

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**  
**TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO ESPACIAL**

**AS CAMPINARANAS SOBRE ESPODOSSOLOS DO**  
**ALTO RIO NEGRO – AM: FITOSSOCIOLOGIA, SOLOS E**  
**CONSIDERAÇÕES SOBRE SUA GÊNESE**

Débora de Sena Oliveira Mendes

**Belo Horizonte - MG**

**2014**

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS**  
**Programa de Pós-Graduação em Geografia**  
**(Tratamento da Informação Espacial)**

**AS CAMPINARANAS SOBRE ESPODOSSOLOS DO ALTO**  
**RIO NEGRO – AM: FITOSSOCIOLOGIA, SOLOS E CONSIDERAÇÕES SOBRE**  
**SUA GÊNESE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Débora de Sena Oliveira Mendes  
Orientador: Prof. Dr. Guilherme Taitson Bueno

**Belo Horizonte - MG**

**2014**

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

M538c Mendes, Débora de Sena Oliveira  
As campinaranas sobre espodosolos do Alto Rio Negro – AM:  
fitossociologia, solos e considerações sobre sua gênese / Débora de Sena  
Oliveira Mendes. Belo Horizonte, 2014.  
124f.: il.

Orientador: Guilherme Taitson Bueno.  
Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.  
Programa de Pós-Graduação em Tratamento da Informação Espacial.

1. Solos arenosos – Amazônia. 2. Paisagens - Negro, Rio (AM). 3.  
Fitogeografia. 4. Ecologia vegetal. I. Bueno, Guilherme Taitson. II. Pontifícia  
Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em  
Tratamento da Informação Espacial. III. Título.

SIB PUC MINAS

CDU: 631.4(811.3)



Débora de Sena Oliveira Mendes

**AS CAMPINARANAS SOBRE ESPODOSSOLOS DO ALTO RIO NEGRO – AM:  
Fitossociologia, solos e considerações sobre sua gênese**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Guilherme Taitson Bueno (Orientador)

---

Prof. Dr. Bernardo Machado Gontijo (UFMG)

---

Profª. Dra. Vânia Silvia Rosolen (UNESP)

**Belo Horizonte, 28 de março de 2014**

Aos meus pais e irmão, dedico...

Aos povos da Amazônia, seus conhecimentos e respeito pela floresta, dedico...

## AGRADECIMENTOS

Ninguém trabalha sozinho e essa dissertação é fruto da colaboração de pessoas de fundamental importância pra mim. Aqui agradeço a todos que de alguma forma fizeram parte dessa jornada junto comigo.

Ao Professor Dr. Guilherme Taitson Bueno, pela orientação neste trabalho, carinho, cuidado e ensinamentos tanto no gabinete como no campo e por me permitir entrar num contato tão especial com a instigante Amazônia. Meus agradecimentos pela confiança, pelo apoio certo nas horas certas, pelo esforço valoroso em contribuir com o meu crescimento profissional e, sobretudo, humano.

Aos meus pais Catarina e Marquinho pelo amor, exemplo e compreensão nesse período de tantos estudos e trabalho. E ao meu irmão, Tiago, que além do apoio e incentivo, dividiu comigo algumas noites e madrugadas à fora ensinado e discutindo estatística... Ao Daniel Melão pelo companheirismo e por me fazer perceber que tudo pode ser mais leve...

Ao amigo Felipe, pelo companheirismo em todo tempo de trabalho, por dividir tantos momentos, dúvidas, aflições, emoções, discussões, mudanças e música boa!

À Prof. Dr. Nádia Regina do Nascimento, por acreditar. Agradeço pelo apoio, ensinamentos e trabalho.

À Bruna Rossin, pelo trabalho, por compartilhar e ensinar muita coisa em São Gabriel da Cachoeira e Rio Claro e por tantas vezes ter me recebido tão bem em casa e na UNESP.

Jorge, pelo trabalho em campo, ensinamentos e alegria nos momentos pesados.

Aos colegas Everton, Bruna, César por compartilhar conhecimento e boas discussões durante os momentos de escrita e dúvidas.

À equipe de campo, Sr. Pedrinho, Sr. Coelho, Cristiano, Alexandre, Sr. Felipe pelos dias de trabalho pesado, disposição e pelos belos ensinamentos Tucano e Baré.

À equipe da UNESP Rio Claro, Suely, estagiários pela rotina nos laboratórios.

A equipe do herbário do INPA em Manaus e ao Paulo Apóstolo pelo apoio no tratamento e identificação do material botânico coletado.

Ao Alberto Vicentini pelos ensinamentos tanto no INPA, quanto em campo e pela disciplina cursada, além do apoio botânico.

Ao Prof. Dr. Pedro Einsenlohr, pela ajuda com a estatística e programas.

Ao Prof. Dr. José Flávio, pelo apoio e orientações na confecção dos mapas.

À Helô e Duka, pelo apoio em Manaus.

Aos grupos Macaia e Baianas Ozadas pelos momentos de diversão, alegria, disciplina e descontração que tanto me ajudaram a focar melhor nos trabalhos e mostraram como é importante fazer o que amamos.

À YKS e todo o pessoal, por entender e compartilhar esse momento de dedicação. À equipe do Emaús, por todo trabalho.

À FAPEMIG pela concessão da bolsa de estudos, a FAPESP e ao CNPQ pelo importante apoio financeiro.

A todos que de alguma forma me ajudaram e apoiaram nessa jornada. Muito obrigada!

## RESUMO

As Campinaranas Amazônicas da bacia do alto Rio Negro constituem ecossistemas singulares, que têm como substrato material arenoso, principalmente solos do tipo Espodosolos. Ocorrem em diferentes posições topográficas, como em zonas deprimidas sobre interflúvios tabulares, bases de vertentes, terraços fluviais e paleocanais. Esses ecossistemas estão envolvidos pela floresta tropical amazônica, da qual diferem principalmente pelo porte dos indivíduos. Entretanto, não se trata de um único tipo de cobertura vegetal. Há variações fisionômicas importantes, que estão diretamente ligadas às condições edáficas (textura, teor de nutrientes e matéria orgânica), topográficas, e à influência do nível freático. Embora ocupem áreas significativas da bacia do Rio Negro e constituam ambientes de grande fragilidade, ainda são poucos os estudos sobre a ecologia das Campinaranas na região. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é caracterizar uma área de Campinaranas e compreender suas relações com o substrato pedológico, visando estabelecer relações genéticas na escala da paisagem, em uma área de Espodosolos da bacia do alto Rio Negro. Em campo, foi delimitado um transecto abrangendo quatro geoambientes distintos (Geo 1 a Geo 4), onde foram delimitadas 12 parcelas de 10x10 m em 3 geoambientes e foram abertas 5 trincheiras (TR1 a TR5), para a descrição e amostragem dos solos: Geo 1 (TR1) - Espodosolo bem drenado em topo plano e Espodosolo hidromórfico de alta vertente, com Campinarana Florestada homogênea; Geo 2 (TR2 e TR3) - Criptopodzol e Gleissolo, vegetação de transição entre Campinarana Florestada e Floresta de Terra Firme; Geo 3 (TR4) - solo laterítico, com Floresta de Terra Firme e, Geo 4 (TR5) Espodosolo Hidromórfico de depressão, sob Campinarana Arborizada com presença de epífitas. Para os solos foram realizadas análises de complexo sortivo, teor de matéria orgânica e Nitrogênio e granulometria. As espécies vegetais amostradas foram identificadas, os parâmetros fitossociológicos calculados e o índice de similaridade e PCA analisados. Foi constatada uma baixa similaridade florística entre os geoambientes. No geoambiente 1 destaca-se o predomínio, em todas as parcelas, da espécie *Eperua leocantha*. Os padrões florísticos, estruturais e de diversidade das Campinaranas inventariadas parecem estar fortemente relacionados à profundidade do lençol freático, à variação de textura e do teor de macro e micronutrientes. As características estruturais e da distribuição das espécies nas parcelas estão relacionadas às adaptações morfológicas e fisiológicas das espécies. Os resultados mostraram que a evolução da paisagem, no transecto estudado, está intimamente ligada ao

desenvolvimento e evolução da podzolização e ao processo de instalação e incisão da rede de drenagem na área. A vegetação e sua variação se mostraram importante indicador de dessa transformação. Os geoambientes 3 e 4 foram interpretados como os mais antigos, desenvolvidos em uma paisagem de platô com depressões podzolizadas. A instalação e a incisão da rede de drenagem elaborou novas vertentes, cujos planos interceptam os horizontes dos solos do platô e de suas depressões, expondo os saprolitos e drenando as depressões com Espodossolos. Melhores condições de drenagem permitem a formação do geoambiente 1 e, a jusante deste, na vertente, a formação do geoambiente 2, sob condições locais de hidromorfia.

**Palavras-Chave:** Campinaranas Amazônicas. Espodossolos. Evolução da paisagem, bacia do Rio Negro.

## ABSTRACT

The *Campinaranas Amazônicas* of the upper Rio Negro basin are natural ecosystems that have sandy material as substrate, mainly Spodosols. They occur at different topographic positions, as in depressed areas on tableland interfluves, downslopes, river terraces and palaeochannels. These ecosystems are involved by the Amazon rainforest, from which they differ primarily by the size of individuals. However, this is not a unique type of vegetation cover. There are important physiognomic variations, which are directly linked to soil conditions (texture, nutrient content and organic matter), topography, and the influence of the watertable level. Although occupying significant areas of the Rio Negro basin and constituting very fragile environments, there are few studies on the ecology of the *Campinaranas* in this region. Thus, the aim of this work is to characterize an area of *Campinaranas*, to understand their relationships with pedological substrate and to establish genetic relationships at the landscape scale, in an area of Spodosols of the upper Rio Negro basin. A transect comprising four distinct geoenvironments (Geo 1 to Geo 4) was established in the study area. Twelve 10x10 m parcels were demarcated in 3 geoambientes and 5 soil pits (TR1 to TR5) were opened for soil description and sampling: Geo 1 (TR1) - well drained Spodosol on a flat top and hydromorphic Spodosol on the upslope, covered by homogeneous Forested *Campinarana*; Geo 2 (TR2 and TR3) - Criptopodzol and Gleysol, covered by a transitional vegetation between Forested *Campinarana* and *Terra Firme* Forest; Geo 3 (TR4) - lateritic soil with *Terra Firme* Forest; and Geo 4 (TR5) Hydromorphic Spodosol depression under *Campinarana Arborizada* with epiphytes. Exchangeable cations, soil organic matter and nitrogen and particle size analysis were performed. The sampled plant species were identified, and the phytosociological parameters, the similarity index and PCA were calculated. A low floristic similarity between the geoenvironments was found. In the geoenvironment 1 the species *Eperua leocantha* predominates in all parcels. The floristic, structural, and diversity patterns of the investigated *Campinaranas* seem to be strongly related to the depth of the watertable, the variation in soil texture and in the macro and micronutrient content. The structural characteristics and distribution of the species in the plots are related to morphological and physiological adaptations of the species. The results showed that the evolution of the landscape, along the studied transect, is closely linked to the development and evolution of podzolization and to the installation and incision of the drainage network in the area. The vegetation and its variation proved an important indicator of this transformation.

The 3 and 4 geoenvironments were interpreted as the oldest ones, which were developed in a plateau landscape with podzolized hydromorphic depressions. The installation and incision of the drainage network created new slopes, whose plans intersect the horizons of the soils of the plateau and its depressions, exposing their saprolites and draining the depressions with hydromorphic Spodosols. Better drainage conditions allow the formation of geoenvironment 1 and, downslope, the formation of geoenvironment 2, under local waterlogging conditions.

**Keywords:** *Campinaranas Amazônicas*. Spodosols. Landscape evolution, Rio Negro basin.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Perfil do Oxisol (Latosolo).....	25
Figura 2 - Perfil de Espodossolo.....	27
Figura 3 - Transição Floresta de Terra Firme/Campinarana em São Gabriel da Cachoeira - AM. ....	32
Figura 4 - Campinarana da Reserva.....	32
Figura 5 - Campinarana do PARNA Viruá. ....	32
Figura 6 - Serrapilheira espessa sobre Espodossolo hidromórfico.....	34
Figura 7 - Serrapilheira fina sobre Latossolo. ....	34
Figura 8 - Húmus orgânico segundo classificação de Duchaufour (1960). ....	37
Figura 9 - Blocos-diagramas das fisionomias ecológicas das Campinaranas .....	43
Figura 10 – Transformação solo laterítico – Espodossolo ao longo de vertente.....	45
Figura 11– Transformação solo laterítico – Espodossolo a partir do centro do platô. ....	46
Figura 12 - (A) mapa topográfico de detalhe de uma vertente estudada em São Gabriel da Cachoeira. Observa-se que o domínio podzolizado ocupa posição cimeira, de topo plano, na área de relevo dissecado. (B) perfil topográfico e distribuição do nível freático e dos materiais pedológicos e de alteração ao longo de uma vertente, que parte do topo podzolizado e termina na incisão de um pequeno canal fluvial (observar localização dessa vertente em (A)). ....	48
Figura 13 – Representação do transecto estudado e geoambientes. ....	59
Figura 14 - Transecto estudado. As parcelas delimitadas para inventário da vegetação foram identificadas por siglas, de acordo com o geoambiente em que estão inseridas, sendo G1P1 a G1P4: Campinarana Florestada no geoambiente 1; G2P1 a G2P4: transição de Campinarana Florestada para Floresta de Terra Firme no geoambiente 2, e G4P1 a G4P4: Campinarana Arborizada com presença de epífitas no geoambiente 4. ....	69
Figura 15 - Vista da Vegetação no geoambiente 1 – G1.....	70
Figura 16 - Vista da vegetação no geoambiente 2 – G2. ....	71
Figura 17 - Floresta de Terra Firme, vegetação presente no geoambiente 3.....	72
Figura 18 - Vista do geoambiente 4 – G4. Na foto pode-se observar a quantidade de epífitas nos troncos das árvores. ....	73
Figura 19 - Gráfico de altura média das árvores, por parcela amostrada em cada geoambiente inventariado. ....	74
Figura 20 - Gráfico de porcentagem de espécies por família identificada. ....	76

Figura 21 - Triângulo textural dos horizontes superficiais do solo (0-10 cm de profundidade) .....	80
Figura 22- Dendrograma de Similaridade Florística entre os geoambiente inventariados G1, G2 e G4. ....	83
Figura 23 - Gráfico da Análise de Componentes Principais (PCA). Correlações entre variáveis ambientais e parcelas nos três geoambientes estudados. As parcelas estão identificadas com siglas, de acordo com o geoambiente em que está alocada, sendo as do geoambiente 1: G1P1, G1P2, G1P3 e G1P4, as do geoambiente 2: G2P1, G2P2, G2P3 e G2P4 e as do geoambiente 4: G4P1, G4P2, GP3, G4P4. Cada variável está representada por um nome correspondente e as setas apontam os eixos de colinearidade.....	85
Figura 24 – Representação do transecto estudado. Os solos amostrados foram identificadas por siglas, de acordo com o geoambiente em que está inserido, sendo G1TR1 (Espodossolo bem drenado) e G1TR2 (Espodossolo hidromórfico de vertente) no geoambiente 1, com presença de Campinarana Arborizada; G2TR1 (Criptopodzol) e G2TR2 (Gleissolo) no geoambiente 2, com transição de Campinarana Florestada para Floresta de Terra firme; G3TR1 (solo laterítico) e G3TR2 (Neossolo) com vegetação de Floresta de Terra Firme; e G4TR1 (Espodossolo hidromórfico de planície) composto por Campinarana Arborizada com presença de epífitas. ....	89
Figura 25 - Perfil do Espodossolo bem drenado. As linhas pontilhadas dividem os horizontes pedológicos e as representam os pontos de coleta do solo. ....	93
Figura 26 – Ponto de coleta de amostras do solo no Criptopodzol. Nesse solo há importante acumulação orgânica e é possível observar a pequena profundidade do lençol freático nesse solo (lençol suspenso). ....	95
Figura 27 - Perfil do Gleissolo. As linhas pontilhadas dividem os horizontes pedológicos e as representam os pontos de coleta do solo. ....	96
Figura 28 - Perfil do solo laterítico. As linhas pontilhadas dividem os horizontes pedológicos e as representam os pontos de coleta do solo. ....	98
Figura 29 - Triângulo Textural das amostras dos perfis dos geoambientes analisados (G1, G2, G3 e G4). ....	101
Figura 30 - Distribuição vertical dos teores de areia nos perfis de solos dos quatro geoambientes. ....	102
Figura 31 - Distribuição vertical dos teores de silte nos perfis de solos dos quatro geoambientes. ....	102

Figura 32 - Distribuição vertical dos teores de Matéria Orgânica nos perfis de solos dos três geoambiente estudados (G1, G2 e G4). .....	103
Figura 33 - Distribuição vertical do % de saturação do complexo sortivo por cátions básicos (V) nos perfis de solos dos geoambiente estudados (G1, G2 e G4). .....	105
Figura 34 - modelo de evolução da paisagem da área de estudo.....	110

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - ocorrência das principais classes de solos. Destaque para o domínio dos Espodosolos (Podzóis) na bacia amazônica.....	24
Mapa 2 - Localização da área de estudo. ....	51
Mapa 3 - Geologia da região de estudo.....	53
Mapa 4 – Geomorfologia da área de estudo de acordo com RadamBrasil (1977). ....	55
Mapa 5 - Classificação dos solos da área de estudo segundo RadamBrasil. ....	56
Mapa 6 - Classificação da vegetação na região de estudo. ....	58

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Espécies ocorrentes nos três geoambientes: G1 (Geoambiente 1 - Campinarana Florestada), G2 (Geoambiente 2 – Transição Campinarana Florestada/Floresta de Terra Firme), G4 (Campinarana Arborizada com epífitas). .....	75
Tabela 2 - Parâmetros fitossociológicos das espécies e do grupo de árvores amostradas em toda a área de estudo. As espécies estão ordenadas por família. DeAb = Densidade Absoluta; DeReal = Densidade Relativa; FrAb = Frequência Absoluta; FrRel = Frequência Relativa; DoAb = Dominância Absoluta; DoRel = Dominância Relativa e IVI = Índice de Valor de Importância.....	78
Tabela 3 - Atributos químicos e granulometria das amostras dos horizontes superficiais do solo (0-10 cm de profundidade) dos geoambientes G1, G2 e G4, sendo A. Grossa = Areia Grossa, A. Fina = Areia Fina, SB = Soma de Bases Trocáveis, (t) = Capacidade de Troca Catiônica Efetiva, (T) = Capacidade de Troca Catiônica a pH7,0, V = Índice de Saturação de Bases, m = Índice de Saturação de Alumínio, MO = Matéria Orgânica, C Org. = Carbono Orgânico, C/N = Relação Carbono/Nitrogênio. ....	82

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	18
Justificativa .....	20
Objetivo Geral .....	21
Objetivos Específicos .....	22
Organização dos capítulos da dissertação .....	22
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	23
1.1 Principais tipos de solo dos baixos platôs amazônicos .....	23
1.1.1 A laterização e os solos lateríticos .....	24
1.1.2 A podzolização e os Espodosolos (hidromórfico e bem drenado).....	26
1.1.3 A gleização e os Gleissolos .....	29
1.2 Floresta de Terra Firme e Campinaranas .....	31
1.3 Campinaranas e a matéria orgânica dos solos .....	33
1.3.1 Caracterização das Campinaranas .....	39
1.3.2 Classificação das Campinaranas.....	42
1.4 Gênese e evolução dos solos e da paisagem nos baixos platôs amazônicos .....	44
1.4.1 Sistemas de transformação solo laterítico - Espodosolo .....	45
1.4.2 Sistemas de transformação solo laterítico - Gleissolo .....	46
1.4.3 Formação de Gleissolos e Espodosolos associada à incisão da rede hidrográfica nos baixos platôs.....	47
2 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO .....	50
2.1 Localização.....	50
2.2 Caracterização geoambiental.....	51
2.2.1 Clima.....	52
2.2.2 Geologia .....	52
2.2.3 Geomorfologia.....	54
2.2.4 Pedologia.....	55
2.2.5 Vegetação.....	57
3 MATERIAIS E MÉTODOS .....	59
3.1 Área de estudo .....	59
3.2 Estudo dos solos em campo e coletas de amostras .....	60
3.3 Procedimentos de laboratório .....	60

3.3.1	Análise física: granulometria.....	60
3.3.2	Análises químicas: complexo sortivo, teor de matéria orgânica e nitrogênio....	61
3.3.3	Classificação da matéria orgânica – Relação C/N.....	62
3.4	Florística e Fitossociologia.....	62
3.4.1	Inventário florístico e coleta de amostras .....	63
3.5	Análises Estatísticas.....	63
3.5.1	Determinação dos Parâmetros Fitossociológicos .....	63
3.5.2	Índice para avaliar a diversidade florística.....	65
3.5.3	Análise de Similaridade florística.....	67
3.5.4	Análise de Componentes Principais (PCA) .....	67
4	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....	68
4.1	CAMPINARANAS AMAZÔNICAS: Relações vegetação-solo e fitossociologia das Campinaranas Amazônicas na bacia do alto Rio Negro.....	68
4.1.1	Caracterização florística.....	70
4.1.2	Fitossociologia e diversidade .....	76
4.1.3	Relação vegetação-solo.....	80
4.1.4	Interpretações e considerações sobre a relação vegetação-solos nas Campinaranas .....	86
4.2	OS SOLOS E GEOAMBIENTES DAS CAMPINARANAS AMAZÔNICAS: Relação genética entre os geoambientes e a evolução da paisagem em um transecto na bacia do alto Rio Negro, Amazônia. ....	88
4.2.1	Características gerais dos Geoambientes ao longo do transecto .....	90
4.2.2	Caracterização dos solos dos geoambientes.....	92
4.2.3	Interpretações genéticas e a evolução da paisagem.....	106
	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	113
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	116

## INTRODUÇÃO

A bacia Amazônica é a maior área de drenagem do mundo, com uma área total de cerca de 6,5 milhões de km<sup>2</sup>. Ela fornece aproximadamente 20% do total de água para o oceano, além de abrigar a maior floresta tropical do planeta (SORRENTINO et al., 2002). Com um número incalculável de espécies ainda não descritas, sendo, parte delas endêmicas em determinadas regiões da floresta, a Amazônia é considerada a região de maior biodiversidade do planeta. Contudo, apenas uma fração dessa biodiversidade é conhecida pela ciência.

Imagens de satélite e estudos já realizados na região, como documentos do Projeto RadamBrasil, mostram que a Amazônia é composta por um complexo e diversificado mosaico de fitofisionomias, que pode ser observado se analisarmos a floresta em um nível mais detalhado. Essa floresta, que cobre amplas superfícies dos baixos platôs e das vertentes abertas pela rede de drenagem, é associada a coberturas vegetais mais baixas, algumas vezes surpreendentemente abertas, onde os solos são expostos à erosão hídrica e eólica.

A floresta amazônica apresenta como predominante a densa Floresta de Terra Firme ou Floresta Tropical Ombrófila Densa (VELOSO et al., 1991), entretanto, o bioma amazônico pode ser classificado em diferentes tipos de vegetação. Segundo Pires (1973), a Floresta Amazônica é formada por diferentes unidades fitogeográficas, condicionadas por vários fatores fisiográficos, pedológicos e microclimáticos, os quais contribuíram para o surgimento de vários ecossistemas vegetacionais como Floresta de Terra Firme, Floresta de Várzea, Floresta de Igapó, Restingas Litorâneas, Mangues, Savanas, Campinaranas e Campinas. A partir de suas pesquisas, Ferreira (1999) propõe uma classificação da vegetação agrupada em sete categorias básicas: Florestas Estacionais Deciduais e Semideciduais, Florestas Ombrófilas Abertas, Florestas Ombrófilas Densas, formações pioneiras com influência fluvial e/ou marinha, Refúgios Montanos, Savanas amazônicas e Campinaranas.

Na região amazônica ocorre um tipo de vegetação sobre solo composto por areia branca, em diferentes posições geomorfológicas como interflúvios, terraços, paleocanais, vertentes, que é conhecida por diferentes termos, como Campinarana, Campina ou Caatinga amazônica (AB'SABER, 2002). Podem apresentar cobertura vegetal de baixo porte, fisionomia escleromórfica e rara composição florística (ANDERSON, 1981). Esse tipo de vegetação contrasta intensamente com a cobertura dominante de Floresta de Terra Firme.

A ocorrência das Campinaranas na Amazônia está fortemente ligada à distribuição dos solos arenosos (VICENTINI, 2004). Para Prance e Lovejoy (1985), a variação fisionômica estrutural das formações sobre areia branca está diretamente correlacionada com a variação sazonal na altura do lençol freático e conseqüentemente, com o período anual alagado.

Klinge (1965), em estudo na região de Manaus, constatou que as areias brancas eram na verdade os horizontes superiores de solos do tipo Podzol (Espodosolo). Esses solos ocupam cerca de 190.000 km<sup>2</sup> da Amazônia brasileira (BUENO, 2009), sendo encontrados em grandes extensões sobre os baixos platôs na região de São Gabriel da Cachoeira, no estado do Amazonas. De acordo com Bueno (2009), nessa região do alto Rio Negro, eles ocupam vastos peneplanos alagados onde os solos lateríticos aparecem apenas como colinas residuais ou faixas relictuais nas bordas dos platôs. Nessa região, ao contrário do médio e baixo Rio Negro, onde os Espodosolos encontram-se restritos aos centros dos interflúvios tabulares, esses solos estão diretamente conectados aos eixos de drenagem.

Os Espodosolos tropicais são solos caracterizados pela presença de horizontes arenosos espessos (horizontes A e E) recobrimdo horizontes mais argilosos (horizontes espódicos Bh, Bs e horizonte de alteração). São caracterizados ainda por apresentarem perfis com forte diferenciação vertical, diagnosticados pela presença de um horizonte espódico, onde se acumulam matéria orgânica e compostos organo-metálicos ou inorgânicos de Fe e Al (LUNDSTROM et al., 2000). A matéria orgânica produzida nos horizontes superficiais é transferida em profundidade através dos horizontes arenosos por meio das águas de percolação. Como consequência, o material orgânico é acumulado na transição entre horizontes arenosos e argilosos, formando horizontes profundos ricos em matéria orgânica (horizonte Bh) (MONTES et al. 2011).

A matéria orgânica acumulada no solo constitui o maior reservatório de Carbono terrestre, compreendendo cerca de duas vezes a quantidade de Carbono na atmosfera e na biomassa vegetal (BRUCE et al., 1999; SWIFT, 2001). De acordo com um estudo realizado pelo IBGE (2011), o maior estoque de Carbono da região da Amazônia Legal, que corresponde a aproximadamente 59% do território brasileiro, está no solo e não na vegetação ou disponível na atmosfera. Só no primeiro metro de profundidade, o solo retém cerca de duas vezes o estoque encontrado na atmosfera. Entretanto, a grande maioria dos estudos de caracterização e quantificação do Carbono nos solos se restringe a esse primeiro metro de solo, o que deixa de considerar a maior parte do Carbono armazenado nos Espodosolos amazônicos, em que a matéria orgânica se acumula principalmente abaixo dessa

profundidade. Assim, é de se esperar que o papel dos solos amazônicos como reservatórios de Carbono seja ainda subestimado.

Trabalhos realizados por parte da equipe envolvida no atual projeto de pesquisa, identificaram, em profundidade, horizontes Bh espessos em Espodosolos hidromórficos típicos, localizados na bacia do alto Rio Negro (MONTES et al. 2011 ).

O estoque de Carbono em áreas sob a floresta é constituído essencialmente pela biomassa viva e pela matéria orgânica dos solos. Na região amazônica, a serrapilheira constitui a principal via de retorno de nutriente ao solo e é considerada importante reservatório de Carbono (SILVA, 1982). A quantidade e a qualidade da serrapilheira produzida têm importante função no processo de decomposição e do ciclo de nutrientes. O estudo sobre produção e decomposição de serrapilheira é importante para se entender o funcionamento e a dinâmica dos ecossistemas florestais. A manutenção deste ecossistema na região tropical é muito dependente da ciclagem de nutrientes presentes na matéria orgânica, pois a maioria dos solos é altamente intemperizada e lixiviada, e o estoque de nutrientes é relativamente baixo (NOVAIS; BARROS, 1997).

Outro processo que contribui para a manutenção do Carbono orgânico é ciclagem de raízes e rizodeposição. Segundo Fearnside (2003), as raízes profundas das árvores na floresta natural são uma fonte de entrada de Carbono para as camadas mais profundas do solo e podendo ser esperado que a substituição da floresta por outros tipos de vegetação de raízes pouco profundas mude o equilíbrio entre a entrada deste elemento e a oxidação na camada de solo profundo.

É importante ressaltar que outros pesquisadores têm trabalhado nessa mesma área de estudo, compondo um grande grupo de pesquisa e parcerias entre pesquisadores da PUC-MINAS, UNESP Rio Claro, USP-ESALQ Piracicaba.

### **Justificativa**

A maior parte do conhecimento e dos estudos previamente realizados sobre os meios naturais do Brasil concentraram-se nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste do país devido à alta densidade populacional destas regiões e à intensidade das atividades econômicas. Já o conhecimento dos meios amazônicos é ainda esparso e pouco detalhado. Na Amazônia brasileira ainda são poucos os estudos das diferentes fisionomias vegetais. Em geral, os

estudos desenvolvidos são quase sempre direcionados para os sistemas florestais de alta biomassa, por receberem maior atenção da mídia e devido às elevadas taxas de desmatamento desses sistemas por toda a região (INPE, 2002). Apesar de esta região abrigar a maior extensão de Floresta Tropical do planeta, suas relações/interações ambientais continuam pouco conhecidas.

O primeiro inventário sistemático dos recursos naturais desta imensa região de florestas, quase sempre de difícil acesso, foi realizado nos anos de 1970 pelo governo brasileiro no âmbito do Projeto RadamBrasil. Desde então, há publicações de trabalhos pontuais e bastante específicos de algumas áreas do conhecimento, entretanto, são poucos trabalhos que visem compreender as relações entre os aspectos do meio natural na escala da paisagem Amazônica.

Mesmo ocupando grandes extensões da bacia do alto Rio Negro, os Espodossolos vêm sendo estudados apenas recentemente e de forma pontual. Esses solos possuem grande importância ambiental: apresentam horizontes de areia branca, às vezes com alguns metros de espessura, que constituem materiais especialmente vulneráveis à erosão caso a vegetação seja retirada, além da relevante capacidade de armazenamento de Carbono, o equivalente a duas vezes mais do que a quantidade de Carbono disponível na atmosfera (CARVALHO et al., 2010). São solos que sustentam uma cobertura vegetal e uma fauna especiais, entretanto, também pouco estudada.

É importante ressaltar que sobre os baixos platôs da bacia do Rio Negro coexistem três tipos principais de solos: os solos lateríticos (Latosolos, Argissolos), os Gleissolos e os Espodossolos. Estes encontram-se relacionados a diferentes tipos de coberturas vegetais, dentre elas a Floresta de Terra Firme e as Campinaranas, o que constituem verdadeiros ecossistemas distintos.

Tem-se registros de trabalhos desenvolvidos de forma detalhada nesses ecossistemas, entretanto, as relações genéticas e cronológicas entre os mesmos, e, sobretudo entre seus tipos de cobertura vegetal, em nível local, na escala da paisagem, são ainda muito pouco compreendidas. Com isso, o presente trabalho justifica-se como contribuição científica para o entendimento dessas relações que ainda são pouco conhecidas.

## **Objetivo Geral**

Este trabalho apresenta como objetivo geral caracterizar as unidades vegetacionais do tipo Campinarana e compreender suas relações com o substrato pedológico, visando estabelecer relações genéticas na escala da paisagem, em uma área de Espodosolos da bacia do alto Rio Negro.

### **Objetivos Específicos**

- Realizar o estudo florístico e fitossociológico da vegetação em um transecto da área de estudo, a fim de verificar se há homogeneidade na composição de espécies de Campinaranas em diferentes geoambientes;
- Identificar e caracterizar os tipos de solos encontrados ao longo desse transecto;
- Avaliar a relação planta-solo das Campinaranas amazônicas considerando propriedades físicas e químicas dos solos presentes no sítio de estudo, aspectos da geomorfologia e a profundidade do lençol freático;
- Discutir a gênese da paisagem na área de estudos com foco especial nos tipos de vegetação e nos solos a elas associados.

### **Organização dos capítulos da dissertação**

A presente dissertação está organizada em quatro capítulos. No primeiro capítulo é apresentada uma Fundamentação Teórica sobre os tipos de solos predominantes na bacia do Rio Negro, sobre sua pedogênese e seus processos de transformação; sobre as Campinaranas Amazônicas, suas caracterizações e classificações sob a ótica de diferentes autores; e, por fim, uma revisão sobre a gênese e a evolução da paisagem da região. No segundo capítulo é apresentada uma caracterização geral da área de estudo, com localização, caracterização da vegetação, solos, clima, geomorfologia e geologia. No terceiro capítulo, Materiais e Métodos, são descritos cada um dos procedimentos, técnicas e as análises utilizadas no trabalho, tanto para o levantamento botânico, quanto para o levantamento pedológico. O quarto capítulo, chamado de Apresentação dos resultados, é dividido em dois grandes temas: as Campinaranas e as relações solo-vegetação e o outro tem ênfase nos solos e evolução da paisagem. Ao final são apresentadas as Considerações Finais.

## **1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

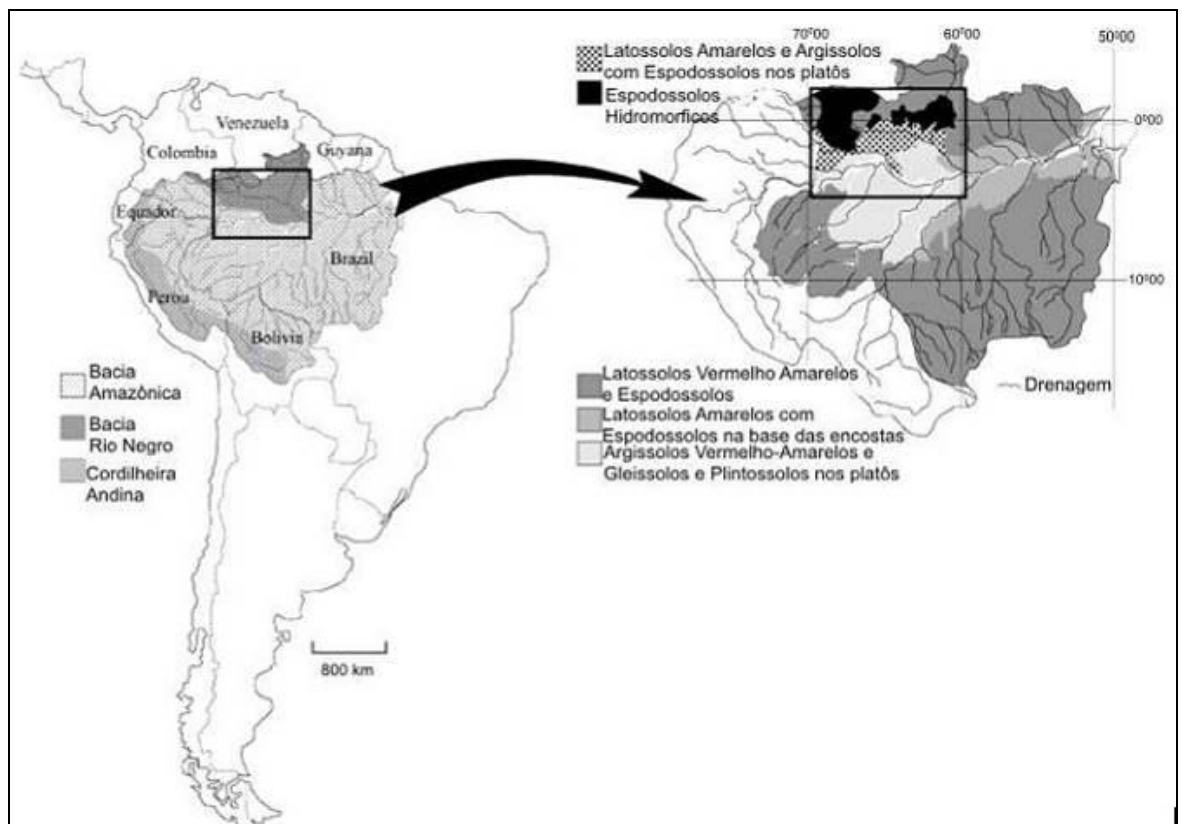
Nesse capítulo buscou-se fazer um levantamento teórico acerca dos temas tratados no trabalho. A fundamentação teórica trata sobre solos lateríticos, Espodosolos e Gleissolos, Campinaranas, Floresta de Terra Firme, matéria orgânica do solo e serrapilheira do solo, além dos processos de evolução e transformação por laterização, podzolização e gleização nos solos paisagem.

### **1.1 Principais tipos de solo dos baixos platôs amazônicos**

O Projeto RadamBrasil realizou os primeiros estudos exploratórios sobre a distribuição dos solos na Amazônia entre os anos de 1972 e 1978. A partir de levantamentos e mapeamento, foram desenvolvidos e disponibilizados mapas pedológicos na escala de 1:1.000.000. Posteriormente, com acesso ao material cartográfico e avanço da tecnologia, foram desenvolvidos outros trabalhos sobre a origem, a formação e o estado de transformação dos solos e a formação e o processo natural de transformação dos solos lateríticos pela gleização e podzolização na região da Amazônia (ERTEL et al., 1986; LUCAS et al., 1984; BRAVARD e RIGHI, 1989, 1990; DUBROEUCQ; VOLKOFF, 1998; DUBROEUCQ et al., 1999; BUENO, 2001, 2009; NASCIMENTO et al., 2004, 2008; FRITSCH et al., 2007, 2009; ROSOLEN et al., 2007; DINIZ, 2011; ROSSIN, 2013).

Os solos lateríticos, em especial os Latossolos, juntamente com os Espodosolos e os solos hidromórficos, são principais formações pedológicas da bacia do Rio Negro (Mapa 1).

**Mapa 1 - ocorrência das principais classes de solos. Destaque para o domínio dos Espodosolos (Podzóis) na bacia amazônica**



Fonte: Bueno, 2009.

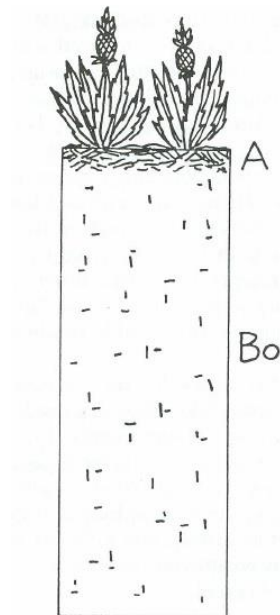
Nos solos da Amazônia ocorrem diferentes processos de pedogênese e transformação dos solos. Os mais comuns, a Laterização, a Gleização e a Podzolização.

### 1.1.1 A laterização e os solos lateríticos

Os solos lateríticos são formados a partir de um processo de alteração presente nas regiões intertropicais do globo chamado Laterização e ocorre, principalmente, em ambientes de drenagem aberta (FANNING e FANNING, 1989). Esse processo é responsável pela acumulação residual de Alumínio (Al) e Ferro (Fe) menos móvel em minerais secundários predominantemente, caulinita, óxidos de ferro e alumínio (principalmente gibsitita, hematita e goetita) (TARDY, 1993), onde há perda de parte do silício (Si) e de praticamente todos os cátions básicos (Cálcio (Ca), Potássio (K), Magnésio (Mg) e Sódio (Na)), e acumulação também de todos os elementos menos móveis, como Titânio (Ti), Tório (Th), Zircônio (Zr), além do Al e do Fe.

O Latossolo é um principal produto do processo de laterização. Esse solo caracteriza-se pela predominância de minerais de argila e óxidos de ferro, alto grau de flocculação, boa permeabilidade, baixos teores de silte e baixa capacidade de troca catiônica (KER, 1997). Apresentam microestrutura muito estável e macroestrutura instável (apresenta-se frágil e pouco desenvolvida) (BALBINO et al., 2002). De acordo com os critérios estabelecidos pelo SiBCS (EMBRAPA, 2006) como sendo solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo (Figura 1).

**Figura 1 - Perfil do Oxisol (Latossolo).**



**Fanning & Fanning (1990)**

A presença de solos lateríticos é comum nas regiões tropicais, sobretudo naquelas de regimes úmidos. Na bacia do alto Rio Negro, os Latossolos aparecem frequentemente associados aos Espodosolos ou Gleissolos, numa sequência que vai da borda dos platôs à depressões interfluviais ocupadas por esses dois últimos tipos de solos. Sobre os baixos platôs, ocupam as áreas mais dissecadas, sobretudo as bordas, em relevo de colinas (BUENO, 2009).

Entretanto, há também na Amazônia solos lateríticos amarelados, empalidecidos e empobrecidos em partículas finas. Eles resultam do processo de degradação dos horizontes superiores do solo, associada à formação de goethita rica em Al e que está relacionada à dissolução preferencial da caolinita nestes horizontes (FRITSCH et al., 2002). É o principal responsável pela degradação e perda das argilas, quebrando a estrutura microagregada dos

Latossolos (FRITSCH et al., 2005) e por uma dinâmica, que segundo BUENO (2009), inicia-se com a dissolução de óxidos de Fe e Al e avança com a produção de hidróxidos de Al (gibbsite).

Com a perda dos elementos mais finos, há um desenvolvimento da porosidade grosseira no solo, principalmente da base para o topo do perfil (BUENO, 2009). Em regiões tropicais úmidas estas perdas foram atribuídas à hidratação mais elevada dos solos e a mecanismos de auto desenvolvimento e envelhecimento das lateritas (FRITSCH et al. 2005).

Segundo Bueno et al. (2009), este processo está relacionado a um amarelecimento dos solos, num estágio de transformação da cobertura pedológica. Esse processo de amarelecimento do solo leva à formação da goethita aluminosa, caracterizada por uma substituição mais forte de alumínio, anterior à formação da gibbsite (atividade da água e do alumínio é maior que a da sílica) e, portanto, marcam o início da mobilidade do alumínio no perfil de alteração e início da formação de Acrissolos, denominados por Lucas et al. (1988) de solos intermediários ferralíticos lessivados e por Nascimento et al. (2004) de Latossolos ou lateritas móveis que sofreram um processo inicial de empobrecimento em materiais finos e, então, aumento relativo da textura arenosa. Enquanto os Latossolos, mais argilosos e avermelhados, ocupam as colinas das bordas mais dissecadas dos platôs, esses solos mais amarelos e mais pobres em argila podem existir nos topos planos dos platôs (BUENO, 2009) e também ao longo de vertentes, nos segmentos que separam os Espodossolos, de jusante, dos Latossolos argilosos, de montante (LUCAS et al., 1988).

Devido às fortes condições de intemperismo presentes na região (alta umidade), esses solos apresentam, nas partes menos dissecadas dos platôs, processos de empobrecimento e regressão em função do avanço dos solos podzolizados (BRAVARD e RIGHI, 1990; DUBROEUCQ E VOLKOFF, 1998; DUBROEUCQ et al., 1999; BUENO, 2001, 2009; NASCIMENTO et al., 2004, 2008; FRITSCH et al, 2007, 2009; ROSSIN, 2013).

### **1.1.2 A podzolização e os Espodossolos (hidromórfico e bem drenado)**

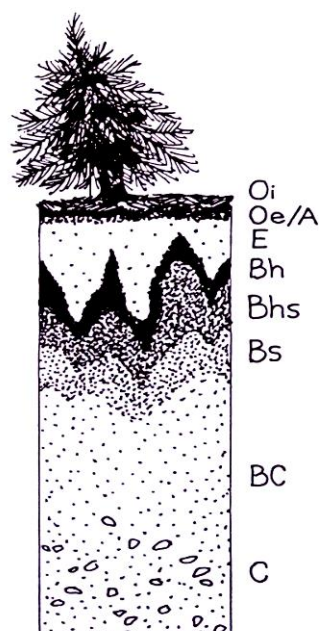
A presença materiais de origem arenosos, aliada às características climáticas equatoriais são condições favoráveis à podzolização dos solos (MENDONÇA, 2011). Durante a podzolização, a matéria orgânica está envolvida em estágios de mobilização, transporte e precipitação (BUURMAN; JONGMANS, 2005). Os ácidos orgânicos formados pela decomposição da matéria orgânica acumulada na superfície do solo reduzem o pH em meio

ácido, iniciando a acidólise. A ação desses ácidos altera os constituintes primários e secundários dos solos, solubilizando Fe e Al por complexação e mobilizando-os (LUNDSTRÖM et al., 2000). Seus produtos são, portanto, eluviados e precipitados no horizonte Bh em fases rarefeitas cristalina e inorganicamente do Fe, Al e Si.

O mecanismo de ácido-complexólise, importante nesse processo, ocorre em ambientes ácidos (pH entre 3 e 5) e sob a ação complexante dos ácidos orgânicos, o que favorece a mobilização de Fe, Al e matéria orgânica (LUNDSTRÖM et al., 2000). A matéria orgânica possui participação ativa na gênese dos Espodossolos, apresentando influência fundamental no processo de transformação desses solos (BUURMAN; JONGMANS, 2005).

Os Espodossolos (ou Podzóis) são formados a partir desse processo conhecido como podzolização, que consiste na translocação de compostos de Al com ou sem Fe em presença de húmus ácido e consequente acumulação desses constituintes amorfos ou de baixa cristalinidade em subsuperfície, no horizonte espódico (LUNDSTRÖM et al., 2000; SCHAETZL; ANDERSON, 2005). São solos que apresentam horizontes arenosos sobre níveis pouco permeáveis, enriquecidos em matéria orgânica e em metais (NASCIMENTO et al., 2004). Os Espodossolos são definidos pela presença de horizonte diagnóstico B espódico em sequência a horizonte E (álbico ou não) ou horizonte A, segundo critérios estabelecidos pelo SiBCS (EMBRAPA, 2006) (Figura 2).

**Figura 2 - Perfil de Espodossolo.**



**Fanning & Fanning (1990)**

Ainda de acordo com critérios estabelecidos pela SiBCS (EMBRAPA, 2006), os Espodosolos são solos, em geral, moderada a fortemente ácidos, normalmente com saturação por bases baixa (distróficos), podendo ocorrer altos teores de alumínio extraível. A textura é predominantemente arenosa, sendo menos comumente textura média e raramente argilosa (tendente para média ou siltosa) no horizonte B espódico. Variam de pouco profundos até muito profundos.

Os Espodosolos geralmente apresentam acidez elevada, baixa fertilidade química, e matéria orgânica do tipo Mor (LUNDSTRÖM, et al., 2000, QUESADA et al., 2011). Grande parte dessa matéria orgânica tem baixa atividade biológica e mineralização menos intensa, o que reflete na acumulação de matéria orgânica pouco transformada, enquanto o meio pobre em argila impede a formação de agregados argilo-húmicos (BREEMEN; BUURMAN, 2002). A drenagem é muito variável, com estreita relação entre profundidade, grau de desenvolvimento, endurecimento ou cimentação do horizonte diagnóstico (B espódico) e a drenagem do solo (EMBRAPA, 2006).

Nos Espodosolos hidromórficos, os horizontes apresentam cores menos fortes e são dominados pela presença significativa de compostos orgânicos de cor marrom escuro. O acúmulo de água superficial favorece o desenvolvimento de condições de redução, e, assim, a uma maior mobilidade de ferro nessas formações. Os horizontes espódicos são quase sempre do tipo Bh ou Bhs. Nos Espodosolos bem drenados, os contrastes de cor entre os horizontes são mais fortes. Há maior mineralização de compostos orgânicos, o que limita sua acumulação nos horizontes espódicos, mais profundos. Com o estabelecimento de melhores condições de drenagem, o que ocorre em determinadas épocas do ano, o ambiente torna-se propício para a precipitação de Fe, que dá coloração vermelho-acastanhada a vermelho brilhante para os horizontes espódicos desses solos (Bs) (BUENO, 2009).

Os Espodosolos aparecem bem distribuídos na superfície terrestre, sendo encontrados nas zonas boreais, temperadas e tropicais. Na região Amazônica, os Espodosolos são encontrados sobre os baixos platôs e podem estar ou não ligados à rede de drenagem principal (BUENO, 2001). No alto Rio Negro esses solos podem ocupar toda a superfície dos platôs limitando-se, às vezes, com uma franja de solos lateríticos residuais que ocupam a borda mais dissecada dos platôs ao longo dos cursos d'água mais importantes, passando por processos de gênese e transformação. Estudos vêm demonstrando que nessa região o processo de podzolização através de frentes de alteração é responsável por transformar solos lateríticos fortemente alterados em Espodosolos (DUBROEUCQ et al., 1999; ROSSIN, 2013; BUENO, 2009).

### **1.1.2.1 Criptopdzol**

O Criptopodzol é um tipo de solo que tem grande teor de matéria orgânica acumulada, sobretudo na sua superfície que se apresenta muito escura devido ao acúmulo desse material. Tem um horizonte álbico difuso ou inexistente alocado sobre os horizontes espódicos. É válido ressaltar que nesse solo, o horizonte espódico e o nível freático por ele sustentado estão sempre próximos da superfície, ou mesmo aflorando (ROSSIN, 2013). A morfologia desse solo revela uma Podzolização incipiente, o que autoriza a denominar tais solos como Criptopodzóis (DUCHAUFOR, 1972). Michelin (2011) encontrou um solo em que a matéria orgânica impregnada nos horizontes inferiores do solo é diferente daquela depositada diretamente na superfície originando o Bhs.

Na região amazônica, especificamente na região do médio/baixo Rio Negro, o Criptopodzol divide com os Gleissolos as partes centrais dos interflúvios dos baixos platôs, ocupando zonas alagadas e ligeiramente deprimidas, geralmente, nas bases das encostas.

### **1.1.3 *A gleização e os Gleissolos***

A gleização é o processo de formação dos Gleissolos. Este processo ocorre em ambientes sob fortes condições de redução, o que significa saturação de água por algum período do ano ou durante o ano todo (FANNING; FANNING, 1989; QUESADA et al., 2011). A água de saturação permanece estagnada internamente ou a saturação se dá por fluxo lateral no solo. Em qualquer circunstância, a água do solo pode se elevar por ascensão capilar atingindo sua superfície (EMBRAPA, 2006; SANTOS, 2007). Quando ocorre a saturação de água no solo, formam-se condições propícias à gênese dos solos hidromórficos – Gleissolos e ao desenvolvimento dos processos óxido– redutores. Os solos hidromórficos têm teores de argila relativamente elevados e a acumulação de água irá comandar a alteração do ciclo do Carbono e desenvolve condições redutoras propícias à mobilidade de alguns elementos, em particular do ferro (DINIZ, 2011).

A saturação prolongada de água nesses ambientes é responsável pela ausência de oxigênio e pela presença de microrganismos anaeróbicos, que induzem a redução de  $Fe^{3+}$  (formador da goethita, hematita, ferridrita e lepidocrocita) para  $Fe^{2+}$  em partes do solo. O  $Fe^{2+}$  é então solubilizado favorecendo sua mobilidade no perfil. A redução pode ser seguida pela oxidação de  $Fe^{2+}$  para  $Fe^{3+}$  e precipitação na forma de óxidos de ferro no perfil (FANNING;

FANNING, 1989; QUESADA et al., 2011). O processo de redução na Gleização provoca o empalidecimento, coloração gley (baixo croma), nas partes do perfil onde ocorre saturação pela água e conseqüente perda de Fe. Contudo, apresenta coloração mais forte (aumento do chroma) nos horizontes onde há acumulação dos óxidos pela nova oxidação (FANNING; FANNING, 1989). Isso implica na manifestação de cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, devido a compostos ferrosos resultantes da escassez de oxigênio causada pelo encharcamento (SANTOS, 2007).

Segundo critérios estabelecidos pelo SiBCS (EMBRAPA, 2006), os Gleissolos encontram-se permanente ou periodicamente saturados por água, salvo se artificialmente drenados. A água permanece estagnada internamente ou a saturação é por fluxo lateral no solo. Caracterizam-se pela forte gleização, em decorrência do regime de umidade redutor, virtualmente livre de oxigênio dissolvido, em razão da saturação por água durante todo o ano, ou pelo menos por um longo período, associado à demanda de oxigênio pela atividade biológica (SANTOS, 2007).

São definidos ainda pelo SiBCS (Embrapa, 2006) como solos hidromórficos, constituídos por material mineral que apresentam horizonte gley e que pode ser um horizonte subsuperficial (C, B ou E) ou superficial A. O horizonte superficial apresenta cores desde cinzentas até pretas, espessura normalmente entre 10 e 50 cm e teores médios a altos de carbono orgânico.

Na bacia hidrográfica do alto Rio Negro esses solos são encontrados em três situações: 1) nas planícies fluviais (várzeas), ao longo dos eixos de drenagem, 2) em extensas depressões interfluviais, na superfície do baixo platô (FRITSCH et al., 2007); 3) localmente, nas partes intermediárias e baixas de vertentes das incisões de drenagem e nas bordas dos platôs da bacia do alto Rio Negro (BUENO et al., 2007; ROSSIN, 2013). No primeiro caso a formação ocorre pela pedogênese de material aluvial predominantemente argiloso e sujeito a inundação. No segundo caso a pedogênese se faz sobre os sedimentos recentes e inconsolidados da Formação Içá nos interflúvios tabulares, onde condições hidromórficas que remetem ao período da deposição ainda persistem (CAMPBELL et al., 2006). Enquanto no terceiro caso, seu desenvolvimento se dá após a exposição do saprolito branco, silto argiloso, de Espodosolos que ocupavam as bordas dos platôs e que foram truncados pela abertura dos vales de canais que dissecaram o platô: nas vertentes desses esses vales aflora o lençol suspenso que existe sobre os horizontes espódicos dos Espodosolos (Bh e Bs, também truncados) promovendo mais abaixo ao longo da vertente, a saturação do material saprolítico

exposto, que assume características hidromórficas (BUENO et al., 2007; BUENO, 2009; ROSSIN, 2013).

## 1.2 Floresta de Terra Firme e Campinaranas

Na Amazônia, a Floresta de Terra Firme é muitas vezes interrompida por um tipo de vegetação que se distribui como “ilhas”, contrastando com a exuberância daquela, pela diferença de porte, estrutura e fisionomia (LISBOA, 1975) (Figura 3, Figura 4, Biológica Nascente da Serra do Cachimbo. Figura 5). Essa vegetação contrastante, com características distintas, são as Campinaranas, também conhecidas como Caatingas Amazônicas (ANDERSON, 1981). O termo Campinarana é geralmente aplicado a um tipo de vegetação que se desenvolve sobre solos arenosos extremamente pobres (oligotróficos), na maioria dos casos hidromórficos e ricos em ácido húmico (PIRES, 1974). Esse complexo está encravado no domínio dos terraços terciários de terra firme, acima do nível das planícies alagáveis e nas depressões do relevo tabular (baixos platôs) onde se desenvolvem solos mal drenados (VELOSO et al., 1991).

A vegetação de Terra Firme é a vegetação predominante na Amazônia, ocupando aproximadamente 50% da região (PRANCE e DALY, 1989). Ocorre nas partes mais altas do relevo, em áreas não sujeitas à inundação durante as chuvas ou nas cheias periódicas dos rios. É classificada por Veloso et al (1991) como Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme. A Floresta de Terra Firme é um tipo de vegetação estruturalmente e florísticamente heterogênea. São caracterizadas pela alta diversidade florística de espécies arbóreas e plantas lenhosas (GENTRY, 1988a; MACHADO, 2010).

**Figura 3 - Transição Floresta de Terra Firme/Campinarana em São Gabriel da Cachoeira - AM.**



Fonte: Guilherme Bueno (arquivo pessoal, 2007).

Floristicamente, as Campinaranas são muito distintas da vegetação de Terra Firme (FERREIRA, 1999). O dossel dessa formação vegetal não apresenta uma cobertura uniforme, permitindo, assim, a entrada de luz nesse ambiente e, geralmente, as árvores são ornamentadas por variadas epífitas tais como briófitas, orquídeas e bromélias (Figura 4 e Biológica Nascente da Serra do Cachimbo. Figura 5).

**Figura 4 - Campinarana da Reserva Biológica Nascente da Serra do Cachimbo. Figura 5 - Campinarana do PARNA Viruá.**



Fonte: IRGANG, 2009



Fonte: MENDONÇA, 2011.

A chamada Campinarana Florestada e a Floresta de Terra Firme apresentam diferenças significativas no porte, composição e diversidade de espécies botânicas. Nas florestas de Terra Firme a diversidade florística é significativamente maior, seguida da Campinarana Florestada, Campinarana arborizada e Campinarana Gramíneo-lenhosa, respectivamente. A primeira formação também apresenta maior riqueza de espécies, gêneros e famílias de plantas vasculares (VALE, 2011). As demais apresentam maior similaridade quanto às espécies. A fisionomia da campina é bastante heterogênea e algumas espécies como as gramíneas e palmeiras se destacam (VICENTINI, 2004).

### 1.3 Campinaranas e a matéria orgânica dos solos

A incorporação de matéria orgânica ao solo melhora a sua estrutura física e biológica, proporcionando maior eficiência na capacidade das plantas em assimilar os nutrientes (FAVORETTO, 2007). A textura argilosa, por suas características, é importante, pois, protege a matéria orgânica do acesso dos micro-organismos decompositores, enquanto o clima, afeta as quantidades de Carbono orgânico dos solos pela sua interferência na decomposição e no *turnover* de Carbono (NASCIMENTO et al., 2010).

A matéria orgânica possui alta relevância para a qualidade e a produtividade do solo e apresenta-se como importante fonte de nutrientes para as plantas e seu desenvolvimento (GLATZELA, 2003; FAVORETTO, 2007). Apresenta também estreita relação com as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, tendo efeito na atividade microbiana e na estabilidade de agregados (BALESDENT et al., 2000) e influenciando fatores como pH, capacidade de troca iônica e melhoria de sua estrutura (ZECH et al., 1997).

- Serrapilheira

A floresta Amazônica em sua maior parte está sobre solos pobres, ácidos e de baixa fertilidade (HERRERA et al., 1978; PIRES; PRANCE, 1985), onde a maior contribuição para a formação das camadas húmicas (serrapilheira) é dada pelos detritos vegetais (folhas, flores, frutos, gravetos, galhos, etc.) que se depositam no solo, exercendo um papel importante na ciclagem dos nutrientes (Figura 6 e Figura 7). Esse processo é acelerado pelo sistema espesso de raízes de árvores na superfície e atividade biológica do solo e pelas temperaturas elevadas

constantes (LUIZÃO; SCHUBART, 1986; SCHOEREDER et al., 1990; LUIZÃO; LUIZÃO, 1991).

**Figura 6 - Serrapilheira espessa sobre Espodossolo hidromórfico.**



Fonte: Guilherme Taitson Bueno (arquivo pessoal), 2006.

**Figura 7 - Serrapilheira fina sobre Latossolo.**



Fonte: Guilherme Taitson Bueno (arquivo pessoal), 2006.

Na região Amazônica, a serrapilheira é um importante reservatório de Carbono e constitui a principal via de retorno de nutrientes ao solo (SILVA, 1982). A quantidade e a qualidade da serrapilheira produzida têm importante função no processo de decomposição e do ciclo de nutrientes. O estudo sobre produção e decomposição de serrapilheira é importante

para se entender o funcionamento e a dinâmica dos ecossistemas florestais (SILVA et al., 2011). A manutenção deste ecossistema na região tropical é muito dependente da ciclagem de nutrientes presentes na matéria orgânica, pois a maioria dos solos é altamente intemperizada e o estoque de nutrientes é relativamente baixo (NOVAIS; BARROS, 1997).

- Caracterização da Matéria Orgânica

A cobertura vegetal, principal responsável pela deposição de materiais, age somada às condições ambientais, como fatores determinantes da quantidade e qualidade do material depositado no solo. A matéria orgânica é constituída de uma mistura de resíduos orgânicos (animais e vegetais) de diversas naturezas e em diferentes estágios de decomposição, resultantes de degradação química, biológica e da atividade sintética dos microrganismos (STEVENSON, 1994; CAMARGO et al., 1999). Geralmente, a matéria orgânica do solo é encontrada em pequena quantidade na vasta maioria dos solos, mas é, fundamental para estrutura, bom funcionamento e sustentabilidade do ecossistema.

O acúmulo de matéria orgânica em um solo tropical úmido, pode ocorrer em decorrência, i) da acidez do solo promovida por ácidos húmicos, ii) do acúmulo de compostos tóxicos e qualidade nutricional baixa da serrapilheira, iii) da taxa baixa de decomposição, e iv) da remoção de nutrientes proteicos por complexos fenólicos originados nos compostos secundários produzidos pelas plantas, especialmente fenóis e taninos, conforme Janzen (1974). Quando incorporada ao solo, a matéria orgânica melhora a estrutura física e biológica, resultando em melhora significativa da capacidade das plantas assimilarem os nutrientes. Também beneficia o meio pela capacidade de adsorver traços de elementos poluentes com Pb, Cd e Cu, reduzindo a chance de contaminação da água de superfície e subterrânea (PRIMAVESI, 1987).

Em seus estudos, Favoretto (2007) caracterizou a matéria orgânica do solo como um conjunto de substâncias altamente heterogêneas que inclui numerosos compostos de Carbono, variando a composição de açúcares, proteínas e outros constituintes biológicos, ácidos orgânicos de baixas massas moleculares, como os ácidos acético e oxálico, quase todos facilmente mineralizáveis, até o conjunto complexo de produtos recalcitrantes resultantes de transformações químicas e microbianas da matéria orgânica do solo, as substâncias húmicas.

Na caracterização da matéria orgânica presente nos Espodosolos feita por Bardy et al. (2008), observou-se o predomínio de unidades alifáticas nos horizontes A e AE, o que está

associado à abundância de restos de plantas remanescentes nestes horizontes. Substâncias de húmus fino com domínio de grupos ricos em oxigênio, especialmente ácidos carboxílicos que possuem grande capacidade de complexação de metais, foram encontradas impregnando os horizontes Bhs dos Espodosolos fracamente desenvolvidos e, em maiores profundidades, no horizonte 2BCs dos Espodosolos bem desenvolvidos.

De acordo com Silva et al. (2004), os principais constituintes da matéria orgânica são: Carbono (52 – 58%), oxigênio (30 – 34%) e hidrogênio (3,3 – 4,8%) e nitrogênio (3,7 – 4,25%). Os componentes minerais do solo constituem a principal fonte de nutrientes, sendo a sua liberação relacionada com a decomposição e a mineralização, a qual afeta as diferentes fontes de matéria orgânica do solo, como fontes primárias acima e abaixo do solo, as secundárias, os compostos húmicos e também a matéria orgânica dissolvida. A velocidade de mineralização e a quantidade de nutrientes liberadas diferem grandemente entre as frações de matéria orgânica do solo (ZECH et al., 1997).

- Matéria Orgânica tipos Mull e Mor

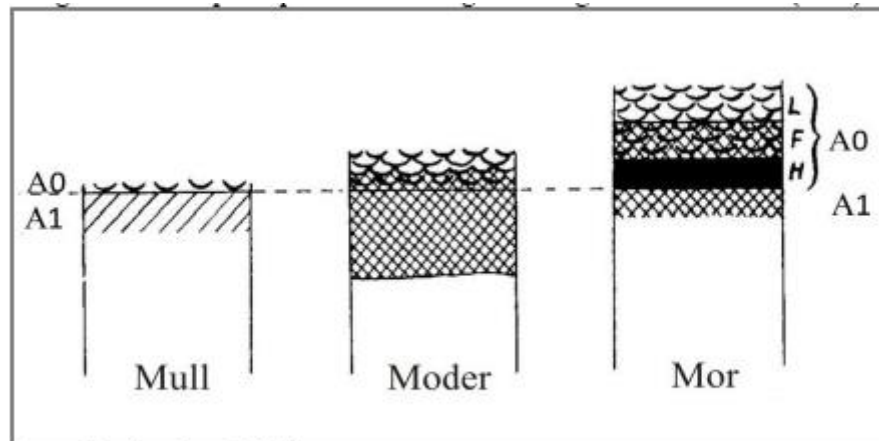
Duchaufour (1965) afirma que a vegetação é responsável, entre outras coisas, pelo fornecimento da matéria orgânica bruta, que em longo prazo determina a massa e a qualidade do húmus. Essa matéria orgânica, assim como a argila, funciona como cimento na agregação das partículas individuais em partículas compostas ou agregadas (PEREIRA e RUEDA, 1992). O complexo argilo-húmico é importante na composição estrutural do solo e ainda de acordo com Duchaufour (1965), a quantidade e a natureza da matéria orgânica presentes no solo geralmente determinam suas características.

A composição do húmus varia de amostra para amostra, mas pode-se dizer que, em média, ele é formado de 20-40% de ácidos fúlvicos, 28-60% de ácidos húmicos e 20-32% de humina (LUCHESE, et. al., 2001; AQUINO, 2013). Os ácidos húmicos são substâncias solúveis em solução alcalina e insolúveis em meio ácido diluído. Os ácidos fúlvicos são substâncias solúveis em solução ácida ou alcalina, que apresentam uma taxa de carbono relativamente fraca e oxigênio abundante (STEVENSON, 1994). A humina é uma fração das substâncias húmicas insolúvel em meio ácido e em meio alcalino. Segundo Luchese et al. (2001) a humina está fortemente unida aos argilominerais.

Em 1960, Duchaufour classificou os húmus e horizontes orgânicos dos solos, a partir dos tipos de húmus presentes e dos diferentes estágios de decomposição do material

orgânico, para ecossistemas temperados na Europa, sendo essa mesma classificação utilizada para os ecossistemas tropicais (ROSSIN, 2013), como se pode observar na Figura 8, abaixo:

**Figura 8 - Húmus orgânico segundo classificação de Duchaufour (1960).**



Fonte: Duchaufour (1960).

Húmus tipo Mull: é um tipo de húmus considerado leve e tem sua gênese sobre boas condições de temperatura e umidade, solos ricos em cálcio, mas não calcário. Com decomposição rápida dos detritos, a serrapilheira formada é fina. Apresenta uma estrutura da matéria orgânica característica, formada de uma mistura íntima de argila e elementos húmicos parcialmente saturado com cálcio (ácidos húmicos  $H^+Ca^{++}$ ). O pH de formação é de 5 a 6,5 e a relação C/N encontrada é inferior a 20 (DUCHAUFOR, 1960 apud ROSSIN, 2013).

Húmus tipo Moder: A serrapilheira presente se decompõe um pouco mais lenta que o Mull, dando origem a um horizonte  $A_0$  de apenas 2 a 3 cm. O limite entre  $A_0$  e  $A_1$  é geralmente impreciso, o horizonte  $A_1$  geralmente é espesso (10 cm), de coloração preta ou cinza. Ocorrem em ambientes com pH inferior a 5 e a relação C/N encontrada em  $A_1$  varia entre 15 e 25 (DUCHAUFOR, 1960 apud ROSSIN, 2013).

Húmus tipo Mor: é considerado um húmus grosseiro, por ter decomposição lenta. O horizonte  $A_0$  formado é espesso e composto por elementos brutos (não decompostos) e intermediários, ocasionando em uma subdivisão desta em três outras camadas: camada L, formada por produtos ainda sem decomposição; camada F, de fermentação, e camada H, de humificação compreendida por complexos húmicos em mistura com produtos intermediários. O horizonte  $A_1$  é fino com a presença de produtos intermediários e compostos húmicos muito

ácidos. O pH de formação encontra-se na faixa inferior a 5 (na maioria das vezes na ordem de 4 a 4.5) e relação C/N superior a 20 em A<sub>1</sub> (DUCHAUFOR, 1960; ROSSIN, 2013).

- Processo de Mineralização e Humificação

Os componentes minerais do solo constituem a principal fonte de nutrientes, sendo a sua liberação relacionada com a decomposição e a mineralização, a qual afeta as diferentes fontes de matéria orgânica do solo, como as fontes primárias acima e abaixo do solo, as secundárias, os compostos húmicos e também a matéria orgânica dissolvida (FAVORETTO, 2007). À medida que o solo caminha para sua maturidade genética, a quantidade de matéria orgânica mineralizada aumenta e tende a equilibrar a quantidade de húmus que se forma. Nessa ocasião os dois processos, mineralização e humificação, atingem a mesma intensidade, em que o húmus tem por características constituir-se em cerca de 50 a 80% do total da matéria orgânica (ROSSIN, 2013).

A mineralização é o processo de transformação do material orgânico (elementos como C, N, S, P) ligados organicamente em substâncias orgânicas (como os ácidos orgânicos e húmus) ou mineralizadas - como nitratos, fosfatos, sulfatos, formas amoniacais, CO<sub>2</sub> (gás carbônico), H<sub>2</sub>O (água) para a forma mineral de compostos inorgânicos (CO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) (FAVORETTO, 2007). O desenvolvimento deste processo é mais comum nas regiões tropicais e está ligado às condições de umidade, temperatura, aos microrganismos e às características mineralógicas do solo.

A velocidade de mineralização e a quantidade de nutrientes liberados diferem grandemente entre estas frações de matéria orgânica do solo (ZECH et al., 1997). Esse processo é essencial para a fertilidade e nutrição vegetal. As zonas bem drenadas propiciam uma mineralização mais intensa das matérias orgânicas e um *turnover* de C mais rápido, enquanto nas zonas mal drenadas a mineralização e o *turnover* são mais lentos (NASCIMENTO; FRITSCH, 2008).

A humificação é a transformação de substâncias macromorfológicas identificáveis, em substâncias húmicas amorfas (ZECH et al., 1997). As substâncias húmicas originam-se a partir da celulose, lignina, proteínas, lipídios e de outras substâncias pela degradação química e biológica ou da ressíntese, em um grupo amorfo de substâncias de coloração castanho-escura, com estruturas químicas complexas de maior estabilidade do que os materiais que as originaram, bem como estrutura e natureza particular (STEVENSON, 1994).

É importante ressaltar que a velocidade dos processos de mineralização e humificação é variada, podendo ser influenciados pelo clima e fatores físico-químicos como pH, relação C/N entre outros (ZECH et. al.,1997).

- Carbono nos solos

A matéria orgânica no solo constitui o maior reservatório de Carbono terrestre, compreendendo cerca de duas vezes a quantidade de C na atmosfera e na biomassa vegetal (BRUCE et al., 1999; SWIFT, 2001). O estoque de Carbono em áreas sob a floresta é constituído essencialmente pela biomassa viva e pela matéria orgânica dos solos. Parte do Carbono presente nos resíduos é liberada para a atmosfera na forma de CO<sub>2</sub> e o restante passa a fazer parte da matéria orgânica, como componente do solo (BAYER; MIELNICZUK, 1999).

A matéria orgânica interfere em várias propriedades do solo, tais como: adsorção de cátions e ânions, auxilia na estabilização da estrutura do solo, retenção de água, influencia diretamente na cor, reduz a plasticidade e provoca sensível diminuição na compactação, por aumentar a porosidade do solo. Sua quantidade presente no solo varia de acordo com o clima, o tipo de vegetação ou cobertura, textura e regime de saturação hídrica e ainda, o manejo (FAVORETTO, 2007). As diferentes frações de Carbono orgânico humificado do solo apresentam características químicas, físicas e morfológicas diferenciadas entre si, e a distribuição destas frações no solo pode indicar a qualidade da matéria orgânica (CANELLAS et al., 2003).

Outro processo que contribui para a manutenção do Carbono orgânico é ciclagem de raízes e rizodeposição. Segundo Fearnside (2003), as raízes profundas das árvores na floresta natural são uma fonte de entrada de Carbono para as camadas mais profundas do solo e pode ser esperado que a substituição da floresta por outros tipos de vegetação de raízes pouco profundas mude o equilíbrio entre a entrada deste elemento e a oxidação na camada de solo profundo.

### **1.3.1 Caracterização das Campinaranas**

As Campinaranas são fitofisionomias típicas de solos arenosos (ANDERSON, 1981) e são influenciadas por diferentes condições ambientais na bacia amazônica. Ao longo da bacia

do Rio Negro podem ocorrer em áreas mais extensas, formando um mosaico de formações campestres, savânicas e florestais (VALE, 2011).

As Campinaranas possuem distribuição relativamente restrita e em manchas isoladas na Amazônia. São encontradas com maior frequência nas bacias do Rio Negro, Orinoco e Branco, região de alta pluviosidade média anual do Brasil e há registros de ocorrência também na Venezuela e Colômbia, porém em áreas menores (VELOSO, 1991). As Campinaranas crescem sobre solos arenosos (Espodosolos) pobres em nutrientes e apresentam lençol freático próximo da superfície (FERREIRA, 1999) e em áreas de baixa declividade, podendo ocorrer ou não nas proximidades de rio (LISBOA, 1975).

A literatura sobre as Campinaranas Amazônicas é escassa, com muitas discussões e controvérsias quanto à origem desta vegetação. As primeiras observações sobre Campinarana na Amazônia foram feitas por Spruce em 1908, que descobriu esse tipo de vegetação na metade do século XIX, no alto Rio Negro, e a denominou de “caatinga”.

Braga (1981) defende que a Campinarana é considerada um tipo de transição entre a formação vegetação de Campina e a floresta densa. Anderson (1981) afirma que a Campinarana é uma variação da floresta densa em solos arenosos, apresentando uma maior diversidade de espécies do que a Campina e, conseqüentemente, menor endemismo. A distinção entre Campina e Campinarana é bastante difícil. Normalmente o termo Campinarana é utilizado somente para especificar a porção mais desenvolvida do gradiente ambiental (LISBOA, 1975). Os solos predominantes em ambas as formações são Espodosolos hidromórficos, entretanto, na Campinarana apresenta-se coberto por uma densa camada de serrapilheira e um colchão de raízes muito desenvolvido, com horizonte orgânico muito mais profundo que na Campina. Esse colchão de raízes apresenta-se na forma de uma rede espessa, compacta e flexível de raízes finas sobre o solo, que em alguns casos pode apresentar até um metro de espessura. Comparada com as florestas crescendo em outros tipos de solo, essa vegetação apresenta uma proporção muito maior de raízes finas na fitomassa e utiliza a própria matéria orgânica que se deposita no ambiente como fonte de nutrientes (KLINGE; HERRERA, 1978).

Esses habitats apresentam uma vegetação com sub-bosque de porte baixo e irregularmente aberto, densidade alta de árvores pequenas e finas, escassez de árvores emergentes, lianas e epífitas, abundância de elementos com esclerofilia pronunciada, folhas esclerófilas perenes e pequenas, com aparência xeromórfica, e valores baixos de diversidade (ANDERSON, 1981). Os indivíduos apresentam certo grau de escleromorfismo, muito ramificados, com galhos finos, casca rugosa e espessa (PIRES, 1973). Essas características se

originam, provavelmente, do escleromorfismo oligotrófico, consequência da pobreza de nutrientes e acidez do solo.

- Fatores limitantes e adaptações morfológicas da vegetação

A vegetação das Campinaranas está condicionada a dois fatores inter-relacionados em qualquer ecossistema: o solo e a água. O solo, apresentando características distróficas, determina a estrutura raquítica das campinas, enquanto a quantidade de água disponível proporciona o desenvolvimento da vegetação adaptada à variação do nível freático (VIEIRA; FILHO, 1962). De acordo com esses autores, se a disponibilidade de água fosse pouca, essa vegetação cederia lugar a campos de gramíneas, ciperáceas e pequenos arbustos.

As espécies dominantes são de porte inferior ao da floresta adjacente, geralmente endêmicas, dotadas de um grau moderado de esclerofilia. Apesar de se desenvolverem em ótimas condições climáticas para o crescimento da floresta, as campinas e as campinaranas possuem cobertura vegetal restrita, o que serve de resposta aos diversos fatores estressantes pelos quais são submetidas (PIRES; PRANCE, 1985). Esse *stress* pode ser observado por algumas características de sua fisionomia como a presença de árvores anãs, xeromorfismo pronunciado e a presença de folhas escleromórficas em tamanhos reduzidos, grossas, brilhantes e coriáceas, que se posicionam eretas ou obliquamente, na tentativa de induzir as perdas por transpiração (ANDERSON, 1981; PRANCE e LOVEJOY, 1985).

O escleromorfismo é uma resposta fisiológica à condição de *stress* nutricional ao qual esta formação vegetal está submetida, uma vez que se desenvolvem sobre solos extremamente arenosos (ANDERSON, 1981; PIRES; PRANCE, 1985). Nesse ecossistema é possível observar a presença de uma rede espessa, compacta e flexível de raízes finas sobre o solo. Comparada com as florestas crescendo em outros tipos de solo, essa vegetação apresenta uma proporção muito maior de raízes finas na fitomassa (KLINGE; HERRERA, 1978), e utiliza a própria matéria orgânica que deposita no ambiente, como fonte de nutrientes.

Prance e Daly (1989) confirmam que a composição florística das Campinaranas e Campinas é bem distinta em relação à da Floresta de Terra Firme, formação dominante na Amazônia. Diversos grupos de plantas se diversificaram nesses solos arenosos e não são encontrados em outros tipos de vegetação (GIVNISCH et al., 2000; KUBIZTKI, 1989; STEYERMARK, 1986).

Essas formações sobre areia branca estão floristicamente relacionadas e constituídas principalmente por plantas com micorrizas ectotróficas, fato este que possibilita a existência

de ambientes oligotróficos. Os intensos processos de lixiviação aos quais são submetidos e algumas características intrínsecas, como a elevada acidez, levam estes solos a apresentarem baixa disponibilidade de nutrientes (CUEVAS & MEDINA, 1986; PROCTOR, 1999).

### 1.3.2 *Classificação das Campinaranas*

As formações vegetacionais arenosas esclerófilas são amplamente distribuídas na Amazônia (PIRES, 1973; PIRES; PRANCE, 1985). De acordo com pesquisas feitas por Ferreira (2009), essas formações têm sido objeto de discussão de pesquisadores na busca de uma definição mais uniforme. Regionalmente recebem diversas denominações, tais como: *muri bush* na Guiana (RICHARDS, 1996), *bana* na Venezuela (HERRERA et al. 1978).

Na Amazônia brasileira essas formações também recebem diferentes denominações, como *Caatinga amazônica* por Ducke e Black (1954) e Rodrigues (1961), *Charravascal* por Pires (1973). Lisboa (1975) definiu essas formações como *Campina amazônica* do alto rio Negro e *Campina amazônica* da Amazônia Central. O termo Campinarana (termo regionalista brasileiro) foi empregado pela primeira vez para a área do Alto Rio Negro por Ducke (1938) e Sampaio (1944), reafirmado por Rodrigues (1960), que também significa falso campo na linguagem dos silvícolas locais. Veloso et al. (1991) classifica as Campinaranas em três subgrupos de formação (Figura 9):

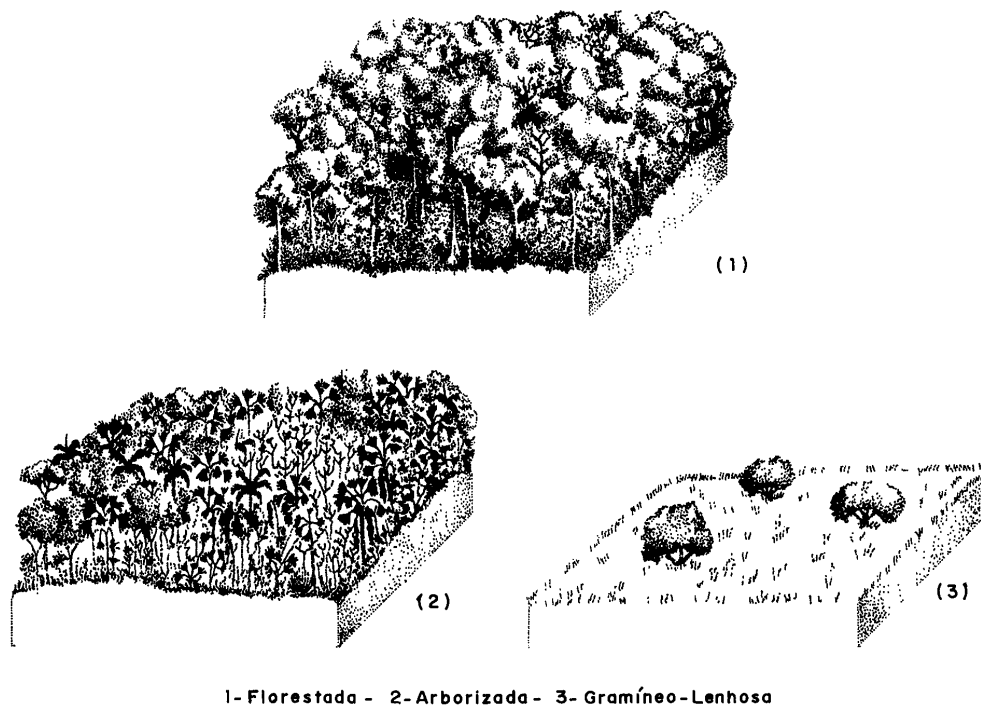
**1) Campinaranas Florestadas:** É um subgrupo de formação dominado por indivíduos de médio porte e troncos finos. O nível do lençol freático normalmente não aflora em superfície, o que permite o desenvolvimento de uma vegetação de maior porte. Se comparadas às Florestas Ombrófilas, são de porte menor e as árvores possuem caule eretos e pouco ou nada tortuosos. (Figura 9). Em sua composição florística predominam ecótipos do gênero *Clusia*, associados aos ecótipos dos gêneros amazônicos *Aldina*, *Hevea*, *Eperua*, *Caraipa*, entre outros, tipicamente amazônicos. Segundo os autores, a bacia do alto rio Negro foi o centro de dispersão deste domínio florístico.

**2) Campinaranas Arborizadas:** Nas Campinaranas Arborizadas o porte da vegetação é menor e há dominância de indivíduos de porte raquítico. Apresenta espécies em comum com as Campinaranas Florestadas (Figura 9). Esse subgrupo geralmente apresenta espécies do gênero *Cladonia*, possivelmente é o mesmo que ocorre nas áreas pantanosas do hemisfério

Norte e nos pontos alto-montanos, como o Pico da Neblina, no estado do Amazonas e na maioria das áreas pioneiras sob influência marinha.

**3) Campinaranas Gramíneo-Lenhosas:** Nas Campinaranas Gramíneo-Lenhosas o período mais prolongado de inundação sazonal dos solos dificulta e o estabelecimento de árvores de maior porte (Figura 9).

**Figura 9 - Blocos-diagramas das fisionomias ecológicas das Campinaranas**



Fonte: Veloso et al., 1991.

De acordo com Vicentini (2004), independe da classificação para essas fisionomias, sua estrutura pode variar de savanas abertas, dominadas por plantas herbáceas, até florestas altas e são caracterizadas por elevada esclerofilia, baixa diversidade em relação às Florestas de Terra Firme e alto grau de endemismo de espécies, gêneros e família.

Anderson et al. (1975) afirma que apesar de relativamente pobre, a vegetação das Campinaranas não é uniforme e pode apresentar considerável variação de um lugar para outro em uma mesma região e que algumas espécies tendem a concentrar-se apenas em determinadas áreas largamente dispersas.

#### 1.4 Gênese e evolução dos solos e da paisagem nos baixos platôs amazônicos

Os solos lateríticos são solos predominantes sobre os baixos platôs da Amazônia (RADAMBRASIL, 1977). Esses solos são formados pelo processo de laterização, que é um processo de alteração presente nas regiões intertropicais do globo e ocorre, principalmente, em ambientes de drenagem aberta (FANNING e FANNING, 1989). Comumente limitam-se lateralmente com Espodosolos e com Gleissolos. Entretanto, esses limites não são estáticos (BOCQUIER, 1971; BOULET et al; 1977). Foram descritos por vários pesquisadores sobre os baixos platôs da Amazônia (ex: BOULET et al., 1984; LUCAS et al., 1987; CHAUVEL et al., 1987; BRAVARD; RIGHI, 1990; NASCIMENTO et al., 2004; ROSOLEN et al., 2000; 2007; FRITSCH et al., 2007; BUENO, 2009).

Nos estudos realizados por Nascimento et al., (2004) e Bueno (2009) foram identificados os dois principais estágios que envolvem a podzolização dos solos sobre os meios lateríticos na bacia do Rio Negro. O primeiro é a formação de Acrissolos (solos lateríticos amarelados e empobrecidos). O empobrecimento dos solos lateríticos em argila e seu amarelecimento estão associado inicialmente à dissolução dos óxidos de ferro (FRITSCH et al., 1989), o que facilita a perda de materiais finos e coloides através das águas de percolação devido à ruptura das ligações ferro-argila e, portanto, da quebra dos agregados do solo (BUENO, 2009). A ferrólise pode ser também responsável pela perda dos minerais de argila, pois promove a substituição dos cátions trocáveis desse mineral pelo  $Fe^{2+}$  que são posteriormente oxidados a  $Fe^{3+}$ , além do  $H^+$  ocupar espaço na argila e favorecer a acidificação e dissolução parcial dos silicatos (DINIZ, 2011).

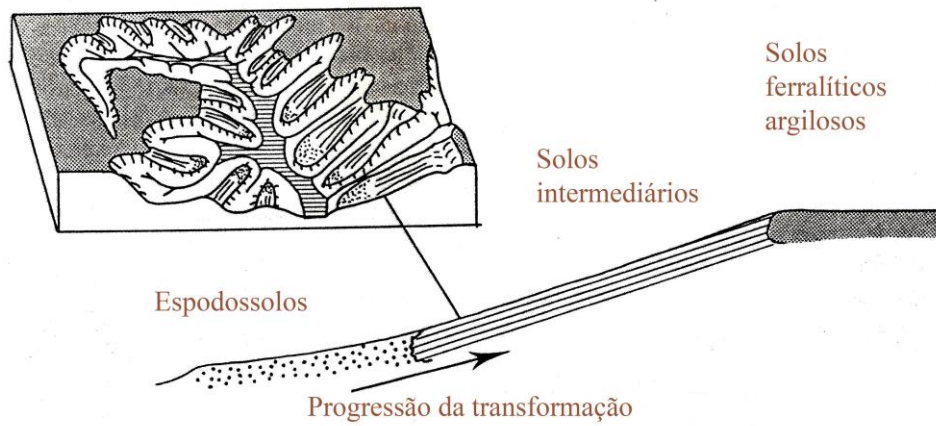
O material resultante, de menor agregação e maior porosidade, passa a ser impregnado pela matéria orgânica em profundidade abrindo caminho para a formação dos Espodosolos. As substâncias orgânicas são, portanto, responsáveis pela aceleração da alteração dos minerais argilosos, abaixamento do pH e pela transferência vertical de complexos orgânico-metálicos. Esse primeiro passo ocorre na zona de transição, onde os Espodosolos são fracamente diferenciados e caracterizados pela formação dos horizontes A e Bhs pouco diferenciados. O segundo passo marca a perda quase total de minerais de argila nos horizontes superiores e a formação de horizontes AE e E dos Espodosolos, a acumulação de matéria orgânica em maior profundidade e a geração de complexos organo-metálicos nos horizontes Bh e Bhs. Essa segunda etapa está ligada ao desenvolvimento de condições redutoras e ácidas de um lençol suspenso que alimenta, sazonalmente, os canais de drenagem de jusante das depressões

onde se encontram esses solos (NASCIMENTO et al., 2004, NASCIMENTO et al., 2008). Nascimento et al. (2008) afirmam que o lençol suspenso tem importância fundamental para esses processos geoquímicos. Isso foi demonstrado pelos autores a partir dos dados da dinâmica e composição química desses lençóis. No lençol freático dos Latossolos empobrecidos a mobilização de elementos é essencialmente de ferro e nas frentes de podzolização de ferro e alumínio. Ainda segundo os autores, os lençóis ao longo das frentes de podzolização são compostos por matéria orgânica dissolvida e coloidal e são susceptíveis de formar complexos orgânicos que migram com o rebaixamento desse lençol.

#### **1.4.1 *Sistemas de transformação solo laterítico - Espodossolo***

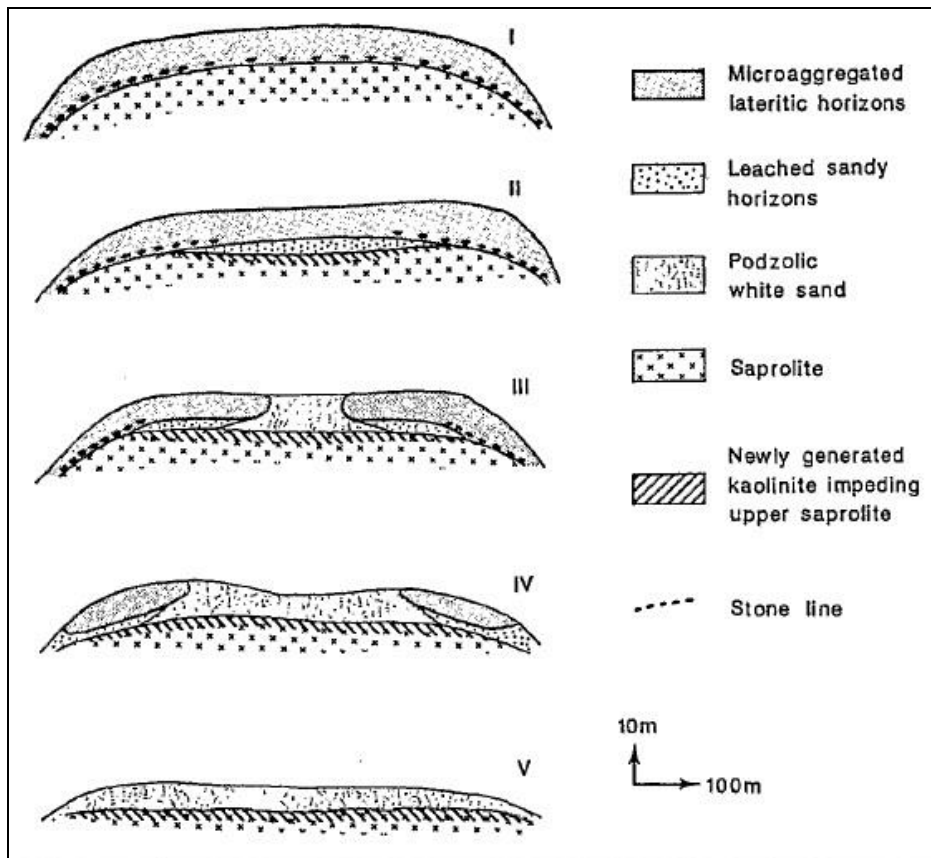
Estudos realizados na Guiana Francesa e no Brasil têm mostrado que os Espodossolos podem ser formados pela transformação de uma cobertura latossólica inicial, sobre vários tipos de material de origem (LUCAS et al., 1984; ANDRADE, 1990; DUBROEUCQ et al., 1991), sendo o Espodossolo considerado estágio final de degradação dessas coberturas pedológicas tropicais (BOULET et al., 1984). A transformação solo laterítico-Espodossolo pode ocorrer em duas situações distintas: 1) Transformação ao longo de vertentes de canais de drenagem que entalharam os platôs, em que o Espodossolo avança no sentido de montante, ao longo da vertente, sobre o material laterítico da alta vertente (Figura 10); 2) Transformação sobre a superfície plana dos platôs, em sua região interfluvial, em que a podzolização avança a partir do centro do platô, de forma centrífuga sobre os materiais lateríticos (Figura 11). Entretanto, a podzolização, sempre terá início a partir de materiais lateríticos previamente empobrecidos em argila, e não diretamente sobre materiais lateríticos argilosos (LUCAS et al., 1984; BRAVARD; RIGHI, 1990; BUENO, 2009).

**Figura 10 – Transformação solo laterítico – Espodossolo ao longo de vertente.**



Fonte: Adaptado de Lucas et al., 1988.

Figura 11– Transformação solo laterítico – Espodosolo a partir do centro do platô.



Fonte: Lucas e Chauvel, 1992.

1.4.2 *Sistemas de transformação solo laterítico - Gleissolo*

O desenvolvimento dos Gleissolos pode ocorrer também a partir de materiais originalmente lateríticos. Rosolen et al., (2000; 2007) investigaram uma topossequência de solos lateríticos (Cambissolos) sobre o topo dos platôs até Gleissolos em zonas deprimidas, na

região de Porto Velho-RO. O estudo mostrou que a hidromorfia temporária associada à variação do nível freático é responsável pela mobilização e perda de Fe nos perfis de Cambissolo da parte mais elevada da paisagem, formando horizontes manchados e pela mobilização e perda de Fe e argila nas zonas deprimidas que dão origem a horizontes cinza claro e arenosos, eluviais (ROSOLEN et al., 2000; 2007). Assim, os materiais desferruginizados associados aos Gleissolos avançam em sentido remontante sobre os materiais de origem laterítica.

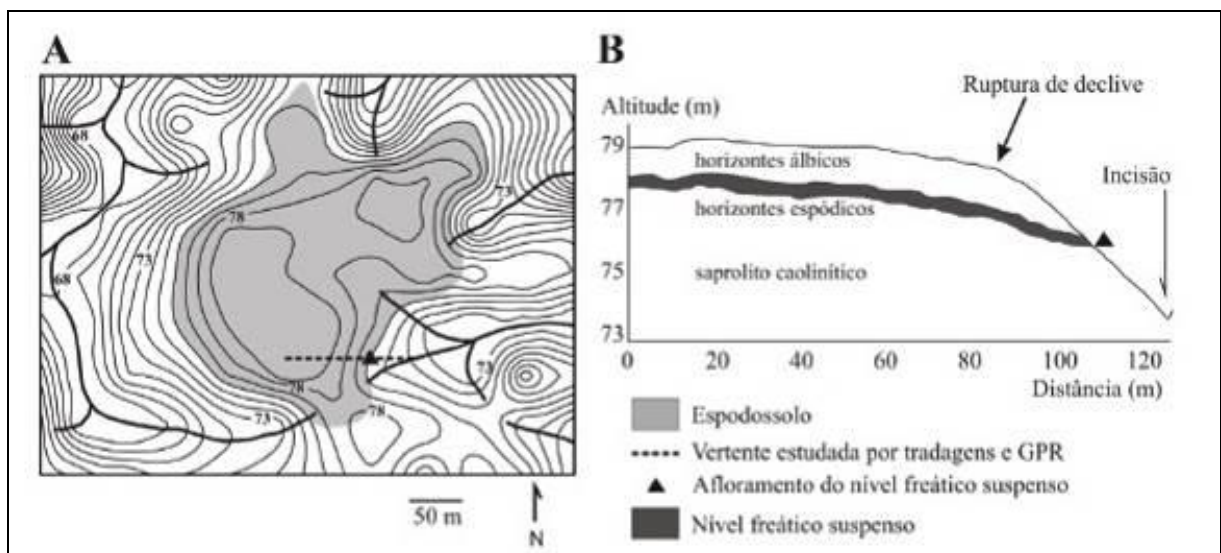
Na mesma região, Fritsch et al. (2007) estudaram uma sequência Latossolos empobrecidos (Acrissolos) – Plintossolos – Gleissolos. Segundo esses autores, sob clima quente e úmido e sobre os sedimentos terciários das formações Solimões e Içá, ocorreram incisões da rede de drenagem numa superfície de platô e formou-se um *solum* avermelhado e bem drenado sobreposto a um substrato de argilas mosqueadas e desferruginizadas. Uma fase de climas mais secos teria promovido a substituição das florestas por vegetação de savana e favorecido o preenchimento das incisões de drenagem. Posteriormente, esse preenchimento combinado com o retorno das condições de umidade permitiu a elevação local dos níveis freáticos, configurando depressões sobre o platô. No entorno dessas depressões os solos lateríticos passaram a sofrer saturação hídrica temporária ao longo da transição *solum/saprolito*. Atualmente, o ferro ferroso é liberado a partir do *solum* desses solos lateríticos nas estações chuvosas, acumulando-se mais a jusante como plintita nodular (FRITSCH et al., 2007).

### **1.4.3 Formação de Gleissolos e Espodossolos associada à incisão da rede hidrográfica nos baixos platôs**

Na bacia do alto Rio Negro, sobre os granitos do Escudo das Guianas, os Espodossolos não se restringem às partes centrais, interfluviais, dos platôs, desenvolvendo-se muitas vezes até a borda desses platôs. Nessas bordas de platôs, a superfície aplanada é intensamente dissecada por uma densa rede de drenagem de pequenos igarapés, afluentes dos cursos d'água mais importantes. A incisão do platô por esses canais de drenagem gerou vales que truncaram a superfície aplanada, assim como as organizações horizontais de suas coberturas pedológicas. Esse truncamento resultou no afloramento, ao longo do plano das vertentes dos novos vales, da sequência vertical dos horizontes dessas antigas coberturas pedológicas. No caso de coberturas do tipo Espodossolo, observa-se ao longo dessas

vertentes, na direção montante-jusante, o afloramento do horizonte eluvial álbico que diminui progressivamente em espessura, seguido pelo afloramento dos horizontes endurecidos espódicos (Bh, Bs) e por fim, terminando no afloramento, já na média/baixa vertente, de um espesso saprolito argilo-siltoso, branco (BUENO et al., 2007; BUENO et al., 2011; ROSSIN, 2013), ilustrado pela Figura 12, abaixo.

**Figura 12 - (A) mapa topográfico de detalhe de uma vertente estudada em São Gabriel da Cachoeira. Observa-se que o domínio podzolizado ocupa posição cimeira, de topo plano, na área de relevo dissecado. (B) perfil topográfico e distribuição do nível freático e dos materiais pedológicos e de alteração ao longo de uma vertente, que parte do topo podzolizado e termina na incisão de um pequeno canal fluvial (observar localização dessa vertente em (A)).**



Fonte: Bueno et al, 2011.

Do ponto de vista hídrico, o truncamento dos Espodossolos resulta em uma situação especial ao longo das novas vertentes como nos Espodossolos os horizontes espódicos endurecidos e pouco porosos, sustentam um nível freático suspenso. O truncamento das organizações horizontais dos Espodossolos e sua exposição ao longo das novas vertentes resultam no afloramento do nível freático logo a montante do afloramento dos horizontes espódicos. A água desse lençol passa a escoar na superfície e no interior dos horizontes superficiais de jusante, saturando os materiais argilo-siltosos brancos (saprolíticos) que aí afloram e gerando perfis de solo que morfologicamente são classificados como Gleissolos (BUENO et al., 2007; BUENO, 2011; ROSSIN, 2013).

Os materiais expostos ao longo da vertente passam a sofrer uma nova pedogênese, com horizontes superficiais concordantes com o plano dessa vertente. As soluções ácidas,

carregadas em ácidos orgânicos originárias do lençol suspenso, que agora escoam sobre os materiais argilosos da média/baixa vertente podem promover ali a formação de uma segunda geração de Espodosolos (ROSSIN, 2013).

## **2 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO**

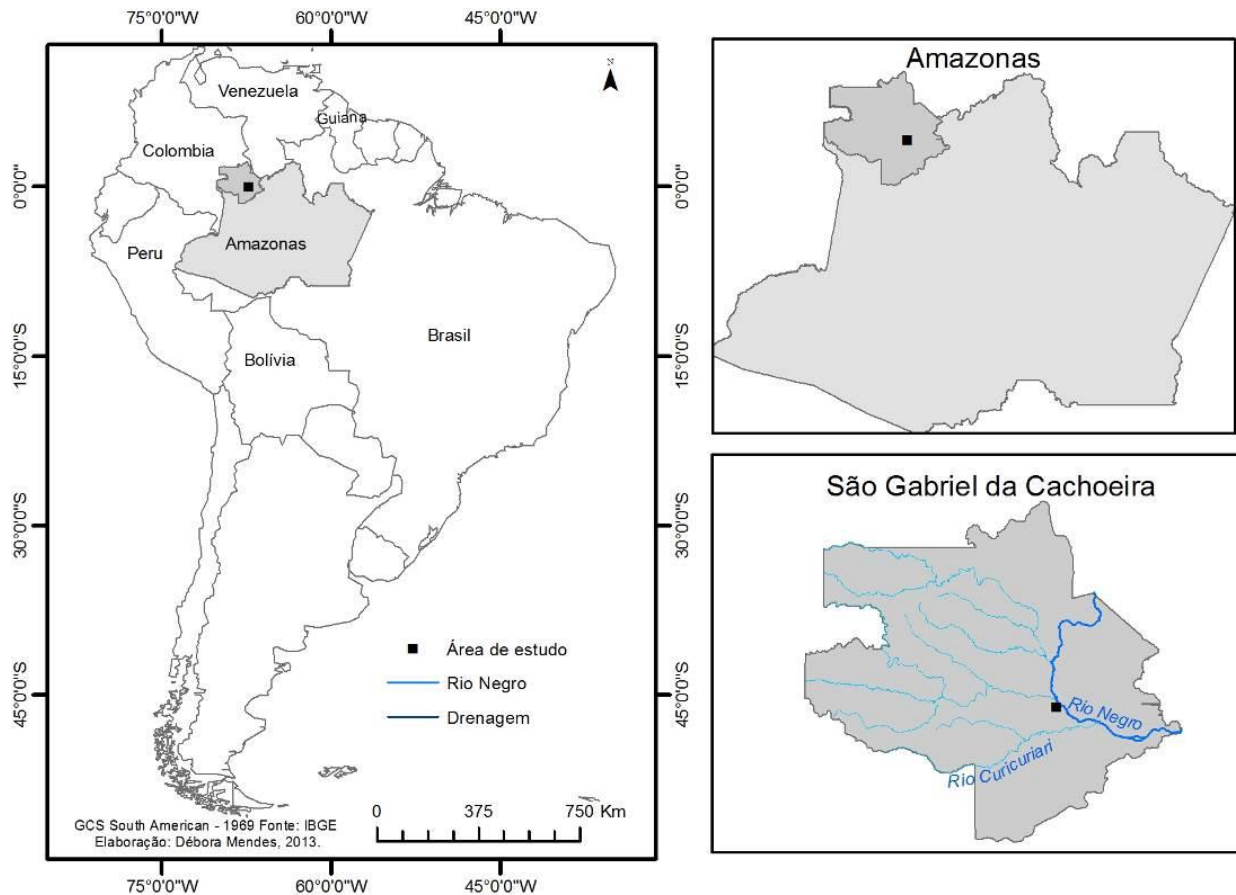
A bacia do alto Rio Negro, centro norte e noroeste da Amazônia, foi selecionada por ser uma região onde existem áreas com solos lateríticos, áreas com Espodosolos bem desenvolvidos, espessos e bem drenados, e áreas cujos Espodosolos são caracterizados pela hidromorfia. A esses solos estão relacionadas diferentes coberturas vegetais, como florestas e diversos tipos de Campinaranas.

A caracterização da área de estudo teve como referência trabalhos desenvolvidos anteriormente pelo grupo de pesquisa na Bacia do Rio Negro, AM, além de documentos produzidos pelo Projeto RadamBrasil e por outros pesquisadores.

### **2.1 Localização**

Situada na bacia do Alto do Rio Negro, a área investigada nesse estudo localiza-se no município de São Gabriel da Cachoeira - AM. A área de estudo localiza-se à Latitude  $02^{\circ}14'34''$  N e Longitude  $67^{\circ}00'41'03''$  W, situada a noroeste do estado do Amazonas, distanciando-se cerca de 850 km da capital do estado Manaus (Mapa 2), em uma região onde a cobertura vegetal original encontra-se preservada.

**Mapa 2 - Localização da área de estudo.**



**Fonte: IBGE e dados de campo, 2013.**

Para esta pesquisa a área de estudo foi, inicialmente, escolhida a partir da interpretação de imagem de satélite e observações de campo e baseada nas pesquisas já desenvolvidas vinculadas a projetos de pesquisa desenvolvidos em cooperação envolvendo pesquisadores e estudantes da UNESP-Rio Claro, da USP-Piracicaba e da PUC-Minas. Essas pesquisas possibilitaram selecionar uma área potencial de estudo indicativa da presença da Floresta de Terra Firme e de tipos diferentes de Campinarana associadas à ocorrência de diferentes tipos de solos (Espodossolo bem drenado, Espodossolo hidromórfico, Criptopodzol, Gleissolo e solo laterítico) na bacia do Alto Rio Negro.

## 2.2 Caracterização geoambiental

A bacia do Rio Negro ocupa uma área de 690.000 km<sup>2</sup>, de um total de 5.500.000 km<sup>2</sup> da Amazônia Legal, sendo uma área considerada relativamente preservada, tanto do ponto de vista da exploração dos recursos biológicos quanto minerais (DINIZ, 2011). Apesar de se

mostrar aparentemente homogênea, a história geológica-geomorfológica da bacia do Rio Negro, associada a sua evolução pedológica e biológica, foi responsável pela diversidade natural que se observa atualmente nesse grande ecossistema tropical equatorial (RADAMBRASIL, 1978).

### **2.2.1 *Clima***

A região de estudo apresenta clima quente e úmido. Segundo a classificação de W. Köppen - Geiger (1846-1940), está na zona Af (tropical chuvoso de floresta), que é caracterizada por médias de temperatura em torno dos 25°C e alta pluviosidade (aproximadamente 3.000 mm por ano). De acordo com Diniz (2011), a amplitude térmica anual é muito baixa e não ultrapassa 2 graus. Dessa forma, a região é conhecida por seu clima quente e alta umidade influenciada, principalmente, pela Zona de Convergência Intertropical, que atua nos seus mais importantes processos meteorológicos. Os picos de pluviosidade ocorrem entre Março e Junho, caracterizando a estação chuvosa. A estação menos chuvosa estende-se de setembro a novembro (RADAMBRASIL, 1977). Regionalmente, essas estações do ano são chamadas de inverno e verão, respectivamente.

Ainda segundo Diniz (2011), essa diferenciação climática é responsável, de certa forma, pelos diferentes processos geoquímicos e conseqüentemente pedogenéticos, além de atuar na modelagem do relevo e na evolução da rede de drenagem que, por sua vez, está intimamente associada às alterações na qualidade da água da bacia amazônica.

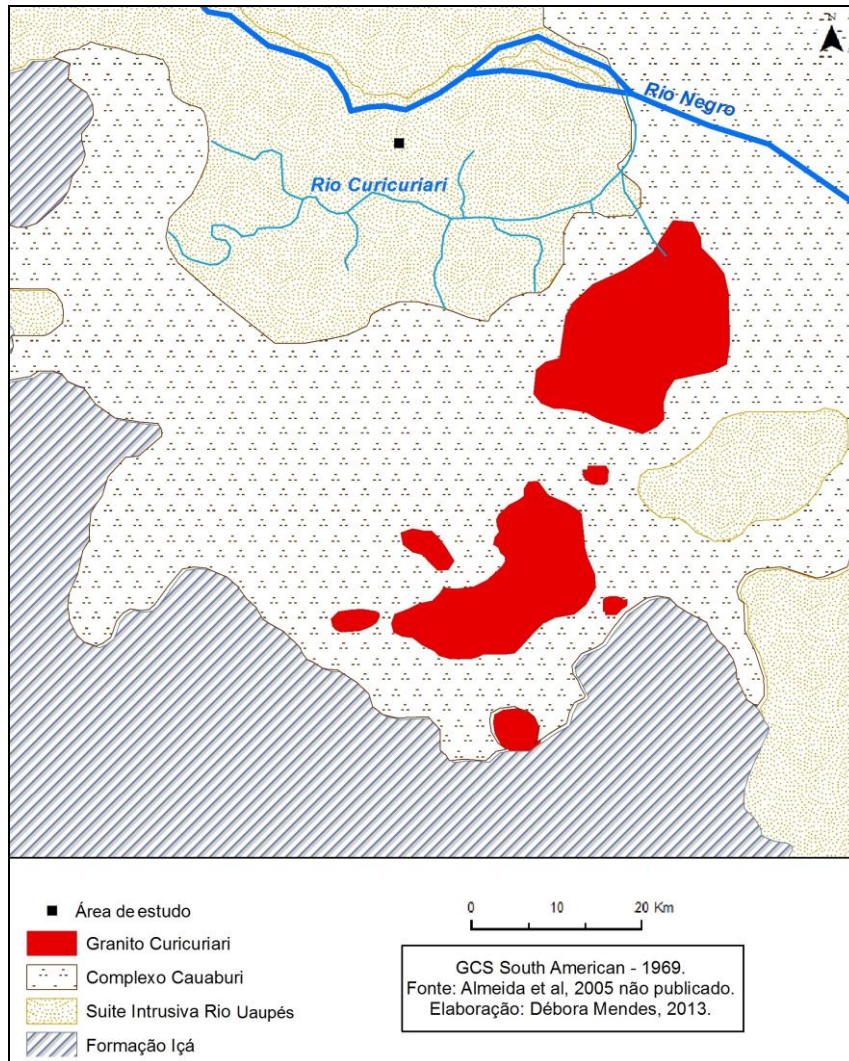
### **2.2.2 *Geologia***

O Complexo Guianense é considerado o conjunto litológico mais antigo identificado na região, de idade arqueana, caracterizado por um terreno gnáissico-migmatítico, onde predominam metamorfitos de fácies anfíbolito, atingindo, localmente, a fácies granulito. O Complexo Guianense está representado por gnaisses de composição predominantemente granodiorítica a granítica (CPRM/CIAMA-AM, 2006).

De acordo com relatórios do RadamBrasil (1977), a região de estudo abrange geologicamente, na sua maior parte, áreas sedimentares do Terciário e em extensões mais reduzidas, superfícies do Pré-Cabriano e do Quaternário. Está situada na bacia do Alto Rio Negro, inserida predominantemente na região do Complexo Guianense.

Almeida et al., (2005, não publicado), identificaram o corpo granítico São Gabriel da Cachoeira, estudado em sua porção sul, como sendo semelhante àqueles descritos por Dall’Agnol e Abreu (1976) e Dall’Agnol e Macambira (1992) no rio Uaupés, como componente dos agrupados na Suíte Intrusiva rio Uaupés (Mapa 3).

**Mapa 3 - Geologia da região de estudo.**



**Fonte: Adaptado de Almeida et al, 2005 não publicado.**

Ainda no relatório elaborado por Almeida et al., (2005, não publicado), foi mapeado um tipo granítico, que compõe o substrato dos solos da região de origem plutônica de grão grosso a médio, acinzentadas, relacionado a magmatismo granítico de colocação profunda (meso a catazona), de dimensão batolítica, onde são abundantes pegmatitos e aplitos de dimensão variada e direção preferencial N-S. São os tipos graníticos dominantes na área, tendo como característica primordial o baixo conteúdo modal de quartzo (quartzo monzonitos

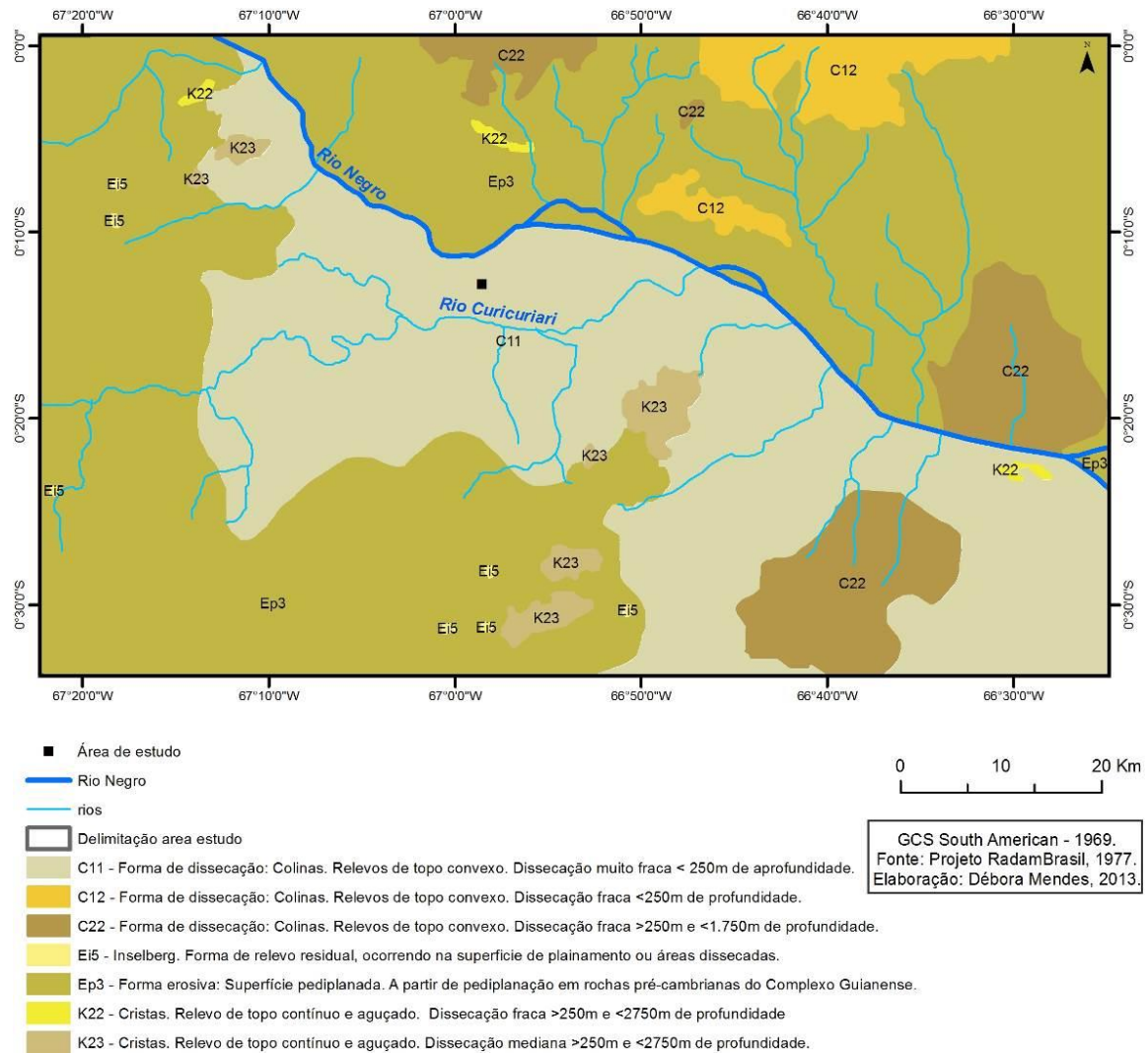
dominantes). Mostram-se ainda enriquecidos em minerais ferromagnesianos (anfíbólio, titanita, epidoto) e aluminosos e/ou calco-sódicos (feldspatos, biotita), originando tipos de um modo geral ricos em Ti, Al, Fe, Mg e Ca.

### **2.2.3 Geomorfologia**

A região em que a área de estudo está inserida apresenta relevo predominante de topo aplainado (baixos platôs), seguido pelas áreas de acumulações, superfícies de aplainamento e pelos relevos dissecados de topo convexo e contínuo. O baixo platô é formado por relevos planos de baixa altitude, que constituem largos interflúvios (RADAMBRASIL, 1977) com homogeneidade da altimetria. A unidade em que se encontra o sítio de estudo tem relevo dissecado formando colinas e relevos de topo convexo (C11 no Mapa 4).

A área pertence ao domínio morfoestrutural do Planalto Rebaixado da Amazônia, caracterizado por interflúvios tabulares e colinas com altitudes entre 80 e 100 m. A base desse relevo é constituída por rochas do embasamento. Pertencem ao Complexo Guianense, formado por gnaisses, migmatitos, granitos, granodioritos e anfibolitos (RADAMBRASIL, 1977).

**Mapa 4 – Geomorfologia da área de estudo de acordo com RadamBrasil (1977).**



**Fonte: Adaptado de RadamBrasil, 1977 – V. 14.**

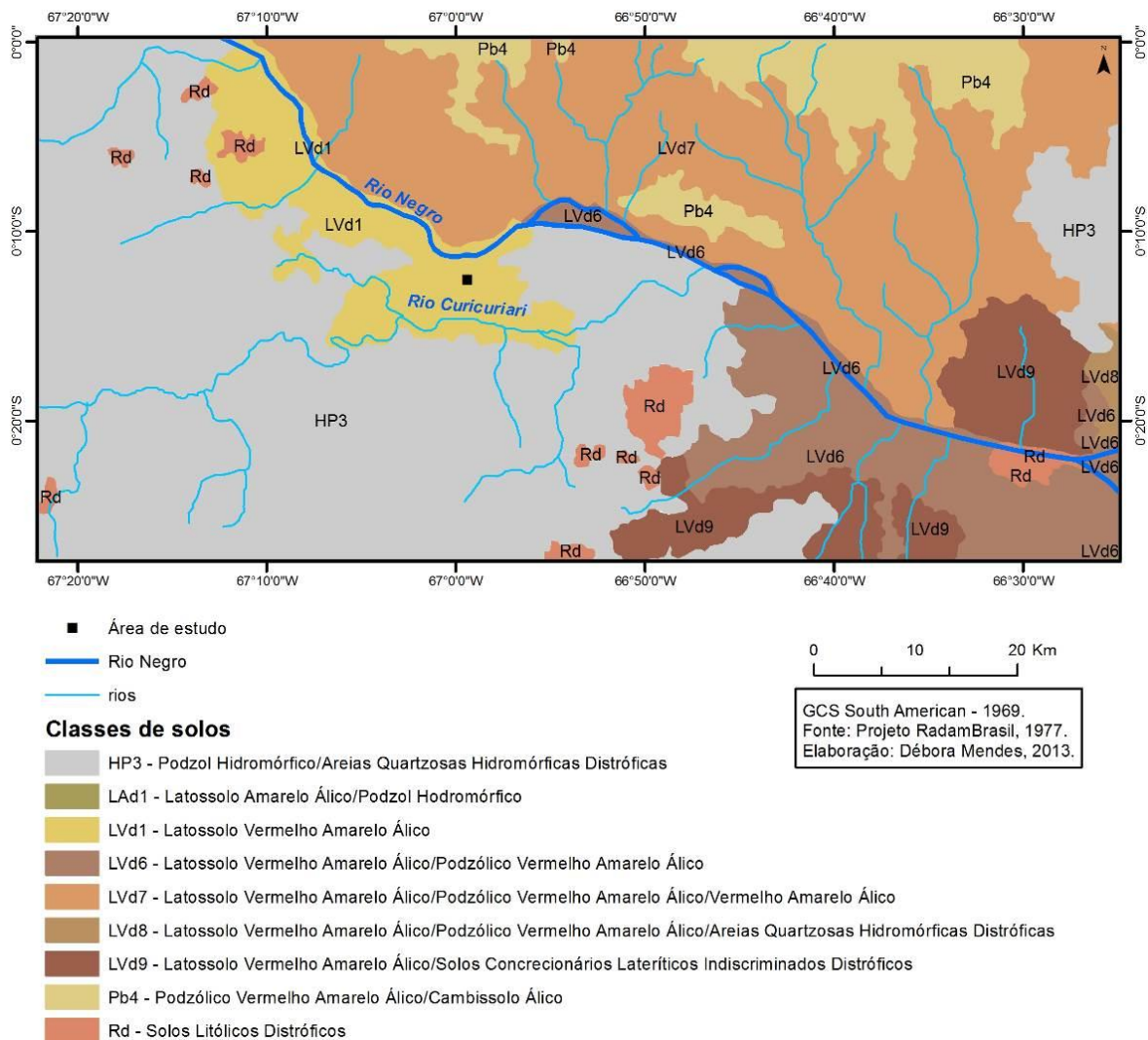
Essa dissecação de colinas e cristas se prolonga por uma área contínua; no Mapa 4 pode se observar na margem esquerda do Rio Negro. Segundo RadamBrasil (1977), o Rio Negro constitui o limite meridional da superfície pediplana que é interrompida por áreas de relevos dissecados.

### 2.2.4 Pedologia

Na região do sítio de estudo pode-se observar que sobressaem os solos da classe Podzólico (Argissolo) Vermelho Amarelo, Espodossolo Hidromórfico e o Latossolo Amarelo (Mapa 5).

Há nas partes norte e NE dessa região domínio dos Latossolos, com ocorrência restrita dos Espodosolos, em forma de ilhas. Para o sul e para o oeste, há domínio absoluto dos Espodosolos. Pode-se observar ainda que, nas áreas de *inselbergs*, como a Serra do Curicuriari e relevos residuais de pontões, os solos são rasos (Litólicos ou Neossolos). Todos os solos são distróficos ou álicos, indicando que o complexo sortivo é ocupado principalmente por  $H^+$  e  $Al^{3+}$  e que os solos são muito pobres em nutrientes (Mapa 5).

**Mapa 5 - Classificação dos solos da área de estudo segundo RadamBrasil.**



**Fonte: Adaptado de RadamBrasil, 1977 – V. 14.**

Bueno (2009) mostra que os solos lateríticos mais típicos (Latossolos Vermelhos, argilosos, espessos e bem drenados) estão presentes, principalmente, na periferia da bacia do Rio Negro, nos baixos platôs. Na área de cobertura da Formação Içá (centro-sul da bacia do Rio Negro), solos lateríticos pouco espessos ocupam os baixos platôs e estão lateralmente

associados aos solos hidromórficos (Plintossolos e Gleissolos), que ocupam os interflúvios principais. Gleissolos encontram-se ainda nos principais eixos de drenagem, em planícies aluviais. Localmente, existem Gleissolos em vertentes da borda de platôs podzolizados, cujo desenvolvimento foi possível a partir da exposição do saprolito quando da incisão do platô, erosão dos Espodossolos e afloramento do lençol freático suspenso sobre os horizontes espódicos (BUENO et al., 2007).

Através do Mapa 5, observa-se, também, que a área coberta pelos Espodossolos hidromórficos aumenta em direção de montante da bacia. Os Gleissolos estão muito presentes na média e baixa bacia do Rio Negro mostrando, assim, que existe uma forte relação entre esses tipos de solo com o substrato geológico, o clima e a evolução da rede de drenagem e do relevo nesta bacia hidrográfica (DINIZ, 2011).

### **2.2.5 Vegetação**

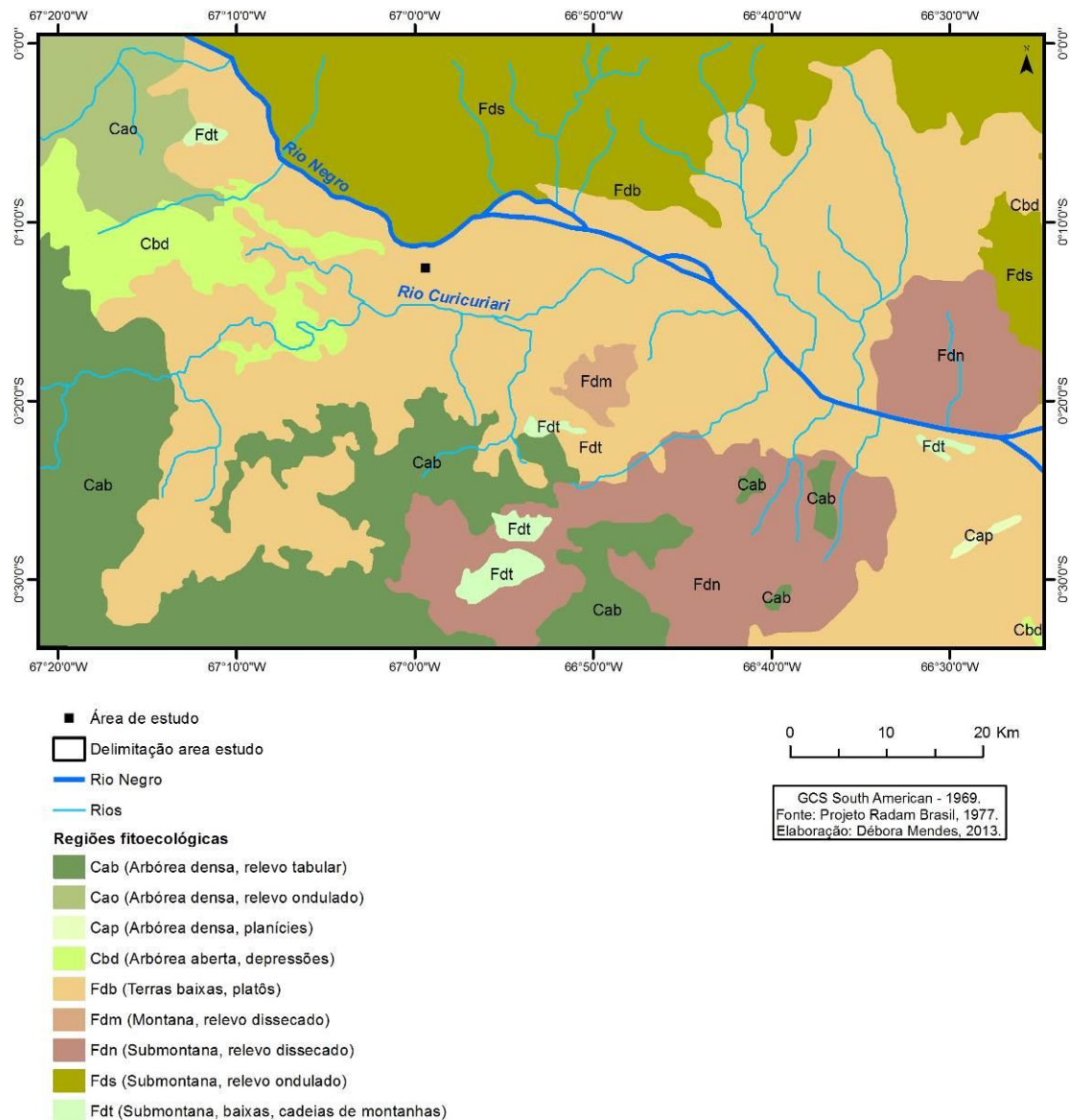
A cobertura vegetal na bacia do Alto Rio Negro é composta predominantemente de floresta densa (RADAMBRASIL, 1977), constituída por um adensamento heterogêneo de árvores, composto por diferentes fitofisionomias como Floresta de Terra Firme e Campinaranas, formando um domínio ao longo das margens do Rio Negro que ora é descontínuo, ora estendendo-se para o interior por alguns quilômetros.

A região do alto Rio Negro, que foi objeto de estudo, é classificada pelo RadamBrasil (1977) como região das Florestas Tropicais Densas (Mapa 6). Esta é caracterizada por abrigar cerca de 86.330 km<sup>2</sup>, equivalendo a aproximadamente metade de todo o sistema ecológico mapeado. É encontrado em grandes extensões nos terrenos do Terciário e nas planícies quaternárias; e com menos expressividade em superfícies pré-cambrianas.

Anderson (1981) aponta que, além da floresta densa, três outros tipos de cobertura vegetal se encontram na região: Cerrado (chamado também de Campina ou Caatinga) aberto, com vegetação estruturalmente homogênea, constituído por espécies de pequeno porte e aspecto raquítico, formando “ilhas” de vegetação entre espaços vazios arenosos; Campina sombreada, com cobertura mais contínua, indivíduos de maior porte (arbustos e árvores) e composição florística mais diversificada; Campinarana, com cobertura contínua e árvores de maior porte. A Campinarana encontra e faz limite com a Floresta de Terra Firme. Nesta transição, observa-se o aparecimento de um estrato inferior e a diminuição da espessura da serapilheira.

No mapa elaborado pelo Projeto RADAMBRASIL em 1977, a região que abriga as Campinaranas ocupa áreas de pequenas extensões (na folha, cerca de 10% da área). A área estudada está inserida na região das Florestas Tropicais Densas, no domínio Fdb, chamado de sub-região dos Baixos Platôs Amazônicos, como se pode observar no Mapa 6. De acordo com RadamBrasil (1977) é a sub-região em que apresentam solos predominantemente Podzólico (Argissolo) Vermelho Amarelo e Latossolo Amarelo e é a que reflete, mais expressivamente, o potencial dos Recursos Naturais Renováveis na área. Ocupa extensões já alteradas pela instalação da rede de drenagem, em relevos de topo aplainado, separados por vales de fundo plano, mapeados com diferentes índices de dissecação.

**Mapa 6 - Classificação da vegetação na região de estudo.**



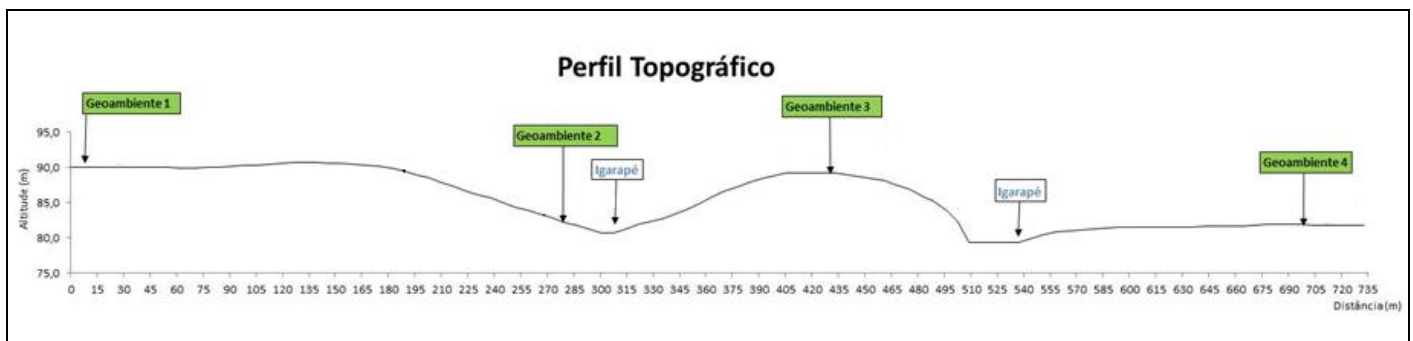
Fonte: Adaptado de RadamBrasil, 1977 – V. 14.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo

Para o estudo foi delimitado um transecto abrangendo quatro geoambientes distintos, como pode observar na Figura 13. Os geoambientes apresentam diferentes tipos de solo e composição vegetal: 1) Espodossolo bem drenado e Espodossolo hidromórfico de vertente – Geo 1 (TR1) com Campinarana Florestada homogênea; 2) Criptopodzol e Gleissolo – Geo2 (TR2 e TR3), cobertos por um tipo de vegetação caracterizada como sendo de transição entre Campinarana Florestada e Floresta de Terra Firme; 3) solo laterítico – Geo 3 (TR4), com Floresta de Terra Firme e 4) Espodossolo Hidromórfico de depressão– Geo 4 (TR5) com Campinarana Arborizada com presença significativa de indivíduos epifíticos.

**Figura 13 – Representação do transecto estudado e geoambientes.**



A descrição e a coleta do solo foram feitos a partir de abertura de trincheiras e tradagens. Além desses pontos, foram feitas coletas de solo do horizonte superficial (0 - 10 cm de profundidade) dentro de parcelas de levantamento da vegetação. Essas coletas visaram o conhecimento das características edáficas desses horizontes.

Os geoambientes estudados foram classificados de acordo com as características de cada um a partir da interação planta-solo, que se difere pela composição florística, tipo de solo, profundidade do lençol freático.

### **3.2 Estudo dos solos em campo e coletas de amostras**

Em campo, foi realizado o levantamento fitopedogeomorfológico em uma transecto que contemplou os quatro geoambientes. Com auxílio da bússola e do GPS, manteve-se o rumo magnético de aproximadamente 190° por 735 metros ao longo dos quais foi levantado o perfil topográfico por meio de clinômetro, trena e balizas.

Os locais de abertura de trincheiras foram selecionados a partir das diferenças topográficas, geomorfológicas e de vegetação observadas em campo. Para identificação dos pontos amostrais em campo, foram realizadas tradagens, observando-se os limites de unidades. A partir disso, o solo foi amostrado e caracterizado através das trincheiras abertas, sendo uma em cada geoambiente (duas no segundo geoambiente).

Os perfis foram descritos com base em Boulet et al. (1984) e no Manual de Descrição e Coleta de Amostras em Campo (SANTOS et al., 2005) e as amostras de solos foram coletadas em diferentes profundidades, na face das trincheira e quando possível, em maior profundidade a partir da base das trincheiras por meio de tradagem. As amostras foram devidamente acondicionadas e identificadas para posteriores análises laboratoriais. As faces das trincheiras foram fotografadas e a profundidade do nível freático foi anotada.

### **3.3 Procedimentos de laboratório**

As amostras de solos coletadas foram preparadas para a realização dos diferentes procedimentos, requeridos para a realização dos objetivos propostos. Todas as amostras foram secas ao ar, destorroadas, peneiradas em malha de 2 mm, quarteadas e subdivididas em alíquotas a serem utilizadas em cada procedimento, no Laboratório de Análises de Formações Superficiais (LAFS) IGCE/UNESP Rio Claro, Laboratório de Análises de Solos e Laboratório de Matéria Orgânica e Resíduos da UFV Viçosa.

#### **3.3.1 *Análise física: granulometria***

Para a análise granulométrica foram analisadas 34 amostras de solo (dos perfis de solo descritos) e 12 amostras dos horizontes superficiais do solo (0-10 cm de profundidade) coletadas ao longo do transecto (conforme descrito no tópico 3.2) foi realizada de acordo com

os procedimentos apontados por CAMARGO et al. (1984) no Laboratório de Análise de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

O método da pipeta foi o que se utilizou para a separação das frações granulométricas, cujos valores considerados nesta pesquisa são: i) areia grossa = 2,00 a 0,20 mm; ii) areia fina = 0,20 a 0,05 mm; iii) silte = 0,05 a 0,002 mm; e iv) argila = menor que 0,002 mm. Esse método baseia-se na velocidade de queda vertical das partículas que constituem o solo, mediante influência das variáveis do tempo e temperatura (conforme os princípios da Lei de Stokes<sup>1</sup>).

A análise granulométrica fornece as características texturais das amostras. Ela permite quantificar as frações texturais dos solos segundo os diâmetros das partículas. Para as análises realizadas foram considerados os seguintes intervalos:

- areia grossa: 2,00-0,20 mm
- areia fina: 0,20-0,05 mm
- silte: 0,05-0,002 mm
- argila: menor que 0,002 mm.

### **3.3.2 Análises químicas: complexo sortivo, teor de matéria orgânica e nitrogênio**

Para a análise do complexo sortivo foram selecionadas 16 amostras de solos dos perfis abertos e 12 amostras dos horizontes superficiais do solo (0-10 cm de profundidade), as quais foram enviadas para o Laboratório de Análise de Solos e Laboratório de Matéria Orgânica e Resíduos da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

No Laboratório de Análise de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV) foram realizadas as análises do complexo sortivo, que incluem a determinação dos cátions trocáveis ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{P}^+$ ), pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) e Matéria Orgânica. Foram analisados ainda os índices de Saturação de Bases, Alumínio e Sódio e CTC. O Nitrogênio Total foi analisado no Laboratório de Matéria Orgânica e Resíduos da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

As determinações de pH em água 1 mol L<sup>-1</sup> foram realizadas empregando-se a relação solo/solução de 1:2,5, conforme procedimento analítico descrito por Defelipo e Ribeiro (1981). Os íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  foram extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e determinados com EDTA

---

<sup>1</sup> Segundo Lepsch (2011, p.126) a lei de Stokes pode ser expressa pela equação:  $V = h/t = [d^2 g (D_p - D_f)] / 18 \eta$ , onde V= velocidade de uma partícula em sedimentação; h= distância; t= tempo; d= diâmetro efetivo das partículas; g= gravidade; (D<sub>p</sub> - D<sub>f</sub>)= densidade do fluido e  $\eta$ = viscosidade do fluido.

0,025 mol L<sup>-1</sup>; Al<sup>3+</sup> foi extraído com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e determinado com NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup>; H + Al foram extraídos com acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> a pH 7,0 e determinados com NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup>; P<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup> foram extraídos com extrator Mehlich-1 e determinados no fotômetro de chama (EMBRAPA, 1999). A Matéria Orgânica foi determinada pela equação: (carbono orgânico X 2,724 - Walkley-Black), método Walkley-Black (WALKLEY; BLACK, 1934).

### 3.3.3 *Classificação da matéria orgânica – Relação C/N*

A relação Carbono-Nitrogênio (C/N) traduz o equilíbrio em termos de nutrientes e energia disponível na mistura para os microrganismos de decomposição, por isso é um parâmetro sempre importante (EMBRAPA, 1999). Essa relação serve para indicar o tempo de decomposição e a quantidade de nutrientes presentes no material orgânico. Matéria orgânica com baixa relação C/N se decompõe mais rápido e libera maior quantidade de nutrientes para o solo. Plantas jovens, à medida que crescem, e se desenvolvem aumentam a relação C/N, ou seja, a relação C/N aumenta com a idade da planta.

Essa relação também permite classificar o tipo de horizonte superficial do solo. Nesse trabalho adotou-se a proposta de Gobat, et al (2003):

C/N = 8 a 15 tipo Mull

C/N = 15 a 25 tipo Moder

C/N > 25 tipo Mor

## 3.4 **Florística e Fitossociologia**

Acompanhando o transecto do levantamento fitopedogeomorfológico foram demarcadas quatro parcelas em cada um dos três geoambiente com cobertura vegetal de Campinarana ou de Transição: Espodossolo bem drenado – Campinarana; Criptopodzol/Gleissolo – Transição Campinarana/Floresta de Terra Firme; Espodossolo hidromórfico - Campinarana, para o estudo fitossociológico.

Em campo foram observadas características fisionômicas de um ambiente presente entre a transição Campinarana/Floresta de Terra Firme e a Campinarana sobre o Espodossolo hidromórfico e apesar de não estar previsto no escopo do trabalho, o geoambiente 4, caracterizado pela presença da Floresta de Terra Firme foi estudado por meio de amostragem

e observação da morfologia geral. De acordo com Pillar (1994) a amostragem é necessária quando não é possível ou não é conveniente acessar a totalidade do universo amostral, ou seja, agregados de elementos da mesma natureza que difere individualmente em relação a determinada característica (variável de interesse), como diâmetro, altura, espécie, etc. (PÉLLICO NETO e BRENA, 1997). Com isso, informações sobre uma parte deste ou uma amostra podem ser usadas para inferir atributos sobre o seu todo.

### **3.4.1 *Inventário florístico e coleta de amostras***

As coletas botânicas foram realizadas no período de fevereiro e março de 2013. Foram instaladas quatro parcelas de área fixa de 10 x 10 metros nos três geoambientes, mantendo distanciamento entre elas de 10 metros, salvo no segundo geoambiente, em que, devido à distribuição do solo na paisagem não foi possível manter essa configuração. Nesse caso, as parcelas foram distribuídas ao longo da área de ocorrência do Gleissolo. Foram coletadas amostras de pelo menos um indivíduo de cada espécie por parcela, em período reprodutivo ou não. Foi realizado, ainda, o levantamento de todos os indivíduos arbóreo-arbustivos, vivos ou mortos em pé, com CAP igual ou superior 20 cm. Todos os espécimes foram medidos, tiveram anotadas a altura e CAP e receberam marcação de plaquetas numeradas. A identificação dos morfotipos coletados foi feita por meio de literatura especializada, comparações com exsicatas do herbário do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), onde as exsicatas foram depositadas e por consulta a especialistas e parataxônomos.

## **3.5 Análises Estatísticas**

Os dados coletados no inventário florestal foram compilados e os parâmetros fitossociológicos de densidade, frequência, dominância, área basal e o índice de valor de importância foram calculados para todas as parcelas, de todos os geoambientes.

### **3.5.1 *Determinação dos Parâmetros Fitossociológicos***

A análise da estrutura vertical permite verificar a participação das diversas espécies na comunidade, suas relações entre si e quais os seus padrões de distribuição espacial. As

fitofisionomias estudadas foram comparadas quanto à similaridade florística entre si. Segundo Pillar (2002), a descrição quantitativa de uma comunidade envolve registros de suas características, como densidade, frequência, cobertura ou biomassa. A avaliação objetiva exige uma amostragem dentro da comunidade vegetal e a aplicação de métodos apropriados.

Para os táxons encontrados (espécies e famílias) calcularam-se os seguintes parâmetros fitossociológicos: densidade (absoluta e relativa); frequência (absoluta e relativa), dominância (absoluta e relativa), área basal e índice de valor de importância. Os parâmetros fitossociológicos da Estrutura Horizontal foram calculados através das seguintes fórmulas, adaptadas de Lima (1997), Scolforo (1998) e Mello (1999):

**Densidade absoluta (DeAb)**: representa o número total de indivíduos (N) de uma espécie por unidade de área (ha). Diz respeito ao grau de participação de cada espécie que ocorre numa associação vegetal, em relação a uma determinada área, representada por:

$$DeAb = \frac{N}{ha}$$

**Densidade relativa (DeRel)**: Expressa em porcentagem, é a relação entre o número de indivíduos de um determinado táxon (n) e o número de indivíduo de todos os táxons (N). Representa a porcentagem com que um táxon aparece na amostragem em relação ao total de indivíduos do componente amostrado, representada por:

$$DeRel = \frac{n}{N} \times 100$$

**Dominância (Do)**: Expressa a influência ou contribuição de táxon na comunidade, calculada geralmente em valores indiretos da biomassa.

$$AB = DAP^2 \times \pi/4$$

\*Onde: DAP é o diâmetro à altura do peito.

\*\* Obs: Para converter o CAP para DAP basta dividir por  $\pi$ .

**Dominância (DoAb)**: representa o valor que a área basal (AB) da espécie ocupa em 1 ha. Está diretamente relacionada com o diâmetro e com o número de indivíduos. A área basal pode ser calculada a partir de:

$$DoAb = \frac{AB}{ha}$$

**Dominância Relativa (DoRel)**: valor, em porcentagem, que a área basal de um táxon (AB) representa quando comparada a soma das áreas basais de todos os táxons ( $\sum AB$ ). Pode ser calculada por:

$$DoRel = \frac{AB}{\sum AB} \times 100$$

**Frequência (FrAb)**: é a porcentagem de amostras em que foi registrado um dado táxon. Está relacionada com a uniformidade de distribuição horizontal de cada espécie no terreno por ela ocupada, caracterizando assim sua ocorrência (X) dentro das unidades amostrais (TP). Calculado a partir de:

$$FrAb = \frac{X}{TP} \times 100$$

\* Onde X = Quantas parcelas a espécie ocorre

\*\* TP = Número total de parcelas

**Frequência Relativa (FrRel)**: relação em porcentagem da ocorrência do táxon i pela somatória de ocorrências para todos os táxons do componente analisado. Representado por:

$$FrRel = \frac{FrAb}{\sum FrAb} \times 100$$

**Índice de Valor de Importância (IVI)**: consiste na soma aritmética dos valores relativos de densidade, dominância e frequência, dando uma indicação da importância da espécie dentro do povoamento.

$$IVI = DR + DoR + FR$$

### 3.5.2 Índice para avaliar a diversidade florística

A diversidade florística está diretamente relacionada com a estrutura da vegetação. Segundo Brower e Zar (1977) o grau da diversidade de espécies em uma comunidade vegetal está em função da riqueza e da abundância destas espécies. Portanto, a alta ou baixa diversidade de uma comunidade será consequência da presença de espécies muito ou pouco abundantes.

Barros (1986) considera que, entre as inúmeras medidas existentes para calcular a diversidade florística ou riqueza de espécies, a mais simples e óbvia é o número de espécies de alguns grupos taxonômicos por unidade de área, portanto, o índice de Shannon, que foi criado em 1974, é um dos mais conhecidos e empregados.

**Índice de Diversidade de Shannon (H')**: expressa a diversidade de espécies das comunidades vegetais. Quanto maior o valor de H', maior a diversidade florística da população em estudo.

$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$

\* Em que:

**i** = 1 ... n;

**s** = Número total de espécies amostradas;

**n<sub>i</sub>** Número de indivíduos amostrados para a i-ésima

**N** Número total de indivíduos amostrados;

**ln** Logaritmo neperiano.

Os valores obtidos pelo cálculo do índice de diversidade Shannon foram comparados quanto à significância pelo teste-t de Hutcheson (ZAR, 1996). Foi admitindo 95% de confiança ( $p < 0.05$ ), seguido de correção de Bonferroni  $p = 0,05/3 = 0,0167$ .

$$t = \frac{H'_1 - H'_2}{\sqrt{S_{H_1}^2 + S_{H_2}^2}}$$

Para aumentar o poder de significância do teste-t, foi utilizada a técnica de ranqueamento de Bonferroni, que é uma técnica utilizada em inferências estatísticas simultâneas, para ajustar a significância ( $\alpha$ ) do teste utilizado, ao número de combinações realizadas (k) para o teste (LIBANO e FELFILI, 2006).

### **3.5.3 *Análise de Similaridade florística***

Para análise e comparação da similaridade florística dos geoambiente, os dados quantitativos coletados foram tratados no software *Past*, na função *Cluster*, de modo a obter um dendrograma de classificação por análise de agrupamento.

### **3.5.4 *Análise de Componentes Principais (PCA)***

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi utilizada para reduzir a dimensionalidade das 21 variáveis de solo e assim definir as principais variáveis que explicam a variação dos atributos do solo - horizontes superficiais do solo de 0-10 cm de profundidade. Antes de realizar a PCA, os valores das variáveis do solo foram normalizados, sendo atribuídos valores de 0 a 100 para cada uma das variáveis, permitindo assim, igualar a escala de variação entre os diferentes fatores. A dimensionalidade da matriz de variáveis ambientais foi reduzida pela técnica de ordenação NMDS (*Non-Metric Multidimensional Scaling*).

Os eixos resultantes das ordenações que melhor descreveram a composição da comunidade foram usados como variável dependente em modelos de regressão múltipla, visando testar os efeitos do solo e diversidade (obtidos através da PCA). A análise de PCA foi realizada através do *software* Fitopac 2.1.

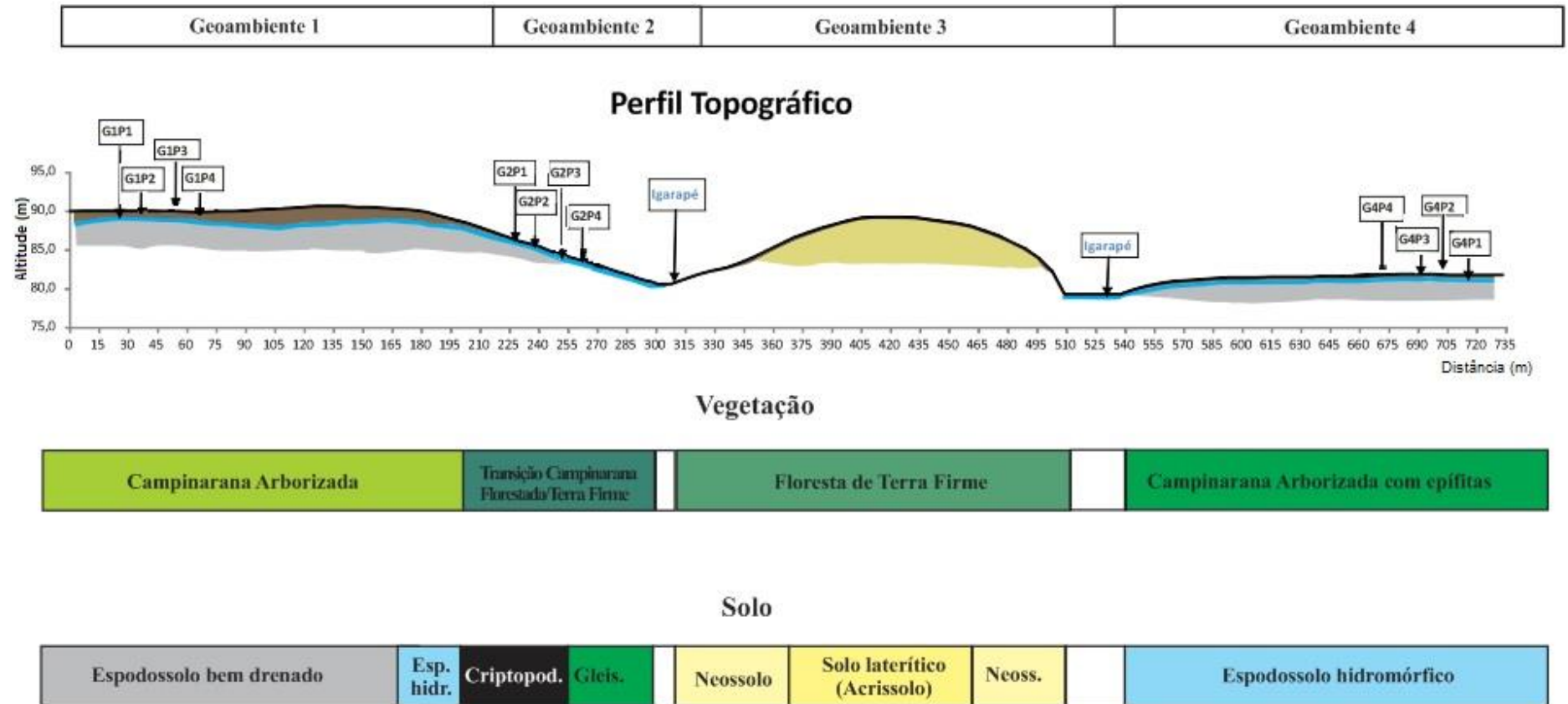
## **4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS**

Os resultados deste trabalho estão apresentados divididos em dois tópicos, sendo que no primeiro são apresentados os dados referentes ao levantamento pedológico e botânico e discutida sua relação; tem como título: **CAMPINARANAS AMAZÔNICAS: Relações vegetação-solo e fitossociologia das Campinaranas Amazônicas na bacia do alto Rio Negro.** Já o segundo trata da gênese da paisagem nos diferentes geoambientes estudados e o título é o seguinte: **OS SOLOS E GEOAMBIENTES DAS CAMPINARANAS AMAZÔNICAS: Relação genética entre os geoambientes e a evolução a paisagem em um transecto na bacia do alto Rio Negro, Amazônia.**

### **4.1 CAMPINARANAS AMAZÔNICAS: Relações vegetação-solo e fitossociologia das Campinaranas Amazônicas na bacia do alto Rio Negro**

No transecto representado pela Figura 14, os tipos de vegetação encontrados estão representados de acordo com a distribuição espacial e tipo de solo, encontrados em cada geoambiente.

Figura 14 - Transecto estudado. As parcelas delimitadas para inventário da vegetação foram identificadas por siglas, de acordo com o geoambiente em que estão inseridas, sendo G1P1 a G1P4: Campinarana Florestada no geoambiente 1; G2P1 a G2P4: transição de Campinarana Florestada para Floresta de Terra Firme no geoambiente 2, e G4P1 a G4P4: Campinarana Arborizada com presença de epífitas no geoambiente 4.



Fonte: Dados de campo, 2013.

Em todo o transecto estudado foi feita uma caracterização geral da vegetação, baseada em observações em campo. A mudança de uma fitofisionomia para outra é nítida, onde mudanças estruturais e composição florística, porte dos arbóreos, espaçamento entre estes e entrada de luz no ambiente são alguns dos fatores que permitem essa caracterização.

#### 4.1.1 Caracterização florística

O primeiro geoambiente, representado pelos Espodosolos bem drenado e hidromórfico do topo – G1, assume a fitofisionomia de Campinarana Florestada composta, quase exclusivamente, por uma espécie da família Fabaceae, *Eperua leocantha* (Javacana).

Nesse ambiente os indivíduos arbóreos encontram-se espaçados, com troncos eretos e CAP médio de 41 cm e dossel descontínuo, possibilitando assim uma maior entrada de luz, atingindo o solo. Com isso há formação de um sub-bosque incipiente como se pode observar na Figura 15. Há presença de serrapilheira rasa, com 2 cm de espessura e o lençol freático se encontrava a 137 cm de profundidade, no dia 24 de fevereiro de 2013.

**Figura 15 - Vista da Vegetação no geoambiente 1 – G1.**



Fonte: Autora (arquivo pessoal), 2013.

O segundo geoambiente, onde foram identificados o Criptopodzol e o Gleissolo - G2, a vegetação é caracterizada como sendo uma transição entre Campinarana para Floresta de Terra Firme. Apresenta-se distinta da vegetação presente geoambiente anterior, com indivíduos de médio/grande porte, presença de sub-bosque em desenvolvimento e diferença na composição florística (Figura 16).

A vegetação é composta por indivíduos das duas fitofisionomias em diferentes estágios de desenvolvimento, sendo perceptível pela variação da estratificação e porte desses indivíduos nesse geoambiente, onde há um número pequeno destes indivíduos que apresentam CAP superior a 20 cm em meio a outros com mais de 200 cm tendo, portanto, média de 53 cm. Devido a essa variação, assim como no geoambiente anterior, há entrada de luz chegando até o solo. A serrapilheira presente é de 6 cm de espessura e o lençol freático no Criptopodzol encontra-se a 29 cm (o lençol suspenso) e a 220 cm (o lençol mais profundo) e no Gleissolo, encontrado a 130 cm (lençol profundo) no dia 25 de fevereiro de 2013, entre eles foi identificado o horizonte Bh.

**Figura 16 - Vista da vegetação no geoambiente 2 – G2.**



**Fonte: Autora (arquivo pessoal), 2013.**

O geoambiente 3 é composto por Floresta de Terra Firme sobre solo laterítico amarelo – G3, com indivíduos arbóreos de grande porte, presença de lianas e cipós, além de algumas epífitas e palmeiras (Figura 17). Nesse geoambiente há pouca entrada de luz, já que o dossel das árvores se encontram em sobreposição uns dos outros, mantendo-se contínuo. A formação de sub-bosque é quase inexistente, com apenas alguns indivíduos herbáceos.

A serrapilheira encontrada tem 9 cm de espessura e o lençol freático não foi encontrado até a profundidade tratada (150 cm de profundidade). Esse geoambiente não foi

contemplado no inventário porque a caracterização das coberturas florestais de Terra Firme não fazia parte do escopo do presente trabalho.

**Figura 17 - Floresta de Terra Firme, vegetação presente no geoambiente 3.**



**Fonte: Guilherme Taitson Bueno (arquivo pessoal), 2006.**

O Espodossolo hidromórfico, geoambiente 4, apresenta a fitofisionomia de Campinarana Arborizada – G4 com presença significativa de epífitas de diferentes espécies de Bromeliaceae, Orchidaceae e Arecaceae, como se pode observar na Figura 18. Algumas espécies encontradas nesse geoambiente estão presentes também no geoambiente 1, como *Eperua leocantha* e *Eperua purpurea*.

Os indivíduos arbóreos têm troncos finos, com CAP médio de 0,41cm e estão distantes entre si, o que permite entrada de luz, que atinge o solo. O solo é saturado e o lençol aflora na superfície. É comum a presença de pteridófitas em “murundus” compostos por emaranhados de raízes e solo em meio aos canais de escoamento da água.

**Figura 18 - Vista do geoambiente 4 – G4. Na foto pode-se observar a quantidade de epífitas nos troncos das árvores.**

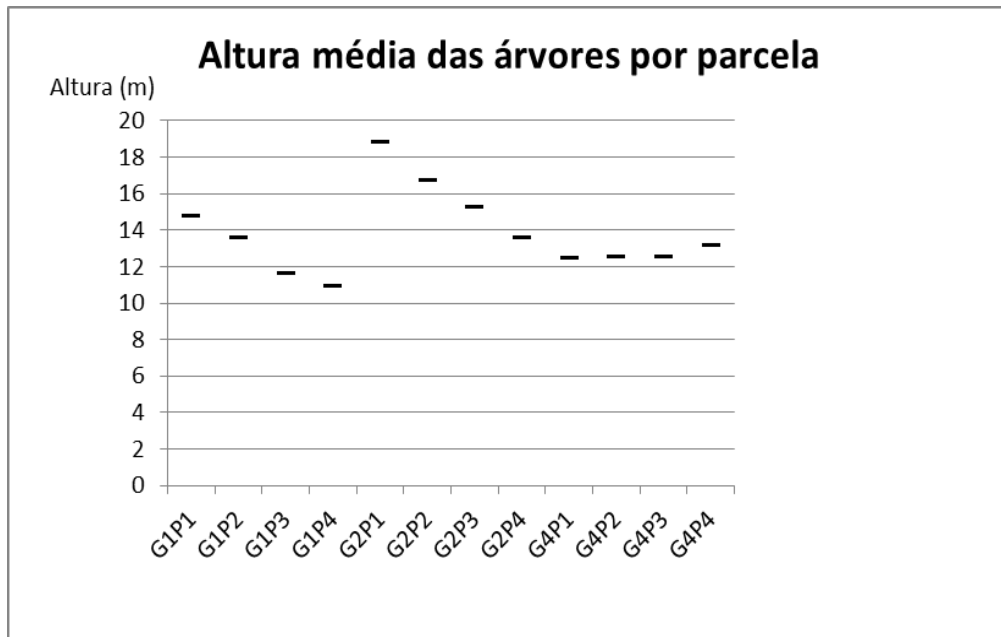


**Fonte: Autora (arquivo pessoal), 2013.**

Em todas as parcelas dos três geoambiente inventariados (G1, G2 e G4) a altura média das árvores apresentou valores entre 10 e 20 metros de altura, sendo que os indivíduos do G2 são os mais altos e de maior porte.

É possível observar a variação das alturas dentro de um mesmo geoambiente. No geoambiente 1 (G1), as parcelas apresentam as seguintes alturas médias: G1P1 14,77 m; G1P2 13,60 m; G1P3 11,67 m e G1P4 10,93 m. Como há homogeneidade nas espécies desse geoambiente (domínio de *Eperua leocantha*), a variação da altura é de aproximadamente 3 m. Já no geoambiente 2 (G2), as árvores são mais altas do que os demais, porém, a variação é aproximadamente 5 m, não muito distante daquela encontrada no G1: G2P1 18,87 m; G2P2 16,75 m; G2P3 15,25 m; G2P4 13,58 m. No geoambiente 4 (G4) a variação de altura é menor, de aproximadamente 1 m: G4P1 12,50 m; G4P2 12,54 m; G4P3 12,52 m e G4P4 13,18 m (Figura 19).

**Figura 19 - Gráfico de altura média das árvores, por parcela amostrada em cada geoambiente inventariado.**



Fonte: Elaborado pela autora.

Em toda a área de estudo foi amostrado um total de 159 indivíduos de espécies da flora, sendo 153 vivos e 6 mortos, em duas fitofisionomias e três geoambientes distintos: Geoambiente 1 (39 indivíduos), Geoambiente 2 (31 indivíduos) e Geoambiente 4 (83 indivíduos). No total, foram identificadas 55 espécies, distribuídas em 50 gêneros e 15 famílias (Tabela 1), sendo que, desses totais, 21 estão classificadas como morfo-espécies, por não ter sido possível sua identificação, pois não apresentavam estruturas reprodutivas.

Poucas espécies estão presentes em mais de um geoambiente, como é o caso da *Gilibertia palustres*, *Eperua leucanta* e *Eperua purpúrea*, encontradas no geoambiente 1 e 4. Do total registrado, apenas uma espécie, *Hevea spruceana*, está presente no geoambiente 2 e foi encontrada em outro geoambiente, no G4. As demais tiveram ocorrência em apenas um geoambiente (Tabela 1) e nenhuma das espécies encontradas esteve presente em todos os geoambientes do levantamento, o que evidencia a grande variação encontrada ao longo do transecto estudado.

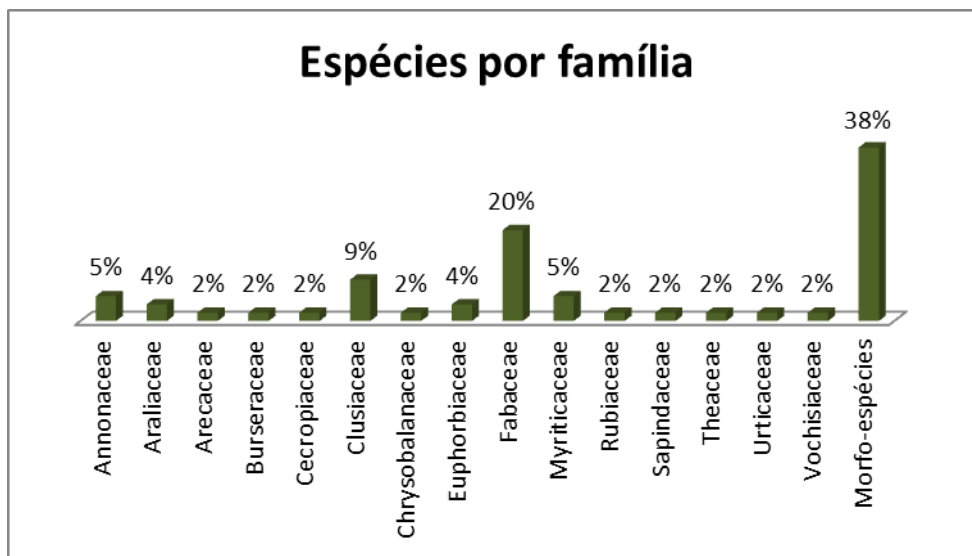
**Tabela 1 - Espécies ocorrentes nos três geoambientes: G1 (Geoambiente 1 - Campinarana Florestada), G2 (Geoambiente 2 – Transição Campinarana Florestada/Floresta de Terra Firme), G4 (Campinarana Arborizada com epífitas).**

Família	Nome Científico	G 1	G2	G4
Annonaceae	<i>Bocageopsis multiflora</i>		X	
	<i>Oxandra mediocris</i>		X	
	Envira morfo-espécie			X
Araliaceae	<i>Dendropanax</i> sp.			X
	<i>Gilbertia palustris</i>	X		X
Arecaceae	Palmeira morfo-espécie			X
Bursaceae	<i>Protium hebetatum</i>		X	
Cecropiaceae	<i>Cecropia</i> sp.			X
	<i>Clusia grandiflora</i>			X
	<i>Clusia columnaris</i>			X
Clusiaceae	<i>Caraipa costata</i>		X	
	<i>Caraipa</i> sp.			X
	<i>Tovomita longifolia</i>			X
Chrysobalanaceae	<i>Licania longistyla</i>			X
Euphorbiaceae	<i>Hevea spruceana</i>		X	X
	<i>Micrandra spruceana</i>		X	
	<i>Aldina discolor</i>			X
	<i>Alexa bauhiniiflora</i>		X	
	<i>Clathrotropis macrocarpa</i>		X	
	<i>Cynometra marginata</i>		X	
Fabaceae	<i>Eperua leucantha</i>	X		X
	<i>Eperua purpurea</i>	X		X
	<i>Heterostemon ellipticus</i>		X	
	<i>Ormosia flava</i>			X
	<i>Ormosia nobilis</i>			X
	<i>Pterocarpus santalinooides</i>		X	
	<i>Swartzia acuminata</i>		X	
Myricaceae	<i>Iryanthera coriacea</i>		X	
	<i>Iryanthera laevis</i>			X
	<i>Iryanthera</i> sp.			X
Rubiaceae	<i>Coussarea racemosa</i>		X	
Sapindaceae	<i>Cupania rubiginosa</i>		X	
Theaceae	<i>Ternstroemia</i> sp.			X
Urticaceae	<i>Pouruma acuminata</i>			X
Vochisiaceae	<i>Erisma</i> sp.			X
	Morfo-espécie 1			X
	Morfo-espécie 2			X
	Morfo-espécie 3			X
	Morfo-espécie 4			X
	Morfo-espécie 5			X
	Morfo-espécie 6			X
	Morfo-espécie 7			X
	Morfo-espécie 8			X
	Morfo-espécie 9			X
	Morfo-espécie 10			X
	Morfo-espécie 11			X
	Morfo-espécie 12		X	
	Morfo-espécie 13		X	
	Morfo-espécie 14		X	
	Morfo-espécie 15		X	
	Morfo-espécie 16		X	
	Morfo-espécie 17		X	
	Morfo-espécie 18	X		
	Morfo-espécie 19	X		
	Morfo-espécie 20	X		
Morfo-espécie 21	X			

Fonte: Elaborado pela autora.

A família mais representativa da área do transecto quanto ao número de espécies foi Fabaceae, com onze espécies (20% do total de espécies) e nove gêneros. Outras nove famílias apresentaram apenas uma espécie cada e juntas representando um total de 18% das espécies registradas. O grupo das morfo-espécies (espécies não identificadas) se destacou, com 21 espécies distintas, referente a 38% do total por família, registrado (Figura 20).

**Figura 20 - Gráfico de porcentagem de espécies por família identificada.**



Fonte: Elaborado pela autora.

#### 4.1.2 Fitossociologia e diversidade

A família com maior Índice de Valor de Importância (IVI) para os três Geoambientes foi a Fabaceae, sendo que para o Geoambiente 1 encontrou-se o valor de: 180,62, para o Geoambiente 2: 75,12 e para o Geoambiente 4: 190,69 (Tabela 2). A espécie *Eperua leocantha* possui a maior dominância relativa (23,67%), seguida por *Ormosia flava* (16,78%) e *Eperua purpurea* (4,27%). A dominância destas espécies se dá principalmente devido ao número de indivíduos presentes na área estudada (que é pouco superior às demais), o que também explica a elevação do Índice de Valor de Importância (IVI) destas duas espécies em especial. Por ordem de Valor de Importância, tem-se *Eperua leocantha*, *Ormosia flava* e *Eperua purpurea* com 74,97%, 13,25% e 12,14% do IVI total, respectivamente.

Pode-se observar na Tabela 2 que o Geoambiente 4 possui o maior valor de área basal total, dentre os estudados, com 2,49 m<sup>2</sup>, seguido pelo Geoambiente 2, com área basal total de 1,61 m<sup>2</sup> e por fim, o Geoambiente 1 com 1,47 m<sup>2</sup> de área basal total. Tal comparação é de

grande relevância para a caracterização da estrutura das comunidades. A área basal possui relação direta com a biomassa vegetal e indireta com fatores ambientais como o microclima (luminosidade e temperatura), interceptação de água da chuva e disponibilidade de abrigo e alimento para a fauna (DURIGAN, 2009). A análise da área basal total e da densidade total revela aspectos estruturais importantes destas comunidades, com destaque para a espécie *Eperua leocantha*, presente no Geoambiente 1, que apresentou valor considerável (900 ind/ha), se comparado com as demais espécies identificadas, que apresentaram, na grande maioria valores próximos de 25 ind/ha (Tabela 2).

A densidade total de indivíduos é outro importante atributo na caracterização e distinção dos ambientes. Tanto o geoambiente 1, quanto o Geoambiente 2, apresentaram 950 ind/ha, enquanto o geoambiente 4 foi aproximadamente duas vezes mais adensado, com 1.925 ind/ha (Tabela 2). A densidade, em todas as parcelas foi considerada baixa apesar do valor do adensamento encontrado no geoambiente 4 e com isso, algumas espécies são consideradas raras na amostragem. As espécies com baixos valores de densidade e frequência são comumente denominadas raras, sendo estas raras apenas no conceito numérico para uma determinada área num determinado momento, e não necessariamente do ponto de vista biológico, visto que podem ocorrer em outros ambientes próximos à área de estudo (FIGUEIREDO, 1993). Porém, foram estas espécies que determinaram a diversidade significativa dos geoambientes do transecto. Neste grupo, devem existir algumas espécies verdadeiramente raras, considerando suas características biológicas e adaptativas, como aquelas de baixa densidade local por motivos sucessionais, além daquelas que apresentam baixa densidade por serem espécies de outras formações, dentre elas, 20 espécies apresentaram baixos valores de densidade e frequência (8,33), podendo, portanto, serem consideradas as espécies raras do transecto estudado (Tabela 2).

**Tabela 2 - Parâmetros fitossociológicos das espécies e do grupo de árvores amostradas em toda a área de estudo. As espécies estão ordenadas por família. DeAb = Densidade Absoluta; DeRel = Densidade Relativa; FrAb = Frequência Absoluta; FrRel = Frequência Relativa; DoAb = Dominância Absoluta; DoRel = Dominância Relativa e IVI = Índice de Valor de Importância.**

Família	Espécie	Número de indivíduos	Número de parcelas que ocorre	Área Basal (m <sup>2</sup> /ha)	DeAb (%)	DeRel (%)	FrAb (%)	FrRel (%)	DoAb (%)	DoRel (%)	IVI
Annonaceae	<i>Bocageopsis multiflora</i>	3	3	0,0889356	25,00	1,96	25,00	3,80	0,74	1,58	7,34
	<i>Oxandra mediocris</i>	1	1	0,0053794	8,33	0,65	8,33	1,27	0,04	0,10	2,01
	<i>Envira morfo-espécie</i>	1	1	0,0191065	8,33	0,65	8,33	1,27	0,16	0,34	2,26
Araliaceae	<i>Dendropanax sp.</i>	3	3	0,0150321	25,00	1,96	25,00	3,80	0,13	0,27	6,03
	<i>Gilibertia palustris</i>	1	1	0,0249554	8,33	0,65	8,33	1,27	0,21	0,44	2,36
Arecaceae	Palmeira morfo-espécie	1	1	0,007162	8,33	0,65	8,33	1,27	0,06	0,13	2,05
Burseraceae	<i>Protium hebetatum</i>	3	2	0,0169659	25,00	1,96	16,67	2,53	0,14	0,30	4,79
Cecropiaceae	<i>Cecropia sp.</i>	1	1	0,0049736	8,33	0,65	8,33	1,27	0,04	0,09	2,01
Clusiaceae	<i>Clusia grandiflora</i>	4	1	0,0436879	33,33	2,61	8,33	1,27	0,36	0,78	4,66
	<i>Clusia columnaris</i>	1	1	0,0045837	8,33	0,65	8,33	1,27	0,04	0,08	2,00
	<i>Caraipa costata</i>	1	1	0,0108941	8,33	0,65	8,33	1,27	0,09	0,19	2,11
	<i>Caraipa sp.</i>	1	1	0,0062389	8,33	0,65	8,33	1,27	0,05	0,11	2,03
	<i>Tovomita longifolia</i>	1	1	0,0045837	8,33	0,65	8,33	1,27	0,04	0,08	2,00
Chrysobalanaceae	<i>Licania longistyla</i>	1	1	0,0147138	8,33	0,65	8,33	1,27	0,12	0,26	2,18
Euphorbiaceae	<i>Hevea spruceana</i>	5	3	0,0393987	41,67	3,27	25,00	3,80	0,33	0,70	7,77
	<i>Micrandra spruceana</i>	2	2	0,2378565	16,67	1,31	16,67	2,53	1,98	4,22	8,06
Fabaceae	<i>Aldina discolor</i>	5	3	0,2854835	41,67	3,27	25,00	3,80	2,38	5,07	12,14
	<i>Alexa bauhiniiflora</i>	4	2	0,0718185	33,33	2,61	16,67	2,53	0,60	1,28	6,42
	<i>Clathrotropis macrocarpa</i>	3	2	0,0487411	25,00	1,96	16,67	2,53	0,41	0,87	5,36
	<i>Cynometra marginata</i>	1	1	0,0097482	8,33	0,65	8,33	1,27	0,08	0,17	2,09
	<i>Eperua leucantha</i>	63	8	1,3326808	525	41,18	66,67	10,13	11,11	23,67	74,97
	<i>Eperua purpurea</i>	6	4	0,2402757	50,00	3,92	33,33	5,06	2,00	4,27	13,25
	<i>Heterostemon ellipticus</i>	1	1	0,0062389	8,33	0,65	8,33	1,27	0,05	0,11	2,03
	<i>Ormosia flava</i>	4	2	0,9447734	33,33	2,61	16,67	2,53	7,87	16,78	21,93
	<i>Ormosia nobilis</i>	1	1	0,497358	8,33	0,65	8,33	1,27	4,14	8,83	10,75
	<i>Pterocarpus santalinoides</i>	2	1	0,0477862	16,67	1,31	8,33	1,27	0,40	0,85	3,42
Myricaceae	<i>Swartzia acuminata</i>	1	1	0,007162	8,33	0,65	8,33	1,27	0,06	0,13	2,05
	<i>Iryanthetra coriacea</i>	2	1	0,0038515	16,67	1,31	8,33	1,27	0,03	0,07	2,64

	<i>Iryanthetra laevis</i>	1	1	0,0058012	8,33	0,65	8,33	1,27	0,05	0,10	2,02
	<i>Yrianthera</i> sp.	1	1	0,0133769	8,33	0,65	8,33	1,27	0,11	0,24	2,16
Rubiaceae	<i>Coussarea racemosa</i>	2	1	0,0073609	16,67	1,31	8,33	1,27	0,06	0,13	2,70
Sapindaceae	<i>Cupania rubiginosa</i>	1	1	0,0031831	8,33	0,65	8,33	1,27	0,03	0,06	1,98
Theaceae	<i>Ternstroemia</i> sp.	1	1	0,0045837	8,33	0,65	8,33	1,27	0,04	0,08	2,00
Urticaceae	<i>Pouruma acuminata</i>	1	1	0,0127324	8,33	0,65	8,33	1,27	0,11	0,23	2,15
Vochisiaceae	<i>Erisma</i> sp.	1	1	0,0035094	8,33	0,65	8,33	1,27	0,03	0,06	1,98
	Morfo-espécie 1	1	1	0,028648	8,33	0,65	8,33	1,27	0,24	0,51	2,43
	Morfo-espécie 2	1	1	0,015406	8,33	0,65	8,33	1,27	0,13	0,27	2,19
	Morfo-espécie 3	1	1	0,006239	8,33	0,65	8,33	1,27	0,05	0,11	2,03
	Morfo-espécie 4	1	1	0,003852	8,33	0,65	8,33	1,27	0,03	0,07	1,99
	Morfo-espécie 5	1	1	0,007162	8,33	0,65	8,33	1,27	0,06	0,13	2,05
	Morfo-espécie 6	1	1	0,010894	8,33	0,65	8,33	1,27	0,09	0,19	2,11
	Morfo-espécie 7	1	1	0,006692	8,33	0,65	8,33	1,27	0,06	0,12	2,04
	Morfo-espécie 8	1	1	0,010894	8,33	0,65	8,33	1,27	0,09	0,19	2,11
	Morfo-espécie 9	1	1	0,011491	8,33	0,65	8,33	1,27	0,10	0,20	2,12
	Morfo-espécie 10	1	1	0,021518	8,33	0,65	8,33	1,27	0,18	0,38	2,30
	Morfo-espécie 11	1	1	0,035722	8,33	0,65	8,33	1,27	0,30	0,63	2,55
	Morfo-espécie 12	1	1	0,020698	8,33	0,65	8,33	1,27	0,17	0,37	2,29
	Morfo-espécie 13	1	1	0,497358	8,33	0,65	8,33	1,27	4,14	8,83	10,75
	Morfo-espécie 14	1	1	0,012104	8,33	0,65	8,33	1,27	0,10	0,21	2,13
	Morfo-espécie 15	1	1	0,012732	8,33	0,65	8,33	1,27	0,11	0,23	2,15
	Morfo-espécie 16	1	1	0,038993	8,33	0,65	8,33	1,27	0,32	0,69	2,61
	Morfo-espécie 17	1	1	0,458365	8,33	0,65	8,33	1,27	3,82	8,14	10,06
	Morfo-espécie 18	1	1	0,108933	8,33	0,65	8,33	1,27	0,91	1,93	3,85
	Morfo-espécie 19	2	1	0,1363	16,67	1,31	8,33	1,27	1,14	2,42	4,99
	Morfo-espécie 20	1	1	0,084233	8,33	0,65	8,33	1,27	0,70	1,50	3,42
	Morfo-espécie 21	1	1	0,010894	8,33	0,65	8,33	1,27	0,09	0,19	2,11
		153			1275,00	100,00	658,33	100,00	46,9172	100,00	300,00

Fonte: Elaborado pela autora.

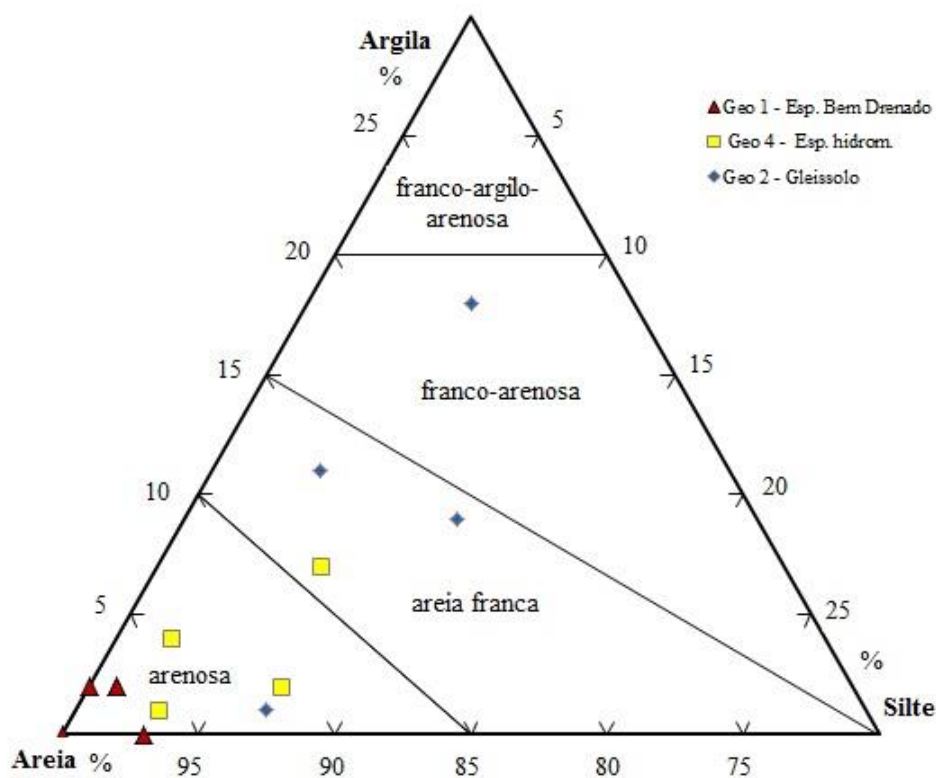
### 4.1.3 Relação vegetação-solo

#### 4.1.3.1 Caracterização textural dos horizontes superficiais do solo (0-10 cm de profundidade)

Sendo a textura do solo importante variável ambiental para vegetação, para melhor entendimento e caracterização dos horizontes superficiais do solo (0 - 10 cm de profundidade) foram feitas as análises granulométricas das amostras coletadas. A textura das amostras dos horizontes superficiais está representada no Triângulo Textural, na Figura 21.

As amostras coletadas no geambiente 1 foram classificadas como arenosas, pois apresentaram os maiores valores de areia (fina e grossa) com teores entre 97 e 98%, seguido pelo geambiente 4, classificado como arenoso e areia franca (apenas uma amostra) com teores entre 87 e 96% e por fim, o geambiente 2 com os menores teores, variando entre 76 e 92% e classificado como arenoso, areia franca e franco-arenoso devido a essa variação granulométrica (Figura 21).

**Figura 21 - Triângulo textural dos horizontes superficiais do solo (0-10 cm de profundidade)**



Fonte: Elaborado pela autora.

#### **4.1.3.2 Caracterização química dos horizontes superficiais do solo (0-10 cm de profundidade)**

Os dados das análises químicas das amostras dos horizontes superficiais do solo (0-10 cm de profundidade) coletadas no interior das quatro parcelas de cada geoambiente estão apresentados na Tabela 3. De maneira geral, esses horizontes superficiais são classificados com hiperácidos e ácidos, com pH variando de 4,17 a 4,88 nos geoambientes, sendo que, as amostras coletadas no Espodossolo hidromórfico (Geoambiente 4) apresentam os menores valores de pH, de 4,17 na amostra G4P2 a 4,30 na amostra G4P3 (Tabela 3).

Todas as amostras dos três geoambientes analisados são caracterizadas por uma baixa saturação de bases (V), sendo assim, classificadas como distróficas, cujos valores mais baixos de V% foram os do geoambiente 2, em que há transição de Campinarana Florestada e Floresta de Terra Firme, com os seguintes valores: G2P1 1,80% (menor valor); G2P2 3,20%; G2P3 2,40% e G2P4 2,30%. Contrapondo a esses baixos valores, o Índice de Saturação de Alumínio (m) são os mais altos G2P1 89,20% (maior valor); G2P2 81,80; G2P3 81,20; G2P4 86,70 (Tabela 3).

O teor de matéria orgânica dessas amostras superficiais varia de 2,30 a 13,43 dag/Kg em todo o transecto, sendo que no geoambiente 1, que é composto pela Campinarana Floresta sobre Espodossolo bem drenado e hidromórfico, há maior variação G1P1 3,58 dag/Kg; G1P2 2,94 dag/Kg; G1P3 13,43 dag/Kg e G1P4 10,11 dag/Kg.

As amostras coletadas no geoambiente 1 têm maior variação nos valores de Carbono Orgânico e na relação C/N, sendo que a amostra G1P3 apresenta os valores mais elevados de C. Orgânico (7,79) e da relação C/N (44,26), enquanto a amostra G4P3 apresenta os menores valores de C. Orgânico 1,33 e C/N 14,04. Sendo assim, três amostras do geoambiente 1 (G1P1 = 16,48, G1P2 = 21,32 e G1P4 = 24,55) foram classificadas como Moder, e apenas a G1P3 (44,26) foi classificada como Mor. As amostras do geoambiente 2 também foram classificadas em Mor e Moder, sendo G2P1 = 14,42 e G2P4 = 16,45 identificadas como Moder e G2P2 e G2P3 como Mor. Já no geoambiente 4, duas amostras foram classificadas com Mor (G4P3 = 43,28) e duas amostras classificadas como Moder (G4P1 = 16,61 G4P2 = 21,32 e G4P4 = 21,99) conforme GOBAT, 2003 (Tabela 3).

**Tabela 3 - Atributos químicos e granulometria das amostras dos horizontes superficiais do solo (0-10 cm de profundidade) dos geoambientes G1, G2 e G4, sendo A. Grossa = Areia Grossa, A. Fina = Areia Fina, SB = Soma de Bases Trocáveis, (t) = Capacidade de Troca Catiônica Efetiva, (T) = Capacidade de Troca Catiônica a pH7,0, V = Índice de Saturação de Bases, m = Índice de Saturação de Alumínio, MO = Matéria Orgânica, C Org. = Carbono Orgânico, C/N = Relação Carbono/Nitrogênio.**

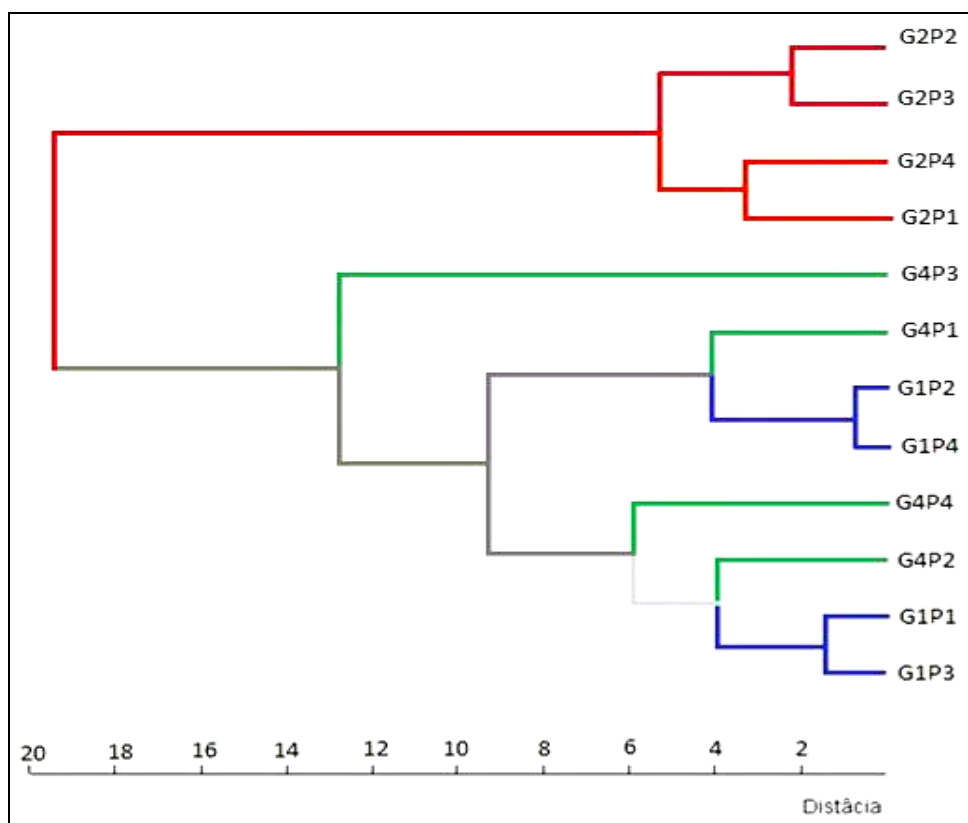
Amostra	Granulometria dag/Kg				pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	MO	N	C Org.	C/N	Zn	Fe	Mn	Cu
	A. Grossa	A. Fina	Silte	Argila																				
G1P1	80	18	0	2	4,81	9,40	44,00	0,17	0,14	0,67	7,00	0,42	1,09	7,42	5,70	61,50	3,58	0,13	2,08	16,48	1,39	11,30	5,70	0,26
G1P2	85	12	1	2	4,72	10,00	59,00	0,19	0,27	0,77	9,40	0,61	1,38	10,01	6,10	55,80	2,94	0,08	1,71	21,32	1,24	6,80	1,90	0,21
G1P3	77	20	3	0	4,57	1,60	86,00	0,27	0,27	1,64	17,00	0,76	2,40	17,76	4,30	68,30	13,43	0,18	7,79	44,26	2,72	4,40	3,40	0,29
G1P4	79	18	1	2	4,39	11,90	78,00	0,33	0,42	1,06	15,60	0,95	2,01	16,55	5,70	52,70	10,11	0,24	5,86	24,54	3,43	5,20	4,30	0,25
G2P1	58	27	4	11	4,30	4,10	23,00	0,03	0,05	1,16	7,50	0,14	1,30	7,64	1,80	89,20	2,81	0,11	1,63	14,42	0,70	78,90	0,90	0,36
G2P2	41	40	10	9	4,66	4,50	59,00	0,05	0,10	1,35	9,20	0,30	1,65	9,50	3,20	81,80	5,89	0,11	3,42	30,23	0,89	24,60	1,70	0,25
G2P3	68	24	7	1	4,50	3,50	37,00	0,11	0,09	1,25	11,60	0,29	1,54	11,89	2,40	81,20	4,73	0,09	2,74	31,18	1,71	4,70	1,50	0,35
G2P4	58	18	6	18	4,88	3,70	42,00	0,06	0,14	2,02	13,00	0,31	2,33	13,31	2,30	86,70	6,78	0,24	3,93	16,45	1,14	14,00	1,60	0,29
G4P1	76	20	3	1	4,20	7,50	42,00	0,07	0,18	0,96	7,80	0,36	1,32	8,16	4,40	72,70	3,58	0,13	2,08	16,61	0,67	4,50	0,70	0,26
G4P2	71	23	2	4	4,17	8,60	30,00	0,14	0,22	0,96	6,50	0,44	1,40	6,94	6,30	68,60	3,07	0,17	1,78	10,66	0,80	3,90	3,80	0,17
G4P3	63	24	6	7	4,30	6,00	31,00	0,07	0,27	0,87	8,70	0,42	1,29	7,12	5,90	67,40	2,30	0,10	1,33	14,04	0,60	4,50	2,70	0,20
G4P4	75	16	7	2	4,18	13,30	47,00	0,15	0,33	0,87	8,70	0,60	1,47	9,30	6,50	59,20	3,45	0,09	2,00	21,99	0,69	4,80	1,90	0,13

Fonte: Elaborado pela autora.

#### 4.1.3.3 Similaridade entre os geoambientes

O dendrograma de similaridade florística entre as parcelas e geoambientes é apresentado na Figura 22. A análise de correlação de Jaccard foi satisfatória, acima de 0,9841 e, associada à análise de agrupamento, aumentou a confiabilidade das conclusões em relação à interpretação dos dendrogramas (SOKAL e ROHLF, 1962). Segundo Mueller-Dombois e Elleberg (1974), para duas formações florestais serem consideradas similares, o índice de similaridade de Jaccard deve ser superior a 25%. Na análise foi encontrado um valor significativo do Índice de Jaccard: 0,98, ou seja, 98% de similaridade entre todos os ambientes estudados. De acordo com o índice de Jaccard, é possível afirmar que os geoambiente estudados no transecto apresentam espécies semelhantes entre si, entretanto, características como profundidade do solo, altura do lençol freático, matéria orgânica e nutrientes dos solos fazem com que estes geoambientes suportem florísticas diferentes.

**Figura 22- Dendrograma de Similaridade Florística entre os geoambiente inventariados G1, G2 e G4.**



Fonte: Elaborado pela autora.

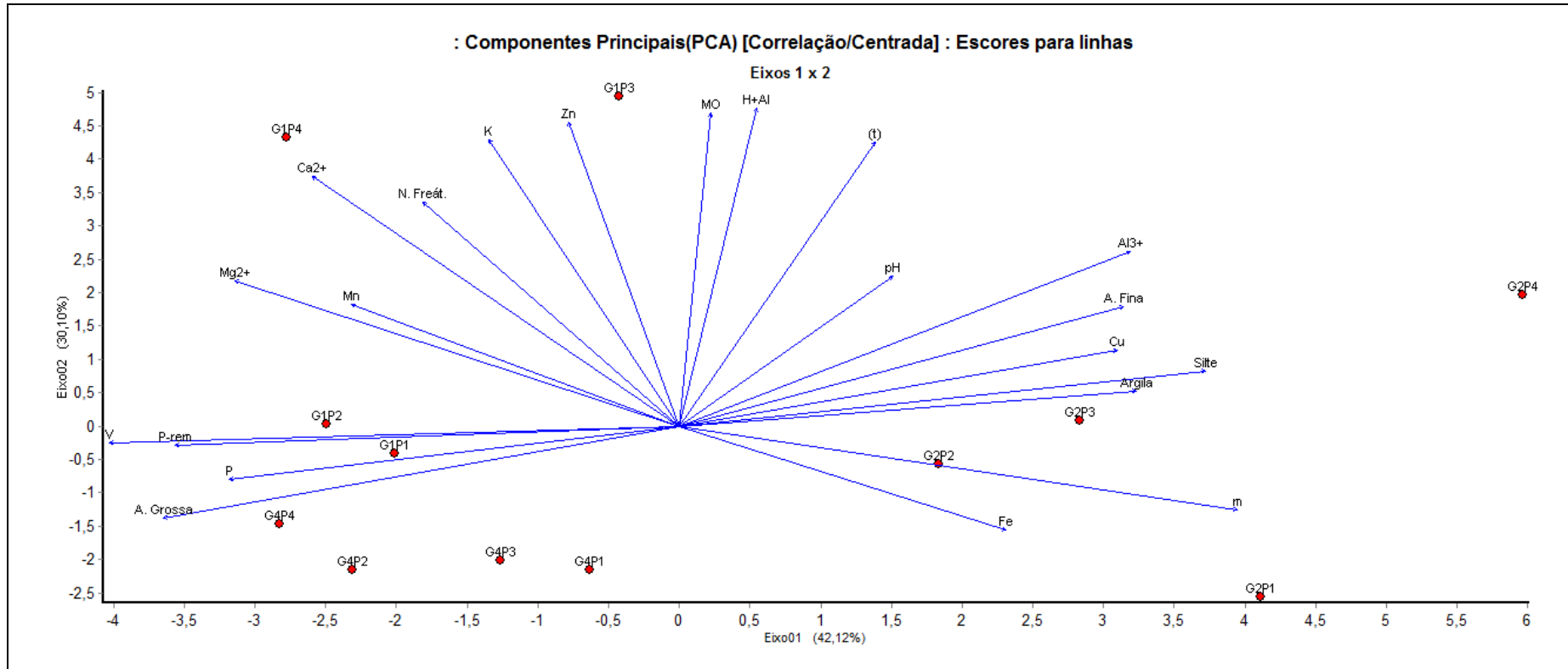
Com o dendrograma de classificação por análise de agrupamento podemos observar que, as parcelas inventariadas dentro de um mesmo geoambiente apresentaram-se mais similares entre si do que com outro geoambiente, entretanto, as parcelas que foram demarcadas na Campinarana Florestada (geoambiente 1) e na Campinarana Arborizada com epífitas (geoambiente 4) apresentam-se mais próximas entre si e maior distanciamento destas com as parcelas demarcadas na transição entre Campinarana Florestada e Floresta de Terra Firme (geoambiente 2) (Figura 22). Isso mostra que as parcelas do Geoambiente 2 são menos homogêneas entre si, o que se deve provavelmente ao fato de se tratar de um ambiente de transição entre Floresta e Campinarana e de que essa transição é gradual, ou seja, parcelas mais a montante têm maior influência das Campinaranas e as parcelas situadas mais a jusante sofrem influência mais marcante da cobertura florestal de Terra Firme.

#### **4.1.3.4 Análise de componentes principais (PCA)**

Foram realizadas três ordenações de eixos: 1x2, 2x3 e 2x3, baseadas em dados quantitativo (valor de cada variável) e qualitativo (variáveis consideradas) em função de cada parcela dos geoambientes. O Eixo 1 da análise de ordenação capturou a maior parte do padrão de distribuição das variáveis ambientais. Independente da classe de tamanho, a variação total explicada pelo Eixo 1 foi maior, explicando 42,12%, enquanto o Eixo 2 explicou 30,10% (Figura 23).

É possível observar no gráfico da Figura 23, a correlação entre variáveis ambientais e as parcelas de cada geoambiente inventariadas. As variáveis de granulometria demonstram-se correlacionadas com outros componentes ambientais e indicam a distribuição das parcelas na área estudada. As 21 variáveis consideradas para realizar a análise de colinearidade foram divididas em grupos de co-linearidade. Os grupos ficaram divididos da seguinte forma: Grupo 1: Argila/Silte/V/P-rem; Grupo 2: Mn/Mg/Fe/m; Grupo 3:  $\text{Ca}^{2+}$ /Nível Freático; Grupo 4: MO/H+Al e Grupo 5: Cu/Areia Fina/Areia Grossa/P, como se pode observar no gráfico da Figura 23.

**Figura 23 - Gráfico da Análise de Componentes Principais (PCA). Correlações entre variáveis ambientais e parcelas nos três geoambientes estudados. As parcelas estão identificadas com siglas, de acordo com o geoambiente em que está alocada, sendo as do geoambiente 1: G1P1, G1P2, G1P3 e G1P4, as do geoambiente 2: G2P1, G2P2, G2P3 e G2P4 e as do geoambiente 4: G4P1, G4P2, GP3, G4P4. Cada variável está representada por um nome correspondente e as setas apontam os eixos de colinearidade.**



Fonte: Elaborado pela autora.

#### 4.1.4 *Interpretações e considerações sobre a relação vegetação-solos nas Campinaranas*

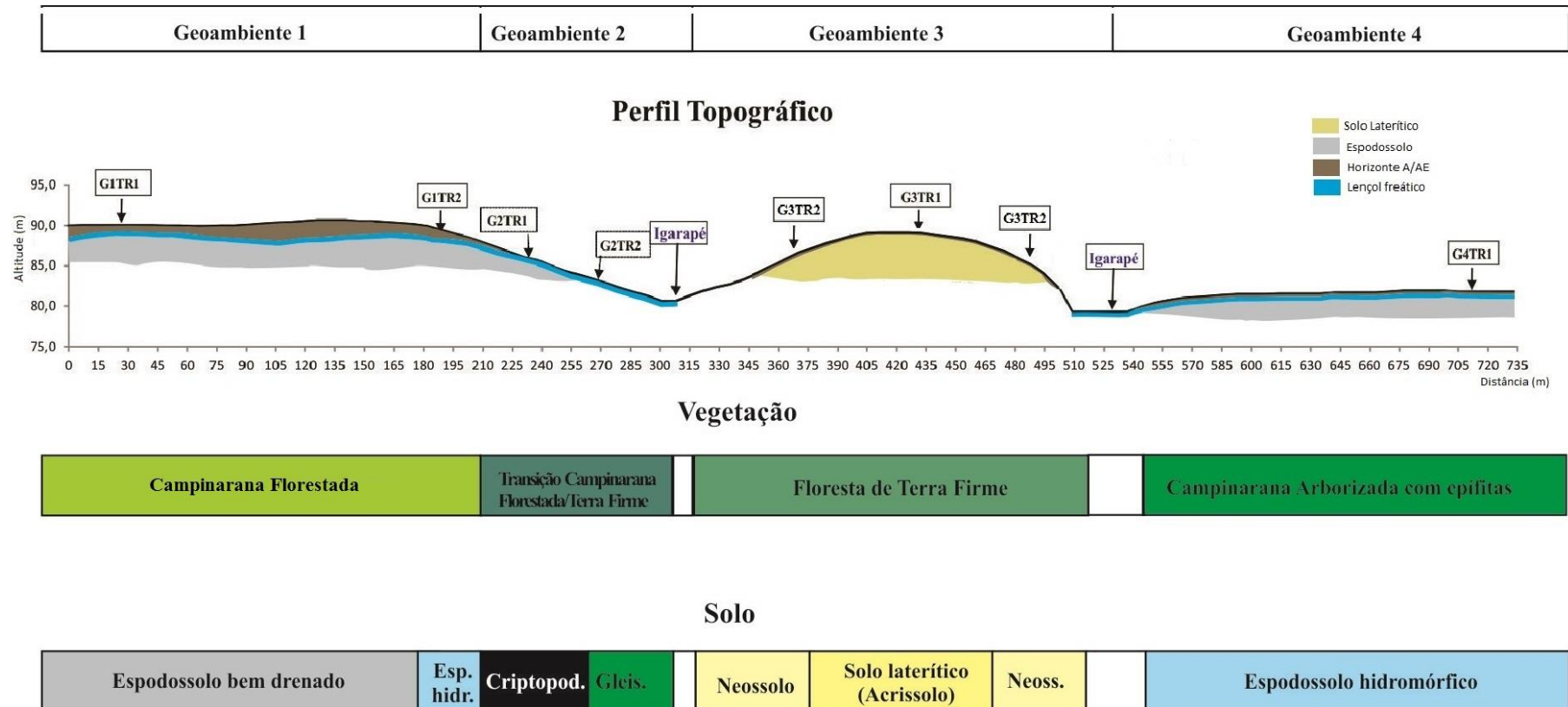
- A vegetação presente nos três geoambientes estudados em detalhe apresentam características estruturais diferenciadas entre si, com diferenças contrastantes na abundância e na diversidade de espécies. Há predomínio da espécie *Eperua leocantha* na fitofisionomia de Campinarana Florestada, que é também encontrada, em menor densidade, entretanto, em todas as parcelas na Campinarana Arborizada com epífitas. Essa espécie da família das Fabaceae apresentou o maior valor de Área Basal (1,33) e Densidade Absoluta de 525,00, enquanto a média apresentou valores inferiores a 0,1 de Área Basal e 50,00 de Densidade Absoluta.
- O geoambiente 4, caracterizado pela Campinarana arborizada e presença de epífitas possuem o maior valor de área basal total dentre os estudados, com 2,49 m. Este é um fator que possui relação direta com a biomassa vegetal e indireta com fatores ambientais como o microclima (luminosidade e temperatura), interceptação de água da chuva e disponibilidade de abrigo e alimento para a fauna.
- Os horizontes superficiais dos solos encontrados nos geoambientes estudados são em grande parte arenosos e oligotróficos. Os padrões florísticos, estruturais e de diversidade das Campinaranas inventariadas parecem estar fortemente relacionados à profundidade do lençol freático, à variação de textura, principalmente o teor de argila e aos teores de macro e micronutrientes, como se pode observar nas colinearidades representadas pelo gráfico da PCA (Análise de Componentes Principais), onde as parcelas dos geoambientes 1 e geoambiente 4 tem maior correlação com os teores de areia grossa, sendo que as parcelas do geoambiente 4 apresentam forte relação com a variação do nível freático, enquanto as parcelas do geoambiente 2 tem maior correlação com teores de areia fina, argila e silte.

- A similaridade florística entre os três geoambientes estudados (geoambiente 1, 2 e 4), somada às características estruturais diferenciadas da biomassa e da distribuição das espécies nas parcelas, estão relacionadas com as adaptações morfológicas e fisiológicas de algumas (poucas) espécies em comum nas fitofisionomias, como forma de estratégias de sobrevivência às condições edáficas particulares. Foram encontrado valores de IVI com valores aproximados para os geoambientes caracterizados pelos Espodossolos (geoambiente 1 e geoambiente 4) 180,62 e 190,69, respectivamente enquanto para o geoambiente 2 esse índice apresentou o valor de 75,12.

## **4.2 OS SOLOS E GEOAMBIENTES DAS CAMPINARANAS AMAZÔNICAS: Relação genética entre os geoambientes e a evolução da paisagem em um transecto na bacia do alto Rio Negro, Amazônia.**

Neste capítulo são apresentados os resultados e a discussão acerca das análises químicas e físicas dos solos realizadas em campo e nos laboratórios, conforme descrito no capítulo 3 – Materiais e Métodos, e suas interações com a vegetação presente, suas características, diversidades e adaptações e, posteriormente, é uma discussão mais ampla abrangendo relevo, solos e vegetação, tratando da gênese e evolução da paisagem. Contudo, antes de discutir os resultados das análises dos solos e analisar a gênese e evolução da paisagem, apresenta-se o transecto estudado (Figura 24).

**Figura 24 – Representação do transecto estudado. Os solos amostrados foram identificadas por siglas, de acordo com o geoambiente em que está inserido, sendo G1TR1 (Espodossolo bem drenado) e G1TR2 (Espodossolo hidromórfico de vertente) no geoambiente 1, com presença de Campinarana Arborizada; G2TR1 (Criptopodzol) e G2TR2 (Gleissolo) no geoambiente 2, com transição de Campinarana Florestada para Floresta de Terra firme; G3TR1 (solo laterítico) e G3TR2 (Neossolo) com vegetação de Floresta de Terra Firme; e G4TR1 (Espodossolo hidromórfico de planície) composto por Campinarana Arborizada com presença de epífitas.**



Fonte: Dados de campo, 2013.

#### 4.2.1 Características gerais dos Geoambientes ao longo do transecto

Conforme apresentado na Figura 24, o transecto estudado abrange quatro geoambientes distintos. A Figura 24 apresenta novamente esse transecto, agora com a localização das trincheiras estudadas, sendo que a localização das parcelas foi suprimida. Do norte para o sul (esquerda para direita, da Figura 24), o transecto inicia-se em um topo aproximadamente plano, a cerca de 90 m de altitude, onde se encontra um Espodossolo bem drenado (nível freático situado a 137 cm de profundidade no dia 24/02/2013). A cobertura vegetal é a fitofisionomia Campinarana Florestada, que apresenta 1,47 m<sup>2</sup> de área basal total (parâmetro que possui relação direta com a biomassa vegetal) e densidade total de 950 ind/ha. Há dominância da espécie *Eperua leocantha* (Javacana), com densidade total de 900 ind/ha. Em seguida, a aproximadamente 175 m de distância do início, há uma ruptura de declive e inicia-se uma vertente de perfil aproximadamente retilíneo e declividade baixa. O nível freático se aproxima gradualmente da superfície e o horizonte E diminui de espessura à medida que a vertente é percorrida, caracterizando localmente um solo do tipo Espodossolo hidromórfico.

Em determinado momento, rumo à jusante da vertente, desaparece o horizonte E, fato que caracteriza o início do Criptopodzol, marcando o final do Geoambiente 1 e o começo do Geoambiente 2 (Figura 24). O nível freático agora encontra-se em superfície e os horizontes superficiais do solos são orgânicos e de cor bruno muito escuro a preto. Logo abaixo desses horizontes superficiais, no perfil vertical do solo, encontra-se uma camada orgânica e endurecida (horizontes espódicos Bh e Bhs). Descendo a encosta, o material superficial continua saturado e orgânico, mas os horizontes endurecidos não mais são encontrados. Mais a jusante, a cor dos horizontes superficiais torna-se progressivamente mais clara e aparecem os horizontes cinza claro a branco de um Gleissolo. Os horizontes superficiais ainda são úmidos, mas não foi caracterizado um nível freático suspenso, como nos Criptopodzóis. O nível freático nessa parte da vertente foi encontrado a 130 cm de profundidade, identificado como nível de lençol profundo. A cobertura vegetal desse geoambiente representa uma transição entre a Campinarana Arborizada e a Floresta de Terra Firme. Caracteriza-se pela presença de espécies de maior porte, com indivíduos que chegam a 2,00 de CAP e próximo a 19 m de altura. É uma vegetação mais diversa do que no geoambiente anterior, entretanto, o

mesmo valor de densidade total (950 ind/ha). A vertente termina a 300 m de distância, em um pequeno igarapé, que marca o final do Geoambiente 2 (Figura 24).

A vertente oposta tem aproximadamente a mesma declividade e a mesma extensão da vertente descrita para o Geoambiente 2. Em toda sua extensão, o solo apresenta um delgado horizonte A bruno acinzentado claro, seco, sobre um material de alteração de cor branca, à semelhança daquele do Gleissolo. Não há saturação hídrica antes dos 300 cm de profundidade. Esse solo foi interpretado como um Neossolo. A vertente termina em um topo convexo, situado a 88 m de altitude. Nesse topo encontra-se um perfil de solo mais desenvolvido, laterítico, de cor amarelo pálido e textura mais argilosa. Do topo passa-se rapidamente a uma vertente convexa e curta, de maior declividade, com Neossolos desenvolvidos sobre material de alteração branco e nível freático abaixo dos 300 cm de profundidade, como na vertente norte dessa colina. A cobertura vegetal do conjunto dessa colina é do tipo Floresta de Terra Firme. Sua caracterização detalhada não fez parte do objetivo desse trabalho. Apresenta indivíduos de maior porte, com dossel contínuo, menor entrada de luz no ambiente e presença de diferentes espécies de cipós, lianas e epífitas. O conjunto dessa colina com Neossolos e solos lateríticos cobertos por Floresta de Terra Firme foi considerado o Geoambiente 3 (Figura 24). A vertente convexa termina em um segundo igarapé, mais largo e de maior volume de água do que o anterior. Seu leito encontra-se acerca de 3 m abaixo do leito do primeiro igarapé.

A partir desse segundo igarapé há um pequeno trecho de vertente, muito curto e de baixa declividade, que conduz a uma superfície plana e rebaixada, situada a 82 m de altitude, apenas 2 m acima do leito do igarapé adjacente. Esse geoambiente (4) tem solo do tipo Espodossolo hidromórfico, cujo nível freático encontra-se acerca de 20 cm abaixo da superfície. A cobertura vegetal é do tipo Campinarana Arbórea com presença de epífitas, apresentando como características principais indivíduos arbóreos de pequeno/médio porte (CAP médio de 0,41cm), altura média de 12,5 m de altura e densidade total de indivíduos de 1.925 ind/ha. Também é comum a presença de pteridófitas em “murundus” compostos por emaranhados de raízes e solo em meio aos canais de escoamento da água. A paisagem dessa parte do transecto caracteriza o Geoambiente 4 (Figura 24).

## **4.2.2 Caracterização dos solos dos geoambientes**

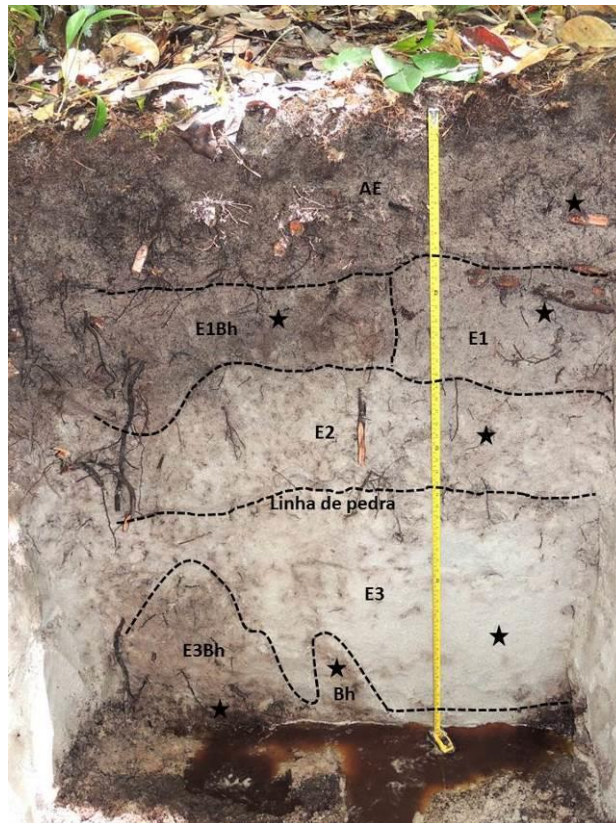
As características gerais dos solos estudados nas trincheiras são apresentadas a seguir, primeiramente focalizando aspectos gerais dos perfis, individualmente, depois abordando, para o conjunto dos perfis, uma por uma, as propriedades quanto à textura, quanto ao teor de matéria orgânica e quanto ao teor de nutrientes, determinado pela saturação por cátions básicos do complexo sortivo (V%).

### **4.2.2.1 Aspectos gerais dos perfis de solo**

- Espodossolo bem drenado (Geoambiente 1 – G1)

A trincheira aberta para caracterização do perfil pedológico do Espodossolo bem drenado está localizada no terço superior da vertente, latitude  $0^{\circ}72'22.01''S$  e longitude  $99^{\circ}76'40.1''O$ , sob a fitofisionomia de Campinarana Florestada. Trata-se de um perfil de solo bem drenado, com profundidade de 137 cm, e arenoso em todos os horizontes (Figura 25).

**Figura 25 - Perfil do Espodosolo bem drenado. As linhas pontilhadas dividem os horizontes pedológicos e as ★ representam os pontos de coleta do solo.**



**Fonte: Dados de campo, 2013. Organização: Débora Mendes, 2013.**

As coletas de amostras e a descrição do solo foram realizadas a partir dos 137 cm de profundidade rumo ao topo do perfil no interior da trincheira. O horizonte mais profundo encontrado no perfil foi o Bh tendo seu limite superior nesses 137cm. Ele não pode ser prospectado em sua totalidade em função do afloramento do lençol freático. Logo acima foi identificado o horizonte E3, que se apresenta até 87 cm de profundidade, com coloração clara. Esse horizonte também é subdividido em E3Bh, cor cinza claro (7.5 YR 7/1) e E3 cor branca (10 YR 8/1). Na direção do horizonte superior, reconhecido como E2 com 70 cm de espessura, grânulos orgânicos começam a ocorrer e a cor torna-se mais escura do que o horizonte inferior, cinza claro (7.5 YR 7/1). Essa cor está justaposta à cor branca de domínios menos orgânicos e mais quartzosos. Esse horizonte passa gradualmente ao superior, que é subdividido em dois – E1Bh, com a cor bruno acinzentado (10 YR 5/2) e E1 cor cinza claro (7.5 YR 6/1). Esse horizonte tem espessura de 45 cm. A estrutura permanece a mesma embora se diminua a proporção da estrutura grãos simples de areia branca e aumente a proporção dos grânulos de matéria orgânica. Na superfície do solo há presença de uma pequena camada de serrapilheira (2

cm de espessura) que assenta-se sobre o horizonte AE de 26 cm de espessura, cuja cor é bruno acinzentado (10 YR 5/2) e a estrutura é granular fraca, associada a grãos soltos de quartzo e a grânulos de matéria orgânica.

O pH nesse perfil tende a um aumento crescente partindo do horizonte mais profundo até a superfície: o horizonte mais profundo (Bh) apresenta pH hiperácido (3,68) devido ao acúmulo de matéria orgânica nesse horizonte. No horizonte acima, E3Bh coletado em dois pontos próximos, apresentam aumento crescente do pH, sendo classificado nesses pontos como ácido e sub-ácido (4,88 e 5,36, respectivamente). No próximo horizonte há uma pequena redução no valor do pH, sendo classificado novamente como ácido (4,37). Aproximando-se da superfície, nos horizontes E2 (4,89), E1(4,78) (ambos classificados como Ácido) percebe-se nova redução, até que há um ligeiro aumento no horizonte AE (4,08) para o horizonte A (4,20), mantendo-se a mesma classificação nesses horizontes, Hiperácidos.

- Criptopodzol (Geoambiente 2 – G2)

A trincheira aberta para caracterização do perfil pedológico do Criptopodzol (Figura 26) está localizada na meia vertente, a montante da trincheira aberta para a caracterização do Gleissolo. Possui latitude de 0°72'21.51"S e longitude de 99°76'29.9"O, sob vegetação caracterizada com sendo transição da fitofisionomia de Campinarana para Floresta de Terra Firme.

O nível freático sobre o material endurecido dos horizontes espódicos não permitiu o aprofundamento da trincheira, e os materiais foram coletados e descritos por meio de tradagem e amostrado até 280 cm de profundidade. Foi identificada ainda, a presença de dois lençóis freáticos, o primeiro a 29 cm e o segundo a 220 cm de profundidade no dia 25/02/2013.

**Figura 26 – Ponto de coleta de amostras do solo no Criptopodzol. Nesse solo há importante acumulação orgânica e é possível observar a pequena profundidade do lençol freático nesse solo (lençol suspenso).**



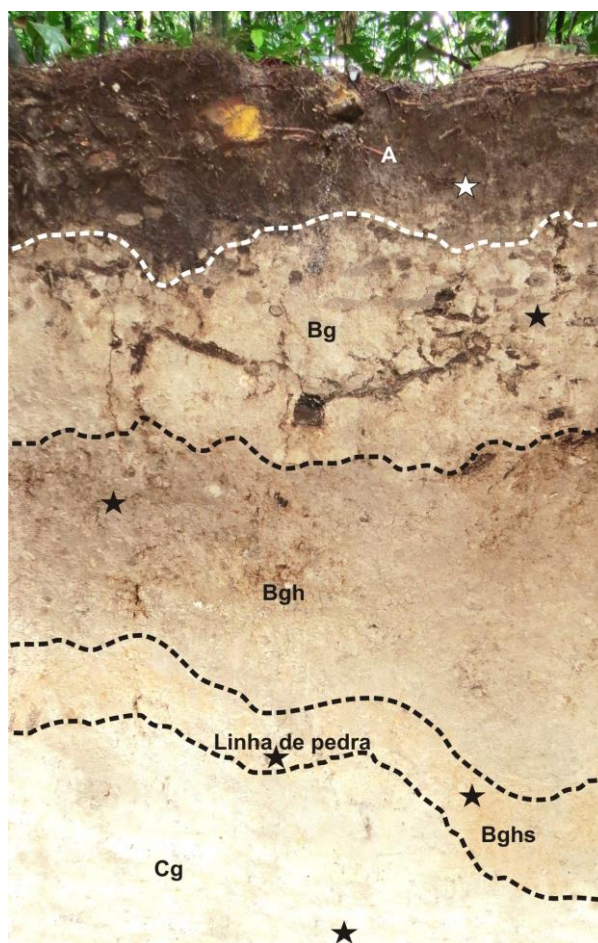
**Fonte: Dados de campo, 2013.**

A descrição e a coleta de amostras de solo foram realizadas da base para o topo a partir dos 280 cm de profundidade. Logo abaixo do segundo lençol freático, o horizonte Cg2, o mais profundo do perfil e foi coletado em três profundidades distintas (280, 190 e 140 cm), entretanto, apresentam as mesmas características: textura franca e cor branca (2.5Y 2\9). Logo acima, foi identificado o horizonte Cg1, a 80 cm de profundidade, textura franco-argilo-arenosa e coloração branca (10YR 8/2). O horizonte seguinte é o Bhs, encontrado a 60 cm de profundidade, com textura franco-arenosa e cor bruno acinzentado (10YR 5/3). Na direção do horizonte superior, a 40 cm de profundidade, foi identificado o horizonte Bh, encontrado logo abaixo do primeiro lençol freático (lençol suspenso), com textura franco-arenosa e cor 7.5YR 2.5/3. Acima do primeiro lençol freático foi coletada amostra do horizonte AE, com textura arenosa e cor 5YR 5/2.

- Gleissolo (Geoambiente 2 – G2)

A trincheira aberta para descrição do perfil do Gleissolo localiza-se no terço inferior da média encosta, latitude 07°22'13"3S e longitude 99°76'29"4O. A vegetação presente pode ser caracterizada como de transição, já que são encontradas tanto espécies de Campinarana como espécies de Floresta de Terra Firme, assim como no Criptopodzol. É possível observar no perfil de Gleissolo significativa concentração de matéria orgânica em duas partes do perfil (Figura 27). Há, ainda, presença de fragmentos de minerais primários pouco intemperizados (sobretudo micas muscovita) nos horizontes mais profundos. A serrapilheira nesse geoambiente é pouco expressiva, porém, mais significativa do que no geoambiente anterior, apresentando 6 cm de espessura.

**Figura 27 - Perfil do Gleissolo. As linhas pontilhadas dividem os horizontes pedológicos e as ★ representam os pontos de coleta do solo.**



Fonte: Dados de campo, 2013. Organização: Débora Mendes, 2013.

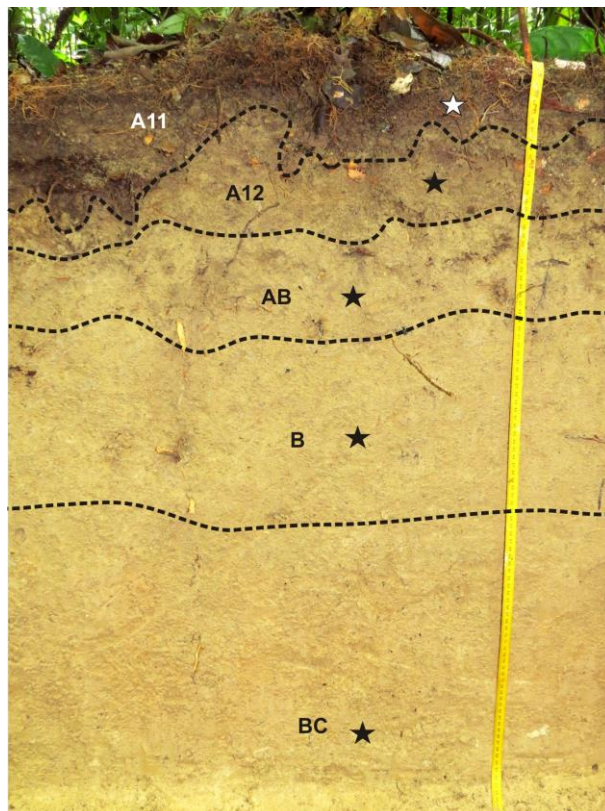
O horizonte Cg é o mais profundo, estendendo-se de 400 a 120 cm de profundidade. Contém o nível de lençol freático. A textura desse horizonte é franco-argilo-arenosa e a matriz tem cor branca (2.5 Y 8/1). É possível observar algumas raiais verticais de matéria orgânica cortando a matriz no topo desse horizonte; estas têm coloração bruno acinzentado (10 YR 5/2). Logo acima foi identificado um horizonte bruno muito pálido (10 YR 8/3), com presença de mosqueados amarelo-avermelhados, classificado como Bghs. Em sua parte superior, fazendo interface com o próximo horizonte, foi identificada uma linha de pedra, apresentando a matriz com áreas de cor cinza brunado claro (10 YR 6/2). A linha de pedra é descontínua e composta por seixos angulosos de quartzo branco, leitoso. O horizonte seguinte é o Bgh, que apresenta coloração bruna (10 YR 4/3), com pequenas áreas cinza (10 YR 5/1), textura franco-argilo-arenosa, coletado a 57 cm de profundidade. A transição para este horizonte é nítida e há presença de fragmentos de quartzo de tamanhos médios e angulosos, indicando que esse horizonte se desenvolve ainda sobre o material da linha de pedra. O próximo horizonte identificado é o Bg, coletado a 32 cm de profundidade, textura franco-arenosa e cor bastante heterogênea com predomínio da cor bruno acinzentada (10 YR 5/2) e zonas de cor bruno acinzentado escuro (10YR 4/2) e alguns domínios associados à porosidade tubular, cor bruno muito escuro (10 YR 2/2). A transição deste para o horizonte superior (horizonte A) é gradual. O horizonte A tem 20 cm de espessura, textura franco-arenosa, estrutura em blocos, matriz cor bruno muito escuro (10 YR 2/2), com manchas cinza muito escuro (7.5 YR 3/1) associadas à porosidade tubular.

No Gleissolo, com exceção do horizonte A (encontrado a 10 cm de profundidade) que apresenta pH hiperácido, todas as amostras coletadas têm característica ácida, com valores entre 5,36 e 4,81, sendo que os valores desse intervalo sofrem pequenas variações entre um horizonte e outro.

- Solo laterítico (Geoambiente 3 – G3)

A trincheira aberta para descrição do perfil do solo laterítico localiza-se no topo do compartimento 3. A descrição e coleta de amostra aconteceu em uma nova incursão em campo que ocorreu no mês de novembro de 2013. Na Figura 28, podemos observar a coloração amarelada do solo. Há ainda presença de micas moscovitas e fragmentos de quartzo principalmente nos horizontes coletados mais profundos.

**Figura 28 - Perfil do solo laterítico. As linhas pontilhadas dividem os horizontes pedológicos e as★ representam os pontos de coleta do solo.**



Fonte: Dados de campo, 2013. Organização: Débora Mendes, 2013.

O horizonte C é o mais profundo, estendendo-se de 400 a 120 cm de profundidade. Contém o nível de lençol freático. A textura desse horizonte é franco-argilo-arenosa e a matriz tem cor branca (2.5 Y 8/1). Apresenta conjuntos de lâminas de micas muscovita de até 3 cm e fragmentos de quartzo branco (veios) em meio ao material matricial. Esse horizonte transiciona rumo ao topo, por amarelecimento, para um horizonte BC de cor bruno muito pálido (10YR 7/4) e textura franco-argilosa. Esse horizonte contém, ainda, fragmentos de micas muscovita, mas de tamanho milimétrico dispersas na matriz. Logo acima, a partir dos 56 cm de profundidade, foi identificado um horizonte bruno amarelo claro (2.5 Y 6/4), classificado como horizonte B. Sua textura é argilo-arenosa e a estrutura apresenta microagregados. A transição é gradual para o horizonte AB, que se inicia a 31 cm de profundidade. Sua cor é o bruno oliváceo claro (2.5 Y 5/4) e a textura é argilo-arenosa. Uma transição nítida, a 18 cm de profundidade, marca o início do horizonte A12, de cor oliváceo claro acinzentado (5Y 6/3). A textura é argilo-arenosa e a estrutura é granular. Uma nova transição nítida, ondulada, situada a 9 cm de profundidade, indica o começo do horizonte A11, composto

por grande números de pequenas raízes em meio a uma matriz cor oliváceo claro acinzentado (5Y 6/3). A textura é argilo-arenosa. Sobre esse horizonte encontra-se uma serrapilheira de 3 cm de espessura (Figura 28).

- Espodossolo Hidromórfico (Geoambiente 4 – G4)

O perfil do Espodossolo hidromórfico encontra-se sob vegetação de Campinarana Arbórea com epífitas e presença de samambaias terrestres, diferenciando esse geoambiente dos outros dois, latitude 07°22'26"0S e longitude 99°75'81"0. Como o nível freático sobre o material endurecido dos horizontes espódicos não permitiu a abertura de trincheira (o lençol freático nesse solo se encontrava muito próximo da superfície, a 15 cm de profundidade) no dia 25/02/2013, os materiais foram coletados e descritos por meio de tradagem.

As descrições foram realizadas a partir do horizonte mais profundo, a 240 cm de profundidade, com textura franca e cor branca (10YR 8/2). O horizonte logo acima teve coleta a 171 cm de profundidade, textura franco-argilo-arenosa e cor bruno acinzentado (10YR 6/3). A próxima coleta foi a 164 cm de profundidade, com cor 10YR 4/4 e textura franco-arenosa. A 70 cm de profundidade, o horizonte foi caracterizado como de cor cinza (5 YR 5/1) e textura arenosa. A partir daqui, todas as amostras foram caracterizadas como arenosas. Logo acima deste, a 40 cm, a amostra apresenta cor cinza (5 YR 6/1). Sob influência do lençol freático, a próxima amostra foi coletada a 30 cm de profundidade, apresentando coloração mais clara e homogênea, cinza escuro (5 YR 4/1). Essas três primeiras amostras compõem o horizonte E, com textura arenosa. Aproximando da superfície foi coletada amostra do horizonte AE, que apresenta 10 cm de espessura e coloração cinza muito escuro (5 YR 3/1). Sobre este solo encontra-se uma serrapilheira composta por muitas raízes e com 11 cm de espessura.

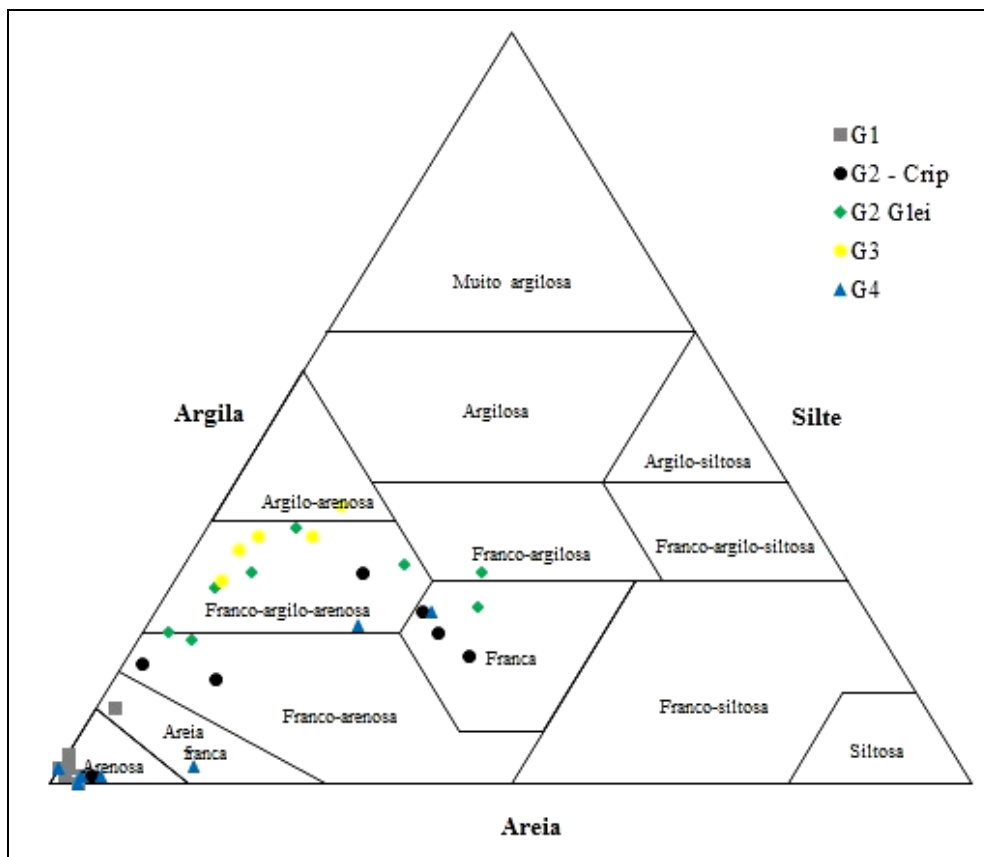
#### **4.2.2.2 Granulometria**

A textura dos perfis dos solos está representada no triângulo textural na Figura 29. Nela observa-se que no transecto parte-se de solos mais arenosos, atinge-se o material mais argiloso, finalizando novamente em um solo arenoso.

Os solos do G1 e G4 apresentam valores mais elevados de areia (fina e grossa), sendo classificados como solo Arenoso e Areia franca. O Espodossolo bem drenado – G1 e o Espodossolo hidromórfico – G4 apresentam os maiores teores de areia, sendo que o primeiro tem valores superiores a 95% de areia em quase todo perfil. A única exceção é a amostra mais profunda, no horizonte Bh, com 88%. Nas amostras do G1, os valores do teor de argila e silte são os mais baixos, com variação do silte entre 0 e 3% e argila, entre 0 e 10% (no Bh). No G4 o teor silte tem variação entre 0 e 2% nas amostras do horizonte AE e E, até 164 cm de profundidade e nos mais profundos (horizonte Bh) 21 e 23%. O Criptopodzol – G2 e o Gleissolo – G2 apresentam amostras com textura bastante variada, desde Franco-arenosa até Argilo-arenosa. No Criptopodzol – G2 os horizontes da superfície têm percentagem de areia que varia de 75 a 95 %, enquanto a percentagem de argila varia de 4 a 11% nos mesmos horizontes. Nos horizontes mais profundos a areia tem variação de 46 a 52% e a argila de 17 a 28%. O Gleissolo – G2, junto com o solo laterítico – G3, são os solos mais argilosos do transecto, sendo que o solo do G3 se concentra na classificação Franco-argilo-arenosa e Argilo-arenosa. A quantidade de areia é menor que 68 %, enquanto a percentagem de argila varia de 27% no horizonte A a 37 % no horizonte mais profundo (160 cm de profundidade). No Gleissolo – G2, a areia varia em todo o perfil de 39 a 75% e a argila de 19 a 29%, sendo que o menor valor de argila e o maior de areia são da amostra do horizonte A (Figura 29).

Pode-se observar, ainda na Figura 29, que a maioria das amostras se encontram distribuídas da parte central do gráfico. Isso se explica pelos teores elevados de silte dos materiais brancos profundos do Criptopodzol – G2, do Gleissolo – G2 e do solo laterítico – G3, compatíveis com sua natureza saprolítica. Partindo dos horizontes mais profundos, verifica-se a tendência de distribuição dos pontos rumo à extremidade inferior esquerda do triângulo (na direção do polo arenoso).

**Figura 29 - Triângulo Textural das amostras dos perfis dos geoambientes analisados (G1, G2, G3 e G4).**



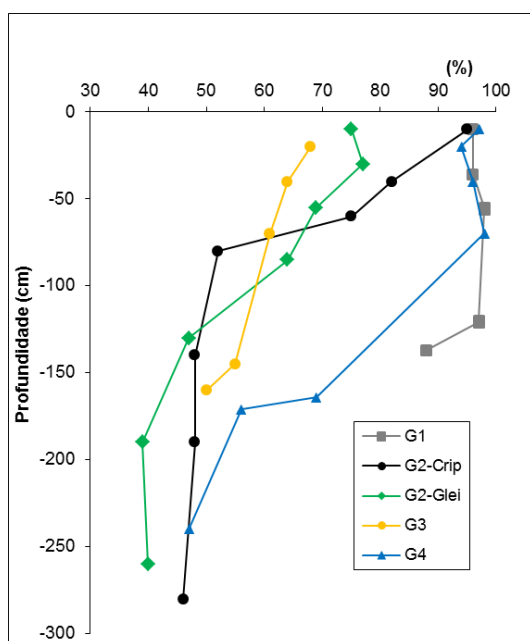
Organização: autora, 2013.

Nas Figura 30 e Figura 31 é apresentada a distribuição do teor de areia e na Figura 31, o teor de silte em função da profundidade em cada solo amostrado, nos quatro geoambientes.

É possível observar que as curvas de Espodossolo bem drenado (Geoambiente 1) e Espodossolo hidromórfico (Geoambiente 4) têm configuração parecida, com horizontes A e E muito arenosos e menores teores de areia a partir dos horizontes espódicos. No Geoambiente 1 os horizontes espódicos não foram ultrapassados pela tradagem (amostra mais profunda coletada à 137 cm, no Bh), mas no Geoambiente 4 isso foi possível, permitindo que fossem atingidos os horizontes de alteração, de textura mais siltosa e argilosa (Figura 30 e Figura 31). O Criptopodzol (Geoambiente 2) apresenta igualmente teores muito elevados de areia no horizonte superficial, mas, como não há aqui horizonte E e os horizontes espódicos estão muito próximos da superfície, passa-se diretamente aos materiais mais argilosos e depois para aqueles com teores importantes de silte e argila, correspondentes aos horizontes de alteração (Figura 30 e

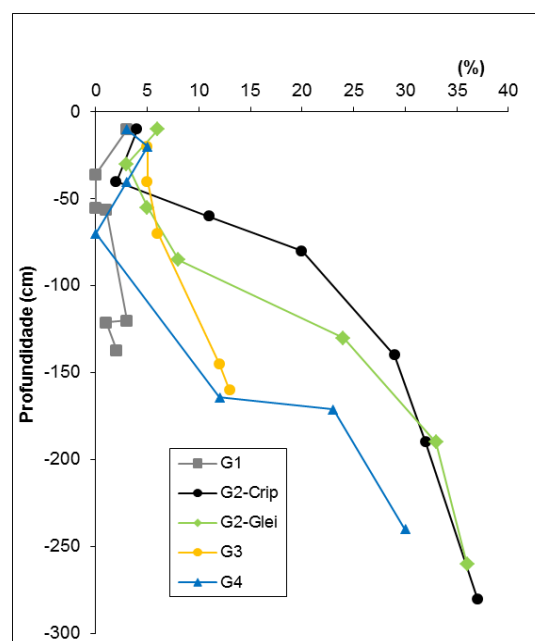
Figura 31). No Gleissolo, igualmente no Geoambiente 2, teores mais elevados de areia – porém bastante inferiores àqueles dos Espodossolos e do Criptopodzol, são encontrados nos horizontes acima de 100 cm de profundidade (Figura 30 e Figura 31); mais abaixo encontra-se novamente o material siltoso e argiloso já referido, correspondente aos materiais de alteração. Por fim, o perfil de solo laterítico, do Geoambiente 3, caracteriza-se como aquele em que os materiais superficiais são os menos arenosos. Em profundidade, nesse perfil, há novamente a tendência de aumento dos teores de silte e argila, correspondentes ao material saprolítico (Figura 30 e Figura 31).

**Figura 30 - Distribuição vertical dos teores de areia nos perfis de solos dos quatro geoambientes.**



Organização: autora, 2013.

**Figura 31 - Distribuição vertical dos teores de silte nos perfis de solos dos quatro geoambientes.**

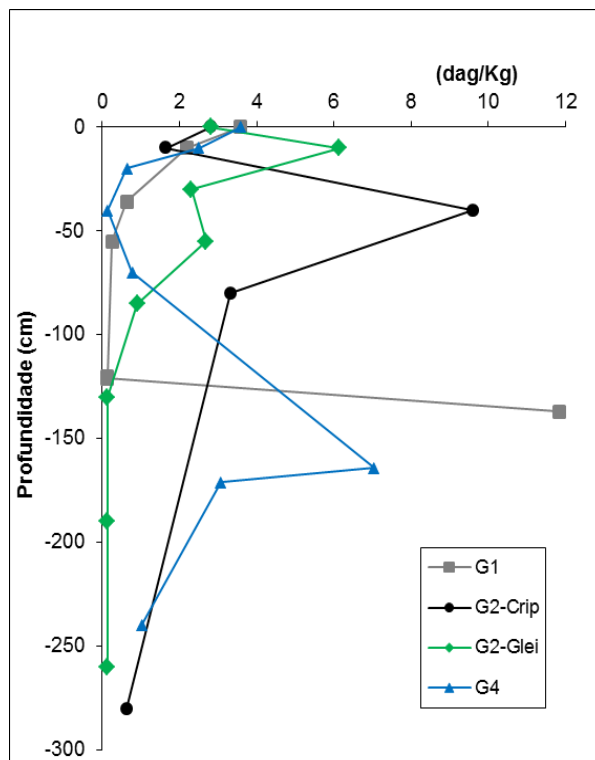


Organização: autora, 2013.

#### 4.2.2.3 Teor de matéria orgânica

A Figura 32, abaixo, apresenta a distribuição vertical dos teores de matéria orgânica nos cinco perfis estudados. Podemos observar que os horizontes mais orgânicos são evidentemente os horizontes espódicos dos perfis do Espodossolo bem drenado (Geoambiente 1), situados a 140 cm de profundidade; do Espodossolo hidromórfico (Geoambiente 4), situados abaixo de 150 cm de profundidade, e do Criptopodzol (Geoambiente 2), situados a 45 cm de profundidade.

**Figura 32 - Distribuição vertical dos teores de Matéria Orgânica nos perfis de solos dos três geoambiente estudados (G1, G2 e G4).**



Organização: autora, 2013.

Os horizontes E, presentes nos Espodossolos bem drenado e hidromórfico (G1 e G4, respectivamente), apresentam teores muito baixos de matéria orgânica. O significativo teor de matéria orgânica presente no Bh sofre grande redução na transição para o horizonte superior, o E3Bh, chegando a valores próximos de zero. No próximo horizonte, logo acima (E1Bh) há um pequeno aumento que pouco acima, E2 reduz novamente e a partir daí, há um aumento gradativo até a superfície, como se pode observar na Figura 32. Essas variações na concentração de matéria orgânica se dão tanto pela profundidade quanto pelos horizontes arenosos que compõem esse tipo de solo (Figura 32). O Espodossolo hidromórfico (G4) apresenta um aumento crescente na concentração de matéria orgânica dos horizontes mais profundo em direção à superfície, sendo que a 164 cm de profundidade há quantidade significativa de matéria orgânica acumulada. A partir desse ponto há uma redução nos dois próximos horizontes e logo acima, já no horizonte AE percebe-se um aumento ascendente dessa matéria orgânica disponível até a superfície do solo (Figura 32).

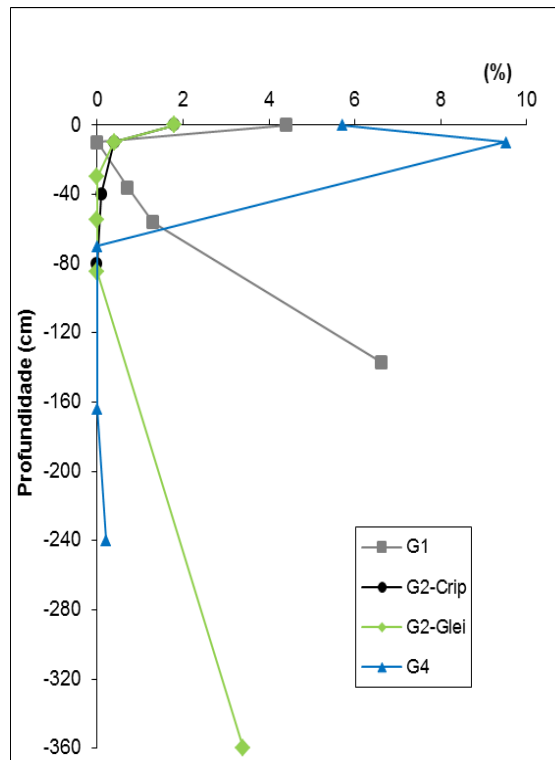
No Gleissolo pode-se observar que a quantidade de matéria orgânica disponível no solo nos horizontes Cg, desde a base, a 350 cm de profundidade, os 150 cm de

profundidade é próximo de zero. A partir desse ponto, a 85 cm de profundidade, onde foi encontrada uma linha de pedra a quantidade de matéria orgânica presente tem um aumento crescente pelo horizonte Bgh. Já no horizonte Bg há um decréscimo nessa quantidade e chegando no horizonte AE, logo acima há um pico nesse crescimento chegando a 6,14 dag/Kg e no horizonte A, encontrado na superfície acontece novamente um decréscimo desse valor. Nos dois perfis do Geoambiente 2, observa-se que em profundidade, em direção aos materiais de alteração brancos, mais siltosos e argilosos, os teores de matéria orgânica diminuem drasticamente (Figura 32). O perfil de Gleissolo estudado apresenta, assim, significativa acumulação de matéria orgânica em dois pontos do perfil (horizontes AE e Bgh). Nesses horizontes, a matéria orgânica impregna os materiais pálidos e de textura franco-arenosa (AE) e franco-argilo-arenosa (Bgh), originalmente saprolíticos. Essa impregnação está associada ao escoamento lento das águas de cor escura, carregada de matéria orgânica, provenientes do Criptopodzol (G2), situado imediatamente a montante do perfil do Gleissolo, e ao estabelecimento de condições desfavoráveis à mineralização da matéria orgânica que é adicionada à superfície do solo, devido às condições de saturação hídrica.

#### **4.2.2.4 Saturação do complexo sortivo por cátions básicos (V%)**

A Figura 33, abaixo, apresenta a distribuição vertical dos percentuais de saturação do complexo sortivo por cátions básicos (V%). É possível observar que os solos dos perfis estudados (Espodossolo bem drenado, Criptopodzol e Gleissolo e Espodossolo hidromórfico, G1, G2 e G4 respectivamente) são sempre distróficos, onde os valores de V são sempre inferiores a 10% e predominantemente inferiores a 2% (Figura 33).

**Figura 33 - Distribuição vertical do % de saturação do complexo sortivo por cátions básicos (V) nos perfis de solos dos geoambiente estudados (G1, G2 e G4).**



Organização: autora, 2013.

Como se pode observar na Figura 33, os cátions básicos trocáveis estão armazenados em três tipos de horizonte, basicamente: horizontes superficiais de todos os perfis; horizontes espódicos dos Espodossolos e nas partes mais profundas dos horizontes de alteração branco com teores mais altos de silte e argila. Nos horizontes superficiais orgânicos e nos horizontes espódicos dos Espodossolos os cátions básicos trocáveis têm como origem principal a decomposição dos resíduos vegetais; enquanto nos horizontes de alteração os nutrientes originam-se principalmente do intemperismo de minerais primários, sobretudo das micas moscovitas, ainda visíveis nesses horizontes. Infelizmente, apenas uma amostra profunda desse horizonte de alteração foi analisada (no Gleissolo do Geoambiente 2, a 360 cm de profundidade; Figura 33), mas minerais primários pouco intemperizados (micas moscovitas, em sua maior parte) também foram observados em tradagens nos neossolos e no solo laterítico do Geoambiente 3.

### 4.2.3 *Interpretações genéticas e a evolução da paisagem*

As observações de campo e os dados analíticos permitem algumas interpretações genéticas para a paisagem estudada:

- Os materiais do saprolito apresentam forte semelhança entre os perfis estudados, indicando uma continuidade lateral destes materiais no conjunto da paisagem, desde os Espodossolos bem drenados (Geoambiente 1), passando pelo Criptopodzol e pelo Gleissolo do Geoambiente 2, pelos solos lateríticos do Geoambiente 3, até os Espodossolos hidromórficos. Isso sugere uma gênese comum para todos esses materiais de alteração.
- Há também uma conexão lateral entre os materiais pedológicos do Geoambiente 1 e do Geoambiente 2: do topo com Espodossolo bem drenado até o começo do Criptopodzol, observa-se, a partir da ruptura de declive que marca o começo da vertente, uma diminuição da espessura do horizonte E do Espodossolo e uma aproximação, em relação à superfície, do nível freático suspenso e dos horizontes espódicos. Isso mostra que o nível freático e os horizontes que o sustentam (espódicos) estão, nesses dois geoambientes, dispostos de maneira aproximadamente nivelada, paralelamente à superfície plana do topo onde se encontra o Espodossolo bem drenado. Em outras palavras, o plano da vertente associada ao primeiro igarapé intercepta esses horizontes, em situação análoga àquela descrita por Bueno (2011) para outra área da mesma bacia. A partir desse ponto de interceptação, para jusante, a pedogênese se faz sobre os antigos materiais de alteração brancos e mais siltosos e argilosos. Nas áreas mais próximas da faixa de afloramento do nível freático, a nova pedogênese é responsável pela continuidade, para jusante, dos Criptopodzóis. Isso foi explicado por Rossin (2013), em estudo na mesma área, como resultante do escoamento das águas escuras e carregadas de matéria orgânica, originárias do Espodossolo do topo, pela superfície da encosta, impregnando os materiais do antigo horizonte de alteração. Devido à acidez dessas águas criam-se, ali, condições para uma nova podzolização, desta vez com horizontes concordantes com o plano da vertente. Caracteriza-se então, no Geoambiente 2, um sistema de transformação pedológica

(BOCQUIER, 1971; BOULET et al., 1977), que avança no sentido de jusante, podzolizando os materiais de alteração mais argilosos e silteosos ali expostos. Nas áreas mais a jusante da faixa de afloramento do nível freático, na baixa vertente, os horizontes superficiais são ainda úmidos, mas o material branco do horizonte de alteração é ainda pouco impregnado em matéria orgânica e permanece com teores elevados de argila, caracterizando um Gleissolo. Na vertente oposta (G3), o plano da vertente intercepta também os horizontes de solos mais antigos de platô, que nessa parte da paisagem são de natureza laterítica e não Espodossolos. Nesse caso, como não havia Espodossolo no topo e nem nível de lençol suspenso, condições de boa drenagem são encontradas atualmente ao longo de toda a vertente. A nova pedogênese se faz a partir de material saprolítico análogo ao da vertente acima descrita, porém sem saturação hídrica e sem impregnação por matéria orgânica associada ao nível de lençol de águas pretas proveniente de Espodossolos.

- O Espodossolo hidromórfico do Geoambiente 4 apresenta características morfológicas e físicas bastante próximas daquelas do Espodossolo bem drenado, do Geoambiente 1. A diferença principal se trata da profundidade do nível freático, que se encontra a poucos centímetros da superfície no Geoambiente 4 e a mais de 130 cm de profundidade no Geoambiente 1. Esse fato se explica pela diferença de altitude entre esses geoambientes (90 m de altitude para o Geoambiente 1 e 82 m de altitude para o Geoambiente 2), o que resulta em um desnível de 8 m entre o topo plano do primeiro geoambiente e seu nível de base local (primeiro igarapé) e de apenas 2 m entre a superfície plana do segundo geoambiente e seu nível de base local (segundo igarapé) (Figura 24). Diante do fato de que o relevo atual da área resulta de um processo de incisão da rede de drenagem sobre a superfície dos baixos platôs, supõem-se que o Geoambiente 1 apresentou, no passado, condições hídricas comparáveis às observadas hoje no Geoambiente 4 e que, continuando a tendência de incisão, o Geoambiente 4 pode sofrer rebaixamento do nível freático e estabelecimento de condições próximas das encontradas no Geoambiente 1.
- As transformações nos relevos, nas características hídricas e nos solos da paisagem estudada, sugeridas pelas observações de campo e pelos dados

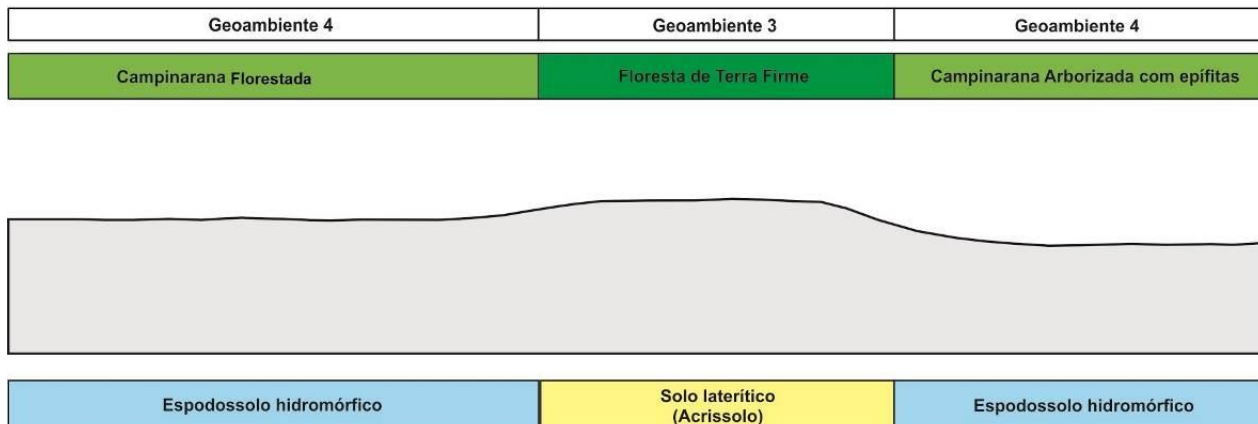
analíticos, certamente se refletiram em significativas mudanças nas características da cobertura vegetal e na dinâmica da matéria orgânica nos solos. Caso as condições climáticas numa fase imediatamente anterior à incisão do baixo platô pela rede de drenagem tenham sido próximas das condições atuais, espera-se que no atual Geoambiente 1 tenha existido uma cobertura vegetal do tipo Campinarana Arborizada com epífitas, com indivíduos arbóreos de pequeno/médio porte, altura média em torno de 12,5 m, além do microrrelevo em pequenos canais, formado pela presença de pteridófitas em “murundus” e emaranhados de raízes. Além disso, devido à condição de baixa oxigenação (nível freático próximo da superfície), é provável que esses Espodosolos, então hidromórficos, tenham funcionado como reservatórios quantidades de Carbono maiores que as atualmente ali contidas. A vegetação de Campinarana Arborizada com epífitas das depressões com Espodosolo hidromórfico, e a Floresta de Terra Firme, que existiria sobre o platô com solos lateríticos (Geoambiente 3), seriam os tipo de vegetação mais antigos. A incisão da rede de drenagem, que elaborou as vertentes da área estudada, tem dois reflexos principais nos solos: o rebaixamento do nível freático no Espodosolo, agora situado em posição elevada, de topo, e a exposição dos horizontes mais profundos dos solos e seus materiais de alteração nas vertentes. Isso cria melhores condições de drenagem e permite o desenvolvimento de um horizonte E espesso e de horizontes espódicos com menores teores de matéria orgânica e cores menos escuras, que caracterizam atualmente o Geoambiente 1. Estas condições favoreceram o desenvolvimento de cobertura de Campinarana Florestada que apresenta vegetação de médio porte, troncos eretos e dominância de uma única espécie *Eperua leocantha* (Javacana). Permite, também, o estabelecimento do Geoambiente 2, onde a possibilidade de escoamento lateral e a presença de substratos mais argilosos e com alguma disponibilidade de nutrientes, ainda armazenados nos minerais primários, favorece o desenvolvimento de uma cobertura vegetal de porte um pouco maior do que o das Campinaranas arborizadas, de topo. Essa cobertura vegetal foi classificada como uma formação de transição entre a Campinarana arborizada e a Floresta de Terra Firme. Devido às condições de hidromorfia estabelecidas ao longo da vertente, essa área passa a se configurar como um local privilegiado de acumulação de matéria orgânica, sendo perceptível através da coloração escura

dos solos, e da ausência de um horizonte E individualizado, o que caracteriza os Criptopodzóis.

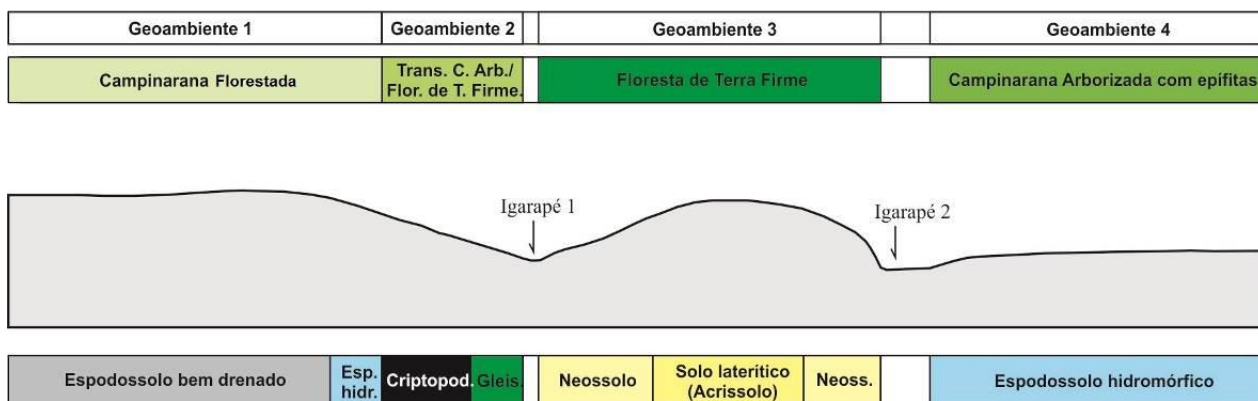
Diante dos Resultados e de suas interpretações, propõe-se um modelo de evolução da paisagem da área de estudo, que pode ser observado na Figura 34. A evolução da paisagem, nesse transecto, está intimamente ligada ao desenvolvimento e evolução da podzolização e à instalação da drenagem. A vegetação e sua variação apresentam-se como importante indicador de dessa transformação.

**Figura 34 - modelo de evolução da paisagem da área de estudo.**

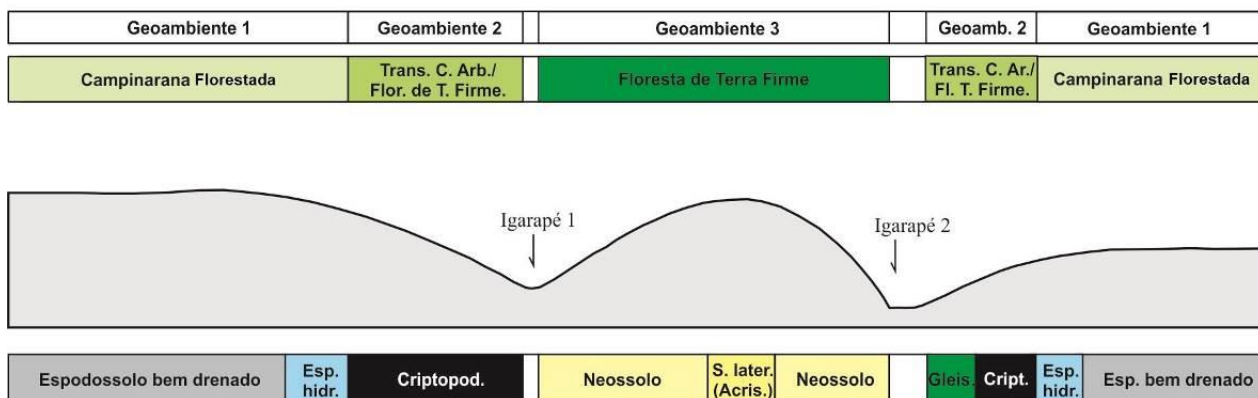
Tempo 1 (pré-incisão do baixo platô)



Tempo 2 (estágio atual)



Tempo 3 (evolução futura, supondo-se a continuidade da incisão do baixo platô)



No Tempo 1, chamado de pré-incisão do baixo platô, a geomorfologia apresentava duas áreas deprimidas separadas por uma colina de topo plano, de baixa elevação. O transecto considerado seria dividido em apenas dois geoambientes, que seriam os geoambiente 3 e 4 atuais (similares aos atuais) e caracterizados pela presença de Espodossolo hidromórfico com fitofisionomia de Campinarana arborizada com epífitas, nas duas extremidades (Geoambiente 4 – áreas deprimidas) e, no centro, pela presença de um solo laterítico sobre a colina, sob vegetação de Floresta de Terra Firme (Geoambiente 3) (Figura 34).

Na evolução para o Tempo 2 considerado o estágio atual, há um processo de incisão da rede de drenagem sobre a superfície dos baixos platôs. Essa incisão se deu a partir da intensificação dos fluxos hídricos, inicialmente de forma hipodérmica e posteriormente em superfície (ex: FILIZOLA; BOULET, 1996) desde o nível do platô rumo aos principais canais de drenagem da região. Esse processo resultou na elaboração de uma franja mais dissecada nas bordas dos platôs, com relevo de colinas, acompanhando as margens dos rios principais. A geomorfologia transformada é então caracterizada pela presença de relevos relictuais dos platôs e colinas separados pelos novos igarapés, e novos geoambientes se estabelecem no Tempo 2 (Figura 34). À esquerda da figura, o Espodossolo se torna bem drenado dando origem ao geoambiente 1, que também abriga, em sua borda, o Espodossolo hidromórfico, estando os dois solos sob uma nova fitofisionomia, chamada de Campinarana Florestada. Essa cobertura vegetal se estabelece em resposta às transformações pedológicas e hídricas dessa parte da paisagem. Ao longo da vertente elaborada pela incisão do igarapé 1 é observado o geoambiente 2, caracterizado pelo Criptopodzol e pelo Gleissolo. A morfologia desses solos resulta do aporte de água carregada de matéria orgânica proveniente dos lençóis suspensos de montante sobre os materiais de alteração das antigas coberturas de platô, agora expostos na vertente. A vegetação foi caracterizada como uma transição da Campinarana Florestada para Floresta de Terra Firme. O próximo geoambiente é o 3, uma colina de solo laterítico. No topo esse solo é mais desenvolvido, possivelmente guardando ainda alguma herança do estágio evolutivo anterior, quando a colina era de topo mais plano. Nas vertentes há presença do Neossolo, cuja pedogênese lateritizante, sem influência de níveis freáticos suspensos, se dá a partir de material saprolítico semelhante àquele exposto na vertente do geoambiente 2. Esses solos são cobertos pela Floresta de Terra Firme, herdada do estágio evolutivo anterior. Após o segundo igarapé

temos o geoambiente 4, numa superfície rebaixada e aplainada, onde o lençol freático está muito próximo da superfície. Esse geoambiente é composto pelo Espodossolo hidromórfico e pela Campinarana Arborizada com presença de epífitas de diferentes espécies, abrigadas em diferentes alturas, preservando, portanto, condições bastante semelhantes às daquelas do estágio evolutivo anterior (Tempo 1).

É proposta ainda uma evolução futura, supondo-se a continuidade do aprofundamento das incisões no baixo platô, o chamado Tempo 3, que pode ser observado na Figura 34. Continuando a tendência de incisão da rede de drenagem, o Geoambiente 4 poderá sofrer rebaixamento do nível freático e o estabelecimento de condições próximas às encontradas atualmente no Geoambiente 1. A nova configuração representa o desaparecimento do geoambiente 4 devido ao estabelecimento geral de melhores condições de drenagem, e transformações no geoambiente 2, resultantes da progressão, para jusante, do Criptopodzol em detrimento do Gleissolo. O geoambiente 1 se mantém assim como é encontrado atualmente, possivelmente com um aprofundamento de seu lençol suspenso e aumento da espessura de seu horizonte E. A antiga área ocupada pelo geoambiente 4 passa a ter a mesma configuração de solo e vegetação do geoambiente 1, sendo duas áreas similares. O centro do transecto também se mantém composto pelos Neossolos (ou talvez Cambissolos) nas vertentes e solos lateríticos um pouco mais espessos, no topo. A vegetação continua do tipo Floresta de Terra Firme. Gleissolos existirão apenas na base da nova vertente elaborada a partir da superfície do antigo geoambiente 4, adjacente ao Igarapé 2. Eles resultam da exposição do material saprolítico pálido e mais siltoso decorrente da incisão do canal.

Sendo assim, além da alteração/evolução morfológica e pedológica da paisagem, a diferenciação e a especialização da vegetação também deverão ser notadas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região amazônica permanece ainda pouco conhecida do ponto de vista científico e, além disso, grande parte da população acredita que sua cobertura vegetal é composta por uma floresta tropical imponente e homogênea. Entretanto, o bioma Amazônia é composto por diferentes tipos de vegetação e fitofisionomias, algumas com forte contraste em relação à chamada Floresta de Terra Firme, como por exemplo, aquelas coberturas vegetais, de menor porte e que se desenvolvem sobre materiais cujas camadas superficiais possuem teores muito elevados de areias, e/ou que se apresentam saturados durante parte significativa do ano, entre elas, as Campinaranas. As Campinaranas podem apresentar cobertura vegetal de baixo porte, características adaptativas de escleromorfia e composição florística diferente daquela que compõe as Florestas de Terra Firme e sua variação fisionômica estrutural está diretamente ligada às condições edáficas, como textura, teor de nutrientes e matéria orgânica, topográficas, e à influência do nível freático. Embora essa formação vegetal ocupe áreas significativas da bacia do Rio Negro e constituem ambientes de grande fragilidade e grande importância para o ciclo do carbono, uma vez que os horizontes espódicos dos Espodosolos seu principal substrato, são reconhecidos como importantes armazenadores de Carbono, as Campinaranas são ainda muito pouco conhecidas do ponto de vista florístico, ecológico e biogeográfico.

As Campinaranas amazônicas da região de São Gabriel da Cachoeira, na alta bacia do Rio Negro, são singulares ecossistemas arenícolas, diretamente ligados às propriedades texturais dos solos, aos seus teores de nutrientes e de matéria orgânica e que sofrem influência direta do comportamento do nível do lençol freático. As Campinaranas podem ser subdivididas de acordo com sua composição florística, porte, densidade e variações dos fatores edáficos, sendo classificadas por Veloso et al. (1991) de Campinarana Florestada, Arborizada e Gramineo-lenhosa. Esse tipos de Campinarana, ao lado da cobertura de Floresta de Terra Firme, são mais que apenas tipos de vegetação diferentes; eles caracterizam diferentes geoambientes, ou seja, associações específicas, particulares, dos fatores relevo, solos, águas e vegetação. Ressalta-se, aqui, que a ideia central motivadora desse trabalho é de que esses tipos de vegetação (e seus geoambientes associados) não são simplesmente unidades de

paisagem justapostas, mas se encontram conectados geneticamente, representando estágios evolutivos.

No sítio de estudo, diferentes tipos de Campinarana e a Floresta de Terra Firme aparecem lado a lado, podendo ser estudados em um transecto de apenas 735 metros de distância, onde foram caracterizados quatro geoambientes distintos (Geo 1 a Geo 4): Geo 1 (TR1) - Espodossolo bem drenado em topo plano e Espodossolo hidromórfico de alta vertente, com Campinarana Florestada homogênea; Geo 2 (TR2 e TR3) - Criptopodzol e Gleissolo, vegetação de transição entre Campinarana Florestada e Floresta de Terra Firme; Geo 3 (TR4) - solo laterítico, com Floresta de Terra Firme; Geo 4 (TR5), composto por Espodossolo Hidromórfico de depressão, sob Campinarana Arborizada com presença de epífitas. A vegetação presente nos três geoambientes apresentam características estruturais diferenciadas entre si, com diferenças contrastantes na abundância, composição e diversidade de espécies. É importante ressaltar a o predomínio da espécie *Eperua leocantha* na fitofisionomia de Campinarana Florestada, presente no geoambiente 1.

Dois processos parecem ser os principais motores da evolução das paisagens estudadas: a podzolização e a instalação e incisão da rede de drenagem sobre os platôs. As relações entre esses processos na área permitem propor uma conexão genética entre os diferentes geoambientes. A vegetação e sua variação se mostraram um importante indicador de dessa transformação. Os geoambientes 3 e 4 foram interpretados como os mais antigos, desenvolvidos em uma paisagem de platô com depressões podzolizadas. A instalação e a incisão da rede de drenagem elaboraram novas vertentes, cujos planos interceptam os horizontes dos solos do platô e de suas depressões, expondo os saprolitos e drenando as depressões com Espodossolos. Melhores condições de drenagem permitem a formação do geoambiente 1 e, a jusante deste, na vertente, a formação do geoambiente 2, sob condições locais de hidromorfia.

Os Espodossolos amazônicos sob as Campinaranas e associações, representam os geoambientes mais relevantes na prestação de serviços ambientais de conservação do Carbono nos solos na região da bacia do alto Rio Negro. A evolução dos Espodossolos hidromórficos para os Espodossolos bem drenados implica no estabelecimento de condições de melhor oxigenação nos solos e numa mineralização mais eficiente da matéria orgânica. Esse processo promove a liberação de parte do Carbono armazenado nesses solos para a atmosfera. Diante da extensão das coberturas de campinaranas sobre Espodossolos na bacia do Rio Negro e considerando a existência de uma tendência de

incisão da rede fluvial sobre os platôs, com o consequente desenvolvimento de Espodosolos com nível freático mais profundo, é de se esperar que importantes quantidades desse elemento químico sejam liberados desses solos. Parte dessa liberação pode ser compensada pelo estabelecimento de criptopodzóis ao longo das vertentes das incisões de drenagem, desde que uma nova podzolização possa ali se desenvolver. A presença de Espodosolos em posição de topo, a montante dessas vertentes, pode favorecer esse processo.

As relações genéticas e cronológicas entre as Campinaranas amazônicas, Floresta de Terra Firme e suas transições e associações, e entre seus tipos de cobertura vegetal, em nível local, na escala da paisagem, começam a ser compreendidas. Contudo, para que se tenha melhor conhecimento e entendimento da composição vegetal e suas adaptações se faz necessária a realização de mais estudos e uma área maior, tendo assim, a caracterização amostral maior e melhor conhecimento dos fatores que influenciam a distribuição e adaptação das espécies e geoambientes. O efeito da variação do lençol freático e a inundação sobre a vegetação em diferentes períodos do ano (observação da sazonalidade e sua influência sobre a vegetação), tanto no seco como no chuvoso, deve ser investigado a fim de aprofundar as discussões sobre o efeito e adaptações das espécies nesses ambientes. É válido ressaltar a importância de abrir novas trincheiras, em pontos de transição dos solos já amostrados, para análise e caracterização dos solos de uma área mais extensa e profunda, possibilitando assim, conhecer melhor a dinâmica da paisagem.

A caracterização do geoambiente 3 e seu levantamento florístico não estavam previstos nos objetivos do presente trabalho, direcionado para o estudo das Campinaranas. Entretanto, isso se colocou ao longo das discussões como uma lacuna para o entendimento das relações entre os geoambientes. Seria de grande relevância, para estudos futuros, uma investigação mais detalhada da dinâmica e da composição vegetal da Floresta de Terra Firme e suas associações com os solos lateríticos ali presentes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. N. **Bases para o estudo dos ecossistemas da Amazônia brasileira.** *Estud. av.*[online], vol.16, n.45, pp. 7-30. ISSN 0103-4014. 2002.
- ANDERSON, A. B.; PRANCE, G. T.; ALBUQUERQUE, B. W. P. **Estudos sobre as vegetações de Campinas Amazônicas III: A vegetação lenhosa da Campina da Reserva Biológica INPA – SUFRAMA (Manaus-Caracará, km 62).** *Acta Amazonica*, 5 (3). p 225-246. Manaus. 1975.
- ANDERSON, A. B. **White-sand Vegetation of Brazilian Amazonia.** *Biotropica*, Washington. 13 (3): 199 – 210. 1981.
- ANDRADE, H. **Evolução de uma sequência de solos argilosos até arenosos no Complexo Guianense da Amazônia.** 179p. (Tese de Doutorado). Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 1990.
- AQUINO, A. **Datação por luminescência opticamente estimulada (LOE) e por <sup>14</sup>C de materiais de uma topossequência de solos na Serra do Espinhaço meridional – MG: Abordagem paleoambiental.** Doutorado em Geografia. UNESP Rio Claro. p 124. Rio Claro. 2013.
- BALBINO, L. C.; BROSSARD, M.; LEPRUN, J. C.; BRUAND, A. **Mise en valeur des Ferralsols de la région du Cerrado (Brésil) et évolution de leurs propriétés physiques: une étude bibliographique.** *Étude et gestion des sols*. Paris. v. 9, p. 83-104, 2002.
- BARDY, M.; FRITSCH, E.; DERENNE, S.; ALLARD, T.; NASCIMENTO, N. R.; BUENO, G. T. **Micromorphology and spectroscopic characteristics of organic matter in waterlogged podzols of the upper Amazon basin.** *Geoderma*, v. 145 p. 222-230. 2008.
- BARROS, P. L. C. **Estudo fitossociológico de uma floresta tropical úmida no planalto de Curuá - Una, Amazônia brasileira.** Curitiba: UFPr, 147p. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal. 1986.
- BAYER, C.; MIELNICZUCK, J. **Dinâmica e função da matéria orgânica.** *In:* SANTOS, G. A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.), **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais.** Genesis, p. 9-26. Porto Alegre. 1999.
- BOCQUIER, G. **Genese et évolution de deux toposequences de sols tropicaux du tchad interprétation biogéodynamique.** *Mém. ORSTOM*. 1971.
- BOULET, R.; BOCQUIER, G.; MILLOT, G. **Geochimie de la surface et formes du relief i. Desequilíbrio pedobioclimático nas coberturas pedológicas de l'áfrica tropical de l'ouest et son role dans l'aplanissement des reliefs.** *Science Géologique Buletin*, p. 235-243. 1977.

- BOULET, R.; CHAUVEL, R. LUCAS Y. **On the genesis of the soil mantle of the region of Manaus, Central Amazonia, Brazil.** *Experientia*, p. 234-241. Birkhauser Verlag. 1987.
- BOULET, R.; CHAUVEL, R.; LUCAS Y. **Les systemes de transformation enpedologie.** Livre Jubilaire du Cinquantenaire - Association Française pour l'Étude du Sol, Maugein - Lachaise, Malemort; p. 167 – 179. 1984.
- BRAGA, P.I.S. 1981. **Orquídeas das Campinas da Amazônia Brasileira.** *In: Encontro de Orquidófilos e Orquidólogos 1, Rio de Janeiro.* Anais. Expressão e Cultura, p. 19-43. Rio de Janeiro. 1981.
- BRAVARD, S.; RIGHI, D. **Geochemical differences in an oxisolspodosol toposequence of Amazonia (Brazil),** *Geoderma*, 44, 29–42, 1989.
- BRAVARD, S. and RIGHI, D.: **Podzols in Amazonia,** *Catena*, 17, 461– 475, 1990.
- BREEMEN, N. V.; BUURMAN, P. **Soil formation.** 2 ed. Dordrecht, Kluwer Academic. 2002.
- BROWER, J.E.; ZAR, J.H. **Field and laboratoty methods for general ecology.** 2. ed. Dubique: Win. C. Brown Publishers. 226p. 1977.
- BRUCE, J.P.; FROME, M.; HAITES, E.; JANZEN, H.; LAL, R. & PAUSTIAN, K. **Carbon sequestration in soils.** *Journal Soil Water and Conservation*, v.54, p.382-389. 1999.
- BUENO, G.T. **Appauvrissement et podzolisation des latérites du baissin du Rio Negro et gênese dès Podzols dans le haut bassin amazonien.** Doutorado em Geografia. 191p. Rio Claro. 2009.
- BUENO, G. T.; NASCIMENTO, N. R; FRITSCH, E. **Considerações acerca da evolução dos relevos nas paisagens podzolizadas da bacia do Rio Negro-AM.** IX ENANPEGE Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia. Goiânia. 2011.
- BUENO, G. T.; NASCIMENTO, N. R; FRITSCH, E. **Distribuição espacial dos podzóis e lateritas no baixo curso do Rio Curicuriari (Amazônia) e interpretações sobre sua gênese.** XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo – Conquistas e desafios da Ciência do Solo Brasileira. Gramados. RS. 2007.
- BUENO, G. T. **Origem e evolução das "ilhas" de areia lavada em interflúvios e suas relações com os compartimentos geomorfológicos (Bacia do Rio Jaú-AM): uma história de desequilíbrios da cobertura pedológica.** Mestrado em geografia. Rio Claro. 124 p. 2001.
- BUURMAN, P; JONGMANS, A. G. **Podzolisation and soil organic matter dynamics.** *Geoderma*, 125, p. 71 – 83. 2005.
- CAMARGO, F.A.O.; SANTOS, G.A.; GUERRA, J.G.M. **Macromoléculas e substâncias húmicas.** *In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.). Fundamentos*

da matéria orgânica: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Genesis, p.27-40. 1999.

CAMARGO, O. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas. **Boletim Técnico**. Campinas: Instituto Agrônomo, n. 106, 1984. 94p.

CANELLAS, L. P. **Propriedades químicas de um cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, n.2, p.935-944. Viçosa. 2003.

CARVALHO, J.L.N.; AVANZI, J.C.; SILVA; MELLO, C.R.; CERRI, C.E.P. **Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil**. Revista brasileira de ciência do solo, n.34, p. 277-289, 2010.

CPRM / CIAMA-AM. **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Amazonas**. Sistema de Informações Geográficas. Programa de Integração, Atualização e Difusão de Dados da Geologia do Brasil (N. Reis). p.180. Manaus: CPRM / CIAMA-AM. 2006.

DEFELIPO, B. V.; RIBEIRO, A. C. **Análise química do solo (metodologia)**. 2. ed. Viçosa: Ed. Universidade Federal de Viçosa, 1997. 26p. (Boletim de extensão 29).

DINIZ, A.D. **Origem e dinâmica do mercúrio em sistemas de transformação Latossolo-Espodossolo na bacia do Rio Negro, Amazonas**. Doutorado em geografia, UNESP. 132 p. Rio Claro. 2011.

DUBROEUCQ, D.; VOLKOFF, P.; FAURE, B. **Podzols du Bassin du Haut Rio Negro. Étude et Gestion des Sols**, v. 6, p. 131-153. 1999.

DUBROEUCQ, D.; VOLKOFF, B.; P., F.. **Les couvertures pédologiques à Podzols du Bassin du Haut Rio Negro. Étude et Gestion des Sols**, v. 6, p. 131-153. 1998

DUBROEUCQ, D., VOLKOFF, B., PEDRO, G. **La couverture pédologique du bouclier du nord de l'Amazonie (bassin du Haut rio Negro). Séquence évolutive des sols et son role dans l'aplanissement généralisé des zones tropicales perhumedes**. C. R. Acad. Sci., Sér II, 312:663-671. 1991.

DUCHAUFOR, P. **Précis de Pedologie**. Paris, p. 481. 1960.

DUCHAUFOR, P. **Précis de Pedologie**. Paris, p. 481. 1965.

DUCHAUFOR P. **Processus de formation des sols. Biochimie et Géochimie**. Nancy: Editions CRDP, Coll. Etudes et Recherches, p. 182. 1972.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 370p. 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. EMBRAPA SOLOS, 306p. 2006.

- ERTEL, J. R.; HEDGES, J. I.; DEVOL, A. H.; RICHEY, J. E. **Dissolved humic substances of the Amazon River system.** The American Society of Limnology and Oceanography, v. 31, p. 739-754. 1986.
- ESPINDOLA, C. R e DANIEL, L. A. **Laterita e solos lateríticos no Brasil.** Boletim Técnico da FATEC-SP. p. 21 -24. Maio. São Paulo. 2008.
- FANNING, D.; FANNING, M. **Soil, morphology, genesis and classification.** New York ed., p.395 p. John Wiley & Sons, New York, 1989.
- FAVORETTO, C. M. **Caracterização da matéria orgânica humificada de um latossolo vermelho distrófico através da espectroscopia de fluorescência induzida por laser.** Dissertação de mestrado. Ponta Grossa. 2007.
- FEARNSIDE, P. M. **A Floresta Amazônica nas mudanças globais.** Editora INPA. 2ª edição. Manaus. 2003.
- FERREIRA, L. V. **Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade da Amazônia Brasileira.** *In:* Programa Nacional da diversidade biológica – Seminário de consulta. Identificação de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade através da representatividade das Unidades de Conservação e tipos de vegetação nas ecorregiões da Amazônia Brasileira. 1999.
- FIGUEIREDO, N. **Estudo fitossociológico em uma floresta mesófila semidecídua secundária na Estação Experimental de Angatuba, município de Angatuba, SP.** Mestrado em Engenharia Florestal. UNESP Campinas. 1993.
- FILIZOLA, H.F.A. ; BOULET, R. **Evolution and opening of closed depressions developed in quartzkaolinitic sedimentary substratum at Taubate basin, São Paulo, Brazil, and analogy to the slope evolution.** *Geomorphology*, 16: 77-86, 1996.
- FRITSCH, E.; ALLARD, T.; BENEDETTI, M. F.; NASCIMENTO, N. R.; CALAS, G. **Organic complexation and translocation of ferric iron in podzols of the Negro River watershed. Separation of secondary Fe species from Al species.** *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Inglaterra, v. 73, p. 1813-1825. 2009.
- FRITSCH, E.; HERBILLON, A. J.; JEANROY, E.; PILLON, P. **Variations minéralogiques et structurales accompagnant le passage "sols rouges - sols jaunes" dans un bassin versant caractéristique de la zone de contact forêt-savane de l'Afrique occidentale (Booro-Borotou, Côte d'Ivoire).** *Sci. Géol. Bul*, v. 42, p. 65-89. 1989.
- FRITSCH E.; HERBILLON, A. J.; NASCIMENTO, N. R.; GRIMALDI, M.; MELFI, M. J. **Plinthic Acrisols to Plinthosols and Gleysols :iron and groundwater dynamics in the tertiary sediments of the upper Amazon basin.** *British Society of Soil Science - European Journal of Soil Science*. 2007.

GENTRY, A. H. **Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients**. Annals of the Missouri Botanical Garden 75: 1-34. USA. 1988b.

GLATZELA, S. **Dissolved organic matter properties and their relationship to carbon dioxide efflux from restored peat bogs**. Geoderma, v.133, p. 397-411. 2003.

GOBAT, J. M.; ARAGON, M.; MATTHEY, W. **Le Sol vivant**. Presses Polytechnique et Universitaires Romandes. 569 p. France. 2003.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA) **Carbono armazenado no solo é maior que na atmosfera**. Comunicação Social, Sala de imprensa. 2011.

INPE (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS) **Monitoramento da floresta Amazônica brasileira por satélite 2000-2001**. Ministério da Ciência e Tecnologia / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 21p. 2002.

IRGANG, G. V, et al. **Plano de Manejo da Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo- Resumo Executivo**. MMA, ICMBio, DIREP, COBAM. Brasília. 2009.

JANZEN, D. H. **Tropical blackwater rivers, animals and mast fruiting by the Dipterocarpaceae**. Biotropica 6(2): 69-103. 1974.

KER, J. C. **Latosolos do Brasil: Uma Revisão**. Geonomos, v. 5, p. 17-40, 1997.

KLINGE, H. **Podzol Soils in the Amazon Basin**. Journal of Soil Science, Vol. 16, No. 1, 1965.

KLINGE, H.; R. HERRERA. **Biomass studies in Amazon caatinga forest in southern Venezuela. 1. Standing crop of composite root mass in selected stands**. Tropical Ecology 19(1): 93-110. 1978.

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

LIBANO, A. M; FELFILI, J. M. **Mudanças temporais na composição florística e na diversidade de um Cerrado *Sensu Stricto* do Brasil Central em um período de 18 anos (1985-2003)**. Acta Botânica Bras. 20(4). p. 927-936. 2006.

LIMA, C. S. de A. **Desenvolvimento de um modelo para manejo sustentado do Cerrado**. Lavras: 159 p. Mestrado em Engenharia Florestal - UFLA. 1997.

LISBOA, P. L. **Estudos sobre a vegetação das Campinas Amazônicas – II. Observações gerais e revisão bibliográfica sobre as Campinas Amazônicas de areia branca**. Acta Amazonica, 5(3):211-223. 1975.

LUCAS, Y.; CHAUVEL, A. **Soil formation in tropically weathered terrains**. In: BUTT, C.R.M.; ZEEGERS, H., eds. **Regolith exploration geochemistry in tropical and subtropical terrains**. Elsevier Science Publishers, p.57-77. Amsterdam, 1992.

- LUCAS, Y.; CHAUVEL, A.; BOULET, R.; RANZANI, G. ;SCATOLINI, F. **Transição latossolos-podzóis sobre a formação Barreiras na região de Manaus, Amazônia**, Rev. Bras. Ciência do Solo 8, 325– 335. 1984.
- LUCHESE, E.B. et. al. **Fundamentos da Química do Solo: Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2001.
- LUIZÃO, R. C. C. & F. J. LUIZÃO **Liteira e biomassa microbiana do solo no ciclo de matéria orgânica e nutrientes em terra firme na Amazônia Central**. In: **Preservação e Desenvolvimento da Amazônia: Fatos e Perspectivas**. Vol 1 Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus. Pp 65-75. 1991.
- LUIZÃO, F. J & H. O. R. SCHUBART **Produção e decomposição de liteira em floresta de terra firme da Amazônia Central**. Acta Liminológica Brasileira 1: 575-600. 1986.
- LUNDSTRÖM, U.S.; BREEMEN, N.; BAIN, D. **The Podzolisation process: a review**. Geoderma, 94, p.91-107. 2000.
- MACHADO, K. S. S. **Estrutura e composição florística de uma FLORESTA DE Terra Firme na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã, Amazônia Central**. Manaus. 2010.
- MELLO, A. A. **Estudo silvicultural e da viabilidade econômica do manejo da vegetação do Cerrado**. Lavras: 187p. Mestrado em Engenharia Florestal – UFLA. 1999.
- MENDONÇA, B. A. F. **Campinaranas Amazônicas: pedogênese e relações solo-vegetação**. Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 2011.
- MICHELHON. C. R. **Evolução de sistemas de solos laterítico e podzolizado: inferências sobre a forma atual da vertente-bacia do alto Rio Preto –MG**. Doutorado em Geografia. UNESP Rio Claro. p. 139. Rio Claro. 2011.
- MONTES, C. R.; LUCAS Y.; PEREIRA O. J. R.; ACHARD, R., GRIMALDI M.; MELFI, A. J. **Deep plant-derived carbon storage in Amazonian podzols**. Biogeosciences, 8, p.113–120. São Paulo. 2011.
- MUELLER-DUMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. John Wiley and Sons. New York. 1974.
- NASCIMENTO, N. R.; BUENO, G. T.; FRITSCH, E.; HERBILLON, A.J.; ALLARD, T.; MELFI, A.J.; ASTOLFO, R.; BOUCHER, H. LI, Y.. **Podzolization as a deferralitization process: a study of an Acrisol-Podzol sequence derived from Palaeozoic sandstones in the northern upper Amazon Basin**. European Journal of Soil Science, v. 55, n. 3, p. 523-538. 2004.
- NASCIMENTO, N.R. do FRISTCH, E; BUENO, G.T.; BARDY, M.; CRIMALDI, C.; MELFI,A.J. **Podzolization as a deferralitization process: dynamics and chemistry**

**of ground and surface waters in na Acrisol – Podzol sequence of the upper Amazon Basin.** *European Journal of Soil Science*, v.59, p.911-924. 2008.

NASCIMENTO, N. R.; MICHELON, C.; BUENO, G. T.; DIAS, R. P.; AQUINO, A.; BEATO, D.; DINIZ, A. D. **Dinâmicas da matéria orgânica e do lençol freático suspenso: evolução geomorfológica de uma paisagem podzolizada – Espinhaço Meridional – MG.** Brasil. VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física, II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física, Universidade de Coimbra. 2010.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F. **Sustainable agriculture and forestry production systems on acid soils: phosphorus as a case study.** In: MONIZ, A. C. et al. (Eds.) **Plant-soil interactions at ow Ph: Sustainable agriculture and forestry productions.** Campinas: Brasil. Soil Science Society, p. 314-320. 1997.

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário Florestal.** Curitiba. Editorado pelos autores. 1997.

PEREIRA, L. A.; RUEDA, J. R. J. **Caracterização micromorfológica do processo erosivo em três diferentes coberturas vegetais.** Anais – 2º Congresso Nacional sobre Essências Nativas. Rio Claro – SP. 1992.

PILLAR, V. **O problema da amostragem em ecologia vegetal.** Departamento de Botânica, UFRGS. 1994.

PILLAR, V. **Descrição de comunidades vegetais.** Departamento de Botânica, UFRGS. 2002.

PIRES, J. M. **Tipos de Vegetação da Amazônia.** Belém. Museu Paraense Emílio Goeldi, 79 – 209. Publicação Avulsa. 20. 1973.

PIRES, J. M. **Tipos de vegetação da Amazônia.** Papeis Avulsos Museu Paraense Emílio Goeldi 20:179-202. 1974.

PIRES, J. M., PRANCE, G. T. 1969. **The vegetation types of the Brazilian Amazon.** In: PRANCE, G. T. e LOVEJY, T. E. (ed.). **Key Enviroments: Amazônia.** Oxford: Pergamon Press. 109 – 145. 1985.

PRANCE, G. T. e D. DALY. **Brazilian Amazon.** In: D. G. CAMPBELL e H. D. HAMMOND (eds.) **Floristic inventory of tropical countries.** Botanical Garden. p.523- 533. Bronx. New York. 1989.

PRANCE, G. T., LOVEJOY, T. E. **Amazonia.** Pergmon Press. 5: 83 – 93. 1985.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais.** Editora Nobel, 9ª edição. 549 p. São Paulo. 1987.

PROJETO RADAMBRASIL. Projeto Radam. **Levantamento de Recursos Naturais. Vol. 1 - 15.** Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Rio de Janeiro, Brasil. 1972-1978.

QUESADA, C.A.; LLOYD, J.; ANDERSON, L.O.; FYLLAS, N.M.; SCWARZ, M.; CZIMCZIK, C.I. **Soil of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites.** Biogeosciences, v. 8, p.1415-1440. 2011.

ROSOLEN, V. **Transformação de uma cobertura laterítica por hidromorfia: estudo de uma topossequência da Amazônia brasileira (Humaitá-AM).** Tese de doutorado em Geoquímica e Geotectônica - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 11-09-2000, 201 p. 2000.

ROSOLEN, V.; HERPIN, U.; MELFI, A. J. **Expansão dos solos hidromórficos na paisagem sudoeste da bacia amazônica brasileira: mudanças texturais e de porosidade do solo.** Caminhos de Geografia Uberlândia v. 7, n. 20. p. 69 – 78. 2007.

ROSSIN, B. G. **Evolução pedo-morfológica de uma bacia de águas escuras e dinâmica das suas matérias orgânicas no decorrer desta evolução.** Bacia do Alto Rio Negro-AM. Mestrado em Geografia. UNESP. Rio Claro. SP. 2013.

SANTOS, E. **Carbono, nitrogênio e relação C/N em Gleissolo e Cambissolo sob diferentes tipologias vegetais em área de ocorrência da floresta ombrófila densa,** Antonia- PR. 104p. Mestrado em Ciência do solo. Universidade Federal do Paraná. PR. 2007.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 5ªEd. (revista e ampliada). Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 100p. 2005.

SCHAETZL, R.; ANDERSON, S. **Soils: genesis and geomorphology.** United Kingdom: 621 University Press, Cambridge. 2005.

SCHOEREDER, J.H., M. MEGURO & W. B. C. DELITTI **Efeito da substituição da cobertura vegetal natural na fauna de artrópodos de serapilheira.** Ciência e Cultura, 42: 76-78. 1990.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal.** Lavras: UFLA/FAEPE, 438 p. 1998.

SHEPERD, G. J. **Fitopac 2: manual do usuário.** Unicamp. Campinas. 1995.

SILVA, K. J. **Diversidade de Bacteria e Archaea em Espodossolos do litoral do Estado de São Paulo.** 2010.

SILVA, L. S.; CAMARG, F. A. O.; CERETTA, C. A. **Composição da fase sólida orgânica do solo.** In: MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo.** 2ª edição. p.73 – 99. Porto Alegre. 2004.

SILVA, M.F.F. **Produção anual de serrapilheira e seu conteúdo mineralógico em mata tropical de terra firme na área do Rio Tocantins, Pará.** INPA/Fundação Universidade Federal do Amazonas, Manaus. Dissertação de Mestrado. 1982.

SILVA, R. M., RUIVO, M. L. P. e SILVA, M. F. F. **Disponibilidade de serrapilheira em sistema agroflorestal com queima e sem queima e capoeirão, no município de**

- Bragança, Pará.** Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto de Ciências Agrária. Pará. 2011.
- SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **The comparison of dendrograms by objective methods.** *Taxonomy*, 11. p 30-40. 1962.
- SORRENTINO, N.; MOUNIER, S.; BENAÏM, J.Y. **Excitation-emission fluorescence matrix to study pH influence on organic matter fluorescence in the Amazon basin rivers.** *Water Research*, n. 36. 2571-2581. 2002.
- STEVERSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions.** 2 ed. New York: John Willey, 496p. 1994.
- SWIFT, R.S. **Sequestration of carbon by soil.** *Soil Science*, v.166, p.858-871. 2001.
- TARDY, Y. **Pétrologie des latérites e des sols tropicaux.** 459p. Paris: Masson. 1993.
- VALE, G. D. 2011. **O efeito do solo, inundação e topografia sobre as Campinaranas inundáveis na Amazônia.** Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais – INPA. Manaus. Amazonas.
- VELOSO, H. P., RANGEL FILHO, A. L. R., LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rio de Janeiro. 1991.
- VICENTINI, A. **A vegetação ao longo de um gradiente edáfico no Parque Nacional do Jaú.** S. H. Borges; S. Iwananga; M. R. Pinheiro (eds). Janelas para biodiversidade no Parque Nacional do Jaú: uma estratégia para o estudo da biodiversidade na Amazônia. Fundação Vitória Amazônica (FVA). WWF, IBAMA. Manaus, 117 – 143. 2004.
- ZAR, J.H. **Bioestatistical anals.** Prentice-Hall. ed. 3. Nova Jersey. 1996.
- ZECH, W. **Factors controlling humification and mineralizing of soil organic matter in the tropics.** *Geoderma*, v. 79, p 117-161. 1997.
- WALKLEY, A.; BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method.** *Soil Sci.*, 37:29-38, 1934.