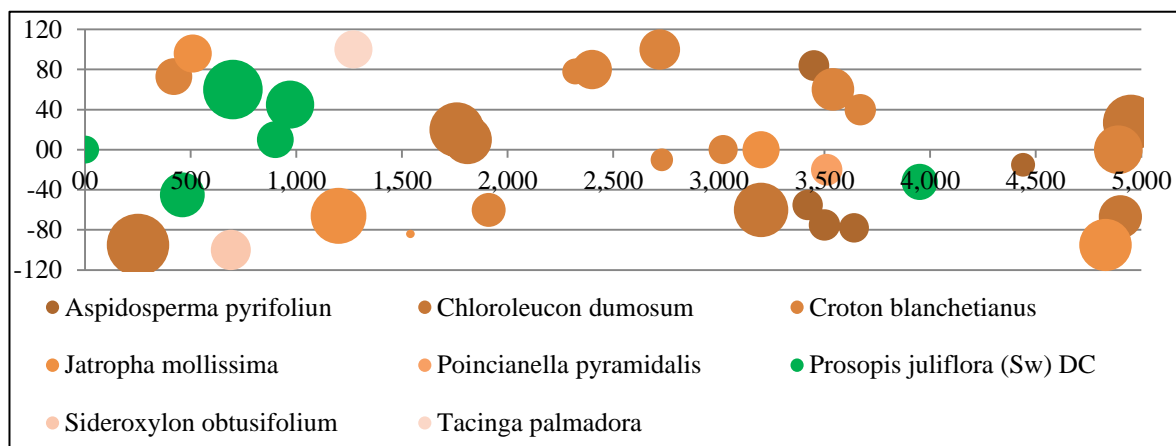


Figura 67: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 5 Sítio Salambaia

A partir do mesmo pressuposto das discussões estabelecidas no sítio Salambaia serão desenvolvidos as análises para as encostas na serra da Engabelada. Apesar da serra da Engabelada não ser composta de equipamentos de monitoramento, os resultados pedológicos e de levantamento fitossociológico foram suficientes para expressar o potencial de suas encostas.

### 3.6 Encostas da Serra da Engabelada

As encostas da serra da Engabelada destacadas compreendem há cinco parcelas de análise fitossociológica e quatro perfis de solo com o objetivo de representar as diferentes características dos solos ao momento que se distanciam das encostas. Para sustentar estas características desenvolveu-se a identificação das tipologias geomorfológicas pelas unidades de paisagem e seu potencial hidrológico por suas condições de captação e armazenamento.

#### 3.6.1 Unidades de Paisagem

Na serra da Engabelada foram identificadas 66 tipologias geomorfológicas (Apêndice E). Em comparação com o sítio Salambaia a área analisada na serra da Engabelada apresentou algumas tipologias distintas, dentre elas, patamar e escarpas (Figura 68).

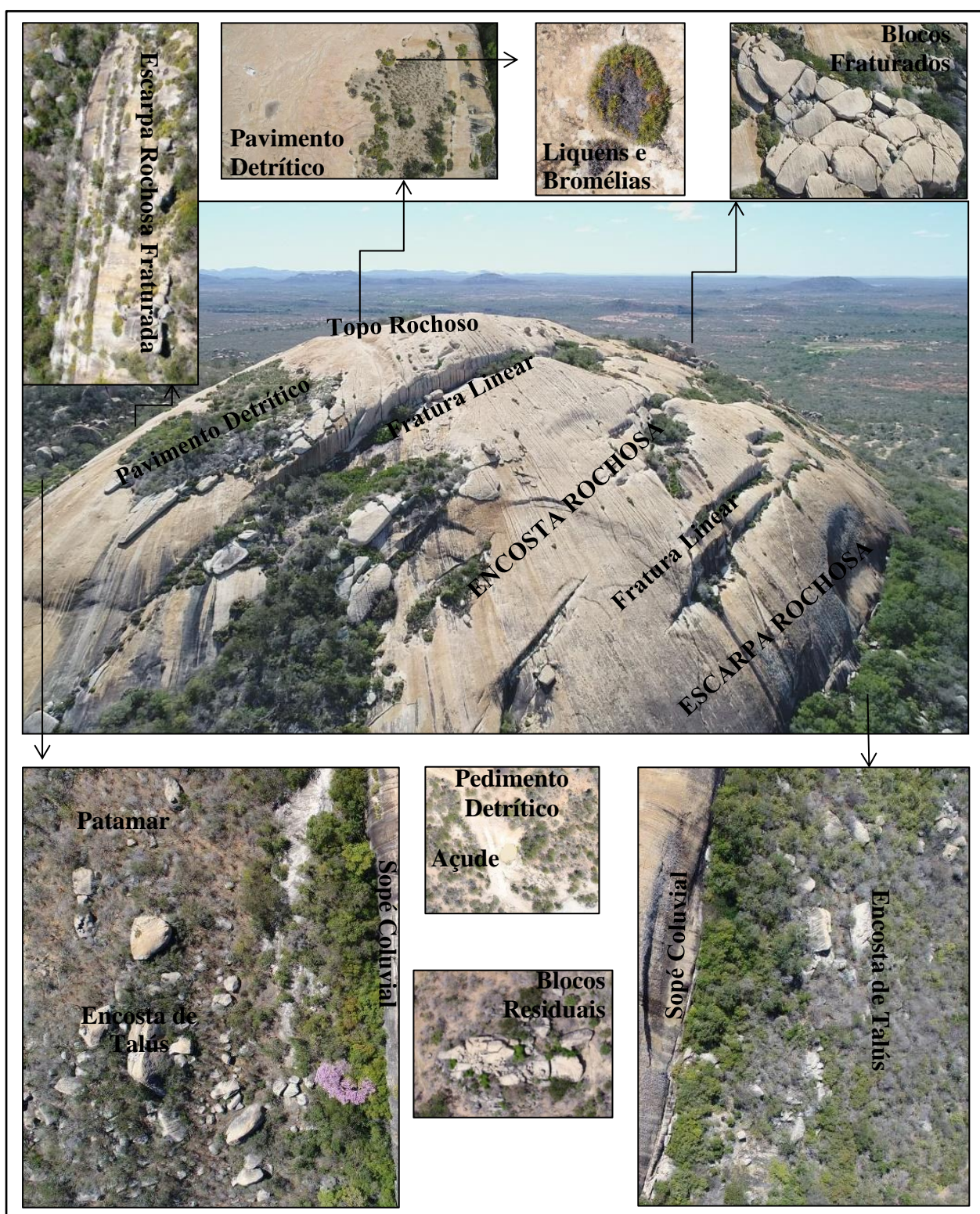


Figura 68: Tipologias Geomorfológicas - Serra da Engabelada

Do mesmo modo que no sitio Salambaia, a serra da Engabelada apresentou aspectos de comportamento hidráulico como a identificação das linhas de drenagem (caneluras) nas áreas de encostas e escarpas, evidenciando a contribuição para as áreas de sopé coluviais. As áreas





Ao analisar as características das unidades de paisagem observadas no apêndice E verifica-se uma predominância de tipologias geomorfológicas de sopé coluvial e encosta de talús no entorno do afloramento rochoso. Estas áreas de complexo acesso para homem apresenta uma predominância de fitofisionomia arbórea, algo que indica uma variação na paisagem em comparação ao restante da região.

Além dos sopés coluviais e encosta de talús as áreas de condições fraturadas representadas por rampa coluvial, blocos e fraturas condicionaram a presença de zonas de fitofisionomias diferenciadas com a presença de tipos de vegetações adversas a zonas de declividades menos acentuadas.

A constatação dessas áreas de entorno (sopé coluvial, rampa, blocos) com fitofisionomias diferenciadas indicando a presença de espécies de vegetação diferenciadas colabora para compreender que os aspectos geomorfológicos são essências na formação da paisagem e manutenção dos aspectos hidrológicos, pedológicos e fitogeográficos.

### 3.6.2 Condição Hidrológica

Ao estabelecer as unidades de paisagens serão destacadas as condições hidrológicas do mesmo modo que no sitio Salambaia. A serra da Engabelada apresentou características diferentes do sitio Salambaia, mas na mesma perspectiva de contribuição.

#### 3.6.2.1 Áreas de Contribuição Hidrológica (ACH)

As ACH da serra da Engabelada localizam-se na área de encosta da parcela 2 dos levantamentos fitossociológicos e onde foram efetuados os levantamentos dos perfis de solo (Figura 69).

Apesar de se condicionar a apenas uma área que expresse a contribuição hidrológica da encosta ao sopé coluvial foi possível determinar aspectos que se ressaltam a importância do afloramento rochoso a vegetação e o solo, aspectos que serão enfatizados mais a frente.

Diante disto a figura 70 destaca os aspectos inerentes à presença de enclaves florestais no entorno do afloramento rochoso que indica a contribuição hídrica do afloramento rochoso.

As características destacadas apontaram linhas de drenagem densas provocados pelo intemperismo do afloramento rochoso curvas de nível que representam acentuação topográfica que será destacada mais frente.



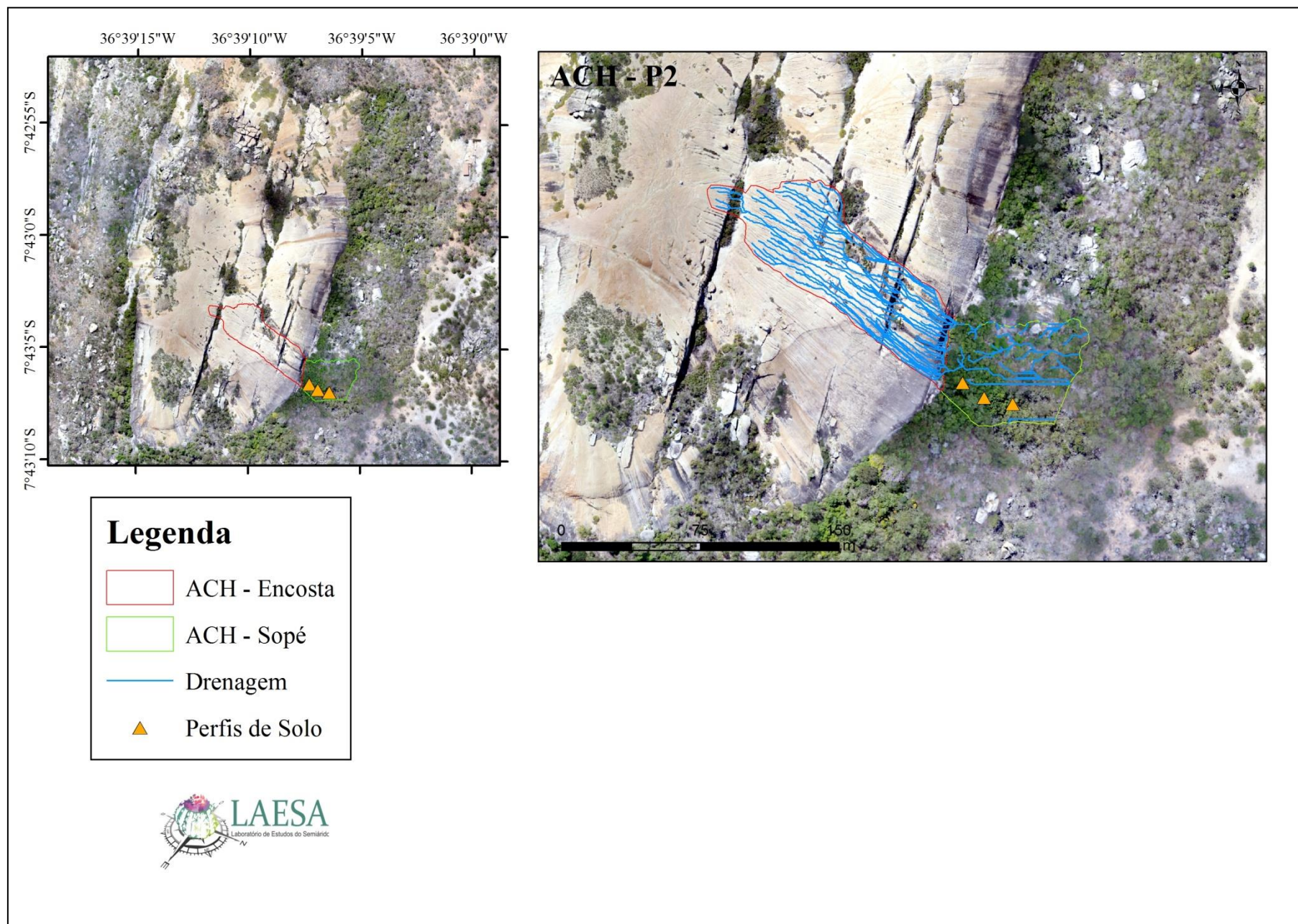


Figura 70: Áreas de Contribuição Hidrológicas (ACH) Serra da Engabelada

A ACH de encosta é composta por rocha granítica com algumas fraturas lineares, enquanto que a ACH de sopé situa-se em uma área composta de enclave florestal arbóreo. Observam-se também na figura 71 as drenagens mais densas na ACH de encosta em relação à ACH de sopé.

Em comparação com o sitio Salambaia a serra da Engabelada apresenta características topográficas diferentes, em altitudes e declividade, como pode ser observado na figura 71.

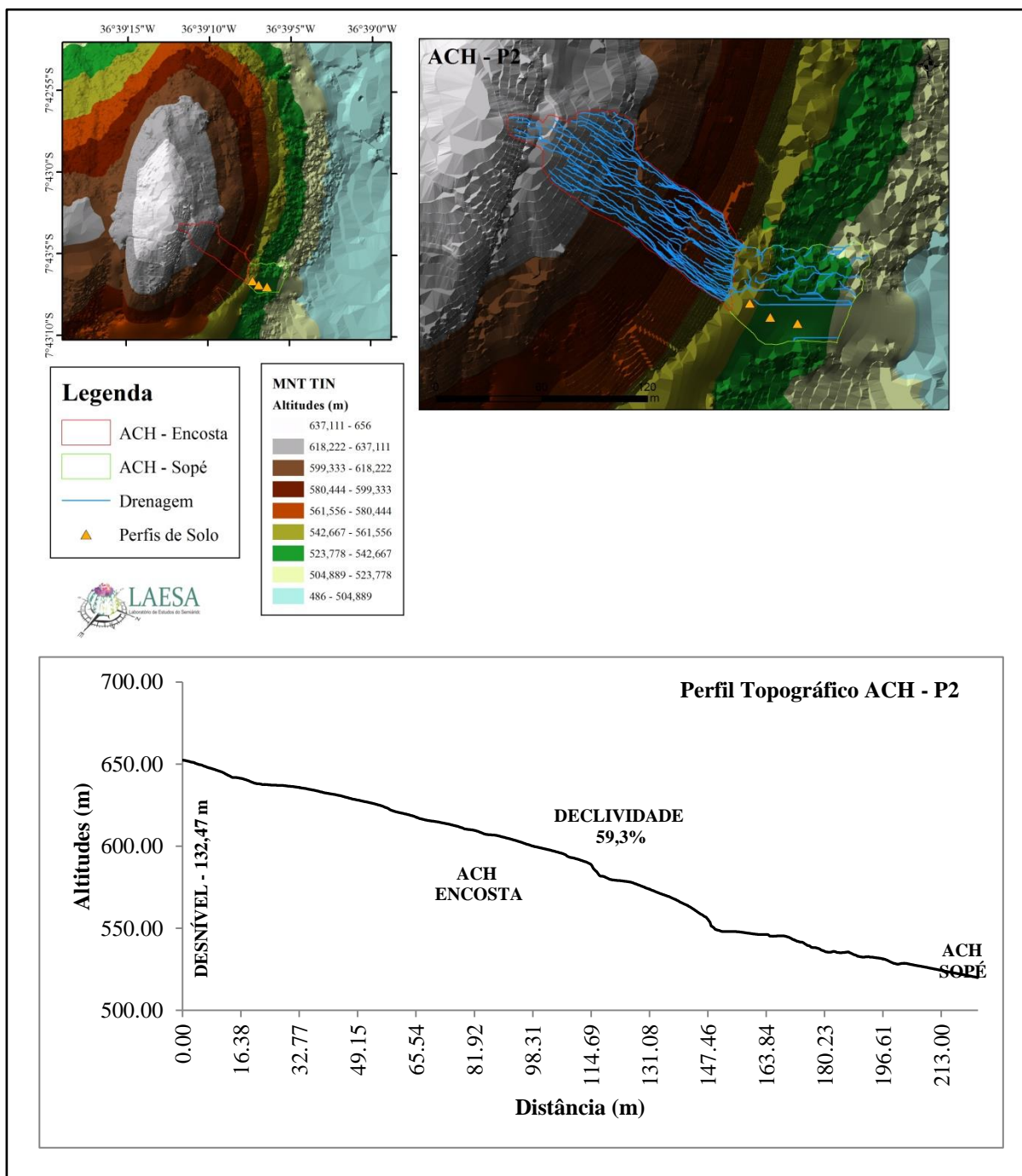


Figura 71: Topografia das Áreas de Contribuição Hidrológicas (ACH) - Serra da Engabelada.



É possível observar que a encosta da serra da Engabela apresenta uma condição muito íngreme com 59,3% de declividade. Em contrapartida, o sítio Salambaia apresentou encostas inclinadas variando de 20 a 27,2%.

Esta condição topográfica nessa área da serra da Engabelada proporciona um escoamento superficial mais rápido que na Salambaia, onde a água escoada pode atingir a base com maior intensidade. Este fator pode provocar intemperismo físico, químico e erosão acentuada.

O processo de intemperismo físico provocou deslocamentos de rochas, algo que proporcionou o estabelecimento de encostas de talús sobre todas as bases como identificado anteriormente nas tipologias geomorfológicas. As encostas de talús da serra da Engabelada apresentam concentrações de blocos residuais provenientes da rocha matriz onde auxiliam na manutenção de solos mais desenvolvidos, fato que será evidenciado mais frente.

Com a intensidade do escoamento a tendência é que o material escoado seja lixiviado na base, embora no caso da serra Engabelada a água escoada seja mantida pelos blocos existentes, onde auxilia no processo de intemperismo químico para a formação dos solos.

A condição de declividade muito íngreme aumentando os processos de intemperismo, provocando uma condição de manutenção de umidade e indicando solos mais desenvolvidos proporciona a manutenção de vegetação de fitofisionomia arbórea.

Para exemplificar toda esta relação de interatividade será destacada o comportamento hidráulico exercido pelas ACH da serra da Engabelada (Tabela 17). A tabela apresenta os parâmetros morfométricos, onde se observa uma diferença considerável da área de superfície normal com a área de superfície real, devido ao seu relevo muito íngreme.

No que concerne ao comportamento hidráulico verifica-se que assim como o sítio Salambaia a densidade de drenagem nessa área da serra da Engabelada é maior para a ACH de Encosta em comparação com a ACH de Sopé. Esta densidade é refletida no comprimento total da rede de drenagem pela representativa presença de caneluras na encosta rochosa, este fato indica uma colaboração da encosta no transporte de água para a ACH de sopé.

Um ponto a ser destacado da ACH de Sopé é que a mesma se encontra em uma área de sopé coluvial entre a escarpa rochosa e a encosta de talús (Figura 69), o que condicionou a formação de enclaves florestais arbóreos com espécies de vegetação predominantes mais exigentes em água e solos mais desenvolvidos, análises que serão abordadas mais a frente.

Tabela 17: Caracterização Morfométrica Serra da Engabelada

ACH	Área de Superfície Normal 2D. (m <sup>2</sup> )	Área de Superfície Real 3D (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Altitude (m)	Declividade (%)	Comprimento Total da Drenagem (m)	Densidade de Drenagem ( $\Sigma CTD/A$ )	Tipologia Geomorfológica	Solos	Fitofisionomias	Espécies de Vegetação Predominantes
ACH – P2 Encosta	5854,4	7376,43	403,35	600	45 – 75	2633,22	0,35	Escarpa Rochosa	Rocha Granítica	Ausente	<i>Bromelia laciniosa</i> / <i>Liquens</i>
ACH- P2 Sopé	3632,17	4117,56	255,29	542	20 – 45	620,11	0,15	Sopé Coluvial	Neossolo Regolítico	Arbórea	<i>Anadenanthera colubrina</i> / <i>Talisia esculenta</i> / <i>Savia sessiflora</i>

Com a caracterização das áreas de contribuição hidrológicas (ACH) foi possível identificar sua condição topográfica e as relações com alguns aspectos da paisagem. Os resultados apresentados de área de superfície real serão utilizados para o cálculo de volume escoado e armazenado, mas antes de gerar a quantidade exercida nas ACH será necessário identificar os coeficientes superficiais.

### *3.6.2.2 Coeficientes de Escoamento*

A determinação dos coeficientes de escoamento da encosta da serra da Engabelada seguiram os mesmos pressupostos do sítio Salambaia, mas com diferenças nos solos texturais da área de sopé coluvial (Tabela 18).

Devido à análise da dinâmica da encosta da serra da Engabelada se concentrar em uma única faixa de encosta serão analisados solos com texturas diferentes, diante disto foram determinadas duas áreas de ACH de sopé com duas texturas diferentes.

As observações de campo e os levantamentos pedológicos permitiram observar modificações nos padrões dos solos encontrados na serra da Engabelada, os quais merecem uma atenção. Suas relevâncias em sua morfologia e características físicas serão destacadas mais a frente.

É possível observar na tabela 18 que os valores de C da ACH de encosta da serra da Engabelada apresentou o mesmo valor do sítio Salambaia por serem de mesma composição granítica, enquanto que os valores de C nas ACH de sopé apresentou-se 0,50 para Neossolo Regolítico e 0,37 para Neossolo Litólico. Através destes valores será possível refletir sobre a condição a qual poderá se estabelecer nas ACH de sopé perante o transporte de água pela ACH de encosta.

Devido às características topográficas, morfométricas e dos coeficientes de escoamento selecionados permiti indicar que este encosta está sujeita a uma velocidade de escoamento considerável que contribui para a capacidade de infiltração e transporte de sedimentos, onde estas influências possibilitam um dinâmica no desenvolvimentos dos solos e condicionamento da vegetação arbórea existente principalmente nas áreas de sopé coluvial e encosta de talús.

Perante este quadro os coeficientes de escoamento são elementos base de indicações do comportamento das encostas, onde através destes valores será possível determinar quantitativamente a influência da encosta nas áreas de sopé coluvial.

Tabela 18: Coeficientes Superficiais das Encostas Cristalinas – Serra da Engabelada

Serra da Engabelada								
ACH	Pavimento	Classe Textural	Declividade (%)	Valores de C				
				Silva <i>et al</i> (1984)	ASCE (1992)	Molle & Cadier (1992)	SCS (2008)	C Utilizado
ACH - P2 Encosta	Rocha Granítica	-----	45 - 75	0,88	0,83 - 0,88	0,9	-----	0,9
ACH - P2 Sopé - 1	Neossolo Regolítico	Franco-Argilo-Arenosa	20 - 45	0,20	0,20	-----	0,35 - 0,50	0,50
ACH - P2 Sopé - 2	Neossolo Litólico	Franco-Argilosa	20 - 45	0,40	0,20	0,37	0,35 - 0,50	0,37

Os valores de C estipulados indicam a capacidade de uma determinada área perante aquele tipo de pavimento em contribuir por escoamento superficial. Através dos dados de quantificação das ACH será possível comprovar esta assertiva.

### 3.6.2.3 *Volume Captado Precipitado (VCP)*

Analisando a tabela 19 constata-se que devido à declividade e a determinação dos valores de C, as ACH de encosta contribuem com 90% da precipitação recebida, enquanto que as ACH de sopé variaram, por conta dos divergentes coeficientes correspondentes aos tipos de solos diferenciados. Vale salientar que para este tipo de calculo são desconsideradas as perdas por evapotranspiração e interceptação.

Os Neossolos que são preponderantes na serra da Engabelada apresentaram um escoamento de 50% na ACH - P2 Sopé – 1 e 37% na ACH - P2 Sopé – 2 (Tabela 19). Observa-se que apesar de ser o mesmo solo a composição textural encontrada nos solos apresentam condições argilosas, algo que indica um favorecimento de maior retenção de água e menor escoamento.

As consequências para os solos e a vegetação deste comportamento serão expressas posteriormente, mas o potencial de escoamento merece ser destacado, pois favorece a dinâmica sistêmica da encosta. Tanto no sitio Salambaia como na serra da Engabelada este potencial reflete uma capacidade de contribuição que pode ser revertida em pontos positivos para as paisagens contidas nos sopés coluviais a depender da precipitação ocorrida.

É possível observar que ocorreram intensas precipitações nos meses de março, abril e junho, o qual indica um alto escoamento mediante as características topográficas e morfométricas descritas anteriormente. Isto posto, verifica-se pela considerável declividade e formações de linhas de drenagem na encosta rochosa (ACH – P2 Encosta) uma condição geomorfológica que estabeleceu uma estrutura de contribuição entre os elementos, onde as encostas rochosas promove uma alimentação para os sopés coluviais, algo que colabora com as observações sistêmicas de encostas (BIGARELLA & ANDRADE, 1965; COELHO-NETO, 1998; CHRISTOFOLETTI, 1999 ).

Diante disto, os aportes que as ACH de encosta pode proporcionar ao sopé coluvial serão elementos de destaque, onde será evidenciado sua importância dentro da dinâmica de encostas semiáridas cristalinas.

Tabela 19: Volumes de Precipitação Captados (VPC) e Influência dos Coeficientes de Escoamento – Serra da Engabelada

SERRA DA ENGABELADA																									
Precipitações (mm)			out/16		nov/16		dez/16		jan/17		fev/17		mar/17		abr/17		mai/17		jun/17		jul/17		ago/17		C (%)
			0		0		30.2		6		26.8		107		53.8		13.6		41.8		19.8		0		
ACH	Área Superfície Real (m²)	C	VPC (L)	VPC (mm)	VPC (L)	VPC (mm)	VPC (L)	VPC (mm)	VPC (L)	VPC (mm)	VPC (L)	VPC (mm)	VPC (L)	VPC (mm)	VPC (L)	VPC (mm)	VPC (L)	VPC (mm)	VPC (L)	VPC (mm)	VPC (L)	VPC (mm)	VPC (L)	VPC (mm)	
ACH - P2 Encosta	7376.43	0.9	0	0	0	0	200491.37	27.18	39832.72	5.40	177919.49	24.12	710350.21	96.30	357166.74	48.42	90287.50	12.24	277501.30	37.62	131447.98	17.82	0.00	0.00	
ACH - P2 Sopê - 1	4117.56	0.5	0	0	0	0	62175.16	15.10	12352.68	3.00	55175.30	13.40	220289.46	53.50	110762.36	26.90	27999.41	6.80	86057.00	20.90	40763.84	9.90	0.00	0.00	50
ACH - P2 Sopê - 2	4117.56	0.37	0	0	0	0	46009.62	11.17	9140.98	2.22	40829.72	9.92	163014.20	39.59	81964.15	19.91	20719.56	5.03	63682.18	15.47	30165.24	7.33	0.00	0.00	37

Ao estabelecer uma análise topográfica, morfométrica e capacidade de escoamento a quantificação da contribuição de água das encostas cristalinas é fundamental na compreensão nas análises das relações ecohidrológicas. A determinação destes valores auxiliou na representação do potencial que as encostas podem exercer no comportamento sistêmico. As análises topográficas já demonstraram que os aspectos de declividade influenciam na dinâmica hidrológica, os quais as formações e os processos geomorfológicos que constituíram esta encosta contribuem para o aporte de água as áreas denominadas de sopé coluvial.

A partir dos dados de coeficientes de escoamento os resultados de aporte de contribuição da ACH de encosta para a ACH de sopé apresentou positivo no transporte de água a partir de um volume captado.

Como foi expresso anteriormente para a serra da Engabela foi considerado dois tipos de solos, observa-se que há uma influência maior da encosta quando consideramos o solo de ACH - P2 Sopé – 2 representado por 81.33% em contrapartida a ACH - P2 Sopé – 1 que recebe uma influência de 76.33% (Tabela 20).

Baseado nos resultados até então apresentados observa-se que dentro do contexto de compartimento de encosta que envolve as ACH da serra da Engabelada há uma tendência do Neossolo Litólico receber maior aporte, mas a depender das condições do solo e de vegetação a utilização desta água aportada poderá ser bem ou mal utilizada.

Em todo caso os volumes que contribuem para o sopé coluvial são expressivos onde a condição de escoamento proporcionado pela encosta contribui para as áreas de sopé, onde diante da estrutura de fitofisionomia encontrada, o qual auxilia na retenção de água no solo favorece a estabilidade da encosta em manter tal paisagem.

Analisando um panorama geral de todo o período de outubro de 2016 a agosto de 2017 a serra da Engabelada apresentou uma precipitação de 299 mm em todo o período de estudo com 1984997,31 L captado na encosta analisada o que corresponde a 269,1 mm.

Portanto, a partir deste aporte e a capacidade de escoamento será possível discutir e analisar os aspectos que provocam nos solos e na vegetação. Os resultados expressos nestes dois elementos permitiu estabelecer as relações entre a encosta e a paisagem, onde poderá auxiliar nas respostas que a encosta cristalina favorece aos sopés coluviais.



Tabela 20: Volume Precipitado Captado (VPC) e Aporte das ACH de Encosta – Serra da Engabelada

**SERRA DA ENGABELADA**

Precipitações (mm)			out/16	nov/16	dez/16	jan/17	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17	jun/17	jul/17	ago/17	Aporte (%)
			0	0	30.2	6	26.8	107	53.8	13.6	41.8	19.8	0	
ACH	Área Superfície Real (m <sup>2</sup> )	C	VPC (L)	VPC (L)	VPC (L)	VPC (L)	VPC (L)	VPC (L)	VPC (L)	VPC (L)	VPC (L)	VPC (L)	VPC (L)	
ACH - P2 Encosta	7376.43	0.9	0	0	200491.37	39832.72	177919.49	710350.21	357166.74	90287.50	277501.30	131447.98	0.00	76.33/81.33 (*)
ACH - P2 Sopé - 1	4117.56	0.5	0	0	62175.16	12352.68	55175.30	220289.46	110762.36	27999.41	86057.00	40763.84	0.00	23.67
ACH - P2 Sopé - 2	4117.56	0.37	0	0	46009.62	9140.98	40829.72	163014.20	81964.15	20719.56	63682.18	30165.24	0.00	18.67

(\*) Considerando a ACH P2 Sopé - 2

### 3.6.3 Pedogênese

A serra da Engabelada apresentou características pedológicas divergentes a do sítio Salambaia. Estas divergências serão enfatizadas através de sua morfologia, física e química.

#### 3.6.3.1 Morfologia

A serra da Engabelada apresenta dois tipos de solo, Neossolo Litólico e Neossolo Regolítico. O Neossolo Litólico está em duas situações, Perfis P2 (B) e P2(C), enquanto o Neossolo Regolítico está presente em duas situações, perfis P2(A) e P5 (Figura 17).

A localização dentro do contexto geomorfológico encontra-se em tipologias de sopé coluvial e pedimento, o que auxilia na verificação do comportamento dos solos à medida que nos afastamos do afloramento rochoso (Apêndice F).

Apesar de haver pouca variação observa-se que os solos determinados nas áreas mais próximas do afloramento rochoso (P2(A) e P2(B)) apresentam características de alto teor de matéria orgânica como pode ser vista nas suas subclasses, classificados em organossólico e hístico.

Analisando o Apêndice F verificam-se os perfis de solo P2(A) e P2(B) seguem o mesmo padrão se diferenciando apenas no tipo de vegetação, mas mantendo-se com o padrão de caráter médio-argiloso e ressaltado pelo alto teor de matéria orgânica pela presença de serrapilheira observado no momento da descrição. Os solos de P2(A) e P2(B) apresentaram aspectos de deficiência na drenagem, diferente do solo de P2(C) que se apresentou bem drenado, muito por sua textura arenosa-média.

Quando se distancia mais do afloramento rochoso em uma área de pedimento é possível verificar um solo com características adversas, onde se destaca a ausência de serrapilheira com vegetação arbustiva e solos bem drenados com erosão laminar.

O destaque dessas diferenciações é exposto mais claramente no Quadro 3 que retrata a descrição morfológica. É possível observar que alguns padrões podem divergir à medida que nos afastamos do afloramento rochoso.

Estas diferenciações serão relevantes para apontar algumas características de comportamento de drenagem e facilidades para o desenvolvimento das plantas, onde os aspectos de estrutura e consistência apontam relações com os padrões das raízes e dos poros.

Quadro 3: Descrição Morfológica dos Solos Serra da Engabelada.

P2 (A) - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico organossólico léptico							
Horizonte	Profundidade (Cm)	Transição (nitidez - forma)	Cor	Estrutura	Consistência	Raízes	Poros
A1	0 - 35	cl - pl	5Y2.5/1 (s) 10YR2/1 (u)	gr/ft (G) m; g (T)	ld (s) sl; npl; npg (u)	f; m; a	pq; m; g; a
A <sub>2</sub>	35 - 50	cl - pl	2.5Y3/2 (s) 2.5Y2.5/1 (u)	gs	sl (s) fr; npl; npg (u)	f; m; a	m; a
A <sub>3</sub>	50 - 90	cl - pl	10YR3/3 (s) 2.5Y2.5/1 (u)	gs	sl (s) sl; npl; npg (u)	f; m; a	m; a
P2 (B) - NEOSSOLO LITÓLICO Hístico fragmentário							
A1	0 - 5	cl - pl	5Y3/2 (s) 10YR2/1 (u)	gr/ft (G) m; g (T)	ld (s) fr; lpl; npg (u)	f; c	m; g; a
A <sub>2</sub>	5 - 30	cl - pl	10YR3/2 (s) 2.5Y2.5/1 (u)	gr/ft (G) pq; m (T)	ld (s) fr; pl; pg (u)	f; c	m; c
A <sub>3</sub>	30 - 50	cl - pl	5Y3/2 (s) 5Y2.5/1 (u)	gr/md (G) m; g (T)	ld (s) fr; pl; pg (u)	f; m; gr; a	m; c
P2 (C) - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário							
C	0 - 20	cl - pl	7.5YR6/6 (s) 7.5YR3/4 (u)	bsa/frc (G) m (T)	ld (s) fr; npl; npg (u)	f; m; gr; a	m; c
C <sub>R</sub>	20 - 40	cl - pl	10YR5/6 (s) 7.5YR3/4 (u)	mç	sl (s) ld; npg (u)	aus	pq; pc
P5 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico saprolítico léptico arenico							
A	0 - 4	cl - pl	2.5Y4/2 (u)	gr/frc (G) pq (T)	ld (s) fr; npl; npg (u)	f; c	m; a
C <sub>1</sub>	4 - 25	cl - pl	2.5Y4/2 (s) 5Y3/2 (u)	bsa/frc (G) m; g (T)	ld (s) mfr; npl; npg (u)	m; gr; pc	m; c
C <sub>2</sub>	25 - 60	cl - pl	2.5Y6/2 (s) 5Y3/2 (u)	bsa/md (G) m; g (T)	ld (s) fr; npl; npg (u)	f; c	m; pc

Analisando a morfologia descrita verifica-se que as profundidades são semelhantes nos perfis P2(B), P2(C) e P5, enquanto que o perfil P2(A) foi a maior com 90 cm, onde as transições entre os perfis predominaram como claras e planas.

As cores variaram de 10Y (Amarelo) a 2.5Y (Vermelho) sendo predominantes as matizes 10Y, 5Y e 2.5Y nos perfis P2(A) e P2(B) e 7.5Y, 10Y no perfil P2(C), enquanto que no perfil P5 predominou a matiz 2.5Y. Este fato reflete que os perfis mais próximos aos afloramentos tendem a ter uma cor mais brunada típica de solos desenvolvidos, algo que também foi observado no sítio Salambaia, assertiva verificada no valor do croma que alcançou 1. Se

compararmos com o solo do perfil P2(C) observa-se que o croma está apresentando valores 6, 3 e 4, o que é característico de solos menos desenvolvidos.

A estrutura apresentou características de solos desenvolvidos com presença de padrões granulares e blocos subangulares em todos os perfis, exceto nos horizontes A<sub>2</sub> e A<sub>3</sub> do perfil P2(A) que apresentou padrão de grãos simples. Esta condição indica que o horizonte superficial deste perfil é altamente desenvolvido, pois além de ser estrutura granular, o mesmo apresenta consistência ligeiramente dura e friável, indicações de solos capazes de reter mais água. Diante desta característica é favorável para as plantas, pois as raízes e poros apresentaram-se abundantes com a presença de raízes grandes no horizonte superficial, pois é onde está armazenado a maior quantidade de água com finas e médias para a obtenção de nutrientes nos horizontes mais profundos.

Partindo do pressuposto destacado anteriormente, o perfil P2(B) apresentou-se melhor estruturado com a presença de estrutura granular e consistência ligeiramente dura e friável em todos os horizontes. Isso indica um solo altamente desenvolvido, onde as plantas atuam na coleta de água no horizonte mais profundo com raízes grandes e abundantes e repleto de raízes finas em todos os horizontes, o que condiciona uma alta capacidade de busca de nutrientes.

O perfil P2(C) apresenta um padrão divergente dos anteriores onde seu horizonte mais desenvolvido é o superficial, onde há presença de raízes. O horizonte mais profundo não possui capacidade reter água, sendo uma faixa de baixa atividade vegetativa.

No que corresponde ao perfil P5 o solo apresenta-se bem desenvolvido com semelhança de estrutura de P2(B) nos dois horizontes superficiais, mas com característica de reter água no segundo horizonte.

De modo geral os resultados da morfologia indicam os solos da serra da Engabelada como mais desenvolvidos em relação ao sitio Salambaia. A condição geomorfológica favoreceu o estabelecimento desta condição, o que é refletido nas indicações de melhor retenção de água na presença de raízes grandes e estrutura granular e subangular predominante, diferente do sitio Salambaia com maior presença de estrutura solta.

Vale salientar que o panorama estabelecido nas descrições morfológicas são indícios do comportamento destes solos. O objetivo destas observações foi representar os tipos de solos encontrados nas áreas de relevos residuais e traçar paralelos com a tipologia geomorfológica em que está situado. As discussões acerca do comportamento destes solos identificados serão analisado nas características físicas e químicas.

### 3.6.3.2 Análise Física

As análises pedológicas da serra da Engabelada concentraram-se em três perfis de solo na vertente do afloramento rochoso inserido na parcela 2 do levantamento fitossociológico. Além desses três perfis na vertente realizou-se outro em uma área mais distante do afloramento para fins de comparação e ressaltar possíveis divergências.

Observando a Tabela 21 a serra da Engabelada apresentou de modo geral solos de textura mais argilosa à medida que nos aproximamos do afloramento rochoso, e textura mais arenosa quando nos distanciamos. A presença de argila destaca sua condição em melhor reter nutrientes e absorção de água pelo solo. Este fato faz com que tenhamos solos um pouco diferentes dos do sitio Salambaia.

Tabela 21: Análise Física do Solo Serra da Engabelada

P2 (A) - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico organossólico léptico							
	Profundidades (cm)	Densidade de Partículas	Densidade do Solo	Porosidade Total	Microporosidade	Macroporosidade	
	g/cm3						
	0 - 20	2.2	0.82	0.63	0.21	0.42	
	20 - 40	2.49	0.8	0.68	0.18	0.5	
Horizonte	Profundidades (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural	Atividade de Argila
		dag kg <sup>-1</sup>					
O	0-35	35.4	12.3	19.4	33	Franco-Argilo-Arenosa	-----
A1	35-50	42	15.9	15.8	26.4	Franco-Argilo-Arenosa	-----
A2	50-90	44.3	14	17.9	23.8	Franco-Argilo-Arenosa	-----
P2 (B) - NEOSSOLO LITÓLICO Hístico fragmentário							
	Profundidades (cm)	Densidade de Partículas	Densidade do Solo	Porosidade Total	Microporosidade	Macroporosidade	
	g/cm3						
	0 - 20	2.33	0.95	0.59	0.2	0.39	
	20 - 40	2.41	0.99	0.59	0.21	0.38	
Horizonte	Profundidades (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural	Atividade de Argila
		dag kg <sup>-1</sup>					
O	0-5	30.8	12.6	20.9	35.7	Franco-Argilosa	-----
A1	5-30	37.5	13.9	17.2	31.3	Franco-Argilo-Arenosa	-----
A2	30-50	37.6	15.3	16.5	30.7	Franco-Argilo-Arenosa	

P2 (C) - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário							
	Profundidades (cm)	Densidade de Partículas	Densidade do Solo	Porosidade Total	Microporosidade	Macroporosidade	
	g/cm <sup>3</sup>						
	0 - 20	2.7	1.43	0.47	0.25	0.22	
	20 - 40	2.68	1.47	0.45	0.21	0.24	
Horizonte	Profundidades (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural	Atividade de Argila
		dag kg <sup>-1</sup>					
C	0-20	46.5	23.4	15.2	14.8	Franco-Arenosa	-----
CR	20-40	51.3	16.6	14.4	17.8	Franco-Arenosa	-----
P5 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico saprolítico léptico arênico							
	Profundidades (cm)	Densidade de Partículas	Densidade do Solo	Porosidade Total	Microporosidade	Macroporosidade	
	g/cm <sup>3</sup>						
	0 - 20	2.67	1.56	0.41	0.2	0.21	
Horizonte	Profundidades (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural	Atividade de Argila
		dag kg <sup>-1</sup>					
A	0-4	57.2	21.5	13.1	8.2	Areia Franca	-----
C1	4-25	60.4	19	13.5	7.1	Areia Franca	-----
C2	25-60	60.3	20.4	12.7	6.5	Areia Franca	-----

Em termos de profundidades, observa-se que os solos mais próximos ao afloramento rochoso tendem a ser mais profundo em detrimento dos mais distantes. Este fato pode apresentar dinâmicas no solo que podem ser destacadas.

Analisando os aspectos de porosidade observa-se que as porosidades totais destes solos são praticamente idênticas não havendo grandes variações, mas destacando que a distribuição destes perfis corresponde do mais próximo ao mais distante do afloramento rochosos assim observa-se que a medida que nos distanciamos dessa forma de relevo os solos tendem a ficar menos porosos.

De certo modo a porosidade contribui para o fluxo das raízes no solo, onde as mesmas tendem a dinamizar seu comportamento perante a quantidade de poros existentes, o que pode ser expresso nos resultados de micro e macro porosidade.

No que corresponde a microporosidade verifica-se indícios de armazenamento de água onde os solos dos perfis P2(A) e P2(C) apresentaram valores melhores na superfície ao invés da subsuperfície, enquanto que P2(B) foi praticamente idêntico. No que concerne a macroporosidade verifica-se a mesma dinâmica da microporosidade, mas ocorre uma maior capacidade de na subsuperfície.

Este panorama de porosidade expressa que estes perfis de solo próximos ao afloramento rochoso da serra da Engabelada (P2(A), P2(B) e P2(C)) apresentam maior macroporosidade, o que reflete uma melhor capacidade de infiltração e penetração das raízes. Esta condição é comprovada pela presença de raízes em abundância destacadas na descrição morfológica. Outro fator a ser destacado é que esta característica de predominância de macroporosidade ressalta que a alta capacidade de infiltração facilita a entrada de água no solo contribuindo para que ela não seja perdida por capilaridade, reflexo da alta concentração de areia grossa e baixa concentração de areia fina.

De modo geral a porosidade apresentou uma melhor manutenção de água nos horizontes superficiais, onde há maior atividade vegetativa. Ao comparar com os valores de porosidade do sítio Salambaia é possível observar que os solos próximos aos afloramentos rochosos estiveram no mesmo patamar de porosidade, mas divergentes no que corresponde a análise textural.

No que corresponde ao sítio Salambaia tem-se uma predominância de solos franco-arenosos enquanto que na serra da Engabelada a predominância é franco-argilo-arenosa. Observa-se que entre as diferentes granulometrias (areia grossa, areia fina, silte e argila) há uma alta presença de argila em comparação com o sítio Salambaia. Os solos mais próximos dos afloramentos rochosos tendem a manter sua proporção de argila entre os horizontes. É possível ver a alta presença de argila quando comparamos os solos dos perfis mais próximos ao afloramento rochoso com os distantes, onde o perfil P5 apresenta-se muito baixo em comparado com os demais.

Diante deste quadro observamos que em termos de análise física os solos da serra da Engabelada mais próximos ao afloramento rochoso indicam uma boa drenagem em um estágio desenvolvido pela presença de estruturas granulares e de blocos subangulares (vide morfologia do solo), sendo esse grau de desenvolvimento atestado pela presença da argila que condiciona a melhor capacidade em reter água e nutrientes, criando condição para o estabelecimento e manutenção da vegetação de fitofisionomia arbórea. No que corresponde ao solo do perfil P5 temos uma alta presença de areia grossa e fina com baixa presença de argila, algo que mostra solos com boa drenagem, mas baixa capacidade de retenção de água, o que é comprovado pela presença da vegetação de fitofisionomia arbustiva.

Estes aspectos são importantes para compreendermos os padrões inerentes aos solos presentes nesta localidade. As dinâmicas deste comportamento poderão ser ressaltadas na



análise química, onde será verificado que os aspectos que condicionam a presença da argila refletem a produção de matéria orgânica e nutrientes.

#### 3.6.3.3 *Análise Química*

A partir das análises químicas será possível destacar os indícios destacados na morfologia e física dos solos presentes nos perfis levantados.

De modo geral os solos da serra da Engabelada apresentaram diferenças significativas em relação ao sitio Salambaia. A serra da Engabelada apresentou estruturas morfológicas mais desenvolvidas e maior presença de argila o que condiciona a uma dinâmica de manutenção de nutrientes e retenção de água, algo que pode ser destacado nas características químicas do solo.

Analisando o a tabela 22 é possível observar o primeiro elemento de divergência que é o estoque de carbono (EtC), onde nos solos mais próximos ao afloramento rochoso a EtC foi quase o dobro na serra da Engabelada, em comparação à Salambaia. No sitio Salambaia o EtC nos solos próximos ao afloramento rochoso alcançou um patamar máximo de 86.50 no perfil P6(C), enquanto que na serra da Engabela houve um alcance de 162.86 no solo do perfil P2(A). Este quadro reforça que as condições de comportamento do solo na serra da Engabelada apontam para uma carga de armazenamento de nutrientes e matéria orgânica mais elevada. Os maiores valores de EtC são atribuídos a dominância alcalina e maior fertilidade dos solos da serra da Engabelada, que favorecem a maior produção de resíduos orgânicos

A presença de matéria orgânica nos solos mais próximos ao afloramento rochoso é reforçada pela acidez expressa no H+Al, onde temos uma proporção maior nestes solos em relação aos mais distantes, com desataque para P2(A) e P2(B), onde em P2(A) temos um nível mais elevado nas camadas mais profundas em relação à superfície. Observando a capacidade de troca catiônica (T) que representa a quantidade de nutrientes que o solo pode armazenar percebemos que mais uma vez os valores expressos na serra da Engabelada são maiores que os do sitio Salambaia. Os solos mais próximos ao afloramento rochoso, P2(A) e P2(B), concentram os maiores valores de T, significando que solos de melhor capacidade na retenção de nutrientes, o que corresponde também aos solos com maior teor de argila (Tabela 22).

Tabela 22: Análise Química dos Solos Serra da Engabelada

P2 (A) - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico organossólico léptico																		
Horizontes	Profundidades (cm)	EtC (Mg/há)																
	0 - 20	162.86																
	20 - 40	94.76																
	Profundidades (cm)	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	P	K+	Na+	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MOS	P-Rem
				mg dm <sup>-3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>										%		mg L <sup>-1</sup>	
O	0-35	5.06	4.52	42.2	0.68	0.06	20.41	1.84	0	10.7	22.99	22.99	33.69	68.2	0	0.19	17.12	30.8
A1	35-50	4.8	4.16	13.9	0.49	0.08	3.87	0.99	0.86	11.3	5.43	6.29	16.73	32.5	13.7	0.48	10.21	14.7
A2	50-90	4.72	4.05	5.8	0.33	0.06	1.48	0.55	1.43	12.3	2.42	3.85	14.72	16.4	37.1	0.43	6.59	8.3
P2 (B) - NEOSSOLO LITÓLICO Hístico fragmentário																		
Horizontes	Profundidades (cm)	EtC (Mg/há)																
	0 - 20	119.15																
	20 - 40	102.52																
	Profundidades (cm)	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	P	K+	Na+	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MOS	P-Rem
				mg dm <sup>-3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>										%		mg L <sup>-1</sup>	
O	0-5	5.41	5.02	19.7	0.96	0.06	21.77	4.72	0	6.9	27.51	27.51	34.41	79.9	0	0.18	18.77	42.7
A1	5-30	6	5.28	6.3	1.16	0.10	16.88	4.74	0	3.9	22.88	22.88	26.78	85.4	0	0.36	9.22	38
A2	30-50	5.83	5.22	5.4	1.11	0.10	15.09	3.96	0	4.2	20.26	20.26	24.46	82.8	0	0.4	8.56	35.9

P2 (C) - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário																		
Horizontes	Profundidades (cm)	EtC (Mg/há)																
	0 - 20	24.05																
	20 - 40	13.47																
	Profundidades (cm)	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	P	K+	Na+	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MOS	P-Rem
				mg dm <sup>-3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>										%		mg L <sup>-1</sup>	
C	0-20	6.99	6.06	98.2	0.65	0.02	4.96	0.94	0	0.5	6.57	6.57	7.07	92.9	0	0.26	1.45	49.7
CR	20-40	6.19	5.17	6.8	0.40	0.06	3.86	0.9	0	0.6	5.22	5.22	5.82	89.7	0	1.08	0.79	41.7
P5 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico saprolítico léptico arênico																		
Horizontes	Profundidades (cm)	EtC (Mg/há)																
	0 - 20	15.74																
	Profundidades (cm)	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	P	K+	Na+	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MOS	P-Rem
				mg dm <sup>-3</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>										%		mg L <sup>-1</sup>	
A	0-4	5.32	4.73	14	0.20	0.00	3.48	0.39	0	1.4	4.07	4.07	5.47	74.4	0	0.02	2.3	55.1
C1	4-25	6.03	4.82	2	0.16	0.00	3.57	0.35	0	0.8	4.08	4.08	4.88	83.6	0	0.03	0.66	52.7
C2	25-60	5.98	4.62	1.3	0.15	0.01	2.75	0.25	0	0.6	3.16	3.16	3.76	84	0	0.27	1.84	54.2

Analisando a eutrofia e distrofia (V) dos horizontes dos solos identificados, observa-se que todos os solos são ricos em nutrientes, exceto o ultimo horizonte do perfil P2(A) que apresentou distrofia, sendo mais rico na superfície, e apenas os solos dos perfis P2(B) e P5 apresentaram-se mais rico nos horizontes mais profundos, onde temos raízes finas que são responsáveis pela absorção de nutrientes.

Analisando a correlação entre estes dois fatores, observa-se uma relação direta na influência da capacidade de troca catiônica (T) (Tabela 23).

Tabela 23: Correlação Linear Argila e T Serra da Engabelada

Perfis	Correlação Linear	Classificação
P2 (A) - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico organossólico léptico	0.99	Positiva Forte
P2 (B) - NEOSSOLO LITÓLICO Hístico fragmentário	0.99	Positiva Forte
P2 (C) - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário	-1	Negativa Forte
P5 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico saprolítico léptico arênico	0.94	Positiva Forte

Esta correlação reflete na porcentagem de matéria orgânica (MOS), observa-se que há um grau de predominância na superfície, o que reforça a alta capacidade de retenção de nutrientes. A tabela 24 apresenta que os horizontes superficiais dos perfis O de P2(A) e P2(B) armazenam em torno de 50% de toda a matéria orgânica do solo. O perfil P2(C) corresponde à baixa matéria orgânica em seus horizontes C e CR (Tabela 22) em comparação a P2(A) e P2(B). Analisando o perfil P2(C) observa-se que 64% de toda matéria orgânica encontra-se no horizonte C, enquanto que em P5 temos menor concentração de MOS com 47%.

Tabela 24: Porcentagem de Matéria Orgânica (MOS) na superfície Serra da Engabelada

Perfis	% MOS na Superfície
P2 (A) - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico organossólico léptico	50
P2 (B) - NEOSSOLO LITÓLICO Hístico fragmentário	51
P2 (C) - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário	64
P5 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico saprolítico léptico arênico	47

Com o objetivo de identificar a influência da capacidade de troca catiônica (T) em relação à presença de matéria orgânica (MOS) a tabela 25 mostra que os solos mais próximos dos afloramentos rochosos (P6(A), P6(B), P6(C)) tem influência da capacidade de troca catiônica (T) na produção da matéria orgânica (MOS) em relação ao solo mais distante (P5). Esta condição expressa que estes solos mais próximos de afloramento rochoso estão em uma condição mais desenvolvida a despeito dos mais distantes.

Tabela 25: Correlação entre T e MOS Serra da Engabelada

Perfis	Correlação Linear	Classificação
P2 (A) - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico organossólico léptico	0.96	Positiva Forte
P2 (B) - NEOSSOLO LITÓLICO Hístico fragmentário	0.98	Positiva Forte
P2 (C) - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário	1	Perfeita
P5 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico saprolítico léptico arênico	0.098	Positiva Fraca

Para destacar a potencialidade dos solos dessas áreas próximas de afloramentos rochosos da serra da Engabelada será destacado o componente de fósforo. O fósforo (P) é responsável pela fertilidade do solo. Se analisarmos os solos do sítio Salambaia com o da serra da Engabelada observa-se nestes últimos um nível de fertilidade extremamente alto. Enquanto que o sítio Salambaia variou de 1.7 a 31.2 mg dm<sup>-3</sup>, a serra da Engabelada variou de 6.8 a 98.2 mg dm<sup>-3</sup>.

Essa condição reforça que os solos da serra da Engabelada são mais ricos em matéria orgânica. A manutenção desta matéria orgânica é proveniente da geomorfologia estabelecida. A topografia de intenso declive e a manutenção de uma alta concentração de blocos residuais nas bases do afloramento rochosos contribui para a manutenção da umidade e condicionamento favorável para a formação dos solos, beneficiando a manutenção da vegetação. A presença da vegetação contribuindo com atividade orgânica fez com que estes solos recebessem um grau de aporte orgânico extremamente alto, o que também possível por estas áreas sofrerem menores impactos de seu uso da terra em relação ao sítio Salambaia.

O panorama estabelecido na pedogênese dos solos nas áreas de afloramentos rochosos representam localidades extremamente desenvolvidas em termos pedogenéticos. Os solos encontrados retratam as dinâmicas de formação daquela paisagem perante a presença do afloramento rochoso, onde a condição geomorfológica proporciona um processo de interatividade que finda na exuberância da vegetação.

Os resultados apresentados até o momento destacam que a alta capacidade do afloramento rochoso em aportar água nos sopés coluviais estabelece uma manutenção de umidade condicional ao desenvolvimento químico e físico do solo, que por sua vez contribui na manutenção da vegetação, devendo ser destacado que essa condição só pode ser mantida com a manutenção da vegetação, alvo mais direto das nossas análises a seguir.

### 3.6.4 Vegetação das Encostas da Serra da Engabelada

Do mesmo modo que no sitio Salambaia a serra da Engabelada será caracterizada em termos de vegetação em balanço bioclimático e levantamento fitossociológico. De acordo com estes dois elementos foi possível estabelecer relações com o sitio Salambaia destacando seu potencial.

#### 3.6.4.1 Balanço Bioclimático

De modo geral a serra da Engabelada apresentou o mesmo padrão de comportamento do sitio Salambaia em relação à proximidade com as encostas, onde serão destacadas as espécies mais exigentes em água. Antes, será verificado o comportamento bioclimático dessa área (Figura 72), a qual teve comportamento diferente do sitio Salambaia.

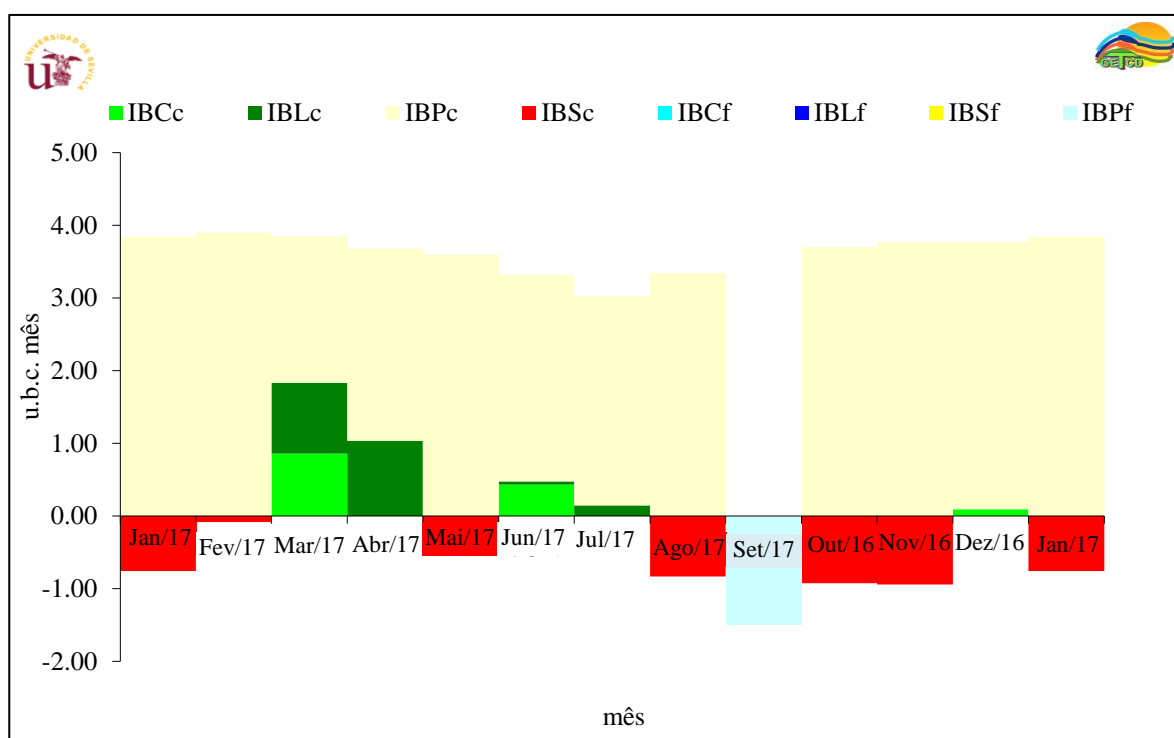


Figura 72: Diagrama Bioclimático Serra da Engabelada

As atividades vegetativas da serra da Engabelada concentraram-se nos meses de dezembro de 2016 e março, abril, junho e julho de 2017. A pluviosidade que atingiu a região foi maior em relação ao sitio Salambaia, o que favoreceu índices bioclimáticos maiores.

Dentre os indicadores bioclimáticos observa-se três a serem destacados, intensidade bioclimáticas condicionada (IBC), intensidade bioclimática livre (IBL) e intensidade bioclimática seca (IBS).

A intensidade seca se concentrou nos meses de outubro e novembro de 2016 e janeiro, maio e agosto de 2017, enquanto que a intensidade livre se concentrou em março, abril, junho e julho de 2017 e a intensidade condicionada em março e junho de 2017. Todo o comportamento de intensidades bioclimáticas que produziram uma atividade vegetativa foi favorecido por uma precipitação de março a julho de 279,54 mm. As precipitações de março e abril de 162,44 mm foram responsáveis por manter as atividades vegetativas mais altas, enquanto que houve uma queda na precipitação em maio de 2017, mas suficiente para elevar uma atividade vegetativa nos meses de junho e julho de 2017.

A aparição das duas atividades vegetativas (IBC e IBL) indica que este fato atingiu um patamar mais consistente, onde o IBL aponta que houve uma extrapolação que contribui para manutenção por um período um pouco maior, mesmo em momentos de déficit hídrico, como é este caso. Os resultados dos indicadores bioclimáticos representam uma melhor condição climática para a serra da Engabelada em relação ao sítio Salambaia, o que caracteriza uma maior atividade vegetativa, onde auxiliou na manutenção de solos mais desenvolvidos como foi observado no alto teor de matéria orgânica expostos nos resultados pedológicos. Partindo desta premissa verifica-se que este fator em conjunto com as características geomorfológicas determina uma condição extremamente favorável a manutenção de espécies mais exigentes em água.

#### 3.6.4.2 Levantamento Fitossociológico

No que concerne a serra da Engabelada ela está compreendida pelas parcelas de 1 a 5, sendo localizadas nos compartimentos geomorfológicos de sopé coluvial as parcelas 1 a 3, encosta de talús e rampa coluvial na parcela 4 e pedimento na parcela 5. Foram identificadas 91 espécies distribuídas em 35 famílias (Apêndice G).

Dentre as espécies encontradas existem 17 para as quais não havia registro de ocorrência na Paraíba que são, *Acalypha brasiliensis* Müll.Arg, *Allophylus quercifolius* (Mart.) Radlk, *Andira legalis* (Vell.) Toledo, *Annona leptopetala* (R.E.Fr.) H.Rainer, *Calyptanthus lucida* Mart. ex DC, *Cnidoscolus urens* var. *neglectus* (Pohl) Lourteig, *Colicodendron yco* Mart, *Cordia rigida* (K.Schum.) Kuntze, *Ditaxis desertorum* (Müll.Arg.) Pax & K.Hoffm,



*Erythroxylum suberosum* A.St.-Hil, *Helicteres sacarolha* A. St.- Hil, *Jatropha curcas*L, *Pisonia ambigua* Heimerl, *Pouteria gardneriana* (A.DC.) Radlk, *Ptilochaeta bahiensis* Turcz, *Savia sessiliflora* (Sw.) Willd, *Sebastiania macrocarpa* Müll. Arg, 3 não nativas (*Jatropha curcas* L, *Lantana camara*L, *Prosopis juliflora* (Sw) DC), 48 não endêmicas, 39 endêmicas e 4 desconhecidas (Apêndice G)

Estabelecendo uma relação com o que foi identificado no sitio Salambaia observa-se que entre as espécies que não havia registro de ocorrência na Paraíba, 13 são encontradas nas duas áreas (*Acalypha brasiliensis* Müll.Arg, *Calyptranthes lucida* Mart. ex DC, *Cnidoscolus urens* var. *neglectus* (Pohl) Lourteig, *Colicodendron yco* Mart, *Cordia rigida* (K.Schum.) Kuntze, *Ditaxis desertorum* (Müll.Arg.) Pax & K.Hoffm, *Erythroxylum suberosum* A.St.-Hil, *Helicteres sacarolha* A. St.- Hil, *Libidibia ferrea* var. *leiostachya* (Benth.) L.P.Queiroz, *Pisonia ambigua* Heimerl, *Pouteria gardneriana* (A.DC.) Radlk, *Savia sessiliflora* (Sw.) Willd, *Sebastiania macrocarpa* Müll).

Somente no sitio Salambaia são encontradas *Baccharis crispa* Spreng, *Chloroleucon tortum* (Mart.) Pittier, *Wedelia villosa* e na serra da Engabelada *Allophylus quercifolius* (Mart.) Radlk, *Andira legalis* (Vell.) Toledo, *Annona leptopetala* (R.E.Fr.) H.Rainer, *Jatropha curcas*L, *Ptilochaeta bahiensis* Turcz, *Ptilochaeta bahiensis* Turcz.

No que corresponde às espécies não nativas as duas áreas apresentam semelhanças, exceto na serra da Engabelada onde temos a presença de *Jatropha curcas* L. Esta espécie é característica de áreas antrópicas com ocorrências confirmadas em todas as regiões do Brasil, onde no nordeste temos observações nos estados da Bahia, Maranhão e Piauí. Na região sul ela é encontrada no estado Paraná. Esta ocorrência na região reforça seu caráter cosmopolita já que a mesma pode ser encontrada predominância em diversas regiões do Brasil e indicativo de processo de antropização do passado, pois demanda pouca exigência de recursos.

A distribuição das plantas nas parcelas do levantamento fitossociológico apresentou uma concentração alta de espécies mais exigentes em água nos entornos dos afloramentos rochosos, onde a serra da Engabelada é praticamente uma ilha de diversidade, fato que foi exposto por Menezes (2016). Partindo desta exuberância observa-se a concentração das espécies distribuídas por parcelas apresentados no Apêndice H, onde ratifica os resultados já expostos no sitio Salambaia. Os resultados identificados apontam para nove espécies mais exigentes em água (grifo no apêndice H), sendo as parcelas 2 e 3 as que apresentam maior quantidade de espécies mais exigentes em água, enquanto que nas parcelas 1, 4 e 5 temos somente espécies menos exigentes em água.

Identificou-se 98 ocorrências de indivíduos de espécies mais exigentes em água, onde a parcela 2 foi a que apresentou maior quantidade destas, com 55 indivíduos que correspondem a 56% entre as espécies mais exigentes em água, enquanto que a parcela 3 teve a ocorrência de 24 indivíduos correspondendo a 24,5%. As parcelas 1, 4 e 5 também apresentaram espécies mais exigentes em água, onde na parcela 4 houve a ocorrência de 13 indivíduos que corresponde a 13,2%, enquanto que a parcela 1 apresentou 5 indivíduos correspondendo a 5% e a parcela 5 com 1 indivíduo correspondendo a 1%.

Analisando as espécies mais exigentes em água identificadas na serra da Engabelada observa-se que apenas três espécies se concentram em uma única parcela, as quais são, *Andira sp* com única ocorrência na parcela 2, *Calyptranthes lucida Mart. Ex DC* com oito ocorrência na parcela 3, *Pisonia ambigua Heimerl* com 46 ocorrência na parcela 2 e *Helicteres Saca Rolha A. St.- Hil* com nove espécies na parcela 2. As demais espécies encontraram-se distribuídas entre as outras parcelas.

A espécie *Allophylus sp* está distribuída nas parcelas 3 e 4 sendo 3 indivíduos com predominância na parcela 3 com dois e um na parcela 4. A espécie *Erythroxylum suberosum A.St.-Hil* encontra-se nas parcelas 1, 2, 3 e 4 com um total de 15 indivíduos, com predominância na parcela 4 com 8 ocorrências, o que corresponde a 53%. A espécie *Libidibia ferrea var. leiostachya (Benth.) L.P.Queiroz* ocorreu na parcela 1 e 4 com predominância na parcela 1 com três ocorrências o que corresponde a 95% das quatro espécies encontradas. A *Pfaffia glomerata (Spreng.)* foi identificada nas parcelas 4 e 5 com três ocorrências com predominância na parcela 4 com dois indivíduos (66%). A *Turnera cearensis Urb* apresentou nove indivíduos com ocorrência nas parcelas 1, 2, 3 e 4 com predominância na parcela 2 com 4 o que corresponde a 44%.

Dentre as espécies identificadas destacam-se *Pisonia ambigua Heimerl* e *Erythroxylum suberosum A.St.-Hil* que são responsáveis por 62% da ocorrência de indivíduos entre as espécies mais exigentes em água (Tabela 26).

Tabela 26: Porcentagem de ocorrência de indivíduos das espécies mais exigentes em água Serra da Engabelada

Nome científico	%
<i>Allophylus sp.</i>	3
<i>Andira sp</i>	1
<i>Calypttranthes lucida</i> Mart. Ex DC	8
<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.	15
<i>Helicteres sacarolha</i> A. St.- Hil.	9
<i>Libidibia ferrea</i> var. <i>leiostachya</i> (Benth.) L.P.Queiroz	4
<i>Pfaffia glomerata</i> (Spreng.)	3
<i>Pisonia ambigua</i> Heimerl	47
<i>Turnera cearensis</i> Urb.	9
<b>TOTAL</b>	<b>100 %</b>

Partindo do mesmo pressuposto destacado no sítio Salambaia, as parcelas mais próximas dos afloramentos rochosos apresentaram maiores ocorrências de espécies mais exigentes em água. Para exemplificar esta assertiva será observado a ocorrência dessas espécies na serra da Engabelada à medida que se aproxima do afloramento rochoso

Merece atenção o fato da distribuição de ocorrência das espécies que representam o comportamento das parcelas levantadas apresentarem padrões diferentes entre elas pela sua localização geomorfológica e impacto pelo uso da terra.

A parcela 1 encontra-se em uma área de sopé coluvial de um afloramento rochoso menos representativo com topografia menos declivosa comparado as demais parcelas próximas dessa forma de relevo, além de fácil acesso que condiciona a um uso da terra mais intenso, estabelecendo uma situação de diminuição da diversidade da vegetação (Figura 73).

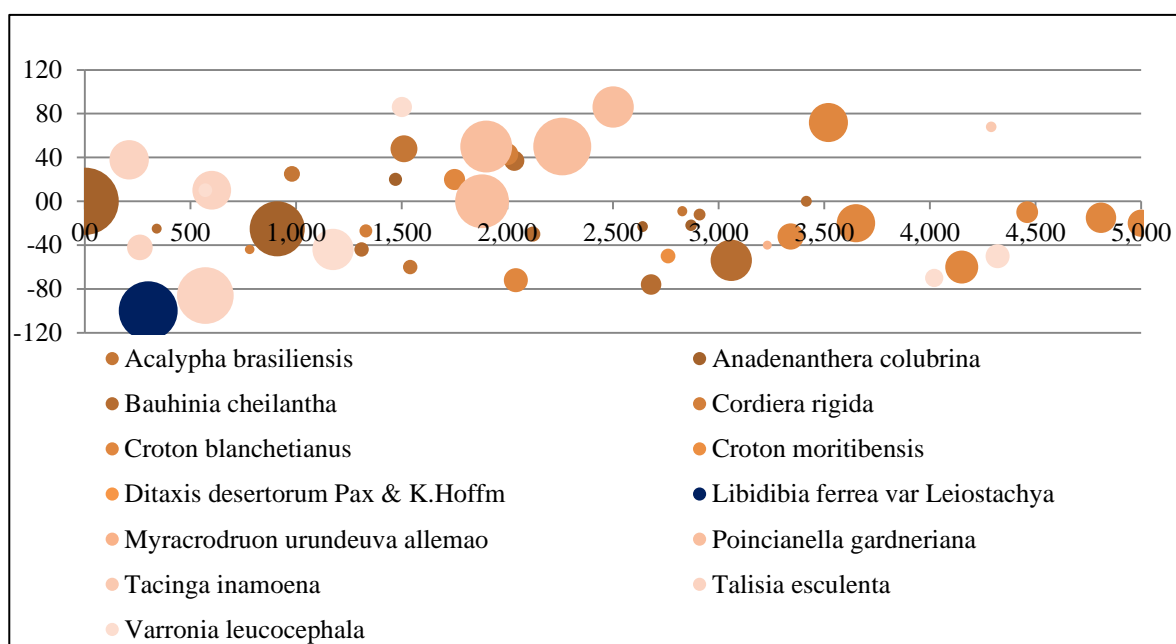


Figura 73: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 1 Serra da Engabelada

A figura 73 mostrou que nesta parcela espécies que exigem mais água para sobreviver encontram-se na base do afloramento rochoso na faixa de dez metros, o que denota a presença de maior concentração de umidade e nutrientes para as plantas (comprovado nos dados pedológicos) neste local. Este quadro destaca a atuação do afloramento rochoso como mantenedor desta umidade promovida pelo escoamento superficial da rocha, acondicionando a umidade mais acentuada nesta área de base de imediato contato lítico, ou seja, mesmo em áreas de intenso uso como é o caso da parcela 1 as espécies mais exigentes em água procuram melhores condições de água e nutrientes, o que neste caso reflete as áreas de maior proximidade do afloramento rochoso.

Para evidenciar a condição expressa anteriormente será verificado o comportamento das espécies em uma área de uso menos intenso, consequentemente mais preservada. Em maior altitude com declividade mais acentuada, a parcela 2 apresenta uma condição de vegetação mais preservada.

Observando a figura 74 verifica-se que foram identificadas quatro espécies das mais exigentes em água *Andira sp*, *Pisonia ambigua* Heimerl e *Erythroxylum suberosum* A.St.-Hil, juntamente com outras representantes típicas de Caatinga que demandam uma condição mais úmida para sobreviver como *Talisia esculenta*, *Ditaxis desertorum* Pax & K.Hoffm e *Handroanthus impetiginosus*. A parcela 2 foi a que apresentou maior ocorrência de espécies mais exigentes em água, com destaque para alta presença de *Pisonia ambigua* Heimerl com 46 ocorrências, responsável por 47% do total de indivíduos levantados.

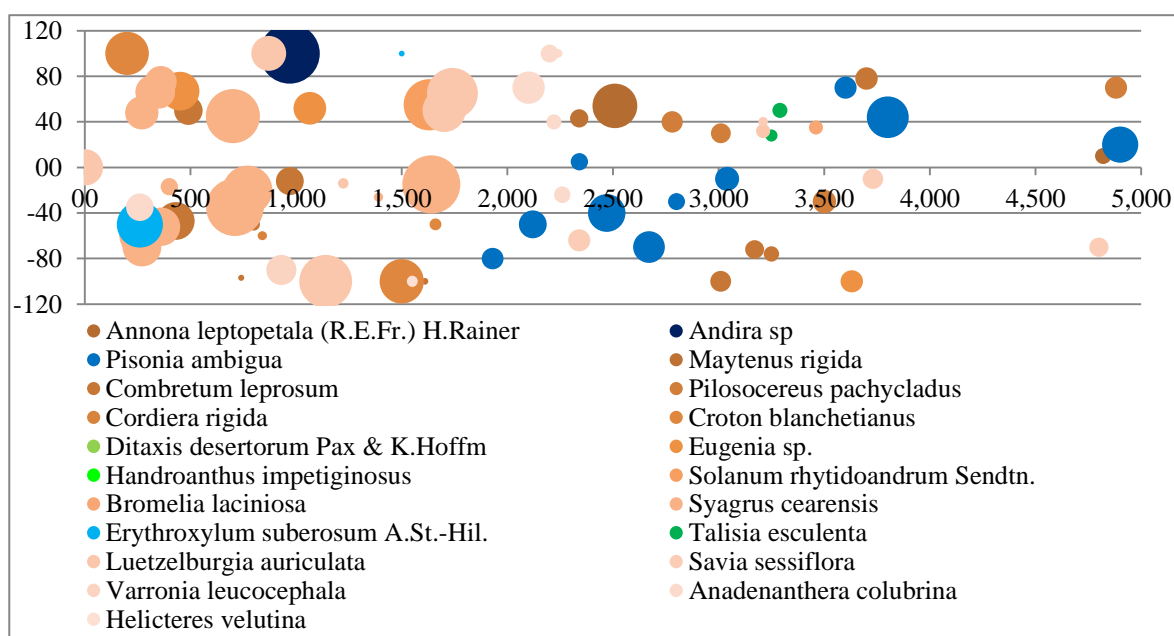


Figura 74: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 2 Serra da Engabelada

No momento dos levantamentos fitossociológicos realizados na serra da Engabelada observamos tipologias geomorfológicas que apresentavam a mesma perspectiva dos sopés coluviais destacados na parcela 2. Assim a parcela 3 será analisada a partir de três comportamentos de distribuição da vegetação concentrados em situações geomorfológicas diversas.

A parcela 3 apresenta três comportamentos da vegetação em tipologias geomorfológicas diferentes, sopé coluvial, fratura linear em encosta rochosa e em escarpa rochosa. A fratura linear em encosta rochosa (figura 75) apresenta espécies mais exigentes em água com predominância de *Calyptanthes lucida* Mart. Ex DC que ocorreu somente nesta parcela. As demais espécies se encontram na Caatinga, mas não com frequência em áreas de pedimento.

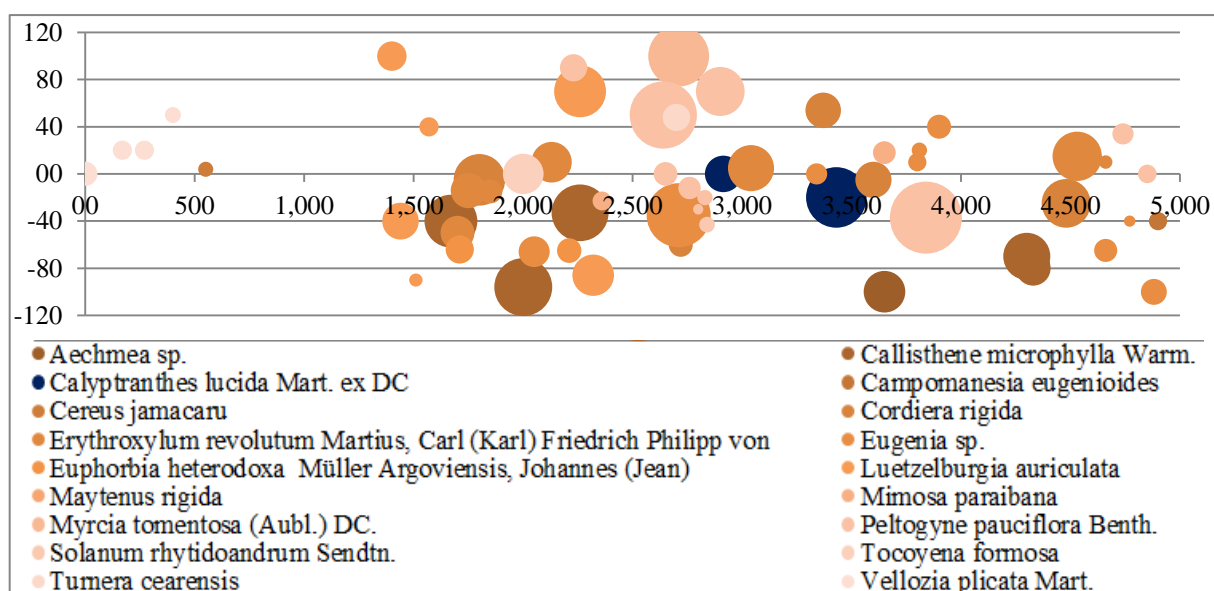


Figura 75: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 3 Serra da Engabelada - Fratura linear em encosta rochosa

Observando na mesma perspectiva da distribuição da vegetação na fratura linear em encosta rochosa, será analisado o comportamento em uma fratura linear em escarpa rochosa. A fratura linear exposta na figura 76 apresenta espécies mais exigentes em água com a predominância de *Helicteres sacarolha* A. St.- Hil.

*Helicteres sacarolha* A. St.- Hil foi encontrada somente nesta condição geomorfológica, algo que indica que esta espécie está condicionada a uma alta manutenção de umidade no solo. As áreas de fratura favorecem essa manutenção, já que apresentam um contato lítico proeminente que favorece a manutenção da água proveniente das precipitações. No que corresponde as demais espécies verifica-se a mesma condição estabelecida na outra fratura,

onde temos representantes da vegetação que demandam um pouco mais de água e que são encontradas na Caatinga, mas não com frequência em áreas de pedimento.

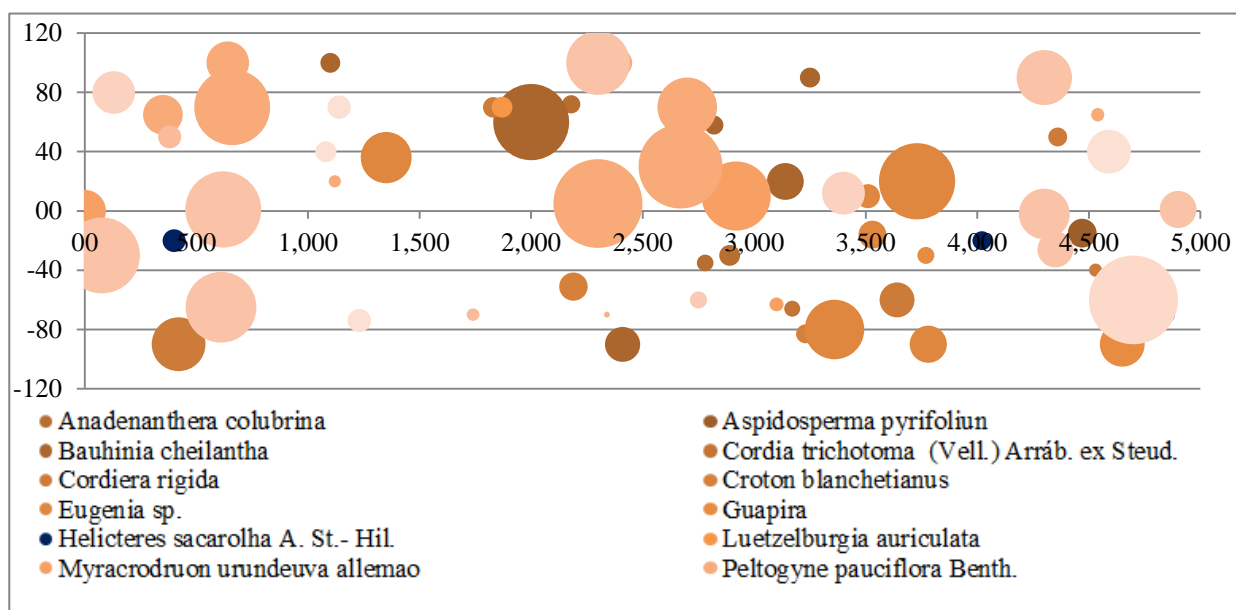


Figura 76: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 3 Serra da Engabelada - Fratura linear em escarpa rochosa

A parcela 3 apresentou também uma tipologia geomorfológica de sopé coluvial. Diferente da parcela 2 é possível observar uma maior concentração de espécies mais exigentes em água: *Erythroxylum suberosum* A.St.-Hil. e *Helicteres sacarolha* A. St.- Hil. Nota-se que a distribuição das espécies mais exigentes em água não segue um padrão de proximidade ao afloramento rochoso, sendo assim uma área mais preservada em relação às parcelas 1 e 2 (Figura 77).

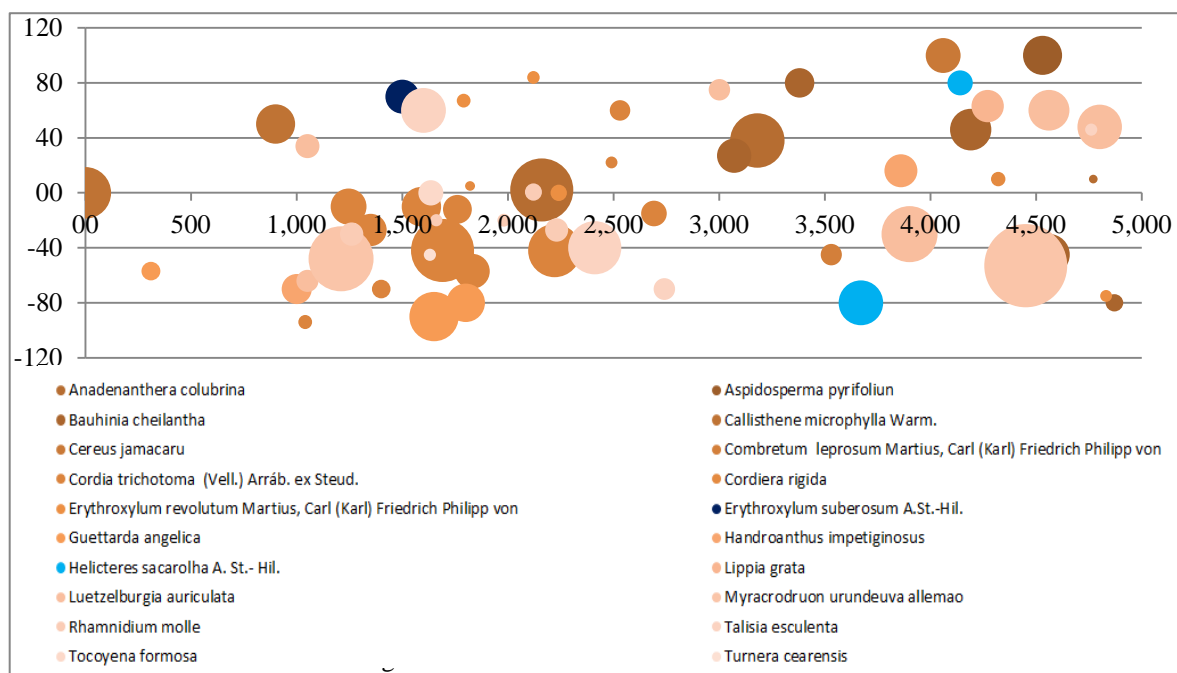


Figura 77: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 3 Serra da Engabelada - Sopé coluvial

A parcela 4 encontra-se em uma tipologia geomorfológica de rampa coluvial extremamente fraturada, o que contribui para o estabelecimento de algumas espécies mais exigentes em água, embora com maior concentração de espécies endêmicas da Caatinga (figura 78).

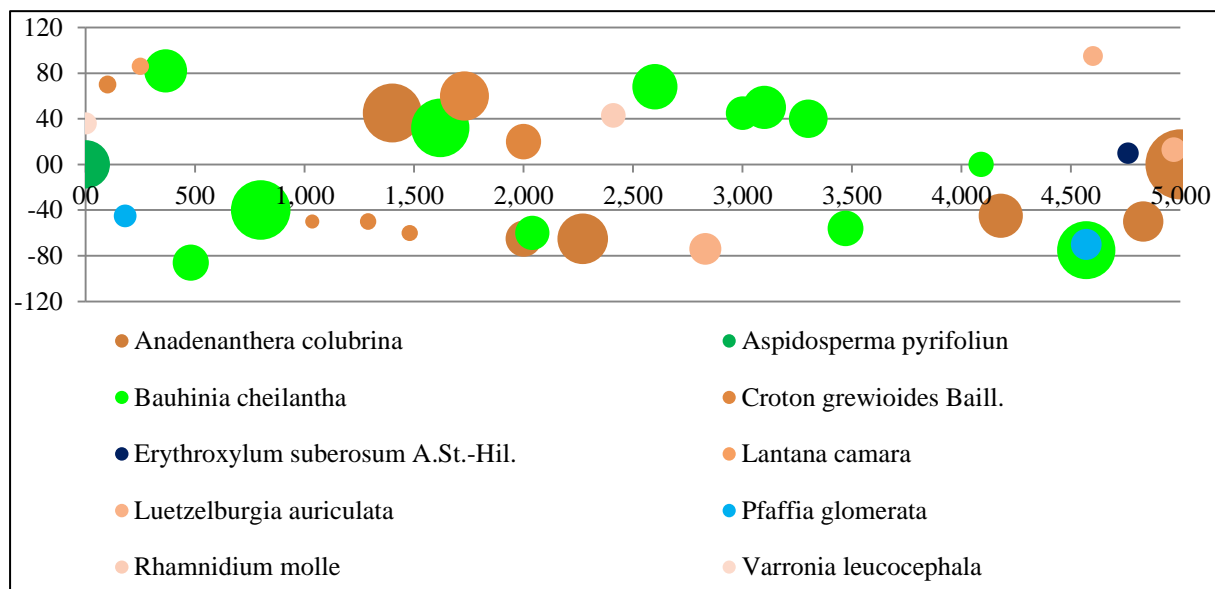


Figura 78: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 4 Serra da Engabelada

As espécies mais exigentes em água encontradas na parcela 4 são *Erythroxylum suberosum* A.St.-Hil e *Pfaffia glomerata* (Spreng.), em conjunto com *Aspidosperma pyrifolium* e *Bauhinia cheilantha* típicas da Caatinga. Esta parcela encontra-se mais afastada do afloramento rochoso que as anteriores, e mais próximas da área de pedimento da parcela 5, isto faz com que seja uma área de transição, onde a influencia do afloramento rochoso vai diminuindo.

Diante disto verifica-se a parcela 5 com acentuada predominância de espécies xerófilas típicas da Caatinga. Para destacar esta condição observa-se na figura 79 que no comportamento da distribuição das espécies há uma predominância de espécies típicas de áreas de pedimento de Caatinga como *Jatropha molíssima*, *Tacinga plamadora* e *Chloroleucon dumosum*.

Este contraste entre a parcela 5 e as demais, reforçam o que já foi estabelecido nos resultados pedológicos e hidrológicos, onde a vegetação indica a influências dessas áreas mais próximas do afloramento rochoso.



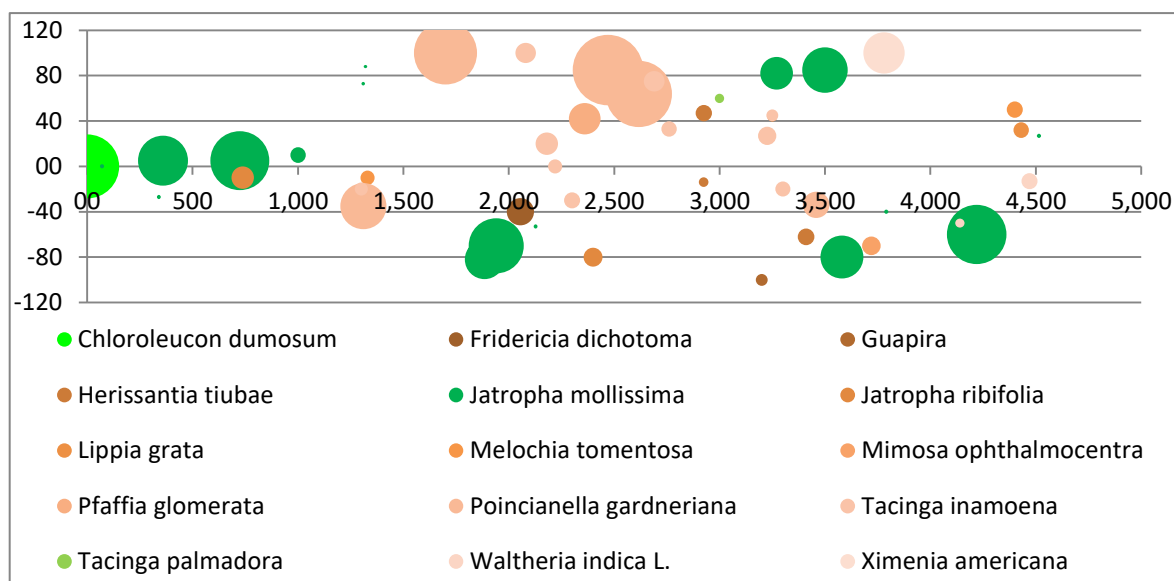


Figura 79: Comportamento de distribuição das espécies de vegetação Parcela 5 Serra da Engabelada

Uma ocorrência de espécies a ser destacada na parcela 5 é *Pfaffia glomerata* (Spreng). Espécie exigente em água, sua presença em área distante do afloramento tem a ver com uma característica muito local de manutenção de umidade, como alguma aberturas nos blocos de rochas, onde temos a preservação da umidade, uma espécie de fractal do que ocorre nas zonas próximas ao afloramento.

Os resultados expressos nas análises atmosféricas, pedológicas e fitossociológica mostram que estas áreas de afloramento rochoso se destacam pelas suas características que fogem da semiaridez condicionada a região. Os elementos de contribuição hidrológica, solos mais desenvolvidos e vegetação de padrão úmido faz com que essas áreas sejam identificadas como pequenos refúgios, onde atuam em um sistema de condição microclimática particular.

Diante disto será ressaltado evidências que comprovam estes refúgios como ilhas de vegetação estabelecidas em um sistema de dinâmica hidrológica dependente da condição geomorfológica dos maciços cristalinos semiáridos. As evidencias para comprova-las como refúgios serão divididas em análises advindo de comparações as características químicas dos solos com outros biomas, assim como a vegetação verificando participação dessas espécies no contexto de atuação como indicadores de umidade proveniente ao bioma a qual pertencem.

## CÁPITULO IV

### OS ELEMENTOS DAS ENCOSTAS DO CARIRI PARAIBANO E OUTROS BIOMAS

*A vegetação recama de flores, cobrindo-os, os grotões  
escancelados (...). Cai a temperatura. Com o desaparecer  
das soalheiras anula-se a secura anormal dos ares. Novos  
tons na paisagem: a transparência do espaço salienta as  
linhas mais ligeiras, em todas as variantes da forma e da  
cor.*

Euclides da Cunha – Os Sertões

---

Do ponto de vista da vegetação dominante nessa parte do Brasil, a caatinga apresenta um comportamento adaptativo a seca, mas com insurgências características de climas um pouco mais úmidos (ANDRADE-LIMA, 1953, COLE, 1960, RIZZINI, 1967, VASCONCELOS-SOBRINHO, 1970, AB'SABER, 1974, PRADO, 2003). A presença de espécies mais exigentes em água no semiárido se concentra em grande parte em áreas de alta altitude (AB'SABER, 1970) ou em locais de pedimento sobre condições topográficas favoráveis e presença de afloramentos (BIRKELAND, 1984; THOMAS, 1989; FERNANDES, 1994).

Analizada sob a perspectiva do tempo mais profundo, os estudos inerentes à retração da vegetação no período do Pleistoceno, caracterizado por uma mudança climática úmida para uma condição mais seca, possibilitou algumas teorias sobre o comportamento da vegetação (AB'SABER, 1992; PADRO & GIBBS, 1993) ao qual nos exemplifica o que poder ter ocorrido com os ecossistemas vigentes no Bioma Caatinga. Nesse contexto, as áreas de afloramentos rochosos residuais deste período se tornam abrigos de riqueza de vegetação e também um berço para a compreensão das dinâmicas da formação vegetal em questão, ainda carentes de muitos conhecimentos científicos.

Alguns trabalhos recentes (PEREIRA-NETO, 2012; LUCENA, 2016) demonstram a riqueza da vegetação existente nesses ambientes, ainda que os levantamentos se concentrem sobre os afloramentos rochosos (topo) e não em seu entorno. Dessa forma, tais levantamentos não têm demonstrado qualitativamente o potencial de escoamento e armazenamento de água na base dos afloramentos rochosos, o que condiciona a presença de formações florestais, como relatado por Porembsky *et al.*, (2000) e Sarthou *et al.*, (2007) em zonas secas particularmente na África e Austrália.

As discussões pertinentes até então destacam as paisagens de afloramentos rochosos como únicas no contexto da semiaridez brasileira. Os aspectos de solos e vegetação expõe uma dinâmica sistêmica de interação totalmente dependente da estrutura geomorfológica estabelecida nos maciços cristalinos. Os relevos residuais cristalinos com seus imponentes

afloramentos rochosos provocaram comportamentos de escoamento superficial e armazenamento de água favorável a solos mais desenvolvidos que proporcionam maior aporte de matéria orgânica que, por sua vez, tem na vegetação diferenciada uma resposta consequente.

As contribuições hidrológicas de mais de 75% de aporte às áreas de armazenamento nos sopés coluviais demonstrado nesta tese, é o fator primordial para a presença da vegetação exuberante de espécies mais exigentes em água em uma condição pedológica de solos resilientes a toda a semiaridez de seu entorno, produzindo nutrientes e mantendo a umidade para a o desenvolvimento e manutenção dessas espécies.

Diante deste quadro apresentado indica-se estas áreas de entorno dos afloramentos rochosos como refúgios, sendo zonas de exceção de caatinga. Para atestar tal argumento serão expostos alguns aspectos de solo e vegetação que sustentam esta assertiva, trazidos nessa tese. Para estabelecer um grau comparativo, primeiramente verificaram-se as características químicas dos solos de outros biomas e posteriormente a vegetação.

Para testar a idéia dessas áreas como refúgios, iremos destacar a seguir os comportamentos pedológicos e fitossociológicos de alguns solos e vegetação observados nesse trabalho, em comparação com outros biomas.

#### **4.1 Relações Pedológicas**

As características dos solos encontrados nas áreas de afloramentos rochosos foram representadas anteriormente em seus aspectos morfológicos, físicos e químicos. As características pedológicas expressas das áreas mais próximas dos afloramentos rochosos apresentaram-se mais desenvolvidos em termos de matéria orgânica e aspectos de manutenção da umidade e nutrientes em despeito aos mais distantes dessas formas de relevo.

Diante disto observa-se na tabela 27 comparações de aspectos químicos que evidenciam as relações de proximidades ou divergências com solos de outros biomas. Os dados de outros biomas foram retirados do trabalho de Souza *et al.* (2017), os quais efetuaram uma análise geoquímica dos solos da floresta tropical amazônica. Neste contexto Souza *et al.* (2018) além de destacar as classes de solo da Amazônia ressaltam as classes de solos de florestas tropicais das Filipinas, solos de florestas tropicais da Indonésia, solos do Pantanal, solos de Minas Gerais e solos de arbustos xéricos.



Os dados comparados foram pH (H<sub>2</sub>O), fosforo (P), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (T), saturação por base (V), matéria orgânica (MOS), Argila, Silte, Areia Fina e Areia Grossa. É possível observar que os dados das classes de solos de outros biomas apresentam-se não divididos como foi efetuado nos perfis de solo deste estudo.

Para estabelecer um destaque que proporcionasse ressaltar esta comparação, dividimos os resultados dessa tese em duas classes, solos de sopé e solo afastado destacado pelo perfil P5. Além desta divisão destacamos os três grupos de solos encontrados nas áreas estudadas, Cambissolo, Neossolo Regolítico e Neossolo Litólico. Os resultados apresentados foram obtidos dos parâmetros estatísticos Mediana e Coeficiente de Variação na faixa superficial, como foi feito por Souza *et al.* (2018). As faixas consideradas foram os horizontes O, A e B.

Através do estabelecimento dessas comparações foi possível descrever determinados fatores que ponderam os solos das áreas de afloramentos rochosos como diferentes do domínio climático semiárido geral onde estão inseridos e da vegetação típica de Caatinga.

O primeiro elemento a ser destacado na tabela 27 é o pH (H<sub>2</sub>O), onde observando a mediana verifica-se que todos os solos analisados tendem a um pH ácido variando de 4.3 a 6.42. Observando as proximidades com os solos de outros biomas, verifica-se que os solos de afloramentos rochosos apresentam proximidade com os solos das zonas PL, IN, PA, MG e PE.

De modo geral estes aspectos de pH evidenciam que os solos apresentam uma maior condição de intemperismo, mas apresentam variações que podem influenciar em outros aspectos de manutenção de nutrientes. No que corresponde ao coeficiente de variação nos níveis de pH observa-se que os Neossolos Litólicos do sitio Salambaia e os solos de base de sopé da serra da Engabelada apresentaram semelhanças com os solos de IN, enquanto que os demais estiveram um pouco abaixo em comparação com os outros biomas. Para ressaltar os aspectos de intemperismo será verificada a saturação por bases (V) com o objetivo de estabelecer o potencial de manutenção de nutrientes dessas classes de solos.

O elemento de saturação por bases (V) apresentou uma alta concentração nos solos dos perfis das áreas de afloramentos rochosos em comparação com outros biomas, onde apenas PA se aproxima, mesmo assim sendo muito distante. Salienta-se que o solo de PA é do bioma Pantanal.

Diante disto, os solos de afloramento rochosos apresentaram-se mais eutróficos com melhor capacidade em manter os nutrientes, em contrapartida aos solos dos outros biomas. A capacidade em manter nutriente se dá em função da retenção de argila.

Analisando os resultados de capacidade de troca catiônica (T) observa-se que os solos mais próximos ao afloramento rochosos do sitio Salambaia apresentaram-se menores que os da serra da Engabelada, os quais estão muito superiores que os dos outros biomas. Este fato é devido aos altos valores de concentração de argila. Os altos valores de argila dos solos dos outros biomas não refletem uma alta capacidade de troca catiônica (T), isto é também devido as maiores proporções de padrões arenosos, onde os solos de afloramentos rochosos tendem a ter níveis menores, o que auxilia na dinâmica dos poros para um melhor trabalho das raízes das plantas.

Ao estabelecer uma análise acerca do intemperismo, verifica-se que apesar dos níveis de pH ácidos, os solos das áreas de entorno de afloramento rochosos, principalmente os das áreas de sopé coluvial, tendem a ser bons armazenadores de nutrientes e umidade em relação aos demais solos de outros biomas. Esta condição é colaborada pelo teor de matéria orgânica, onde apesar de apresentar baixos índices de matéria orgânica (MOS) em relação aos outros biomas verifica-se que estes solos dispõem de outros meios em reter os nutrientes mais favoráveis do que os solos dos outros biomas.

O comportamento apresentado por estes solos em relação a outros biomas ressalta aspectos positivos de diferentes níveis de intemperismo. Os solos mais próximos aos afloramentos rochosos tendem a expressar melhores capacidade para evitar o intemperismo, o que acarreta um melhor desenvolvimento, enquanto que os outros biomas, apesar do alto teor de matéria orgânica tem menor capacidade de retenção de nutrientes condicionados a sua saturação por bases que é influenciado pela capacidade de troca catiônica.

Assim, devido a esses aspectos os solos de afloramentos rochosos proporcionam uma manutenção de espécies vegetais que também auxiliam na dinâmica destes, como será visto adiante.

## **4.2 Relações Florísticas**

Nos trabalhos sobre fauna de Haffer & Prance (1992) e Vanzolini (1976), estes desvendam os enclaves ricos de biodiversidade enquanto que Ab'Saber (1992) aponta os refúgios da vegetação distribuídos pelo Brasil. Estes ambientes ricos em biodiversidade foram proporcionados pelas mudanças climáticas provocadas no período pleistocênico do Quaternário. Assim para compreendermos uma das hipóteses que pode indicar a presença da

vegetação nessas áreas de afloramentos rochosos será resgatado um contexto histórico nos estudos que compreende a teoria dos refúgios.

O período de descontinuidade da era glacial condicionou a transição de um clima úmido para seco. O período Quaternário foi atingido por um processo cíclico de erosão e transporte de sedimentos no seu período pleistoceno. As modificações climáticas que atingiram a zona intertropical provocaram erosão nas geleiras que intensificam as mudanças nas condições das paisagens, removendo os horizontes de solo alterando os processos morfogênicos acarretando na formação de novos solos, ao qual teria sido a recomposição da tropicalidade — nos últimos 12.800 anos — que por fim ocasionou suturas entre os antigos núcleos de refúgios. Portanto, as formações de refúgios ecológicos advindos das modificações climáticas no período Quaternário consistiram em uma redistribuição da flora e fauna nas áreas intertropicais (AB’SABER, 1992).

As deposições advindas dos transportes de sedimentos das geleiras e a descontinuidade das áreas úmidas provocaram abrigos ecológicos passíveis de umidade gerada por algumas condições locais. Ab’Saber (1992) analisa a nível de Brasil que devido ao processo de descontinuidade das geleiras as florestas se retraíram e perderam continuidade, cedendo espaço para a expansão competitiva de imensas áreas de caatingas e cerrados, enquanto floras hoje situadas mais ao sul expandiram-se pela cimeira aplainada de terras altas e cristas resistentes de velhas montanhas do Brasil sul-oriental, como exposto a seguir:

Diversos domínios morfoclimáticos e fitogeográficos da América Tropical: florestas de “terras” úmidas; matas de encostas de maciços antigos ou de frentes ou piemontes escarpas do Nordeste Seco; capões de matas do Brasil Central; cerrados do interior da Amazônia; cerradões e cerrados do Brasil tropical atlântico, caatingas do litoral de Cabo Frio; mini enclaves de cactáceas insulados em áreas de grandes matas; araucárias dos altos Campos de Jordao-Monte Verde-Barbacena: araucárias da região de Caçapava do Sul (RS), bosques de araucária da faixa Paranapiacaba-São Paulo-Bragança: bosques de araucárias do Planalto da Bocaina; mini enclaves de cactáceas dos campos de dunas do Sul do País; cactáceas da periferia do Pantanal matogrossense espremidas entre planícies submersíveis e encostas de maciços; cactáceas dos bordos de “pães de açúcar” no Rio de Janeiro; cactáceas dos bordos de “pães de açúcar” na Roraima (AB’SABER, 1992, p.3).

Diante deste fato existem alguns estudos que evidenciam a identificação destes abrigos ecológicos do período Pleistocênico do Quaternário. Os primeiros estudos no Brasil sobre refúgios foram constatados no final da década de 1950 por J. Haffer. Ao analisar a distribuição dos pássaros na Amazônia, Haffer notou anomalias na distribuição que somente poderiam ser explicadas pelas mudanças climáticas (HAFFER & PRANCE, 1992). Tais observações foram comprovadas por Vanzolini (1976) identificando a ideia de enclaves em



climas secos através da distribuição e comportamento dos lagartos perante o clima, algo que posteriormente Vanzolini & Willians (1981) confirmam estas áreas como refúgios ecogeográficos de fuga destas espécies de fauna, por apresentarem dinâmicas climáticas para a sua sobrevivência.

Retornando as considerações de Ab'Saber (1992), segundo esse autor, durante a dinâmica da retração houve acirramento dos processos competitivos de componentes florísticos e faunísticos, provocando o funcionamento de processos evolutivos complexos, ainda em pleno processo de avaliação e identificação por zoólogos e botânicos, assim, o autor afirma:

Na sua essência, “a teoria do refúgios”, tal como ela foi elaborada no Brasil, por diversos pesquisadores, diz respeito a identificação das áreas máximas de retração de florestas tropicais, as quais, a moda dos “brejos” nordestinos, teriam sobrevivido em sítios, áreas ou faixas privilegiadas, por ocasião da desintegração de uma tropicalidade relativa preexistente (AB’SABER, 1992, p.3).

A quantidade e tamanho destes refúgios são incertos (HAFFER & PRANCE, 2002), provavelmente existindo mais áreas do que as caracterizadas atualmente, dependendo da comprovação de certo nível de desintegrações de tropicalidades (AB’SABER, 1992).

A teoria dos refúgios colabora com algumas observações de Coimbra-Filho & Câmara (1996) com os apontamentos acerca da ocupação do semiárido e a retração dos limites da mata atlântica, ao passo que as dinâmicas pedológicas e fitossociológicas já descritas neste trabalho, poderão indicar outras potenciais áreas de refúgios de caatinga advindas do pleistoceno. Diante disto observa-se na sequência de tabelas a seguir a identificação de espécies pertencentes a outros biomas reforçando o caráter de refúgios nas áreas onde foi desenvolvida essa tese.

Nas discussões anteriores sobre vegetação deu-se ênfase a explicar sua distribuição espacial destacando as espécies mais exigentes em água em relação a sua proximidade com o afloramento rochoso. Para aprofundar essas discussões serão apresentados os biomas pertencentes às espécies encontradas nos levantamentos fitossociológicos desse trabalho (Quadro 4).

Quadro 4: Distribuição das Espécies por Biomas Sitio Salambaia

NOME CIENTÍFICO	BIOMAS
<i>Acalypha brasiliensis</i> Müll.Arg.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Allamanda blanchetii</i> A.DC.	Caatinga, Cerrado
<i>Allophylus quercifolius</i> (Mart.) Radlk	Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica

NOME CIENTÍFICO	BIOMAS
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart. & Zucc.	Caatinga, Cerrado
<i>Baccharis crispa</i> Spreng.	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa
<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	Caatinga, Cerrado
<i>Bromelia laciniosa</i> Mart. ex Schult. & Schult.f	Caatinga
<i>Callisthene microphylla</i> Warm.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<b><i>Calyptanthes lucida</i> Mart. ex DC</b>	Amazônia, Mata Atlântica
<i>Campomanesia eugenioides</i> (Cambess.) D.Legrand ex Landrum	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Ceiba glaziovii</i> (Kuntze) K.Schum.	Caatinga
<i>Cenostigma nordestinum</i> Gagnon & GP Lewis	Caatinga
<i>Cereus jamacaru</i> DC.	Caatinga, Cerrado
<i>Chamaecrista calycioides</i> (DC. ex Collad.) Greene	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Chloroleucon dumosum</i> (Benth.) G.P.Lewis	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<b><i>Chloroleucon tortum</i> (Mart.) Pittier</b>	Cerrado, Mata Atlântica
<i>Cnidoscopus urens</i> var. <i>neglectus</i> (Pohl) Lourteig	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Colicodendron yco</i> Mart.	Caatinga
<i>Combretum glaucocarpum</i> Mart.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillett	Amazônia, Caatinga, Cerrado
<i>Copernicia prunifera</i> (Mill.) H.E.Moore	Caatinga, Cerrado
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Cordia rigida</i> (K.Schum.) Kuntze	Caatinga, Cerrado
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	Caatinga
<i>Croton heliotropiifolius</i> Kunth	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal
<i>Ditaxis desertorum</i> (Müll.Arg.) Pax & K.Hoffm.	Caatinga
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Erythrina velutina</i> Willd.	Caatinga, Cerrado
<i>Erythroxylum revolutum</i> Mart.	Caatinga, Mata Atlântica
<b><i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.</b>	Amazônia, Cerrado
<i>Eugenia</i> 2	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Eugenia</i> sp3	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Fridericia dichotoma</i> (Jacq.) L.G.Lohmann	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal
<i>Guapira</i> Aubl.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Guettarda angelica</i> Mart. ex Müll.Arg.	Caatinga
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal
<i>Herissantia tiubae</i> (K.Schum.) Brizicky	Caatinga, Cerrado
<i>Hohenbergia catingae</i> Ule var. <i>cattingae</i>	Caatinga, Mata Atlântica

NOME CIENTÍFICO	BIOMAS
<b><i>Hymenaea rubriflora</i> Ducke</b>	Mata Atlântica
<i>Indigofera suffruticosa</i> Mill.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Inga edulis</i> Mart.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	Amazônia, Caatinga, Cerrado
<i>Jatropha ribifolia</i> (Pohl) Baill.	Caatinga, Cerrado, Pantanal
<i>Lantana camara</i> L.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<b><i>Libidibia ferrea</i> var. <i>leiostachya</i> (Benth.) L.P.Queiroz</b>	Mata Atlântica
<i>Lippia grata</i> Schauer	Amazônia, Caatinga, Cerrado
<i>Luetzelburgia auriculata</i> (Allemão) Ducke	Amazônia, Caatinga, Cerrado
<i>Manihot carthagenensis</i> (Jacq.) Müll.Arg.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Maytenus rigida</i> Mart.	Caatinga, Cerrado
<i>Melochia pyramidata</i> L.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. ex Benth.	Caatinga
<i>Mimosa paraibana</i> Barneby	Caatinga, Mata Atlântica
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	Caatinga, Cerrado
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Myriopus rubicundus</i> (Salzm. ex DC.) Luebert	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<b><i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.</b>	Cerrado, Mata Atlântica
<i>Neoglaziovia variegata</i> (Arruda) Mez	Caatinga
<i>Peltogyne pauciflora</i> Benth.	Caatinga
<i>Pilosocereus gounellei</i> (F.A.C.Weber) Byles & Rowley	Caatinga, Cerrado
<i>Pilosocereus pachycladus</i> F.Ritter	Caatinga, Cerrado
<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	Caatinga
<b><i>Pisonia ambigua</i> Heimerl</b>	Mata Atlântica
<i>Plumbago scandens</i>	Amazônia, Caatinga, Mata Atlântica
<i>Pouteria gardneriana</i> (A.DC.) Radlk	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw) DC	Caatinga, Pampa
<i>Pseudobombax marginatum</i>	Caatinga, Cerrado, Pantanal
<i>Rhamnidium molle</i> Reissek	Caatinga
<i>Ruellia paniculata</i>	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Savia sessiliflora</i> (Sw.) Willd.	Caatinga
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	Caatinga, Cerrado
<i>Sebastiania macrocarpa</i> Müll. Arg.	Caatinga
<i>Senna martiana</i> (Benth.) H.S.Irwin & Barneby	Caatinga
<i>Senna obtusifolia</i>	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal
<i>Senna splendida</i>	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Sida galheirensis</i> Ulbr.	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Sidastrum paniculatum</i>	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Sideroxylon obtusifolium</i> (Roem. & Schult.) T.D.Penn.	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal
<i>Solanum rhytidoandrum</i> Sendtn.	Amazônia, Caatinga, Cerrado

NOME CIENTÍFICO	BIOMAS
<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	Caatinga, Cerrado
<i>Syagrus cearensis</i> Noblick	Caatinga, Mata Atlântica
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Tacinga inamoena</i> (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy	Caatinga
<i>Tacinga palmadora</i> (Britton & Rose) N.P.Taylor & Stuppy	Caatinga
<i>Talisia esculenta</i> (Cambess.) Radlk.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Turnera cearensis</i> Urb.	Caatinga, Mata Atlântica
<i>Varronia curassavica</i> Jacq.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<b><i>Vitex orinocensis</i> Kunth</b>	Amazônia, Mata Atlântica
<i>Wedelia villosa</i>	Caatinga, Cerrado
<i>Ximenia americana</i> L.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal
<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	Caatinga

Analisando as espécies do sitio Salambaia expostas no quadro 4 verifica-se que as mais exigentes em água (grifo no quadro) são de biomas diferentes do da Caatinga. No que concerne ao conjunto Amazônia e Cerrado identificou-se uma espécie, *Erythroxylum suberosum* A.St.-Hil. A mesma quantidade para o conjunto Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica, com a espécie *Allophylus quercifolius* (Mart.) Radlk. O conjunto Amazônia e Mata Atlântica apresenta duas espécies, *Calypttranthes lucida* Mart. ex DC e *Vitex orinocensis* Kunth. No conjunto Cerrado e Mata Atlântica temos *Chloroleucon tortum* (Mart.) Pittier e *Myroxylon peruiferum* L.f. E por fim, três espécies tidas como exclusivas de Mata Atlântica, *Hymenaea rubriflora* Ducke, *Libidibia ferrea* var. *leiostachya* (Benth.) L.P.Queiroz e *Pisonia ambigua* Heimerl.

Na análise do conjunto de Biomas identificados observam-se algumas predominâncias no que corresponde aos biomas alheios a Caatinga (Tabela 28).

Tabela 28: Distribuição dos Biomas Sítio Salambaia

<b>BIOMAS</b>	<b>Quant.</b>	<b>%</b>
Amazônia, Caatinga, Cerrado	5	4.85
Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica	19	18.43
Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal	3	2.91
Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal	3	2.91
Amazônia, Caatinga, Mata Atlântica	1	0.97
<b>Amazônia, Cerrado</b>	<b>1</b>	<b>0.97</b>
<b>Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica</b>	<b>1</b>	<b>0.97</b>
<b>Amazônia, Mata Atlântica</b>	<b>2</b>	<b>1.94</b>
Caatinga	18	17.46
Caatinga, Cerrado	15	14.55
Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica	13	12.61
Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa	1	0.97
Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal	2	1.94
Caatinga, Cerrado, Pantanal	2	1.94
Caatinga, Mata Atlântica	5	4.85
Caatinga, Pampa	1	0.97
<b>Cerrado, Mata Atlântica</b>	<b>2</b>	<b>1.94</b>
<b>Mata Atlântica</b>	<b>3</b>	<b>2.91</b>
<b>TOTAL</b>	<b>97</b>	<b>100</b>

No contexto geral observa-se que na tabela 28 exposta 8,73% de todas as espécies encontradas nas áreas de estudo não pertencem a Caatinga. Se analisarmos indivíduos destas espécies teremos 7,3% do total dos 2483 identificados.

O padrão expresso no sítio Salambaia encontrou-se também na serra da Engabelada, como pode ser observado no Quadro 5.

Quadro 5: Distribuição das Espécies por Biomas Serra da Engabelada

<b>NOME CIENTÍFICO</b>	<b>BIOMAS</b>
<i>Acalypha brasiliensis</i> Müll.Arg.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Aechmea</i> sp.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa
<i>Allophylus quercifolius</i> (Mart.) Radlk.	Caatinga, Cerrado
<i>Allophylus</i> sp.	Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.)	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Andira</i> sp.	Mata Atlântica
<i>Annona leptopetala</i> (R.E.Fr.) H.Rainer	Caatinga, Cerrado
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart. & Zucc.	Caatinga, Cerrado
<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	Caatinga, Cerrado
<i>Bromelia laciniosa</i> Mart.	Caatinga
<i>Callisthene microphylla</i> Warm.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica

NOME CIENTÍFICO	BIOMAS
<i>Calyptanthus lucida</i> Mart. ex DC	Amazônia, Mata Atlântica
<i>Campomanesia eugenioides</i> (Cambess.)	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Capsicum parvifolium</i> Sendtn.	Caatinga, Mata Atlântica
<i>Cenostigma nordestinum</i> Gagnon & GP Lewis	Caatinga
<i>Cereus jamacaru</i> DC.	Caatinga, Cerrado
<i>Chamaecrista calycioides</i> (DC. ex Collad.) Greene	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Chamaecrista zygophylloides</i> (Taub.) H.S.Irwin & Barneby	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Chloroleucon dumosum</i> (Benth.) G.P.Lewis	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Cnidioscolus urens</i> var. <i>neglectus</i> (Pohl) Lourteig	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal
<i>Colicodendron yco</i> Mart.	Caatinga
<i>Combretum leprosum</i> Mart.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillett	Amazônia, Caatinga, Cerrado
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Cordia rigida</i> (K.Schum.) Kuntze	Caatinga, Cerrado
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	Caatinga
<i>Croton grewioides</i> Baill.	Caatinga
<i>Croton heliotropiifolius</i> Kunth	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal
<i>Ditaxis desertorum</i> (Müll.Arg.) Pax & K.Hoffm.	Caatinga
<i>Erythroxylum revolutum</i> Mart.	Caatinga, Mata Atlântica
<b><i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.</b>	Amazônia, Cerrado
<i>Eugenia congo</i>	Mata Atlântica
<i>Eugenia</i> sp.	Mata Atlântica
<i>Euphorbia heterodoxa</i> Müll.Arg.	Caatinga
<i>Fridericia dichotoma</i> (Jacq.) L.G.Lohmann	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal
<i>Guapira</i> Aubl.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Guettarda angelica</i> Mart. ex Müll.Arg.	Caatinga
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal
<b><i>Helicteres sacarolha</i> A. St.- Hil.</b>	Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Helicteres velutina</i> K.Schum.	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Herissantia tiubae</i> (K.Schum.) Brizicky	Caatinga, Cerrado
<i>Heteropterys</i> sp. Kunth	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal
<i>Jatropha curcas</i> L.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	Amazônia, Caatinga, Cerrado
<i>Jatropha ribifolia</i> (Pohl) Baill.	Caatinga, Cerrado, Pantanal
<i>Lantana camara</i> L.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<b><i>Libidibia ferrea</i> var. <i>leiostachya</i> (Benth.) L.P.Queiroz</b>	Mata Atlântica
<i>Lippia grata</i> Schauer	Caatinga, Campo Rupestre, Cerrado
<i>Luetzelburgia auriculata</i> (Allemão) Ducke	Amazônia, Caatinga, Cerrado
<i>Manihot carthagenensis</i> (Jacq.) Müll.Arg.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica

NOME CIENTÍFICO	BIOMAS
<i>Maytenus rigida</i> Mart.	Caatinga, Cerrado
<i>Melocactus zehntneri</i> (Britton & Rose) Luetzelb.	Caatinga, Cerrado
<i>Melochia tomentosa</i> L.	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. ex Benth.	Caatinga
<i>Mimosa paraibana</i> Barneby	Caatinga, Mata Atlântica
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	Caatinga, Cerrado
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemao	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Peltogyne pauciflora</i> Benth.	Caatinga
<b><i>Pfaffia glomerata</i> (Spreng.)</b>	Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Pilosocereus gounellei</i> (F.A.C.Weber) Byles & Rowley	Caatinga, Cerrado
<i>Pilosocereus pachycladus</i> F.Ritter	Caatinga, Cerrado
<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	Caatinga
<b><i>Pisonia ambigua</i> Heimerl</b>	Mata Atlântica
<i>Pouteria gardneriana</i> (A.DC.) Radlk	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw) DC	Caatinga
<i>Ptilochaeta bahiensis</i> Turcz.	Caatinga, Cerrado
<i>Rhamnidium molle</i> Reissek	Caatinga
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Savia sessiliflora</i> (Sw.) Willd.	Caatinga
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	Caatinga, Cerrado
<i>Sebastiania macrocarpa</i> Müll. Arg.	Caatinga
<i>Senna macranthera</i> (DC. ex Collad.) H.S.Irwin & Barneby	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Senna spectabilis</i> (DC.) H.S.Irwin & Barneby	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Sida galheirensis</i> Ulbr.	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Solanum rhytidoandrum</i> Sendtn.	Amazônia, Caatinga, Cerrado
<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	Caatinga, Cerrado
<i>Syagrus cearensis</i> Noblick	Caatinga, Mata Atlântica
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Tacinga inamoena</i> (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy	Caatinga
<i>Tacinga palmadora</i> (Britton & Rose) N.P.Taylor & Stuppy	Caatinga
<i>Talisia esculenta</i> (Cambess.) Radlk.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Triplaris gardneriana</i> Wedd.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<b><i>Turnera cearensis</i> Urb.</b>	Amazônia, Mata Atlântica
<i>Varronia curassavica</i> Jacq.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Varronia leucocephala</i> (Moric.) J.S.Mill.	Caatinga
<i>Vellozia plicata</i> Mart.	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Waltheria indica</i> L.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal



NOME CIENTÍFICO	BIOMAS
<i>Ximenia americana</i> L.	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	Caatinga

No que concerne ao conjunto Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica identificou-se três espécies, *Allophylus* sp, *Helicteres sacarolha* A. St.- Hil e *Pfaffia glomerata* (Spreng.). No conjunto Amazônia, Mata Atlântica temos duas espécies *Calypttranthes lucida* Mart. ex DC e *Turnera cearensis* Urb. O conjunto Amazônia, Cerrado apresenta uma espécie, *Erythroxylum suberosum* A.St.-Hil. E as espécies pertencentes apenas ao bioma Mata Atlântica são três *Andira* sp, *Libidibia ferrea* var. *leiostachya* (Benth.) L.P.Queiroz e *Pisonia ambigua* Heimerl.

Na análise do conjunto de Biomas identificados observam-se algumas predominâncias no que corresponde aos que são distintos da Caatinga (Tabela 29). No contexto geral observa-se que 7.69% de todas as espécies encontradas não pertencem a Caatinga. Se analisarmos os indivíduos destas espécies temos 4,58% dos 2137 identificados.

Tabela 29: Distribuição dos Biomas Serra da Engabelada

BIOMAS	Quant	%
Amazônia, Caatinga, Cerrado	5	5.49
Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica	17	18.68
Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa	1	1.10
Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal	1	1.10
Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal	6	6.59
<b>Amazônia, Cerrado</b>	1	1.10
<b>Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica</b>	3	3.30
<b>Amazônia, Mata Atlântica</b>	1	1.10
Caatinga	18	20.88
Caatinga, Cerrado	15	16.48
Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica	12	13.19
Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal	1	1.10
Caatinga, Cerrado, Pantanal	1	1.10
Caatinga, Mata Atlântica	5	5.49
Caatinga, Pampa	1	1.10
<b>Mata Atlântica</b>	3	2.20
<b>TOTAL</b>	91	100

Foi possível observar que os dados expressos neste capítulo reforçam todo o contexto de destaque que essas áreas exercem em seu potencial hidrológico para a vegetação que o acompanha. Os aspectos pedológicos indicam uma expressiva adaptação desses solos proveniente da água conduzida pelo afloramento rochoso ao sopé coluvial. Esta condição de

solos um pouco mais desenvolvidos foi suficiente para a manutenção de uma vegetação de biomas mais úmidos.

A vegetação utilizada como indicador de umidade perante as espécies encontradas facilitou as análises de potencialidades que advém da hidrologia dos afloramentos rochosos. Portanto, a idéia dessas áreas como refúgios são um retrato da resiliência que estes locais tendem a exercer como focos de ilhas úmidas de aspectos microclimáticos particulares dentro do quadro geral de semiaridez que os cerca.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

*Há aqui homens mais homens  
que em sua luta contra a pedra  
sabem como se armar  
com as qualidades da pedra.*

João Cabral de Melo – O Rio

---

Através de uma contrapartida a um contexto de uma caatinga, sofrida, pobre e indócil aos olhares menos atentos, esta tese reflete aspectos que convergem para uma diversidade, riqueza e exuberância de uma vegetação até aqui, de certa forma, escondida. Souza (2008) coloca que a seca e chuva são antíteses que fazem parte da rotina dessa região, apontando que mesmo no contexto de degradação e complexidade dos solos a caatinga tem o poder de se restabelecer.

Quando Souza (2008) denomina que a caatinga apresenta um estagio de dormência na maior parte do ano, pode-se dizer que as caatingas de afloramentos rochosos sofrem de insônia na maior parte do ano, pois sobrevivem a baixos índices pluviométricos, devido às condições locais. O período de análise desta tese concentrou-se em um momento de severa estiagem, algo que foi significativo, pois foi possível destacar que mesmo acometidos deste fator a vegetação das áreas analisadas se manteve imune a tal severidade.

Os resultados apresentados destacaram todo o contexto que leva a esta vegetação se manter. Dentro do sistema ambiental físico que está condicionada, esta vegetação dos afloramentos rochosos se torna dependente das características geomorfológicas do afloramento rochoso. Esta dependência é devido ao aporte hidrológico onde as condições topográficas proporcionam um grau de escoamento que condiciona a manutenção de um microclima.

O sistema apresentado explica a força motriz que o afloramento rochoso provoca como exportador de água, proporcionando um maior acúmulo em suas bases mantendo uma vegetação diferenciada, tanto em quantidade como em diversidade em relação às áreas mais distantes, comprovando a idéia de que é essa forma de relevo que sustenta grande parte desse sistema.

A constatação de influência de escoamento das áreas de encostas para as de sopé reforça a contribuição hidrológica exercida pelo afloramento rochoso, onde essas tendem a captar mais a água proveniente da precipitação, enquanto que os sopés representados por menores volumes de captação de água apresentam maior capacidade de manter a água devido as características do solo e a presença da vegetação.

Os primeiros aspectos que auxiliaram na identificação deste contexto como detecção remota, levantamentos morfológicos do solo, vegetação e tipologias geomorfológicas fizeram com que fosse estabelecida uma caracterização que indicavam uma influência desses afloramentos rochosos estudados. Os índices de biomassa (SAVI) e TWI se apresentaram determinantes na contextualização dessas áreas como adversas do seu contexto de semiaridez.

O detalhamento das tipologias geomorfológicas, através da identificação das unidades de paisagem, tornaram possível verificar que estas são dependentes dos aspectos aludidos de todo o processo que as constituiu, onde demonstrou-se que as áreas de encostas rochosas são a sustentação para a manutenção das paisagens de sopés coluviais.

Nos fatores pedológicos observa-se que os resultados apresentados indicaram solos mais desenvolvidos, onde os mais próximos aos afloramentos rochosos apresentaram um alto teor de matéria orgânica e capacidade de manutenção de nutrientes e armazenamento de água. A condição pedológica exerce papel fundamental, onde solos destes tipos se diferenciam do entorno.

Foram observados que o desenvolvimento dos solos do complexo de encostas cristalinas estudadas apresentou características relevantes de umidade e matéria orgânica. Os aspectos de comportamento morfológico de presença de raízes apresentaram-se características de porosidade que destacam sua dinâmica em obtenção de nutrientes e água. O sítio Salambaia apresentou uma porosidade acima de 30% nos solos de sopé coluviais, enquanto que a serra da Engabelada foi acima de 40%, o que favorece a dinâmica das raízes. Aliado a isto se observou que a presença de argila onde os solos do sítio Salambaia apresentaram em torno de 20% e a serra da Engabelada 40% favoreceram a manutenção da umidade, o que se torna a sustentação para a presença do alto percentual de matéria orgânica, o qual no sítio Salambaia apresentaram 65% de matéria orgânica na superfície, enquanto que na serra da Engabelada 50%.

Este quadro reflete todo o potencial que pode ser exercido na vegetação, onde dentro do conjunto sistêmico de encosta cristalina a vegetação se torna a centralidade na manutenção dos aspectos de sustentabilidade do solo.

No que corresponde ao endemismo da vegetação observa-se que foram encontradas 37 semelhantes às duas áreas. No sítio Salambaia foram identificadas 57 não endêmicas que corresponde a 58,76% do total. A serra da Engabelada apresentou 48 espécies não endêmicas, o que corresponde a 52,74% de todo o levantamento. No que concerne às endêmicas temos 23 que ocorrem nas duas áreas. No sítio Salambaia há um total de 32 espécies endêmicas que

corresponde a 32,98%, enquanto que a serra da Engabelada apresenta 39 espécies endêmicas, o que corresponde a 42,85% de todo levantamento.

Este panorama expresso anteriormente reforça os indicativos de que essas áreas possuem um padrão de vegetação diferente da região, com os resultados demonstrando que quase 60% das espécies no sitio Salambaia e cerca de 55% na serra da Engabelada não são endêmicas do semiárido brasileiro, sendo encontradas em outras regiões do país.

Estas observações destacadas nas espécies de vegetação encontradas nos maciços cristalinos residuais objetos deste estudo fortalecem as observações realizadas por Rizzini (1963) e Andrade-Lima (1982) onde destacam a Caatinga com um nível baixo de endemismo.

Os estudos realizados por Prado (1991) apresentaram, à época, um nível de endemismo de 42% na Caatinga, o que apesar de alto está abaixo do encontrado nas áreas de estudo do sitio Salambaia (60%) e Serra da Engabelada (55%). Diante disto Prado (2003) expõe o alto grau de diversidade da Caatinga, sendo um bioma florístico rico. Dentro dos estudos que ressaltam esta diversidade Medeiros (2017) apresenta que nas áreas de afloramentos rochosos do sitio Salambaia tem-se uma diversidade alta o que condiciona a estes refúgios de afloramentos rochosos serem uma resposta ao alto grau de endemismo dentro do contexto das florestas sazonalmente secas. As discussões anteriores reforçam que a flora do sitio Salambaia e da Serra da Engabelada não possui um padrão de endemismo típico de caatinga sendo caracterizado por espécies de padrão mais cosmopolita, mas não menos exigentes em água.

Os resultados não endêmicos expressos apresentam um total de 39 espécies não endêmicas identificadas nas duas áreas (sitio Salambaia e serra da Engabelada) com 19 que ocorre apenas no sitio Salambaia e 10 na serra da Engabelada.

As espécies não endêmicas que ocorrem nas duas áreas são *Acalypha brasiliensis* Müll.Arg, *Anadenanthera colubrina* (Vell.), *Aspidosperma pyrifolium* Mart. & Zucc, *Bromelia laciniosa* Mart, *Callisthene microphylla* Warm., *Calypttranthes lucida* Mart. ex DC, *Cereus jamacaru* DC, *Chloroleucon dumosum* (Benth.) G.P.Lewis, *Colicodendron yco* Mart., *Combretum leprosum* Mart., *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B.Gillett, *Croton blanchetianus* Baill., *Ditaxis desertorum* (Müll.Arg.) Pax & K.Hoffm, *Erythroxylum suberosum* A.St.-Hil., *Guapira* Aubl, *Guettarda angelica* Mart. ex Müll.Arg., *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos, *Herissantia tiubae* (K.Schum.) Brizicky, *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill, *Jatropha ribifolia* (Pohl) Baill., *Lippia grata* Schauer, *Luetzelburgia auriculata* (Allemão) Ducke, *Maytenus rigida* Mart., *Mimosa paraibana* Barneby, *Myrcia tomentosa* (Aubl.) DC, *Pilosocereus gounellei* (F.A.C.Weber) Byles & Rowley, *Piptadenia*

*stipulacea* (Benth.) Ducke, *Pisonia ambigua* Heimerl, *Pouteria gardneriana* (A.DC.) Radlk, *Schinopsis brasiliensis* Engl., *Sida galheirensis* Ulbr., *Syagrus cearensis* Noblick, *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith, *Tacinga inamoena* (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy, *Tacinga palmadora* (Britton & Rose) N.P.Taylor & Stuppy, *Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk, *Tocoyena formosa* (Cham. & Schltdl.) K.Schum, *Varronia curassavica* Jacq e *Ximenia americana* L.

As não endêmicas que ocorrem apenas no sitio Salambaia são *Allophylus quercifolius* (Mart.)/ Radlk, *Anacardium occidentale* L, *Baccharis crispa* Spreng., *Cochlospermum vitifolium* (Willd.) Spreng, *Croton heliotropiifolius* Kunth, *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, *Erythrina velutina* Willd., *Indigofera suffruticosa* Mill, *Inga edulis* Mart., *Melochia pyramidata* L., *Myriopus rubicundus* (Salzm. ex DC.) Luebert, *Plumbago scandens*, *Pseudobombax marginatum*, *Ruellia paniculata*, *Senna obtusifolia*, *Senna splendida*, *Sidastrum paniculatum*, *Sideroxylon obtusifolium* (Roem. & Schult.) T.D.Penn e *Zanthoxylum rhoifolium* Lam, enquanto que as não endêmicas ocorrentes apenas na serra da Engabelada são *Allophylus* sp., *Annona leptopetala* (R.E.Fr.) H.Rainer, *Capsicum parvifolium* Sendtn, *Croton grewioides* Baill., *Croton heliotropiifolius* Kunth, *Jatropha curcas* L., *Senna macranthera* (DC. ex Collad.) H.S.Irwin & Barneby, *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, *Waltheria indica* L. e *Varronia leucocephala* (Moric.) J.S.Mill

Dentre as espécies encontradas pode se destacar a *Libidibia ferrea* var. *leiostachya* (Benth.) L.P.Queiroz<sup>1</sup>, onde apesar de não constar na lista de espécies da flora do Brasil como pertencendo a Caatinga ela foi registrada como ocorrência na Paraíba no município de Soledade, Caetité-BA área de precipitações de 769 mm/ano com altitude de 825m, Sitio Jardim (Mulungu-CE a sotavento com 760 m de altitude, Poço Verde-SE (clima semárido), Grota do Angico em Canindé do São Francisco-SE, Itaberaba (semiárido 600mm/ano) em uma área de inselberg e Garanhuns-PE na descida do planato a 285m área remanescente de caatinga. Observe que apesar desta espécie se estabelecer em áreas dentro do contexto semiárido a mesma encontra-se em zonas que exigem considerável umidade, algo que colabora com a identificação nas áreas de estudo deste trabalho. A *Myroxylon peruiferum* L.f.<sup>2</sup> ao qual foi encontrada na cidade de Alagoinha considerada região de brejo de altitude e Parque Nacional do Catimbau em Arcoverde-PE destaca a evidência de representatividade em termos de exigência de água.

<sup>1</sup> Herbário da UFRPE: L.P.de Queiroz 2007. HST 13823 Coleta: I.M.M. Sá e Silva; C.F.C.B.R.Almeida; G.R.Almeida 346 28/03/2006. lat: -7.05722 long: -36.3628.

<sup>2</sup> Herbário da UFPB: Lima, HC 12/2002. JPB 1110 Coleta: Xavier, LP JPB1110 26/11/1942.

Para destacar a evidente diversidade destas áreas de afloramentos rochosos destaca-se a *Pisonia ambigua* Heimerl, onde através de consulta ao banco de dados da flora do Brasil do jardim botânico do Rio de Janeiro realizada em 16 de maio de 2018 verificou-se que a maior parte de sua ocorrência se dá no sul e no sudeste com ausência de ocorrência em todos os estados do nordeste, exceto no estado da Bahia onde foi encontrada no município de Porto Seguro litoral do estado distante 1400 km do semiárido paraibano.

Apesar das análises de endemismo apontar para exclusividade dentro de um determinado bioma, estas discussões são importantes como elemento indicador de diferenciação dessas áreas de entorno de afloramentos rochosos a despeito das áreas mais afastadas. Assim, com base nos resultados parciais encontrados até agora, observa-se o mesmo padrão nas duas áreas. Dessa forma, confirma-se a ocorrência nessas áreas de um padrão de ocupação do espaço onde temos, entre os elementos vegetais típicos de uma vegetação de caatinga e também a presença de elementos típicos de ambientes úmidos.

Dentro deste contexto analisando os resultados de distribuição das espécies mais exigentes em água na serra da Engabelada, observa-se o mesmo padrão identificado no sítio Salambaia. Estabelecendo uma comparação entre as espécies identificadas nas duas áreas verifica-se que quatro destas ocorrem nas duas áreas, *Calyptranthes lucida* Mart. Ex DC, *Erythroxylum suberosum* A.St.-Hil, *Libidibia ferrea* var. *leiostachya* (Benth.) L.P.Queiroz e *Pisonia ambigua* Heimerl. Este fato pode indicar que estas espécies ocorreram em maior concentração em períodos passados de acordo com as teorias de Ab'Saber (1992) e que as condições hidrológicas estabelecidas pelo afloramento rochoso proporcionando a manutenção da vegetação mais exigente em água se reproduzem em outras áreas submetidas ao clima semiárido, submetidas a determinadas condições microclimáticas.

Em um contexto de uso e ocupação é possível indicar a presença de algumas espécies, onde a alteração do ambiente recondiciona a manutenção do ambiente como *Jatropha Curcas* encontrada nos sopés coluviais e *Prosopis juliflora* (Sw) DC em áreas de pedimento. A identificação dessas espécies cosmopolitas ou encontrada apenas em outros biomas e agora registadas nessas encostas cristalinas do ambiente semiárido reforçam que qualquer que tenha sido os impactos antrópicos, os mesmos não influenciaram na dinâmica dos enclaves arbóreos estudados, já que os mesmos se apresentaram diferentes da região em termos pedológicos e florísticos. Mas vale ressaltar que os estudos de uso da terra devem ser observados à luz de dados paleovegetacionais e da história do uso da terra para evidencição dessas áreas como refúgios.

Dentro deste contexto a utilização dessas áreas de afloramento rochosos são exploradas pela população no que concerne a abrigo de água em reservatórios condicionados pelas marmitas naturais (AB'SABER, 1999), Diante disto, os resultados apresentados reforçam que estas áreas de afloramento rochosos são muito importantes para o contexto de manutenção de solos e contribuição hidrológica para a região, sendo necessário a sua preservação. Uma das aplicações que podem ser desenvolvidas é a de serviços ambientais, onde sua preservação está condicionada a uma remuneração focado na responsabilidade ambiental.

Os resultados apresentados são uma abertura nas discussões sobre o comportamento ecohidrológico das encostas cristalinas do semiárido brasileiro. As investigações realizadas proporcionaram uma representação da dinâmica dessas áreas onde ainda carece de estudos de balanço hídrico e paleovegetação.

Portanto, as florestas compreendidas no entorno dos afloramentos rochosos se mostram imprescindíveis para a dinâmica hidrológica e ecológica local, onde a sua presença faz com que as espécies mais exigentes em água sejam mantidas e a condição florestal seja estabelecida para a manutenção do ecossistema vigente, o que as caracteriza como uma zona de exceção de caatinga.



## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. **O Domínio Morfoclimático Semiárido das Caatingas Brasileiras**. Revista Geomorfologia, São Paulo, 1974.
- \_\_\_\_\_, A. **Províncias Geológicas e Domínios Morfoclimáticos no Brasil**. Geomorfologia, São Paulo, 1970.
- \_\_\_\_\_, **A Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida**. Estudos Avançados, Dossie Nordeste Seco, São Paulo, 1999.
- \_\_\_\_\_, A. **Teoria dos Refúgios: Origem e Significados**. Geomorfologia, São Paulo, 1992.
- AGUIAR, W. ; RIBEIRO COUTINHO, M. O. Elias Herckmans. Descrição Geral da Capitania da Paraíba. João Pessoa: A União, 1982, 60 p.
- ALMEIDA, E. História de Campina Grande. 2ª ed. João Pessoa: Ed. Universitária da UFPB, 1979, 235 p.
- ALQUINI, Y; BONA, C; BOEGER, M; COSTA, C; BARROS, C. Epiderme. In: **Anatomia Vegetal**, 87-107, 2003.
- ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E. & OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2000. 32p. (Boletim Informativo, 25)
- ANDERSON, M; BURT, T. The role of topography in controlling runoff generation. *Earth Surface Processes and Landforms*, 1978.
- ANDRADE-LIMA, D. de. Contribuição ao estudo do paralelismo da flora amazônico-nordestina. Recife: Instituto de Pesquisas Agronômicas - IPA, 1966. 30 p. (Boletim técnico, n. 19).
- \_\_\_\_\_, D. Notas Sobre a Dispersão de Algumas Espécies Vegetais no Brasil. *Anais: Soc. Biol. Pernambuco*, v.11 p.25-49, 1953.
- \_\_\_\_\_, D. **Present-day forest refuges in northeastern Brazil**. In: G. T. PRANCE (ed.) *Biological diversification in the tropics*.p. 245-251. Columbia Univ. Press, New York, 1982.
- ANGELSTAM, P. Maintaining and restoring biodiversity in European boreal forests by developing natural disturbance regimes. *Journal of Vegetation Science*, v. 9, p. 593–602, 1998.
- ARAÚJO, E. CASTRO, C; ALBUQUERQUE, P. Dynamics of Brazilian Caatinga – A Review Concerning the Plants, Environment na People. *Revista Functional Ecosystems and Communities*, 2007.

ARAÚJO, M. S. A região semiárida do nordeste do Brasil: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos. **Revista Científica FASETE**, 5, 2011.

ASBJORNSEN, H; GREGORY, R; ALVARADO-BARRIENTOS, M; REBEL, K; FLOORTJE, P; OSCH, V; RIETKERK, M; CHEN, J; GOTSCH, S; TOBO’N, C; GEISSERT, D; TAGLE, A; VACHE, K; DAWSON, T. Ecohydrological advances and applications in plant–water relations research: a review. *Journal Plant Ecology*, V.4, 2011.

ASCE (1992). **Design and Cosntruction of Urban Stormwater Management Systems**. American Society of Civil Engeneer. p753.

AVELAR, A; COELHO-NETO, A. Fraturas e desenvolvimento de unidades geomorfológicas côncavas no médio vale do rio Paraíba do Sul, SP. *Rev. Bras. De Geociências*, 1994.

BAK, P.; C. TANG; K. WIESENFELD. Self-organized criticality. *Physical Review A* 38:364-374, 1988.

BECHT, M; HASS, F; HECKMANN, T. WICHMANN V. Investigating sediment cascades using field measurements and spatial modelling. *IAHS Publication*, 291, 2005.

BELNAP, J; WELTER, R; GRIMM, BARGER, N; LUDWIG. Linkages between microbial and hydrologic processes in Arid and semiarid watersheds. *Ecology*, v.86, 2005.

BÉTARD, F; PEULVAST, J-P; SALES, V. Caracterização morfopedológica de uma serra úmida no semi-árido do nordeste brasileiro: o caso do maciço de baturité-ce. **Revista Mercator - Revista de Geografia da UFC**, ano 06, número 12, 2007.

BEZERRA, F; NEVES, B; CORRÊA, A. C; BARRETO, A; SUGUIO, K. Late Pleistocene tectonic-geomorphological development within a passive margin — The Cariatá trough, northeastern Brazil. *Revista, Geomorphology* 97 (2008) 555–582.

BIGARELLA, J. J. BECKER, R. D. SANTOS, G. F. dos; PASSOS, e SUGUIO, K. Inselbergs, In: **Estrutura e origem das paisagens Tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. UFSC, vol. 3, 1994.

\_\_\_\_\_, J.J., ANDRADE, G.O. Contribution to the study of the Brazilian Quaternary. *The Geological Society of America, Special Paper* 84, 433–451, 1965.

BIRKELAND, P.W., (1999). *Soils and Geomorphology*, 3rd ed. Oxford University Press, New York.

\_\_\_\_\_, P. **Soils and Geomorphology**. New York, USA: Oxford University Press, 1984. 372.

BOTKIN, D.B. *Discordant harmonies*. Oxford: Oxford University Press, 1990. 241 p.

BRADE, A. C. Contribuição para o Estudo da Flora *Pteridophyta* da Serra de Baturité, Estado do Ceara. *Rodriguésia*, IV, v.13, p. 289-302, 1940.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 704p.

BRESHEARS, D; BARNES, F; Interrelationships between plant functional types and soil moisture heterogeneity for semiarid landscapes within the grassland/forest continuum: a unified conceptual model. *Landscape Ecology*, v.14, 1999.

BRIERLEY, G. Landscape memory: the imprint of the past on contemporary landscape forms and processes. *Journal compilation Royal Geographical Society (with The Institute of British Geographers)*, 2009.

CÁMARA, R. & DÍAZ DEL OLMO, F. *Directrices y Gestión para la Conservación y Desarrollo Integral de un Humedal Centroamericano: Golfo de Montijo (Litoral del Pacífico, Panamá)*. Embajada de España en Panamá, Panamá, 2004.

CÁMARA, R.; MARTÍNEZ B. (2007): "Plantilla para el cálculo del balance hídrico y el diagrama bioclimático: su aplicación a estudios de hidrología y geobotánica". Equipo de Trabajo Estudios Tropicales y Cooperación al Desarrollo del Grupo de Investigación Cuaternario y Geomorfología (PAI RNM-273). Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Universidad de Sevilla, España.

CARDOSO, D; QUEIROZ, L. Caatinga no Contexto de uma Metacomunidade: Evidências da Biogeografia, Padrões Filogenéticos e Abundância de Espécies em Leguminosas. In: **Biogeografia da América do Sul: Padrões & Processos**, Org: CARVALHO, C.J.B; ALMEIDA, E.A.B, Ed. Roca, São Paulo: 2011.

CARDOSO, E; SCHIAVINI, I. Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG). **Revista Brasil. Bot.**, V.25, n.3, p.277-289, set. 2002.

CARMO F F (2014) **Padrões de diversidade, composição florística e estrutura de comunidades de plantas em afloramentos rochosos, quadrilátero ferrífero, Brasil**. 160f. Tese de doutorado, Universidade federal de Minas Gerais, Belo Horizonte MG.

CARSON, M. A; KIRKBY, M. J. **Hillslope form and process**. Cambridge, 1972.

CARVALHO, M. **Estado da Paraíba: Classificação Geomorfológica**. Ed. Universitária, João Pessoa - PB, 1982.

CASSETI, V. **Elementos de Geomorfologia**. Ed. UFG, Goiânia - GO, 1994.

CAVALCANTE, A; CAVALLINI, M; LIMA, N. R. **Estresse por Déficit Hídrico em Plantas Forrageiras**. Embrapa, 2009.

CAVALCANTI, L. **Cartografia da Paisagem: Fundamentos**. Ed. Oficina de Textos, São Paulo, 2014.

\_\_\_\_\_, L; LIRA, D; CORRÊA, A. Tipologia de geoformas para cartografia de detalhe no semiárido brasileiro. In: **Anais...** Sinpósio Nacional de Geomorfologia, Maringá, Paraná, 2016.

CHAPIN F; MOONEY, H; CHAPIN, M. Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology. Springer, 2002.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia, ed. Blucher, 1974.

\_\_\_\_\_, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. Ed. Blucher, 1999.

CLARK, M; SMALL, J. Slopes and weathering. New York:Cambridge University Press, 1982, 110p.

CLARK, N; PEREZ-TEJO, F., ALEN, P (1995) The nature of Systems. In Evolutionary dynamics and sustainable development: a systems approach. Edward Elgar, Aldershor: 19-41.

COELHO NETO, A.L. (1998) **Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia**. In: GUERRA, A J.T. e CUNHA, S.B. (org) Geomorfologia; uma atualização de bases e conceitos. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 3 ed.: 93.148.

\_\_\_\_\_, A; FERNANDES, N. Hillslope erosion sedimentation and relief inversion in SE Brazil, in Res. Needs and Applications to Reduce Erosion in Tropical Steeplands Proceed, Fuji Symp, IAHS, 192, 1990.

COIMBRA-FILHO, A; CAMARA, I. **Os Limites Originais do Bioma Mata Atlântica na Região Nordeste do Brasil**. Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza (FBCN), 1996.

COLE, M. M. 1960. Cerrado, caatinga and pantanal: the distribution and origin of the savanna vegetation of Brazil. Geographical Journal 126: 168-179.

COLLINS, D. Geomorphology and Ecohydrology of Water-Limited Ecosystems: A Modeling Approach. Department of Civil and Environmental (Tese de Doutorado), Massachusetts Institute of Technology, 2006.

CORRÊA, A. C; SOUZA, J. O; CAVALCANTI, L. Solos do Ambiente Semiárido Brasileiro: Erosão e Degradação a partir de uma Perspectiva Geomorfológica. In: **Degradação dos Solos no Brasil**, GUERRA, A. J; OLIVEIRA-JORGE, M, Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_, A; SILVA, D; MELO, J. Utilização dos depósitos de encostas dos brejos Pernambucanos como marcadores paleoclimáticos do Quaternário tardio no semiárido nordestino. Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 07, número 14, 2008.

\_\_\_\_\_, A; TAVARES, B; MONTEIRO, K; CAVACALTI, L; LIRA, D. Megageomorfologia e Morfoestrutura do Planalto da Borborema. **Revista Instituto Geológico**, São Paulo, 2010.

CORREIA, R. C., KILL, L. H., MOURA, S. B., CUNHA, T. J., JUNIOR-JESUS, L. A., & ARAUJO, J. L. **A Região Semiárida Brasileira**. Embrapa, 2011.

COSTA, C. **Umidade do solo e disponibilidade hídrica na zona das raízes em condições naturais de caatinga preservada**. 2012. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Ceará, 2012. Fortaleza- CE.

D'ODORICO, P; LAIO, F; PORPORATO, A; RIDOLFI, L; RINALDO, A; RODRIGUEZ-ITURBE, I. Ecohydrology of Terrestrial Ecosystems. BioScience, v.60, 2010.

\_\_\_\_\_, P; SCANLON, M; ITUNYAL, W; ABSHIREL, K; BARRETT, P; BHATTACHAN, A; COLOSOL, J; ERLER, A; MILLER, J; MITCHELL, N; MOBLEY, J; VAN VLEET, D; WHITMAN, E. Dryland Ecohydrology: Research Perspectives. Annual of the Arid Zone, V.48, 2009.

DIAS, L. B. (2008). **Água nas Plantas**. UFLA.

DONAGEMA, G.K., CAMPOS, D.V.B. de, CALDERANO, S.B., TEIXEIRA, W.G., VIANA, J.H.M., 2011. **Manual de métodos de análise de solos**, 2nd ed. Embrapa Solos, Rio de Janeiro.

DUNNE, T. Formation and controls of channel networks. Prog. Phys. Geogr. 4, 1980.

DYLIK, J. The significance of the slope in geomorphology. Bulletin de la Société des Sciences et des Lettres de Lodz, v. XIX, 1968.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

\_\_\_\_\_. **Manual de métodos de análises de solos**, 1997 Embrapa.

\_\_\_\_\_. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p. *Engelhorn's Nachf.* Stuttgart, 283p, 1924.

FERNANDES, A. **Fitogeografia Brasileira**. Ed. Kosmos, Fortaleza: 1994.

FERNANDES, M. C. **Desenvolvimento de Rotina de Obtenção de Observações em Superfície Real: Uma Aplicação em Análises Geoecológicas**. 2004. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2004.

\_\_\_\_\_, M; MENEZES, P; AVELAR, A; COELHO-NETTO, A. Avaliação do uso de observações em superfície real para análise geomorfológica de índice de eficiência de drenagem: um estudo de caso no maciço da Tijuca – RJ. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, **Anais...INPE**, p. 3745-3752.

FERNANDES, N. Hidrologia Subsuperficial e Propriedades Físico-Mecânicas dos Complexos de Rampa, Bananal (SP). Instituto de Geografia (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1990.

FRANZ, T; CAYLOR, K; KING, E; NORDBOTTEN, J; CELIA, M; RODRIGUEZ-ITURBE, I. An ecohydrological approach to predicting hillslope-scale vegetation patterns in dryland ecosystems. Water Resources Research, v. 48, 2012.

GRABOIS, J. ; AGUIAR, M. J. N. O Cariri paraibano: um estudo de geografia agrária regional – primeira aproximação. Ciência e Cultura, 37 (12), Rio de Janeiro: SBPC, p. 1965-1986, dez. 1985.

\_\_\_\_\_, J.; MARQUES, M.I.M.; SILVA, M.J. A organização do espaço no baixo vale do Taperoá: uma ocupação extensiva em mudança. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v.53, n, 4, p.81-114, 1991.

GUERRA, A. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**, ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1994.

GUIMARÃES, T. **Determinação da cor do solo pela carta de munsell e por colorimetria**. 2016. Monografia – Universidade de Brasília -DF.

GURGEL, S; BEZERRA, F; CORRÊA, A; MARQUES, F; MAIA, R. Cenozoic uplift and erosion of structural landforms in NE Brazil. *Revista Geomorphology* 186 (2013) 68–84.

GUTIERREZ-JURADO, H; VIVONI, E. Ecogeomorphic expressions of an aspect-controlled semiarid basin: I. Topographic analyses with high-resolution data sets. *Ecohydrology*, 2013.

HAFFER, J; PRANCE, T. Impulsos climáticos da evolução na Amazônia durante o Cenozóico: sobre a teoria dos Refúgios da diferenciação biótica. **Revista Scielo**, 1992.

HASSAN, R; SCHOLLES, R; NEVILLE, A. **Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends**, v. 1, ISLAND PRESS: The Center for Resource Economics. Library of Congress, 2005.

HEGARTEN, S., NEUGENBAUER, H.J. (1998) Selforganized in a landslide model. *Geophysical Research Letter*, 25(6):801- 804.

HENRIQUES, M; BRAZ, N; ROQUE, D. Nuvens de Pontos e Ortomosaicos. A sua Utilização num Laboratório de Engenharia Civil. **Conferência Nacional de Cartografia**, Outubro, 2015.

HUXMAN, T; WILCOX, B; BRESHEARS, D; SCOTT, R; SNYDER, K; SMALL, E; HULTNE, K; POCKMAN, W; JACKSON, R. Ecohydrological implications of woody Plant encroachment. *Ecology*, v. 86, 2005.

IBESA – **Projeto de Implantação de Bacias Experimentais do Semiárido**. Relatório Técnico, FINEP FUNPEC, 2004.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 02 fev. 2018.

\_\_\_\_\_. **Manual Técnico de Pedologia**. 2º ed. Rio de Janeiro, 2007.

INGRAM, H. A. P., *Ecohydrology of Scottish peatlands*, Trans. Royal Soc. Edinburg Earth Sci., 78, 287-296, 1987.

JACOMINE, P. T. K. Solos sob caatinga: características e uso agrícola. In: ALVAREZ V., V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Universidade Federal de Viçosa, 1996. p. 96-111.

JATOBÁ, L. **A Geomorfologia do Semiárido**. Ed. UFPE, Recife – PE, 1994.

JEMMA, F. **GIS Application to Water Resources Management in the Land Planning Context: A Methodological Proposal**. Revista International Association of Hydrological Sciences (IAHS), ed. 211 p. 101 a 106, 1993.

JENNES, J.S. Calculating Landscape Surface Area from Digital Elevation Models. **Wildlife Society Bulletin**, v. 32, n. 3, p. 829-839, 2004.

\_\_\_\_\_, J. **Manual da extensão Surface Areas and Ratios from Elevation Grid (surfgrids.avx) para ARCVIEW**. Disponível em: <<http://www.esri.com>>. Acesso: 23/04/2018.

JOFFILY, I. Notas sobre a Parahyba. Rio de Janeiro: Typographia do Jornal do Commercio, 1892, 276 p.

KAUFFMAN. Origins of order: Self-organization and selection in evolution. New York: Oxford University Press, 1993.

KELLY, S., ALLISON, M. A. The complexity advantage: how the science of complexity can help your business achieve peak performance. New York, 1998.

KING, L.C. A geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, 18(2): 147-265, 1956.

KNOX, J. C. Valley alluviation in south-western Wisconsin. *Annals of the American Association of Geographers*, v.62, p.401-410, 1972.

KRIEGER, Axel; POREMBSKI, Stefan; BARTHLOTT, Wilhelm. Temporal dynamics of an ephemeral plant community: species turnover in seasonal rock pools on Ivorian inselbergs. *Plant Ecology*, Vol 167. 283-292, 2003.

LACERDA, C. F. **Relações Solo-água-plantas em ambientes naturais e agrícolas do nordeste Brasileiro**. Promoção (Departamento de Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

LAGES, G. A; Marinho, M. S; NASCIMENTO, V. C; DANTAS, E. L; FIALHO, D. Mar de Bolas do Lajedo do Pai Mateus, Cabaceiras, PB - Campo de matações graníticas gigantes e registros rupestres de civilização pré-colombiana. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/sitio068/sitio068.pdf>, Acesso em: 19 de Agosto de 2014.

LOPES, C **Relações Florísticas E Estruturais Entre Fragmentos De Florestas Secas E Úmidas (Floresta Atlântica), Nordeste Do Brasil**; Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2007, Recife.

LOUSADA, G; LAETA; FERNANDES. Análise de diferentes metodologias para o cálculo de área em superfície modelada. In: **Anais... XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Santos, São Paulo.

LUCENA, D **Trepadeiras Em Afloramentos Rochosos No Nordeste Oriental Do Brasil**; Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Pernambuco. 2016, Recife.

LUNDBERG, J.; MOBERG, F. Mobile Link Organisms and Ecosystem Functioning: Implications for Ecosystem Resilience and Management. *Ecosystems*, v. 6, p. 87- 98, 2003.

MAIA, R; NASCIMENTO, M. Relevos graníticos do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. (Online), São Paulo, v.19, n.2, (Abr-Jun) p.373-389, 2018.

MATTOS, S; PEREZ-FILHO, A. Complexidade e Estabilidade em Sistemas Geomorfológicos: uma introdução ao tema Complexity and stability in geomorphic systems: an introduction to the theme. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Ano 5, Nº 1 (2004) 11-18.

MEDEIROS, J. Dinâmica espaço-temporal e cenários futuros para a desertificação no alto curso do rio Paraíba – PB. Programa de iniciação científica (Relatorio). Universidade Federal da Paraíba, 2017.

MENEZES, H. E. A; BRITO, J. I. B; SANTOS, C. A. C.; SILVA, L. L. A relação entre a temperatura da superfície dos oceanos tropicais e a duração dos veranicos no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 23, 152-161, 2008.

MENEZES, M. Efeitos do uso do solo sobre a vegetação: estudo de caso em inselberg no Cariri paraibano. Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal da Paraíba, 2016.

MICELI, B; DIAS, F; SEABRA, F; SANTOS, P; FERNANDES, M. Avaliação vertical de modelos digitais de elevação (MDEs) em diferentes configurações topográficas para médias e pequenas escalas. **Revista Brasileira de Cartografia** N. 63/01, 2011. (ISSN 0560-4613).

MIGUEL, P. Caracterização pedológica, uso da terra e modelagem da perda de solo em áreas de encosta do rebordo do planalto do RS. Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria, 2010.

MIL'KOV, F. The contrastivity principle in landscape geography. *Soviet Geography*, Voronezh University, 1978.

MMA - Serviço Florestal Brasileiro Florestas do Brasil em resumo - 2010: dados de 2005-2010. / Serviço Florestal Brasileiro. – Brasília: SFB, 2010.

MOLLE, François; CADIER, Eric. **Manual do Pequeno Açude**, 3. ed. Recife: Liceu Ltda. 1992. 523p.

MONTEIRO, T. **Uso dos Solos, Índices de Vegetação e Degradação na Apa da Onças-PB**; Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba. 2013, João Pessoa.

MORAES, A. O; MELO, E; AGRA, M. F; FRANÇA, F. A Família Solanaceae nos Inselbergs do semiárido da Bahia, Brasil. *Revista IHERINGIA*, v. 64, n.2, p. 109-122, 2009.



MORO, M; ARAÚJO, F; RODAL, M. J; MARTINS, F. Síntese dos estudos florísticos e fitossociológicos realizados no semiárido brasileiro. In: **Fitossociologia no Brasil: Método e estudos de casos**,. (ORG) ELSENIOHR, P; FELFILI, J; MELO, M. M; ANDRADE, L; MEIRA-NETO. V. 2, Ed. UFV, 2015.

MOROUELLI, W. **Tensiômetros para o Controle de Irrigação em Hortalças**. Brasília: Embrapa Solos, Circular Técnica, n. 57, 2008, 15p.

MORRISON, E, HARPER, D. Ecohydrological principles to underpin the restoration of *Cyperus papyrus* at Lake Naivasha, Kenya. *Ecohydrology & Hydrology*, v.9, 2009.

NAKAMURA, F; SWANSON, FJ; WONDZELL, SM. (2000). Disturbance regimes of stream and riparian systems: A disturbance-cascade perspectiv. *Hydrological Processes*. 14: 2847-2860.

NEWMAN BD, Wilcox BP, (2006) **Ecohydrology of water-limited environments: A scientific vision**. Water Resources Research, 2006.

NIMER, E. 1979. **Pluviometria e Recursos Hídricos de Pernambuco e Paraíba**. SUPREN. IBGE. Rio de Janeiro-RJ. 117 pp.

NOVO, E. **Sensoriamento Remoto: Principios e Aplicações**. Ed. Blucher 4ªEd. São Paulo, 2010.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Introdução à complexidade**. In: Nussenzveig, H. M. (org.). *Complexidade e caos*. Rio de Janeiro, Editora UFRJ/COPEA, 1999, p.9-26.

ODENING, W.R., STRAIN, B.R., & OECHEL, W.C. The effect of decreasing water potential on net CO<sub>2</sub> exchange of intact desert shrubs. **Ecology** 55, 1086-1095, 1974.

OLIVEIRA, L; FONTES, M; RIBEIRO, M; KER, J. Seção v - gênese, morfologia e classificação do solo, morfologia e classificação de luvisolos e Planossolos desenvolvidos de rochas Metamórficas no semiárido do Nordeste brasileiro **R. Brasileira de Ciência do Solo**, 33:1333-1345, 2009.

OLIVEIRA, R; GODOY, S. P. Composição Florística dos Afloramentos Rochosos do Morro do Forno, Altinópolis, São Paulo. **Revista Biota Neotropica**, 2007.

PACIFICO, E; CÔRTEZ, L; LIMA, F; JÚNIOR, P. O conceito de comunidades e ecossistemas. *Mecanismos de ajustamento ambiental e colonização* 2012.

PADISAK, J. (1992). Seasonal auccession of phytoplankton in a large shallow lake (Balaton, Hungary) - a dynamic approach to ecological memory, its possible role and mechanisms. *J. Ecol.*, 80, 217–230.

PAIVA, R.; OLIVEIRA, L. M. **Fisiologia e Produção Vegetal**. Lavras. ed. UFLA. p. 104, 2006.

PELOGGIA, A.U.G. Estruturas geológicas do manto de intemperismo e modelos geoestruturais aplicados à análise de riscos de escorregamentos: os maciços de alteração de rochas foliadas. *Revista UNG Geociências*, v.13, n.1, p.50-61, 2014.

PENCK, W. Die morphologische analyse. Ein kapitel der physikalischen geologie, 1924.

PENNINGTON, R.T; LEWIS, J. RATTER, A. 2006. An overview of the plant diversity, biogeography and conservation of Neotropical savannas and seasonally dry forests. In *Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests: Plant Diversity, Biogeography, and Conservation*, ed. R.T. Pennington, G.P. Lewis, and J.A. Ratter, 1-29. Boca Raton, FL: CRC Press.

PEREIRA NETO, M C e Silva N M (2012) Relevos residuais (maciços, inselbergues e cristas) como refúgios da biodiversidade no Seridó Potiguar. **Revista Geonorte** 1: 262-273.

PETERSON, G.D. (2002). Contagious disturbance, ecological memory, and the emergence of landscape pattern. *Ecosystems*, 5, 329–338.

PONZONI, F; SHIMABUKURO, Y; KUPLICH, T. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. Ed. Ofici de Textos, São Paulo, 2012.

\_\_\_\_\_, F; SHIMABUKURO,Y. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. 2010. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2010. 128 p.

POREMBSKY, S.; SEINE, R.; BARTHLOTT, W. 2000. Factors Controlling Species Richness of Inselbergs. In: BARTHLOT, W., POREMBSKY, S. *Inselbergs: Biotic Diversity Outcrops in Tropical and Temperate Regions*. Berlin: Springer, 2000, p. 451- 482.

PRADO, D. As Caatingas da América do Sul. In: **Ecologia e Conservação da Caatinga**, Org: LEAL, I; TABARELLI, M; SILVA, J. M, Ed. UFPE, 2003.

\_\_\_\_\_, D. E. & P. E. GIBBS. 1993. **Patterns of species distributions in the dry seasonal forests of South America**. *Anais... Missouri Botanical Garden* 80: 902-927.

\_\_\_\_\_, D. E. **A critical evaluation of the floristic links between Chaco and Caatingas vegetation in South America**. Ph.D. thesis, University of St. Andrews, St. Andrews, Scotland, 1991.

PREVEDELLO, C. Energia Térmica do Solo, In: **Física do Solo**. Viçosa - MG: Ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010.

PRIGOGINE, I. **As Leis do Caos. Tradução**. Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Editora UNESP, 2000.

PRUSKI, F. F.; BRANDÃO, V. S.; SILVA, D. D. **Escoamento superficial**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2004. 87 p.

QUEIROZ, L. 2006. The Brazilian Caatinga: Phytogeographic Patterns Inferred from Distribution Data of the Leguminosae. In *Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests: Plant Diversity, Biogeography, and Conservation*, ed. R.T. Pennington, G.P. Lewis, and J.A. Ratter, 1-29. Boca Raton, FL: CRC Press.

RÊGO, S, LIMA, P; LIMA, M; MONTEIRO, T. Análise Comparativa dos Índices de Vegetação NDVI e SAVI no município de São Domingos do Cariri-PB. *Revista Geonordeste*, Ed. Especial, v.2,n4, 2012, p.1217-1225.

RENEWICK, W. (1992). Equilibrium, disequilibrium, and none equilibrium in the landscape. *Geomorphology*.

RESNIK, David. *Laws and development*. Synthese 112: 37-51, 1997.

RIBEIRO, K., SOUSA-NETO, E.R. de, CARVALHO, J.A. de, SOUSA LIMA, J.R. de, MENEZES, R.S.C., DUARTE-NETO, P.J., DA SILVA GUERRA, G., OMETTO, J.P.H.B., 2016. Land cover changes and greenhouse gas emissions in two different soil covers in the Brazilian Caatinga. **Sci. Total Environ.** 571, 1048–1057.

RIZZINI, C. T. Delimitação, Caracterização e Relações da Flora Solvestre Hiléiana. *Atlas Simp. Biota Amazônica*. V. 04, p.13-36, 1967.

\_\_\_\_\_, C. T. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia** 25: 3-64, 1963.

RODRIGUES, J; ANDRADE, E; PALACIO, H; MENDONÇA, L. **Comparativo Hidrológico em Pequenas Bacias Semiáridas**. In: I Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido. 2013, Iguatu – CE, Anais...

RODRIGUEZ-ITURBE, I. **Ecohydrology: A hydrologic perspective of climate-soil-vegetation dynamics**. *Water Resources Research*, 2000.

\_\_\_\_\_, I; PORPORATO A. **Ecohydrology of Water-Controlled Ecosystems Soil Moisture and Plant Dynamics**. New York, USA: Cambridge University Press, 2004, 440p.

RUIZ, H; FERREIRA, P; ROCHA, G; BORGES-JR, J. Transporte de Solutos no Solo, In: **Física do Solo**. Viçosa - MG: Ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010.

RYAN, J; LUDWING, J; MCALPINE, C. Complex adaptive landscapes (CAL): A conceptual framework of multi-functional, non-linear ecohydrological feedback systems. *Ecological Complexity*, 2007.

SADIKIN, H; SAPTARI, A; ABDULHARIS, R; HERNANDI, A. UAV System With Terrestrial Geo-referencing For Small Area Mapping. **FIG Congress**, Malasia, Kuala Lumpur, 2014.

SALZANO, Francisco M. **Evolução, Sistemas Complexos e Caos**. In: Nussenzveig, H. M. (org.). *Complexidade e caos*. Rio de Janeiro, Editora UFRJ/COPEA, 1999, p.9-26.

SANTOS, A. Umidade do solo, orvalho e vegetação: método integrado aplicado às paisagens do semiárido. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba. Orientação: Prof. Dr. Eduardo Viana Rodrigues de Lima. 2018, João Pessoa. No prelo.

SANTOS, H.G.S., JACOMINE, P.K., ANJOS, L.H.C., OLIVEIRA, V.A., LUMBRERAS, J.F., COELHO, M.R., ALMEIDA, J.A., CUNHA, T.J.F., OLIVEIRA, J.B., 2006. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, Rio de Janeiro: Embrapa Solos. Embrapa.

SANTOS, J; LEAL, I; ALMEIDA-CORTEZ, J; FERNANDES, W; TABARELLI, M. Caatinga: The Scientific Negligence Experienced by a Dry Tropical Forest. *Journal Tropical Conservation Science*, v. 4 p. 276-286, 2011.

SARMIENTO, G. The Dry Plant Formations of South America and Their Floristic Connections. *Journal of Biogeography*, v. 2, n. 4, p. 233-251, 1975.

SARTHOU, C; SAMADI, S.; BOISSELIER-DUBAYLE, M-C. Genetic structure of the saxicole *Pitcairnia geyskesii* (Bromeliaceae) on inselbergs in French Guiana. *American Journal of Botany* 88: 861–868, 2007.

SCHECHI, R; BIANCHI, R; GUIMARÃES, R; RIZZI, N. Avaliação da capacidade potencial de armazenamento de água na bacia hidrográfica do rio pequeno, São José dos Pinhais, PR. *FLORESTA*, Curitiba, PR, v. 43, n. 2, p. 205 - 214, 2013.

SCHWERTMANN, U.; TAYLOR R. M. Iron oxides. in: DIXON J. B.; WEED S. B. **Minerals in Soil Environments**. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, 1989. P.379-438.

SCS - SERVIÇO DE CONSERVAÇÃO DE SOLO. **Manual nacional de engenharia**. Washington: USDA, 2008.

SEYFRIED, M; SCHWINNING, S; WALVOORD, A; POCKMAN, W; NEWMAN, B; JACKSON, R; PHILLIPS, F. Ecohydrological control of deep drainage in arid and Semiarid regions. *Ecology*, v.86, 2005.

SILVA, A. S. et al. **Captação e conservação de água de chuva para o consumo humano: Cisternas rurais, dimensionamento, construção e manejo**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, n. 12, 1984, 103p.

SILVA, C; DUARTE, C; SOUTO, M; SANTOS, A. AMARO, V; BICHO, C; SABADIA, J. Avaliação da acurácia do cálculo de volume de pilhas de rejeito utilizando vant, gnss e lidar Evaluating the accuracy in volume calculation in a pile of waste using uav, gnss and lidar. **BCG - Boletim de Ciências Geodésicas**. Curitiba, v. 22, no1, p.73 - 94, jan-mar, 2016.

SILVA, D. G.; MELO, R. F. T.; CORRÊA, A. C. B. A Influência da Densidade de Drenagem na Interpretação da Evolução Geomorfológica do Complexo de Tanques do Município de Brejo da Madre de Deus - Pernambuco, Nordeste do Brasil. *Revista de Geografia*. v. 26 (3), p.294-306, 2009.

\_\_\_\_\_, D; CORRÊA, A; AMORIM, R. Caracterização morfológica e dinâmica ambiental das Marmitas (weathering pit) no distrito de fazenda nova, Pernambuco - nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2017.

SOUZA, B. I. **Cariri Paraibano: Do Silêncio do Lugar à Desertificação**, Rio Grande do Sul. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008, Porto Alegre.

SOUZA, B.C., OLIVEIRA, R. S., ARAÚJO, F. S., LIMA, A. L., & RODAL. Divergências funcionais e estratégias de resistência à seca entre espécies decíduas e sempre verdes tropicais. **Revista Rodriguesia**, 66, 21-32, 2015.

SOUZA, B; SOUZA, R. Processo de ocupação dos Cariris Velhos – PB e efeitos na cobertura vegetal: contribuição à Biogeografia Cultural do semiárido. *Caderno de Geografia*, v.26, número especial 2, 2016.

SOUZA, J. **Modelos de Evolução da Dinâmica Fluvial em Ambiente Semárido – Bacia do Riacho do Saco, Serra Talhada, Pernambuco** ; Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco. 2014, Recife.

SOUZA, S. S; TOMASELLA, J; GRACIA, M. G; AMORIM, M. C; MENEZES, P. C. P; PINTO, C. A. M. O Programa de monitoramento climático em tempo real na área de atuação da SUDENE – PROCLIMA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 25 15-24, 2001.

STACEY, R. D. Complexity and creativity in organizations. San Francisco: Berret-Koehler publishers, 1996.

STALLINS, J A. (2006) Geomorphology and ecology: unifying themes for complex systems in biogeomorphology *Geomorphology* 77 207–16.

STONE, J; LANE, J; SHIRLEY, E; HERNANDEZ, M. **Hillslope Surface Hydrology**. United States Department of Agriculture, Agricultural Research, 1995.

SUN, Z; REN, H; SCHAEFER, V; HONGFANG, L; WANG, J; LINJUN, L; LIU, N. Quantifying ecological memory during forest succession: A case study from lower subtropical forest ecosystems in South China. *Ecological Indicators*, 2013.

SVORAY, T; KARNIELI, A. Rainfall, topography and primary production relationships in a semiarid ecosystem. *Ecohydrology*, 2011.

SWANSON FJ; DYMEU CT. (1975). Impact of clear-cutting and road construction on erosion by landslides in the western Cascade. *Geology*.

SZARZYNSKI, J. Xeric Islands: Environmental Conditions on Inselbergs. In: BARTHLOT, W., POREMBSKY, S. *Inselbergs: Biotic Diversity Outcrops in Tropical and Temperate Regions*. Berlin: Springer, 2000, p. 451- 482.

TARGULIAN, V.O., SOKOLOV, I.A., (1978). Structural and functional approaches to soil: soil-memory and soil-moment. *Matematicheskie Metody v Ekologii* (Mathematical Methods in Ecology). Nauka, Moscow, pp. 64–75 (In Russian).

\_\_\_\_\_, V; KRASILNIKO, P. Soil system and pedogenic processes: Self-organization, time scales, and environmental significance. *Catena* 71, 2007.

THOMAS, David. **Arid Zone Geomorphology**. London, UK: Belhaven Press, 1989. 372.

THOMAS, M.F. Geomorphology in the Tropics. Chichester: Wiley, 1994.

TOLKE, E; SILVA, J; PEREIRA, A; MELO, J. Flora Vascular de um Insetberg no Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil. **Revista Biotema**, v.24, 2011.

TUCCI, C. E. M. (2009) **Hidrologia: ciência e aplicação**. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – ABRH. 4ª Edição. Porto Alegre, 943 p.

TWIDALE, C, R. On the origino of pedimentos in diferente structural settings. American Journal of Science, v. 278, p. 1138-76, 1978.

\_\_\_\_\_, C. R. Granite Landforms. Amsterdam: Elsevier Scientifi c Publishing Co., 1982. 372p.

VANZOLINI, P.E. & E.E. WILLIAMS. “The vanishing refuge: a mechanism for ecogeographical speciation”. São Paulo, **Papéis Avulsos Zool.**, 34 (23), p. 251-55, 1981.

\_\_\_\_\_, P.E. (1976) On the lizards of a Cerrado-Caatinga contact, evolutionary and zoogeographical implications (Sauria). **Papéis Avulsos de Zoologia, São Paulo**, **29**, 111-119.

VASCONCELOS-SOBRINHO, J. As Regiões Naturais do Nordeste, o Meio e a Civilização. Recife, Conselho de Desenvolvimento de Pernambuco, 1970.

WACKERNAGEL, H., 2003. **Multivariate Geostatistics: An Introduction with Applications**, 3rd ed. Springer -Verlag Berlin Heidelberg.

WEMPLE, C; SWANSON, F; JONES, J. Forest roads and geomorphic process interacons, cascade range, Oregon Beverley. Earth Surface Processes and Landforms Earth Surf: Process. Landforms, 2001.

WESEMAEL, B; POESEN, J; SOL'e BENET, A; BARRIONUEVO, L; FABREGAS, J. Collection and storage of runoff fromhillslopes in a semi-arid environment: geomorphic and hydrologic aspects of the aljibe systemin Almeria Province, Spain. Journal of Arid Environments, 1998.

WHITTOW, J. **Dictionary of physical georaphy**. ed. 1Harmondsworth, middlesex, Inglaterra: Penguin Books Ltd. 591. P, 1984.

WILCOX, B; NEWMAN, B, D. Ecohydrology of Semiarid Landscapes. Ecological Society of America, 2005.

XAVIER, L. P. O caroá. História, cultura e distribuição geográfica. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1942, 225 p.

YAIR, A; Hillslope hydrology water harvesting and areal distribution of some ancient agricultural sustems in the northern Negev desert. Journal of Arid Environment, 1982.

YEOMANS, J.C., BREMNER, J.M., 1988. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil 1. Commun. **Soil Sci. Plant Anal.** 19.

ZALEWSKI, M. Ecohydrology—the use of ecological and hydrologîcal processes for sustainable management of water resources. Hydrological Sciences Journal, 2002.

\_\_\_\_\_, M; JANAUER, A; JOLÁNKAI, G. **Ecohydrology A New Paradigm for the Sustainable Use of Aquatic Resources**. International Hhydrological Programme, UNESCO, Paris, 1997.

## APÊNDICE A: Características das Unidades de Paisagem Sítio Salambaia

<b>Id</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Relevo</b>	<b>Posição</b>	<b>Declividade</b>	<b>Solo</b>	<b>Condição de Drenagem</b>	<b>Uso</b>	<b>Fitofisionomia</b>	<b>Curvatura</b>	<b>Espécies de Vegetação Predominantes</b>
1	Blocos Residuais	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Escarpado	Neossolo Regolítico	Escoamento	Pastagem	Arbórea/ Arbustiva		<i>Croton blanchetianus</i> / <i>Poincianella gardneriana</i>
2	Pedimento Dentritico	Suave Ondulado	Base	Plano/Suave	Neossolo Litólico	Precipitação	Pastagem	Arbustiva/ Herbácea		<i>Mimosa tenuiflora</i> / <i>Poincianella gardneriana</i>
3	Sopé Coluvial	Suave Ondulado	Base	Inclinado	Neossolo Regolítico/ Cambissolo	Escoamento	Pastagem	Arbórea		<i>Hymenaea rubriflora</i> / <i>Cordia rigida</i> / <i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.
4	Rampa Coluvial	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Íngreme/ Muito Íngreme	Neossolo Litólico	Escoamento	Pastagem	Arbustiva/ Arbórea	Divergente	<i>Bromelia laciniosa</i> / <i>Croton blanchetianus</i>
5	Fratura	Suave Ondulado	Meia Encosta	Íngreme	Neossolo Regolítico	Escoamento	Pastagem	Arbórea/ Arbustiva	Divergente	<i>Bromelia laciniosa</i> / <i>Croton blanchetianus</i>
6	Encosta Rochosa/Caneluras	Suave Ondulado	Encosta Superior	Íngreme/ Muito Íngreme	Pavimento Rochoso	Escoamento	Pastagem	Ausente	Divergente	<i>Bromelia laciniosa</i> / <i>Liquens</i>
7	Topo Rochoso com Liquens	Suave Ondulado	Topo	Plano/Suave	Pavimento Rochoso	Precipitação/ Marmitas	Pastagem	Ausente		<i>Bromelia laciniosa</i> / <i>Liquens</i>
8	Encosta Rochosa/Caneluras	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Íngreme/ Inclinado	Pavimento Rochoso	Escoamento	Pastagem	Ausente	Convergente	<i>Bromelia laciniosa</i> / <i>Liquens</i>
9	Blocos Residuais	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Íngreme/ Inclinado	Pavimento Rochoso	Escoamento	Pastagem	Arbóreos		<i>Bromelia laciniosa</i> / <i>Croton blanchetianus</i>
10	Blocos Residuais	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Íngreme/ Inclinado	Pavimento Rochoso	Escoamento	Pastagem	Arbóreos		<i>Bromelia laciniosa</i> / <i>Croton blanchetianus</i>
11	Fratura	Suave Ondulado	Meia Encosta	Suave/ Inclinado	Neossolo Litólico	Escoamento	Pastagem	Arbustivos/ Arbóreos	Divergente	<i>Mimosa tenuiflora</i> / <i>Bromelia laciniosa</i>
12	Encosta Rochosa/Caneluras	Suave Ondulado	Meia Encosta	Suave/ Inclinado	Pavimento Rochoso	Escoamento/ Marmitas	Pastagem	Ausente	Convergente	<i>Bromelia laciniosa</i> / <i>Liquens</i>
13	Encosta Rochosa/Caneluras	Suave Ondulado	Encosta Superior	Inclinado/ Íngreme	Pavimento Rochoso	Escoamento/ Marmitas	Pastagem	Ausente	Divergente	<i>Bromelia laciniosa</i> / <i>Liquens</i>



<b>Id</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Relevo</b>	<b>Posição</b>	<b>Declividade</b>	<b>Solo</b>	<b>Condição de Drenagem</b>	<b>Uso</b>	<b>Fitofisionomia</b>	<b>Curvatura</b>	<b>Espécies de Vegetação Predominantes</b>
14	Pavimento Dentrítico	Suave Ondulado	Meia Encosta	Inclinado/Íngreme	Neossolo Litólico	Escoamento	Pastagem	Herbácea/Arbustiva	Divergente	<i>Ausente</i>
15	Pavimento Dentrítico	Suave Ondulado	Meia Encosta	Inclinado/Íngreme	Neossolo Litólico	Escoamento	Pastagem	Herbácea/Arbustiva	Divergente	<i>Ausente</i>
16	Encosta Rochosa/Caneluras	Suave Ondulado	Meia Encosta	Inclinado/Íngreme	Pavimento Rochoso	Escoamento/Caneluras	Pastagem	Ausente	Divergente	<i>Bromelia laciniosa</i> / <i>Liquens</i>
17	Fratura Linear	Suave Ondulado	Meia Encosta	Inclinado/Íngreme	Neossolo Regolítico	Escoamento	Pastagem	Arbustiva/Arbórea		<i>Hymenaea rubriflora</i> / <i>Libidibia ferrea</i> var <i>Leiostachya</i> / <i>Tocoyena formosa</i>
18	Fratura Linear	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Inclinado/Íngreme	Neossolo Regolítico	Escoamento	Pastagem	Arbórea/Arbustiva		<i>Hymenaea rubriflora</i> / <i>Libidibia ferrea</i> var <i>Leiostachya</i> / <i>Tocoyena formosa</i>
19	Encosta Rochosa/Caneluras	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Inclinado/Íngreme	Pavimento Rochoso	Escoamento/Caneluras	Pastagem	Ausente	Divergente	<i>Bromelia laciniosa</i> / <i>Liquens</i>
20	Açude									<i>Liquens</i>
21	Barragem									<i>Ausente</i>
22	Sopé Coluvial	Suave Ondulado	Base	Inclinado/Íngreme	Neossolo Litólico	Escoamento	Pastagem	Arbórea	Divergente	<i>Hymenaea rubriflora</i> / <i>Tocoyena formosa</i> / <i>Rhamnidium molle</i>
23	Leito Arenoso	Suave Ondulado	Canal	Plano/Suave	Neossolo Regolítico	Inundação	Pastagem	Herbácea/Arbóreo	Divergente	<i>Ziziphus joazeiro</i> / <i>Croton blanchetianus</i>
24	Linha Erosiva	Suave Ondulado	Canal	Suave/Inclinado	Neossolo Regolítico	Inundação	Pastagem	Herbácea	Divergente	<i>Croton blanchetianus</i>
25	Rejeito	Suave Ondulado	Canal	Plano/Suave	Sedimentos Açude	Inundação	Pastagem	Ausente	Divergente	
26	Sopé Coluvial	Suave Ondulado	Base	Inclinado/Íngreme	Neossolo Regolítico	Escoamento	Pastagem	Arbórea	Divergente	<i>Libidibia ferrea</i> var <i>Leiostachya</i> / <i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil./ <i>Poincianella gardneriana</i>

<b>Id</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Relevo</b>	<b>Posição</b>	<b>Declividade</b>	<b>Solo</b>	<b>Condição de Drenagem</b>	<b>Uso</b>	<b>Fitofisionomia</b>	<b>Curvatura</b>	<b>Espécies de Vegetação Predominantes</b>
27	Linha Erosiva	Suave Ondulado	Canal	Suave/Inclinado	Neossolo Litólico	Escoamento	Pastagem	Herbácea	Divergente	<i>Croton blanchetianus</i>
28	Blocos Residuais	Suave Ondulado	Canal	Inclinado/Íngreme	Neossolo Regolítico	Escoamento	Pastagem	Herbácea/Arbustiva	Divergente	<i>Croton blanchetianus</i> / <i>Poincianella gardneriana</i>
29	Rampa Coluvial	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Inclinado/Íngreme	Neossolo Regolítico	Escoamento	Pastagem	Arbustiva	Divergente	<i>Mimosa tenuiflora</i> / <i>Poincianella gardneriana</i>
30	Sopé Coluvial	Suave Ondulado	Base	Inclinado/Íngreme	Neossolo Regolítico	Escoamento	Pastagem	Arbórea	Divergente	<i>Mimosa tenuiflora</i> / <i>Poincianella gardneriana</i>
31	Rampa Coluvial	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Inclinado/Íngreme	Neossolo Regolítico	Escoamento	Pastagem	Arbustiva	Divergente	<i>Bromelia laciniosa</i> / <i>Liquens</i>
32	Blocos Fraturados	Suave Ondulado	Meia Encosta	Inclinado/Íngreme	Neossolo Regolítico	Escoamento	Pastagem	Arbórea/Arbustiva	Divergente	<i>Bromelia laciniosa</i> / <i>Poincianella gardneriana</i> / <i>Mimosa tenuiflora</i>
33	Pavimento Dentrítico	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Inclinado/Íngreme	Neossolo Litólico	Escoamento	Pastagem	Herbácea	Divergente	<i>Mimosa tenuiflora</i> / <i>Poincianella gardneriana</i>
34	Pedimento Dentrítico	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Plano/Suave	Neossolo Litólico	Precipitação	Pastagem/Agricultura	Herbácea/Arbustiva	Divergente	<i>Mimosa tenuiflora</i> / <i>Poincianella gardneriana</i> / <i>Bromelia laciniosa</i>
35	Blocos Residuais	Suave Ondulado	Canal	Suave/Inclinado	Neossolo Regolítico	Escoamento	Pastagem	Herbácea/Arbustiva	Divergente	<i>Croton blanchetianus</i>
36	Blocos Residuais	Suave Ondulado	Canal	Suave/Inclinado	Neossolo Regolítico	Escoamento	Pastagem	Herbácea/Arbustiva	Divergente	<i>Croton blanchetianus</i> / <i>Poincianella gardneriana</i>
37	Blocos Residuais	Suave Ondulado	Canal	Suave/Inclinado	Neossolo Regolítico	Escoamento	Pastagem	Herbácea/Arbustiva	Divergente	<i>Croton blanchetianus</i> / <i>Mimosa tenuiflora</i>
38	Topo Rochoso com Liquens	Suave Ondulado	Topo	Plano/Suave	Pavimento Rochoso	Precipitação	Pastagem	Ausente	Convergente	<i>Bromelia laciniosa</i> / <i>Liquens</i>

<b>Id</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Relevo</b>	<b>Posição</b>	<b>Declividade</b>	<b>Solo</b>	<b>Condição de Drenagem</b>	<b>Uso</b>	<b>Fitofisionomia</b>	<b>Curvatura</b>	<b>Espécies de Vegetação Predominantes</b>
39	Rampa Coluvial	Suave Ondulado	Encosta Superior	Inclinado/Íngreme	Neossolo Regolítico	Escoamento	Pastagem	Herbácea/Arbustiva	Convergente	<i>Bromelia laciniosa</i> / <i>Liquens</i>
40	Sopé Coluvial	Suave Ondulado	Base	Inclinado/Íngreme	Neossolo Regolítico	Escoamento	Pastagem	Arbórea	Convergente	<i>Mimosa tenuiflora</i> / <i>Poincianella gardneriana</i>
41	Encosta Rochosa/Caneluras	Suave Ondulado	Encosta Superior	Inclinado/Íngreme	Pavimento Rochoso	Escoamento	Pastagem	Ausente	Convergente	<i>Bromelia laciniosa</i> / <i>Liquens</i>
42	Rampa Coluvial	Suave Ondulado	Base	Inclinado/Íngreme	Neossolo Regolítico	Escoamento	Pastagem	Arbórea/Arbustiva	Convergente	<i>Mimosa tenuiflora</i> / <i>Ziziphus joazeiro</i>
43	Encosta Rochosa/Caneluras	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Inclinado/Íngreme	Pavimento Rochoso	Escoamento	Pastagem	Ausente	Convergente	<i>Liquens/ Bromelia laciniosa</i>
44	Encosta Rochosa/Caneluras	Suave Ondulado	Meia Encosta	Inclinado/Íngreme	Pavimento Rochoso	Escoamento	Pastagem	Ausente	Convergente	<i>Liquens/ Bromelia laciniosa</i>
45	Encosta Rochosa/Caneluras	Suave Ondulado	Encosta Superior	Inclinado/Íngreme	Pavimento Rochoso	Escoamento	Pastagem	Ausente	Convergente	<i>Liquens/ Bromelia laciniosa</i>
46	Encosta Rochosa/Caneluras	Suave Ondulado	Encosta Superior	Inclinado/Íngreme	Pavimento Rochoso	Escoamento	Pastagem	Ausente	Convergente	<i>Liquens/ Bromelia laciniosa</i>
47	Encosta Rochosa/Caneluras	Suave Ondulado	Meia Encosta	Inclinado/Íngreme	Pavimento Rochoso	Escoamento	Pastagem	Ausente	Convergente	<i>Liquens/ Bromelia laciniosa</i>
48	Encosta Rochosa/Caneluras	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Inclinado/Íngreme	Pavimento Rochoso	Escoamento	Pastagem	Ausente	Convergente	<i>Liquens/ Bromelia laciniosa</i>
49	Sopé Coluvial	Suave Ondulado	Base	Inclinado/Íngreme	Neossolo Regolítico	Escoamento	Pastagem	Arbórea	Convergente	<i>Libidibia ferrea</i> var <i>Leiostachya</i> / <i>Poincianella gardneriana</i>
50	Pavimento Rochoso	Suave Ondulado	Base	Plano/Suave	Pavimento Rochoso	Escoamento	Pastagem	Ausente	Convergente	<i>Bromelia laciniosa</i> / <i>Liquens</i>
51	Pedimento Dentritico	Suave Ondulado	Pedimento	Plano/Suave	Neossolo Litólico	Precipitação	Pastagem	Arbustiva	Convergente	<i>Mimosa tenuiflora</i> / <i>Poincianella gardneriana</i>
52	Blocos Residuais	Suave Ondulado	Pedimento	Suave/Inclinado	Neossolo Regolítico	Escoamento	Pastagem	Arbustiva	Convergente	<i>Croton blanchetianus</i>
53	Pedimento Dentritico	Suave Ondulado	Base	Plano/Suave	Neossolo Litólico	Precipitação	Pastagem	Arbustiva	Convergente	<i>Mimosa tenuiflora</i> / <i>Poincianella gardneriana</i>

## APÊNDICE B: Descrição Geral Solos - Sítio Salambaia

Salambaia					
Perfil	Classificação	Altitude (m)	Descrição da Área	Coordenadas Geográficas (DDD)	
				Latitude	Longitude
T1	NEOSSOLO REGOLÍTICO Húmico léptico êutrico	496	Fratura em escarpa rochosa no terço médio da vertente, em feição côncava. Solo bem drenado, sem erosão aparente e derivado de colúvio granitoide autóctone acumulado em gnama desenvolvido em afloramento rochoso. É coberto por serrapilheira e vegetação do tipo caatinga subperenifólia com dominância arbórea. Textura arenosa-média cascalhenta, A húmico e relevo suave ondulado.	-7.36957	-36.27978
T2	NEOSSOLO LITÓLICO Hístico arênico	494	Sopé Coluvial no terço inferior da vertente, em feição côncava. Solo bem drenado, sem erosão aparente e derivado de colúvio granitoide autóctone acumulado em rampa de colúvio. É coberto por serrapilheira e vegetação do tipo caatinga subperenifólia com dominância arbórea. Textura arenosa-média cascalhenta, O hístico e relevo suave ondulado.	-7.36990	-36.28043
T3	NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico	495	Pedimento Dentritico, em feição plana. Solo bem drenado, com erosão aparente caracterizado por pavimento desértico de substrato granítico autóctone. Ausente de serrapilheira e vegetação do tipo caatinga caducifólia com dominância herbácea. Textura arenosa-média cascalhenta, A fraco e relevo plano.	-7.37190	-36.28099
T4	NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico saprolítico	494	Sopé Coluvial no terço superior da vertente, em feição côncava. Solo bem drenado, sem erosão aparente e derivado de colúvio granitoide autóctone acumulado em rampa de colúvio. É coberto por serrapilheira e vegetação do tipo caatinga subperenifólia com dominância arbórea. Textura média-arenosa cascalhenta, A moderado e relevo suave ondulado.	-7.37221	-36.28064

Perfil	Classificação	Altitude (m)	Descrição da Área	Coordenadas Geográficas (DDD)	
				Latitude	Longitude
T5	NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragipânico	501	Sopé Coluvial no terço superior da vertente, em feição côncava. Solo bem drenado, sem erosão aparente e derivado de colúvio granitoide autóctone acumulado em rampa de colúvio. É coberto por serrapilheira e vegetação do tipo caatinga caducifólia com dominância arbórea. Textura média-arenosa cascalhenta, A moderado e relevo suave ondulado.	-7.37366	-36.28033
P6 (A)	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico úmbrico	478	Sopé Coluvial no terço superior da vertente, em feição côncava. Solo mal drenado, sem erosão aparente e derivado de colúvio granitoide autóctone acumulado em rampa de colúvio. É coberto por serrapilheira e vegetação do tipo caatinga subperenifólia com dominância arbórea. Textura média-argilosa, A proeminente e relevo suave ondulado	-7.36537	-36.27883
P6(B)	NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico léptico arênico	479	Sopé Coluvial no terço superior da vertente, em feição côncava. Solo bem drenado, sem erosão aparente e derivado de colúvio granitoide autóctone acumulado em rampa de colúvio. É coberto por serrapilheira e vegetação do tipo caatinga subperenifólia com dominância arbórea. Textura arenosa-média cascalhenta, A moderado e relevo suave ondulado.	-7.36539	-36.28032
P6(C)	NEOSSOLO LITÓLICO Húmico fragipânico êutrico	476	Sopé Coluvial no terço inferior da vertente, em feição côncava. Solo mal drenado, sem erosão aparente e derivado de colúvio granitoide autóctone acumulado em rampa de colúvio. É coberto por serrapilheira e vegetação do tipo caatinga subperenifólia com dominância arbustiva com alguns exemplares arbóreos. Textura média-argilosa cascalhenta, A húmico e relevo suave ondulado.	-7.36515	-36.28021
P5	LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vertissólico	464	Pedimento Dentritico, em feição plana. Solo mal drenado, com erosão aparente caracterizado por pavimento desértico de substrato granítico autóctone. Ausente de serrapilheira e vegetação do tipo caatinga caducifólia com dominância arbustiva. Textura argilosa, A moderado e relevo ondulado.	-7.74847	-36.65791

## APÊNDICE C: Lista de Espécies Levantamento Fitossociológico Sítio Salambaia

FAMILIA	NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	OCORRÊNCIA NA PARAÍBA	ORIGEM	ENDEMISMO
Euphorbiaceae	-----	<i>Acalypha brasiliensis</i> Müll.Arg.	NÃO	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Apocynaceae	-----	<i>Allamanda blanchetii</i> A.DC.	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Sapindaceae	-----	<i>Allophylus quercifolius</i> (Mart.) Radlk	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Anacardiaceae	Cajueiro	<i>Anacardium occidentale</i> L.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Fabaceae	Angico	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Apocynaceae	Pereiro	<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart. & Zucc.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Asteraceae	Carqueja	<i>Baccharis crispa</i> Spreng.	NÃO	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Fabaceae	Mororo / pata de vaca	<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Bromeliaceae	Macambira	<i>Bromelia laciniosa</i> Mart. ex Schult. & Schult.f	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Vochysiaceae	-----	<i>Callisthene microphylla</i> Warm.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Myrtaceae	-----	<i>Calyptanthus lucida</i> Mart. ex DC	NÃO	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Myrtaceae	-----	<i>Campomanesia eugenioides</i> (Cambess.) D.Legrand ex Landrum	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Malvaceae	Barriguda	<i>Ceiba glaziovii</i> (Kuntze) K.Schum.	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Fabaceae	Catingueira	<i>Cenostigma nordestinum</i> Gagnon & GP Lewis	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Cactaceae	Mandacaru / cardeiro	<i>Cereus jamacaru</i> DC.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Fabaceae	-----	<i>Chamaecrista calycioides</i> (DC. ex Collad.) Greene	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Fabaceae	Jurema Branca	<i>Chloroleucon dumosum</i> (Benth.) G.P.Lewis	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Fabaceae	-----	<i>Chloroleucon tortum</i> (Mart.) Pittier	NÃO	Nativa	É endêmica do Brasil
Euphorbiaceae	Urtiga	<i>Cnidocolus urens</i> var. <i>neglectus</i> (Pohl) Lourteig	NÃO	Nativa	É endêmica do Brasil

FAMILIA	NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	OCORRÊNCIA NA PARAÍBA	ORIGEM	ENDEMISMO
Bixaceae	Pacotê	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Capparaceae	Icó	<i>Colicodendron yco</i> Mart.	NÃO	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Combretaceae	Cipaúba	<i>Combretum glaucocarpum</i> Mart.	x	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Burseraceae	Imburana / Amburana	<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillett	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Arecaceae	Carnaúba	<i>Copernicia prunifera</i> (Mill.) H.E.Moore	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Boraginaceae	Freijorge	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Rubiaceae	-----	<i>Cordia rigida</i> (K.Schum.) Kuntze	NÃO	Nativa	É endêmica do Brasil
Euphorbiaceae	Marmeleiro	<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Euphorbiaceae	Velame	<i>Croton heliotropifolius</i> Kunth / MORITIBENSIS ???	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Capparaceae	Feijão-bravo	<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Euphorbiaceae	-----	<i>Ditaxis desertorum</i> (Müll.Arg.) Pax & K.Hoffm.	NÃO	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Fabaceae	Tambor	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Fabaceae	Mulungu	<i>Erythrina velutina</i> Willd.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Erythroxylaceae	-----	<i>Erythroxylum revolutum</i> Mart.	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Erythroxylaceae	-----	<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.	NÃO	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Myrtaceae	-----	<i>Eugenia</i> 2*			
Myrtaceae	-----	<i>Eugenia</i> sp3*			
Bignoniaceae	-----	<i>Fridericia dichotoma</i> (Jacq.) L.G.Lohmann	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Nyctaginaceae	Guapira	<i>Guapira</i> Aubl.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Rubiaceae	-----	<i>Guettarda angelica</i> Mart. ex Müll.Arg.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil

FAMILIA	NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	OCORRÊNCIA NA PARAÍBA	ORIGEM	ENDEMISMO
Bignoniaceae	Ipê Rocho	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Malvaceae	Mela-bode	<i>Herissantia tiubae</i> (K.Schum.) Brizicky	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Bromeliaceae	-----	<i>Hohenbergia catingae</i> Ule var. catingae	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Fabaceae	Jatobá	<i>Hymenaea rubriflora</i> Ducke	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Fabaceae	Anil	<i>Indigofera suffruticosa</i> Mill.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Fabaceae	Ingá	<i>Inga edulis</i> Mart.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Euphorbiaceae	Pinhão Bravo	<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Euphorbiaceae	-----	<i>Jatropha ribifolia</i> (Pohl) Baill.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Verbenaceae	Camará	<i>Lantana camara</i> L.	X	Naturalizada	Desconhecido
Fabaceae	Pau Ferro	<i>Libidibia ferrea</i> var. <i>leiostachya</i> (Benth.) L.P.Queiroz	NÃO	Nativa	É endêmica do Brasil
Verbenaceae	Alecrim Bravo	<i>Lippia grata</i> Schauer	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Fabaceae	Pau Mocó	<i>Luetzelburgia auriculata</i> (Allemão) Ducke	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Euphorbiaceae	Maniçoba	<i>Manihot carthagenensis</i> (Jacq.) Müll.Arg.	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Celastraceae	Bom-nome	<i>Maytenus rigida</i> Mart.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Malvaceae	-----	<i>Melochia pyramidata</i> L.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Fabaceae	Jurema Vermelha	<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. ex Benth.	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Fabaceae	-----	<i>Mimosa paraibana</i> Barneby	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Fabaceae	Jurema Preta	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Anacardiaceae	Aroeira	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemao	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Myrtaceae	-----	<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil



FAMILIA	NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	OCORRÊNCIA NA PARAÍBA	ORIGEM	ENDEMISMO
Boraginaceae	-----	<i>Myriopus rubicundus</i> (Salzm. ex DC.) Luebert	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Fabaceae	Balsamo	<i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Bromeliaceae	Caroá	<i>Neoglaziovia variegata</i> (Arruda) Mez	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Fabaceae	-----	<i>Peltogyne pauciflora</i> Benth.	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Cactaceae	Xique-xique	<i>Pilosocereus gounellei</i> (F.A.C.Weber) Byles & Rowley	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Cactaceae	Facheiro	<i>Pilosocereus pachycladus</i> F.Ritter	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Fabaceae	-----	<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Nyctagenacea	-----	<i>Pisonia ambigua</i> Heimerl	NÃO	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Plumbaginaceae	-----	<i>Plumbago scandens</i>	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Sapotaceae	-----	<i>Pouteria gardneriana</i> (A.DC.) Radlk	NÃO	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Fabaceae	Algaroba	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw) DC	X	Cultivada	Não é endêmica do Brasil
Malvaceae	Embiratanha	<i>Pseudobombax marginatum</i>	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Rhamnaceae	-----	<i>Rhamnidium molle</i> Reissek	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Acanthaceae	Malva roxa	<i>Ruellia paniculata</i>	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Euphorbiaceae	-----	<i>Savia sessiliflora</i> (Sw.) Willd.	NÃO	Nativa	É endêmica do Brasil
Anacardiaceae	Barauna	<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Euphorbiaceae	-----	<i>Sebastiania macrocarpa</i> Müll. Arg.	NÃO	Nativa	Desconhecido
Fabaceae	Canáfistula	<i>Senna martiana</i> (Benth.) H.S.Irwin & Barneby	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Fabaceae	-----	<i>Senna obtusifolia</i>	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Fabaceae	-----	<i>Senna splendida</i>	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil

FAMILIA	NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	OCORRÊNCIA NA PARAÍBA	ORIGEM	ENDEMISMO
Malvaceae	-----	<i>Sida galheirensis</i> Ulbr.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Malvaceae	-----	<i>Sidastrum paniculatum</i>	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Sapotaceae	Quixabeira	<i>Sideroxylon obtusifolium</i> (Roem. & Schult.) T.D.Penn.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Solanaceae	-----	<i>Solanum rhytidoandrum</i> Sendtn.	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Anacardiaceae	Umbuzeiro	<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Arecaceae	Catolé	<i>Syagrus cearensis</i> Noblick	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Bignoniaceae	Ipê Branco	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Cactaceae	Palmatória sem espinho	<i>Tacinga inamoena</i> (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Cactaceae	Palmatória de espinho	<i>Tacinga palmadora</i> (Britton & Rose) N.P.Taylor & Stuppy	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Sapindaceae	Pitombeira	<i>Talisia esculenta</i> (Cambess.) Radlk.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Rubiaceae	-----	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Turneraceae	-----	<i>Turnera cearensis</i> Urb.	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Boraginaceae	-----	<i>Varronia curassavica</i> Jacq.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Lamiaceae	-----	<i>Vitex orinocensis</i> Kunth	NÃO	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Asteraceae	-----	<i>Wedelia villosa</i>	NÃO	Nativa	Desconhecido
Olacaceae	Ameixa	<i>Ximenia americana</i> L.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Rutaceae	Mamica de Porca	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Rhamnaceae	Juazeiro	<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	X	Nativa	É endêmica do Brasil

\*Foram identificados apenas o gênero.

## APÊNDICE D: Distribuição de Indivíduos de Vegetação por Parcelas Sítio Salambaia

Nome científico	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5	Parcela 6	TOTAL
<i>Acalypha brasiliensis</i> Müll.Arg.	-	-	-	-	-	1	1
<i>Allamanda blanchetii</i> A.DC.	-	12	-	-	-	-	12
<b><i>Allophylus quercifolius</i> (Mart.) Radlk.</b>	2	-	-	-	-	-	2
<i>Anacardium occidentale</i> L.	1	-	-	-	-	-	1
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	-	4	15	2	-	1	22
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart. & Zucc.	-	34	25	13	55	18	145
<i>Baccharis crispa</i> Spreng.	-	1	-	-	-	-	1
<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	1	3	1	15	-	18	38
<i>Bromelia laciniosa</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	-	4	14	11	-	5	34
<i>Callisthene microphylla</i> Warm.	-	-	-	-	-	6	6
<b><i>Calyptanthes lucida</i> Mart. ex DC</b>	-	-	-	11	-	-	11
<i>Campomanesia eugenioides</i> (Cambess.) D.Legrand ex Landrum	2	5	3	4	-	12	26
<i>Ceiba glaziovii</i> (Kuntze) K.Schum.	-	-	-	1	-	-	1
<i>Cenostigma nordestinum</i> Gagnon & GP Lewis	1	40	11	19	42	1	114
<i>Cereus jamacaru</i> DC.	1	2	-	-	-	-	3
<i>Chamaecrista calycioides</i> (DC. ex Collad.) Greene	-	6	-	-	-	-	6
<i>Chloroleucon dumosum</i> (Benth.) G.P.Lewis	-	-	-	3	33	-	36
<b><i>Chloroleucon tortum</i> (Mart.) Pittier</b>	4	6	3	-	-	5	18
<i>Cnidioscolus urens</i> var. <i>neglectus</i> (Pohl) Lourteig	19	2	5	5	1	1	33
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	-	-	-	1	-	-	1
<i>Colicodendron yco</i> Mart.	7	-	-	51	-	1	59
<i>Combretum glaucocarpum</i> Mart.	-	2	-	2	-	-	4
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillett	-	9	1	1	-	1	12
<i>Copernicia prunifera</i> (Mill.) H.E.Moore	-	-	-	1	-	-	1
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	16	1	-	-	-	-	17
<i>Cordia rigida</i> (K.Schum.) Kuntze	-	25	-	3	-	80	108

Nome científico	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5	Parcela 6	TOTAL
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	62	42	54	35	45	56	294
<i>Croton heliotropiifolius</i> Kunth	35	-	15	-	-	13	63
<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl	-	2	-	2	-	2	6
<i>Ditaxis desertorum</i> (Müll.Arg.) Pax & K.Hoffm.	9	1	-	12	-	49	71
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	5	-	-	-	-	1	6
<i>Erythrina velutina</i> Willd.	-	-	2	-	-	-	2
<i>Erythroxylum revolutum</i> Mart.	-	-	-	-	-	14	14
<b><i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.</b>	1	4	-	16	-	71	92
<i>Eugenia</i> 2	-	1	-	1	-	-	2
<i>Eugenia</i> sp3	-	-	-	2	-	-	2
<i>Fridericia dichotoma</i> (Jacq.) L.G.Lohmann	-	-	-	-	-	9	9
<i>Guapira</i> Aubl.	-	-	-	4	-	20	24
<i>Guettarda angelica</i> Mart. ex Müll.Arg.	-	3	-	1	-	11	15
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	-	5	-	19	-	14	38
<i>Herissantia tiubae</i> (K.Schum.) Brizicky	-	-	-	-	-	1	1
<i>Hohenbergia catingae</i> Ule var. <i>catinae</i>	-	7	-	-	-	-	7
<b><i>Hymenaea rubriflora</i> Ducke</b>	15	28	-	28	-	37	108
<i>Indigofera suffruticosa</i> Mill.	2	-	-	-	-	-	2
<i>Inga edulis</i> Mart.	-	-	-	3	-	-	3
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	3	13	15	2	38	6	77
<i>Jatropha ribifolia</i> (Pohl) Baill.	-	-	-	-	-	1	1
<i>Lantana camara</i> L.	-	1	-	-	-	1	2
<b><i>Libidibia ferrea</i> var. <i>leiostachya</i> (Benth.) L.P.Queiroz</b>	5	2	1	6	-	3	17
<i>Lippia grata</i> Schauer	2	-	1	-	-	9	12
<i>Luetzelburgia auriculata</i> (Allemão) Ducke	-	-	-	1	-	4	5
							7
<i>Manihot carthagenensis</i> (Jacq.) Müll.Arg.	-	1	6	-	-	-	

Nome científico	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5	Parcela 6	TOTAL
<i>Maytenus rigida</i> Mart.	1	5	2	13	-	33	54
<i>Melochia pyramidata</i> L.	11	-	-	-	-	-	11
<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. ex Benth.	-	4	-	1	10	2	17
<i>Mimosa paraibana</i> Barneby	-	-	-	1	-	-	1
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	12	-	1	-	2	2	17
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	1	3	3	2	-	5	14
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	-	-	-	38	-	11	49
<i>Myriopus rubicundus</i> (Salzm. ex DC.) Luebert	-	-	-	-	-	3	3
<b><i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.</b>	-	-	-	26	-	1	27
<i>Neoglaziovia variegata</i> (Arruda) Mez	-	24	12	-	-	18	54
<i>Peltogyne pauciflora</i> Benth.	-	-	-	-	-	22	22
<i>Pilosocereus gounellei</i> (F.A.C.Weber) Byles & Rowley	2	4	2	1	-	9	18
<i>Pilosocereus pachycladus</i> F.Ritter	2	5	13	7	-	6	33
<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	-	-	-	-	-	2	2
<b><i>Pisonia ambigua</i> Heimerl</b>	11	3	-	-	-	1	15
<i>Plumbago scandens</i>	1	-	-	-	-	-	1
<i>Pouteria gardneriana</i> (A.DC.) Radlk	29	-	-	-	-	-	29
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw) DC	-	-	-	-	20	-	20
<i>Pseudobombax marginatum</i> (A.St.-Hil., Juss. & Cambess.) A.Robyns	-	-	1	-	-	-	1
<i>Rhamnidium molle</i> Reissek	4	1	-	7	-	44	56
<i>Ruellia paniculata</i> L.	-	-	2	-	-	-	2
<i>Savia sessiliflora</i> (Sw.) Willd.	-	-	-	-	-	4	4
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	-	1	5	4	-	2	12
<i>Sebastiania macrocarpa</i> Müll. Arg.	-	-	-	2	-	-	2
<i>Senna martiana</i> (Benth.) H.S.Irwin & Barneby	24	-	-	-	-	1	25
							1
<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H.S.Irwin & Barneby	1	-	-	-	-	-	

Nome científico	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5	Parcela 6	TOTAL
<i>Senna splendida</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby	1	-	-	-	-	-	1
<i>Sida galheirensis</i> Ulbr.	17	-	3	-	-	3	23
<i>Sidastrum paniculatum</i> (L.) Fryxell	17	-	-	-	-	-	17
<i>Sideroxylon obtusifolium</i> (Roem. & Schult.) T.D.Penn.	-	4	5	5	3	19	36
<i>Solanum rhytidoandrum</i> Sendtn.	11	1	-	-	-	-	12
<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	-	-	2	-	-	-	2
<i>Syagrus cearensis</i> Noblick	-	-	-	2	-	2	4
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	-	9	-	-	-	-	9
<i>Tacinga inamoena</i> (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy	-	12	7	3	-	8	30
<i>Tacinga palmadora</i> (Britton & Rose) N.P.Taylor & Stuppy	-	6	32	21	2	34	95
<i>Talisia esculenta</i> (Cambess.) Radlk.	1	-	-	1	-	2	4
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	5	6	-	3	-	14	28
<i>Turnera cearensis</i> Urb.	-	6	-	1	-	3	10
<i>Varronia curassavica</i> Jacq.	1	10	-	1	-	-	12
<b><i>Vitex orinocensis</i> Kunth</b>	-	-	-	-	-	6	6
<i>Wedelia villosa</i> Gardner	2	-	-	-	-	-	2
<i>Ximenia americana</i> L.	-	19	4	-	-	12	35
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	19	-	-	24	-	6	49
<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	4	2	3	2	7	8	26
<b>TOTAL</b>	<b>370</b>	<b>391</b>	<b>269</b>	<b>440</b>	<b>258</b>	<b>755</b>	<b>2483</b>

**APÊNDICE E: Características das Unidades de Paisagens Serra da Engabelada**

<b>Id</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Relevo</b>	<b>Posição</b>	<b>Declividade</b>	<b>Solo</b>	<b>Condição de Drenagem</b>	<b>Uso</b>	<b>Fitofisionomia</b>	<b>Curvatura</b>	<b>Espécies de Vegetação Predominantes</b>
1	Pavimento Detrítico	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Plano/Suave	Neossolo Litólico/Luvissolo	Precipitação	Pastagem	Herbácea/Arbustiva	Divergente	<i>Croton blanchetianus/Cnidioscolus quercifolius/Cenostigma nordestinum Gagnon &amp; GP Lewis</i>
2	Rampa Coluvial	Suave Ondulado	Base	Escarpado/Muito Íngreme	Neossolo Litólico	Escoamento/Precipitação	Pastagem	Arbustiva	Divergente	<i>Croton blanchetianus/Mimosa tenuiflora (Willd.) Poir.</i>
3	Rampa Coluvial	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Íngreme/Muito Íngreme	Pavimento Rochoso	Escoamento/Precipitação	Ausente	Ausente	Divergente	<i>Ausente</i>
4	Rampa Coluvial	Suave Ondulado	Base	Muito Íngreme/Escarpado	Neossolo Litólico	Escoamento/Precipitação	Pastagem	Arbórea	Divergente	<i>Ziziphus joazeiro Mart./Croton blanchetianus/Cenostigma nordestinum Gagnon &amp; GP Lewis</i>
5	Blocos Residuais	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Suave/Inclinado	Neossolo Litólico	Precipitação	Pastagem	Herbácea	Divergente	<i>Croton blanchetianus</i>
6	Blocos Residuais	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Inclinado/Íngreme	Neossolo Litólico	Precipitação/Escoamento	Pastagem	Arbustiva	Divergente	<i>Croton blanchetianus/Mimosa tenuiflora (Willd.) Poir.</i>
7	Sopé Coluvial	Suave Ondulado	Base	Íngreme/Inclinado	Neossolo Regolítico	Escoamento/Precipitação	Pastagem	Arbóreas	Divergente	<i>Talisia esculenta (Cambess.) Radlk.s/Myracrodruon urundeuva Allemão</i>
8	Escarpa Rochosa	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Escarpado	Pavimento Rochoso	Escoamento/Precipitação	Ausente	Ausente	Divergente	<i>Ausente</i>

<b>Id</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Relevo</b>	<b>Posição</b>	<b>Declividade</b>	<b>Solo</b>	<b>Condição de Drenagem</b>	<b>Uso</b>	<b>Fitofisionomia</b>	<b>Curvatura</b>	<b>Espécies de Vegetação Predominantes</b>
9	Encosta de Talús	Suave Ondulado	Base	Escarpado	Neossolo Regolítico	Escoamento/ Precipitação	Ausente	Arbórea/ Arbustiva	Divergente	<i>Syagrus cearensis</i> <i>Noblick/Piteomb eiras</i>
10	Pavimento Detrítico	Suave Ondulado	Meia Encosta	Muito Íngreme/ Escarpado	Neossolo Litólico	Escoamento/ Precipitação	Ausente	Arbustiva	Divergente	<i>Bromelia laciniosa</i> Mart.
11	Blocos Fraturados	Suave Ondulado	Meia Encosta	Muito Íngreme/ Escarpado	Neossolo Litólico	Escoamento/ Precipitação	Ausente	Arbustiva	Divergente	<i>Croton blanchetianus/Ce nostigma nordestinum</i> <i>Gagnon &amp; GP Lewis/Bromelia laciniosa</i> Mart.
12	Escarpa Rochosa	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Escarpado	Pavimento Rochoso	Escoamento/ Precipitação	Ausente	Ausente	Divergente	<i>Ausente</i>
13	Sopé Coluvial	Suave Ondulado	Base	Muito Íngreme/ Escarpado	Neossolo Regolítico	Escoamento/ Precipitação	Pastagem	Arbórea	Divergente	<i>Syagrus cearensis</i> <i>Noblick/Anadenanthera colubrina</i> (Vell.)
14	Blocos Residuais	Suave Ondulado	Base	Inclinado/ Muito Íngreme	Neossolo Litólico	Precipitação/ Escoamento	Pastagem	Arbustiva	Divergente	<i>Croton blanchetianus/Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.
15	Sopé Coluvial	Suave Ondulado	Base	Íngreme/ Muito Íngreme	Neossolo Regolítico	Escoamento/ Precipitação	Pastagem	Arbórea	Divergente	<i>Talisia esculenta</i> (Cambess.) Radlk./Myracrodruon urundeuva Allemao
16	Escarpa Rochosa	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Escarpado	Pavimento Rochoso	Escoamento/ Precipitação	Ausente	Ausente	Divergente	<i>Ausente</i>



<b>Id</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Relevo</b>	<b>Posição</b>	<b>Declividade</b>	<b>Solo</b>	<b>Condição de Drenagem</b>	<b>Uso</b>	<b>Fitofisionomia</b>	<b>Curvatura</b>	<b>Espécies de Vegetação Predominantes</b>
17	Pavimento Detrítico	Suave Ondulado	Meia Encosta/ Encosta Inferior	Muito Íngreme/ Escarpado	Neossolo Litólico	Escoamento/ Precipitação	Ausente	Arbustiva	Divergente	<i>Bromelia laciniosa</i> <i>Mart./Cenostigma nordestinum</i> <i>Gagnon &amp; GP</i> <i>Lewis/Croton blanchetianus</i>
18	Blocos Fraturados	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Escarpado	Neossolo Litólico	Escoamento/ Precipitação	Ausente	Arbustiva	Divergente	<i>Croton blanchetianus/Ce</i> <i>nostigma nordestinum</i> <i>Gagnon &amp; GP</i> <i>Lewis</i>
19	Blocos Residuais	Suave Ondulado	Meia Encosta	Íngreme/ Muito Íngreme	Neossolo Litólico	Escoamento/ Precipitação	Ausente	Arbustiva	Divergente	<i>Bromelia laciniosa Mart.</i>
20	Blocos Fraturados	Suave Ondulado	Meia Encosta/ Encosta Inferior	Íngreme/ Muito Íngreme	Neossolo Litólico	Escoamento/ Precipitação	Ausente	Arbustiva	Divergente	<i>Croton blanchetianus/Ca</i> <i>atigueira</i>
21	Blocos Residuais	Suave Ondulado	Base	Íngreme/ Muito Íngreme	Neossolo Regolítico	Escoamento/ Precipitação	Pastagem	Arbórea	Divergente	<i>Syagrus cearensis</i> <i>Noblick/Talisia esculenta</i> <i>(Cambess.) Radlk.s</i>
22	Escarpa Rochosa Fraturada	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Escarpado	Neossolo Regolítico	Escoamento/ Precipitação	Ausente	Herbácea	Divergente	<i>Bromelia laciniosa Mart.</i>

<b>Id</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Relevo</b>	<b>Posição</b>	<b>Declividade</b>	<b>Solo</b>	<b>Condição de Drenagem</b>	<b>Uso</b>	<b>Fitofisionomia</b>	<b>Curvatura</b>	<b>Espécies de Vegetação Predominantes</b>
23	Fratura	Suave Ondulado	Meia Encosta	Íngreme/Muito Íngreme	Neossolo Regolítico	Escoamento/ Precipitação	Ausente	Arbórea/Arbustiva	Divergente	<i>Cenostigma nordestinum</i> Gagnon & GP <i>Lewis/Juaeiro/Talisia esculenta</i> (Cambess.) Radlk.
24	Escarpa Rochosa	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Escarpado	Pavimento Rochoso	Escoamento/ Precipitação	Ausente	Ausente	Divergente	<i>Ausente</i>
25	Sopé Coluvial	Suave Ondulado	Base	Muito Íngreme/ Escarpado	Neossolo Regolítico	Escoamento/ Precipitação	Pastagem	Arbórea	Divergente	<i>Talisia esculenta</i> (Cambess.) Radlk.s/ <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos
26	Rampa Coluvial	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Escarpado/ Muito Íngreme	Neossolo Regolítico/ Litólico	Precipitação/ Escoamento	Pastagem	Arbustiva/ Arbórea	Divergente	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir./ <i>Cnidoscolus quercifolius</i> / <i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore
26	Blocos Residuais	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Suave	Neossolo Litólico	Precipitação	Pastagem	Arbustiva	Divergente	<i>Croton blanchetianuss</i> / <i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.
27	Patamar	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Plano/Suave	Neossolo Litólico	Precipitação	Pastagem	Arbustiva	Divergente	<i>Croton blanchetianuss</i> / <i>Cenostigma nordestinum</i> Gagnon & GP/ Lewiss

<b>Id</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Relevo</b>	<b>Posição</b>	<b>Declividade</b>	<b>Solo</b>	<b>Condição de Drenagem</b>	<b>Uso</b>	<b>Fitofisionomia</b>	<b>Curvatura</b>	<b>Espécies de Vegetação Predominantes</b>
28	Blocos Residuais	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Plano/Suave	Neossolo Litólico	Precipitação	Pastagem	Arbórea	Divergente	<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart./ <i>Croton blanchetianus</i>
29	Sopé Coluvial	Suave Ondulado	Base	Inclinado/Íngreme	Neossolo Regolítico	Escoamento/Precipitação	Pastagem	Arbórea	Divergente	<i>Talisia esculenta</i> (Cambess.) Radlk.s/ <i>Tambor</i>
30	Escarpa Rochosa	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Escarpado	Pavimento Rochoso	Escoamento/Precipitação	Ausente	Ausente	Divergente	<i>Ausente</i>
31	Encosta Rochosa	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Inclinado/Íngreme	Pavimento Rochoso	Escoamento/Precipitação	Ausente	Ausente	Divergente	<i>Ausente</i>
32	Fratuza Linear	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Muito Íngreme/Íngreme	Neossolo Regolítico	Precipitação/Escoamento	Pastagem	Arbórea	Divergente	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemaos/ <i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore
33	Encosta Rochosa	Suave Ondulado	Meia Encosta	Íngreme/Muito Íngreme	Pavimento Rochoso	Escoamento/Precipitação	Ausente	Ausente	Divergente	<i>Ausente</i>
34	Blocos Fraturados	Suave Ondulado	Meia Encosta	Muito Íngreme/Escarpado	Neossolo Litólico	Escoamento/Precipitação	Ausente	Arbustiva	Divergente	<i>Croton blanchetianus</i> / <i>Cenostigma nordestinum</i> Gagnon & GP Lewis
35	Pavimento Detritico	Suave Ondulado	Topo	Plano/Suave	Neossolo Litólico	Precipitação	Ausente	Arbustiva/Herbácea	Divergente	<i>Bromelia laciniosa</i> Mart.
36	Topo Rochoso	Suave Ondulado	Topo	Plano/Suave	Pavimento Rochoso	Precipitação/Marmitas	Ausente	Arbustiva	Divergente	<i>Bromelia laciniosa</i> Mart.
37	Encosta Rochosa	Suave Ondulado	Encosta Superior	Inclinado/Íngreme	Ausente	Escoamento/Precipitação	Ausente	Ausente	Divergente	<i>Ausente</i>

<b>Id</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Relevo</b>	<b>Posição</b>	<b>Declividade</b>	<b>Solo</b>	<b>Condição de Drenagem</b>	<b>Uso</b>	<b>Fitofisionomia</b>	<b>Curvatura</b>	<b>Espécies de Vegetação Predominantes</b>
38	Fratura Linear	Suave Ondulado	Encosta Superior	Íngreme/ Muito Íngreme	Neossolo Regolítico	Escoamento/ Precipitação	Ausente	Arbórea	Divergente	<i>Eugenia sp./Peltogyne pauciflora Benth. pauciflora Benth.</i>
39	Fratura Linear	Suave Ondulado	Meia Encosta	Inclinado/ Íngreme	Neossolo Regolítico	Escoamento/ Precipitação	Ausente	Arbórea	Divergente	<i>Peltogyne pauciflora Benth./Eugenia sp</i>
40	Encosta Rochosa	Suave Ondulado	Meia Encosta	Íngreme/ Muito Íngreme	Pavimento Rochoso	Escoamento/ Precipitação	Ausente	Ausente	Divergente	<i>Ausente</i>
41	Fratura Linear	Suave Ondulado	Meia Encosta	Inclinado/ Íngreme	Ausente	Escoamento/ Precipitação	Ausente	Arbustiva	Divergente	<i>Bromelia laciniosa Mart.</i>
42	Fratura Linear	Suave Ondulado	Meia Encosta	Inclinado/ Íngreme	Neossolo Regolítico	Escoamento/ Precipitação	Ausente	Arbórea	Divergente	<i>Eugenia sp. Peltogyne pauciflora Benth.</i>
42	Fratura Linear	Suave Ondulado	Meia Encosta	Íngreme/ Muito Íngreme	Neossolo Litólico	Escoamento/ Precipitação	Ausente	Arbustiva	Divergente	<i>Bromelia laciniosa Mart.</i>
43	Pavimento Detrítico	Suave Ondulado	Meia Encosta	Inclinado/ Íngreme	Neossolo Litólico	Escoamento/ Precipitação	Ausente	Arbustiva	Divergente	<i>Vellozia plicata Mart./Bromelia laciniosa Mart.</i>
44	Pavimento Detrítico	Suave Ondulado	Meia Encosta	Inclinado/ Íngreme	Neossolo Litólico	Escoamento/ Precipitação	Ausente	Arbustiva	Divergente	<i>Vellozia plicata Mart./Bromelia laciniosa Mart.</i>
45	Fratura Linear	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Escarpado	Neossolo Litólico	Escoamento/ Precipitação	Ausente	Arbustiva	Divergente	<i>Bromelia laciniosa Mart./Vellozia plicata Mart.</i>
46	Encosta de Talús	Suave Ondulado	Divergente	Escarpado/ Muito Íngreme	Neossolo Regolítico/ Litólico	Precipitação/ Escoamento	Pastagem	Arbustiva/ Arbórea	Divergente	<i>Peltogyne pauciflora Benth. pauciflora Benth./Savia sessiflora/Talis</i>

<b>Id</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Relevo</b>	<b>Posição</b>	<b>Declividade</b>	<b>Solo</b>	<b>Condição de Drenagem</b>	<b>Uso</b>	<b>Fitofisionomia</b>	<b>Curvatura</b>	<b>Espécies de Vegetação Predominantes</b>
47	Pavimento Rochoso	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Inclinado/Íngreme	Rocha	Escoamento/Precipitação	Pastagem	Arbórea	Divergente	<i>Ausentes</i>
48	Sopé Coluvial	Suave Ondulado	Base	Íngreme/Muito Íngreme	Neossolo Regolítico	Escoamento/Precipitação	Pastagem	Arbórea	Divergente	<i>Savia sessiflora/Talisia esculenta (Cambess.) Radlk.s/Eugenia sp.</i>
49	Escarpa Rochosa	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Escarpado	Pavimento Rochoso	Escoamento/Precipitação	Ausente	Ausente	Divergente	<i>Ausente</i>
50	Pavimento Detrítico	Suave Ondulado	Media Encosta	Inclinado/Íngreme	Neossolo Litólico	Escoamento/Precipitação	Ausente	Arbustiva/Herbácea	Divergente	<i>Vellozia plicata Mart./Bromelia laciniosa Mart.</i>
51	Blocos Fraturados	Suave Ondulado	Meia Encosta	Inclinado/Íngreme	Neossolo Litólico	Escoamento/Precipitação	Ausente	Arbustiva/Herbácea	Divergente	<i>Cereus jamacaruDC./Bromelia laciniosa Mart.</i>
52	Escarpa Rochosa	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Escarpado	Pavimento Rochoso	Escoamento/Precipitação	Ausente	Ausente	Divergente	<i>Ausente</i>
53	Blocos Fraturados	Suave Ondulado	Encosta Inferior/Meia Encosta	Escarpado	Neossolo Regolítico/Litólico	Escoamento/Precipitação	Ausente	Arbórea/Arbustiva	Divergente	<i>Vellozia plicata Mart./Syagrus cearensis Noblick</i>
54	Sopé Coluvial	Suave Ondulado	Base	Íngreme/Muito Íngreme	Neossolo Regolítico	Escoamento/Precipitação	Pastagem	Arbórea	Divergente	<i>Anadenanthera colubrina (Vell.)/Cordia/Handroanthus impetiginosus (Mart. ex DC.) Mattos</i>

<b>Id</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Relevo</b>	<b>Posição</b>	<b>Declividade</b>	<b>Solo</b>	<b>Condição de Drenagem</b>	<b>Uso</b>	<b>Fitofisionomia</b>	<b>Curvatura</b>	<b>Espécies de Vegetação Predominantes</b>
55	Encosta de Talús	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Íngreme/ Muito Íngreme/ Escarpado	Neossolo Litólico/ Regolítico	Escoamento/ Precipitação	Pastagem	Arbórea/ Arbustiva	Divergente	<i>Syagrus cearensis</i> <i>Noblicks/Ziziphus joazeiro</i> <i>Mart.s/Talisia esculenta</i> (Cambess.) <i>Radlk.s</i>
56	Fratura Linear	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Escarpado/ Muito Íngreme	Neossolo Regolítico	Escoamento/ Precipitação	Pastagem	Arbórea	Divergente	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) <i>Mattos/Talisia esculenta</i> (Cambess.) <i>Radlk.s</i>
57	Pedimento Detrítico	Suave Ondulado	Pedimento	Plano/Suave	Neossolo Litólico/ Luvissolo	Precipitação	Pastagem	Herbacea/Arbustiva	Divergente	<i>Cnidocolus quercifolius/Cenostigma nordestinum</i> <i>Gagnon &amp; GP Lewis</i>
58	Açude					Precipitação				
59	Blocos Residuais	Suave Ondulado	Pedimento	Plano/Suave	Neossolo Litólico	Precipitação	Pastagem	Arbustiva	Divergente	<i>Croton blanchetianus/Cenostigma nordestinum</i> <i>Gagnon &amp; GP Lewis</i>

<b>Id</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Relevo</b>	<b>Posição</b>	<b>Declividade</b>	<b>Solo</b>	<b>Condição de Drenagem</b>	<b>Uso</b>	<b>Fitofisionomia</b>	<b>Curvatura</b>	<b>Espécies de Vegetação Predominantes</b>
60	Blocos Residuais	Suave Ondulado	Pedimento	Plano/Suave	Neossolo Litólico	Precipitação	Pastagem	Arbustiva	Divergente	<i>Croton blanchetianus/Ce nostigma nordestinum Gagnon &amp; GP Lewis</i>
61	Blocos Residuais	Suave Ondulado	Pedimento	Plano/Suave	Neossolo Litólico	Precipitação	Pastagem	Arbustiva	Divergente	<i>Croton blanchetianus/Ce nostigma nordestinum Gagnon &amp; GP Lewis</i>
62	Blocos Residuais	Suave Ondulado	Pedimento	Plano/Suave	Neossolo Litólico	Precipitação	Pastagem	Arbórea	Divergente	<i>Croton blanchetianuss/C enostigma nordestinum Gagnon &amp; GP Lewiss</i>
63	Blocos Residuais	Suave Ondulado	Pedimento	Plano/Suave	Neossolo Litólico	Precipitação	Pastagem	Arbustiva	Divergente	<i>Croton blanchetianus/Ce nostigma nordestinum Gagnon &amp; GP Lewis</i>
64	Blocos Residuais	Suave Ondulado	Pedimento	Plano/Suave	Neossolo Litólico	Precipitação	Pastagem	Arbustiva	Divergente	<i>Croton blanchetianus/Ce nostigma nordestinum Gagnon &amp; GP Lewis</i>

<b>Id</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Relevo</b>	<b>Posição</b>	<b>Declividade</b>	<b>Solo</b>	<b>Condição de Drenagem</b>	<b>Uso</b>	<b>Fitofisionomia</b>	<b>Curvatura</b>	<b>Espécies de Vegetação Predominantes</b>
65	Pavimento Rochoso	Suave Ondulado	Encosta Inferior	Muito Íngreme/ Escarpado	Ausente	Escoamento/ Precipitação	Pastagem	Arbórea	Divergente	<i>Ausente</i>
66	Blocos Residuais	Suave Ondulado	Meia Encosta	Íngreme/ Muito Íngreme	Pavimento Rochoso	Escoamento/ Precipitação	Ausente	Ausente	Divergente	<i>Ausente</i>



## APÊNDICE F: Descrição Geral Solos – Serra da Engabelada

Engabelada					
Perfil	Classificação	Altitude (m)	Descrição da Área	Coordenadas Geográficas (DDD)	
				Latitude	Longitude
P2 (A)	NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico organossólico léptico	570	Sopé coluvial no terço superior da vertente, em feição convexa. Solo mal drenado, sem erosão aparente e derivado de colúvio granitoide autóctone acumulado em rampa de colúvio. É coberto por serrapilheira e vegetação do tipo caatinga subperenifólia fechada com dominância arborea. Textura média-argilosa, O hístico e relevo forte ondulado.	-7.71904	-36.65257
P2 (B)	NEOSSOLO LITÓLICO Hístico fragmentário	564	Sopé coluvial no terço médio da vertente, em feição côncava. Solo mal drenado, sem erosão aparente e derivado de colúvio sobre granitoide autóctone acumulado em rampa de colúvio. É coberto por serrapilheira e vegetação do tipo caatinga subperenifólia aberta com dominância arborea com alguns exemplares arbustivos. Textura média-argilosa, O hístico e relevo forte ondulado.	-7.71910	-36.65251
P2 (C)	NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário	552	Sopé coluvial no terço inferior da vertente, em feição côncava. Solo bem drenado, com erosão ligeira laminar e derivado de granitoide autóctone acumulado em rampa de colúvio. Ausente de serrapilheira e vegetação do tipo caatinga subcaducifólia com dominância arbustiva e alguns exemplares arboreos. Textura arenosa-média e relevo forte ondulado.	-7.71921	-36.65224
P5	NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico saprolítico léptico arênico	497	Pedimento dentritico em feição plana. Solo bem drenado, com erosão ligeira laminar e derivado de colúvio sobre granitoide autóctone, com poucos cascalhos desde a superfície. Ausente de serrapilheira e vegetação do tipo caatinga subcaducifólia com dominância arbustiva. Textura arenosa-média cascalhenta, A moderado e relevo suave ondulado.	-7.71515	-36.64848

## APÊNDICE G: Lista de Espécies Levantamento Fitossociológico Serra da Engabelada

FAMILIA	NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	OCORRÊNCIA NA PARAÍBA	ORIGEM	ENDEMISMO
Euphorbiaceae	-----	<i>Acalypha brasiliensis</i> Müll.Arg.	NÃO	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Bromeliaceae	-----	<i>Aechmea sp.*</i>			
Sapindaceae	-----	<i>Allophylus quercifolius</i> (Mart.) Radlk.	NÃO	Nativa	É endêmica do Brasil
Sapindaceae	-----	<i>Allophylus sp.</i>	X		Não é endêmica do Brasil
Fabaceae	Angico	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.)	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Fabaceae	-----	<i>Andira legalis</i> (Vell.) Toledo	NÃO	Nativa	É endêmica do Brasil
Annonaceae	Rolinha	<i>Annona leptopetala</i> (R.E.Fr.) H.Rainer	NÃO	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Apocynaceae	Pereiro	<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart. & Zucc.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Fabaceae	Mororo/ pata de vaca	<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Bromeliaceae	Macambira	<i>Bromelia laciniosa</i> Mart.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Vochysiaceae	-----	<i>Callisthene microphylla</i> Warm.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Myrtaceae	-----	<i>Calyptanthus lucida</i> Mart. ex DC	NÃO	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Myrtaceae	-----	<i>Campomanesia eugenioides</i> (Cambess.)	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Solanaceae	-----	<i>Capsicum parvifolium</i> Sendtn.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Fabaceae	Catingueira	<i>Cenostigma nordestinum</i> Gagnon & GP Lewis	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Cactaceae	Mandacaru/ cardeiro	<i>Cereus jamacaru</i> DC.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Fabaceae	-----	<i>Chamaecrista calycioides</i> (DC. ex Collad.) Greene	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Fabaceae	-----	<i>Chamaecrista zygophylloides</i> (Taub.) H.S.Irwin & Barneby	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Fabaceae	Jurema Branca	<i>Chloroleucon dumosum</i> (Benth.) G.P.Lewis	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Euphorbiaceae	Urtiga	<i>Cnidoscolus urens</i> var. <i>neglectus</i> (Pohl) Lourteig	NÃO	Nativa	É endêmica do Brasil
Capparaceae	Icó	<i>Colicodendron yco</i> Mart.	NÃO	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Combretaceae	Murfumbo	<i>Combretum leprosum</i> Mart.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Burseraceae	Imburana / Amburana	<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillett	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil

FAMILIA	NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	OCORRÊNCIA NA PARAÍBA	ORIGEM	ENDEMISMO
Boraginaceae	-----	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Rubiaceae	-----	<i>Cordia rigida</i> (K.Schum.) Kuntze	NÃO	Nativa	É endêmica do Brasil
Euphorbiaceae	Marmeleiro	<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Euphorbiaceae	-----	<i>Croton grewioides</i> Baill.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Euphorbiaceae	Velame	<i>Croton heliotropiifolius</i> Kunth	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Capparaceae	Feijão-bravo	<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Euphorbiaceae	-----	<i>Ditaxis desertorum</i> (Müll.Arg.) Pax & K.Hoffm.	NÃO	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Erythroxylaceae	-----	<i>Erythroxylum revolutum</i> Mart.	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Erythroxylaceae	-----	<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.	NÃO	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Euphorbiaceae	-----	<i>Euphorbia heterodoxa</i> Müll.Arg.	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Bignoniaceae	-----	<i>Fridericia dichotoma</i> (Jacq.) L.G.Lohmann	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Nyctaginaceae	Guapira	<i>Guapira</i> Aubl.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Rubiaceae	-----	<i>Guettarda angelica</i> Mart. ex Müll.Arg.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Bignoniaceae	Ipê Rocho	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Malvaceae	Saca rolha	<i>Helicteres sacarolha</i> A. St.- Hil.	NÃO	Nativa	É endêmica do Brasil
Malvaceae	Mela-bode	<i>Herissantia tiubae</i> (K.Schum.) Brizicky	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Malpighiaceae	-----	<i>Heteropterys</i> sp. Kunth	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Euphorbiaceae	Pinhão manso	<i>Jatropha curcas</i> L.	NÃO	Naturalizada	Não é endêmica do Brasil
Euphorbiaceae	Pinhão Bravo	<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Euphorbiaceae	-----	<i>Jatropha ribifolia</i> (Pohl) Baill.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Verbenaceae	Camará	<i>Lantana camara</i> L.	X	Naturalizada	Desconhecido
Fabaceae	Pau Ferro	<i>Libidibia ferrea</i> var. <i>leiostachya</i> (Benth.) L.P.Queiroz	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Verbenaceae	Alecrim Bravo	<i>Lippia grata</i> Schauer	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Fabaceae	Pau Mocó	<i>Luetzelburgia auriculata</i> (Allemão) Ducke	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Euphorbiaceae	Maniçoba	<i>Manihot carthagenensis</i> (Jacq.) Müll.Arg.	X	Nativa	É endêmica do Brasil

FAMILIA	NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	OCORRÊNCIA NA PARAÍBA	ORIGEM	ENDEMISMO
Celastraceae	Bom-nome	<i>Maytenus rigida</i> Mart.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Cactaceae	Coroa de frade	<i>Melocactus zehntneri</i> (Britton & Rose) Luetzelb.	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Malvaceae	-----	<i>Melochia tomentosa</i> L.	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Fabaceae	Jurema Vermelha	<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. ex Benth.	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Fabaceae	-----	<i>Mimosa paraibana</i> Barneby	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Fabaceae	Jurema Preta	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Anacardiaceae	Aroeira	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Myrtaceae	-----	<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Fabaceae	-----	<i>Peltogyne pauciflora</i> Benth.	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Amaranthaceae	-----	<i>Pfaffia glomerata</i> (Spreng.)	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Cactaceae	Xique-xique	<i>Pilosocereus gounellei</i> (F.A.C.Weber) Byles & Rowley	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Cactaceae	Facheiro	<i>Pilosocereus pachycladus</i> F.Ritter	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Fabaceae	-----	<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Nyctagenaceae	-----	<i>Pisonia ambigua</i> Heimerl	NÃO	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Sapotaceae	-----	<i>Pouteria gardneriana</i> (A.DC.) Radlk	NÃO	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Fabaceae	Algaroba	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw) DC	X	Cultivada	Não é endêmica do Brasil
Malpighiaceae	-----	<i>Ptilochaeta bahiensis</i> Turcz.	NÃO	Nativa	É endêmica do Brasil
Rhamnaceae	-----	<i>Rhamnidium molle</i> Reissek	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Euphorbiaceae	-----	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Euphorbiaceae	-----	<i>Savia sessiliflora</i> (Sw.) Willd.	NÃO	Nativa	É endêmica do Brasil
Anacardiaceae	Barauna	<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Euphorbiaceae	-----	<i>Sebastiania macrocarpa</i> Müll. Arg.	NÃO	Nativa	Desconhecido
Fabaceae	-----	<i>Senna macranthera</i> (DC. ex Collad.) H.S.Irwin & Barneby	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil

FAMILIA	NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	OCORRÊNCIA NA PARAÍBA	ORIGEM	ENDEMISMO
Fabaceae	-----	<i>Senna spectabilis</i> (DC.) H.S.Irwin & Barneby	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Malvaceae	-----	<i>Sida galheirensis</i> Ulbr.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Solanaceae	-----	<i>Solanum rhytidoandrum</i> Sendtn.	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Anacardiaceae	Umbuzeiro	<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Arecaceae	Catolé	<i>Syagrus cearensis</i> Noblick	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Bignoniaceae	Craibeira/Ipê Amarelo	<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Bignoniaceae	Ipê Branco	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Cactaceae	Palmatória sem espinho	<i>Tacinga inamoena</i> (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Cactaceae	Palmatória de espinho	<i>Tacinga palmadora</i> (Britton & Rose) N.P.Taylor & Stuppy	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Sapindaceae	Pitombeira	<i>Talisia esculenta</i> (Cambess.) Radlk.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Rubiaceae	-----	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Polygonaceae	-----	<i>Triplaris gardneriana</i> Wedd.	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Turneraceae	-----	<i>Turnera cearensis</i> Urb.	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Boraginaceae	-----	<i>Varronia curassavica</i> Jacq.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Boraginaceae	-----	<i>Varronia leucocephala</i> (Moric.) J.S.Mill.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Velloziaceae	Canela de Ema	<i>Vellozia plicata</i> Mart.	X	Nativa	É endêmica do Brasil
Malvaceae	-----	<i>Waltheria indica</i> L.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Olacaceae	Ameixa	<i>Ximenia americana</i> L.	X	Nativa	Não é endêmica do Brasil
Rhamnaceae	Juazeiro	<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	X	Nativa	É endêmica do Brasil

**APÊNDICE H: Distribuição dos indivíduos das Espécies de Vegetação por Parcelas Serra da Engabelada**

Nome científico	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5	TOTAL
<i>Acalypha brasiliensis</i> Müll.Arg.	18	4		4		26
<i>Aechmea</i> sp.			1			1
<i>Allophylus quercifolius</i> (Mart.) Radlk.	1					1
<b><i>Allophylus</i> sp.</b>			2	1		3
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.)	55	6	20	27		108
<b><i>Andira</i> sp</b>		1				1
<i>Annona leptopetala</i> (R.E.Fr.) H.Rainer		15				15
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart. & Zucc.	2		4	6	3	15
<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	51	1	36	95	1	184
<i>Bromelia laciniosa</i> Mart.		3		2		5
<i>Callisthene microphylla</i> Warm.		1	10	2		13
<b><i>Calyptranthes lucida</i> Mart. Ex DC</b>			8			8
<i>Campomanesia eugenoides</i> (Cambess.)		8	28			36
<i>Capsicum parvifolium</i> Sendtn.				2		2
<i>Cenostigma nordestinum</i> Gagnon & GP Lewis	24				59	0
<i>Cereus jamacaru</i> DC.		10	3	4		17
<i>Chamaecrista calycioides</i> (DC. Ex Collad.) Greene				1		1
<i>Chamaecrista zygophylloides</i> (Taub.) H.S.Irwin & Barneby				2		2
<i>Chloroleucon dumosum</i> (Benth.) G.P.Lewis					2	2
<i>Cnidoscolus urens</i> var. <i>neglectus</i> (Pohl) Lourteig		13			17	0
<i>Colicodendron yco</i> Mart.			1			1
<i>Combretum leprosum</i> Mart.	5	49	1	1	1	57
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillett				2		2
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. Ex Steud.			19			19
<i>Cordia Rigida</i> (K.Schum.) Kuntze	13	4	23	14		54
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	45	17	10	29	85	186

Nome científico	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5	TOTAL
<i>Croton grewoides</i> Baill.				62	3	65
<i>Croton heliotropiifolius</i> Kunth	1		5	5		0
<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl	1	19		6		26
<i>Ditaxis desertorum</i> (Müll.Arg.) Pax & K.Hoffm.	9	3				12
<i>Erythroxylum revolutum</i> Mart.	1	1	14			16
<b><i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.</b>	1	4	2	8		15
<i>Euphorbia heterodoxa</i> Müll.Arg.			2			2
<i>Fridericia dichotoma</i> (Jacq.) L.G.Lohmann					1	1
<i>Guapira</i> Aubl.	2	16	6	5	1	30
<i>Guettarda earense</i> Mart. Ex Müll.Arg.	3	8	6	10	1	28
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. Ex DC.) Mattos	28	1	3	2		34
<b><i>Helicteres Saca Rolha</i> A. St.- Hil.</b>			9			9
<i>Helicteres velutina</i> K.Schum.		1				0
<i>Herissantia tiubae</i> (K.Schum.) Brizicky					30	30
<i>Heteropterys</i> sp. Kunth			2			2
<i>Jatropha curcas</i> L.					11	11
<i>Jatropha earenses</i> (Pohl) Baill.	4			2	93	99
<i>Jatropha ribifolia</i> (Pohl) Baill.					27	27
<i>Lantana camara</i> L.	1			1		2
<b><i>Libidibia earen</i> var. <i>leiostachya</i> (Benth.) L.P.Queiroz</b>	3			1		4
<i>Lippia grata</i> Schauer	1		2	14	9	26
<i>Luetzelburgia auriculata</i> (Allemão) Ducke	9	99	18	21		147
<i>Manihot carthagenensis</i> (Jacq.) Müll.Arg.	1		3	15	1	0
<i>Maytenus earen</i> Mart.		1	6			7
<i>Melocactus zehntneri</i> (Britton & Rose) Luetzelb.					1	1
<i>Melochia tomentosa</i> L.					8	8
<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. Ex Benth.	2			13	11	26
<i>Mimosa paraibana</i> Barneby	6		4			10

Nome científico	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5	TOTAL
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.					7	7
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemao	13	3	12	5		33
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.		11	1			1
<i>Peltogyne pauciflora</i> Benth.	4	1	31	26		35
<b><i>Pfaffia glomerata</i> (Spreng.)</b>				2	1	3
<i>Pilosocereus gounellei</i> (F.A.C.Weber) Byles & Rowley	2			2	4	8
<i>Pilosocereus pachycladus</i> F.Ritter		7	4	2		13
<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	1					1
<b><i>Pisonia ambigua</i> Heimerl</b>		46				46
<i>Pouteria gardneriana</i> (A.DC.) Radlk			2			2
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw) DC					2	2
<i>Ptilochaeta bahiensis</i> Turcz.		3		2		5
<i>Rhamnidium molle</i> Reissek	2	3	25	7		37
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong				1		1
<i>Savia sessiliflora</i> (Sw.) Willd.		7	41			48
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	2					2
<i>Sebastiania macrocarpa</i> Müll. Arg.			2			2
<i>Senna macranthera</i> (DC. Ex Collad.) H.S.Irwin & Barneby			1	1		2
<i>Senna spectabilis</i> (DC.) H.S.Irwin & Barneby					1	1
<i>Sida galheirensis</i> Ulbr.	1					1
<i>Solanum rhytidoandrum</i> Sendtn.		34	1			35
<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	4					4
<i>Syagrus earenses</i> Noblick		21	6	1		28
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore				4		4
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith			1			1
<i>Tacinga inamoena</i> (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy	8			4	167	179
<i>Tacinga palmadora</i> (Britton & Rose) N.P.Taylor & Stuppy	2	11	3	7	9	32
<i>Talisia esculenta</i> (Cambess.) Radlk.	74	7	20	1		102



Nome científico	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5	TOTAL
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.		2	10			12
<i>Triplaris gardneriana</i> Wedd.				2		2
<b><i>Turnera earenses</i> Urb.</b>	1	4	3	1		9
<i>Varronia curassavica</i> Jacq.	6				4	10
<i>Varronia leucocephala</i> (Moric.) J.S.Mill.	24	1		14		39
<i>Vellozia plicata</i> Mart.			6			6
<i>Waltheria indica</i> L.					17	17
<i>Ximenia americana</i> L.		4		2	2	8
<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.			1		1	2
<b>TOTAL</b>	<b>405</b>	<b>424</b>	<b>410</b>	<b>395</b>	<b>503</b>	<b>2137</b>