

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto De Geociências
Programa De Pós-Graduação Em Geografia

Raquel Araújo Alves

**ASPECTOS PEDOGEOMORFOLÓGICOS E EVOLUTIVOS EM AMBIENTE DE
VEREDAS, NO NORTE DA AMAZÔNIA**

Belo Horizonte - MG

2022

Raquel Araújo Alves

**ASPECTOS PEDOGEOLOGIAIS EM AMBIENTE DE VEREDAS, NO
NORTE DA AMAZÔNIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Geografia.

Área de concentração: Análise Ambiental

Linha de Pesquisa: Geografia Física

Orientadora: Profa. Dra. Cristiane Valéria de Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. Valdinar Ferreira Melo

Belo Horizonte - MG

2022

A474a
2022 Alves, Raquel Araújo.
Aspectos pedogeomorfológicos em ambiente de veredas, no norte da
Amazônia [manuscrito] / Raquel Araújo Alves. – 2022.
146 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientadora: Cristiane Valéria de Oliveira.
Coorientador: Valdinar Ferreira Melo.
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de
Geociências, 2022.

Área de concentração: Análise Ambiental. Linha
de pesquisa: Geografia Física.
Bibliografia: f.
126-131. Inclui anexos.

1. Ciência do solo – Teses. 2. Amazônia – Clima – Teses. 3. Solos
hidromórficos – Teses. I. Oliveira, Cristiane Valéria de. II. Melo, Valdinar
Ferreira. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências.
IV. Título.

CDU: 631.4(811)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
COLEGIADO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

**ASPECTOS PEDOGEMORFOLÓGICOS E EVOLUTIVOS EM AMBIENTES DE VEREDAS
NO NORTE DA AMAZÔNIA**

RAQUEL ARAÚJO ALVES

Tese de Doutorado defendida e aprovada, no dia 11 julho de 2022, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes professores:

Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer

UFV

Luiza Câmara Beserra Neta

UFRR

Fábio Soares de Oliveira

IGC/UFMG

Roberto Célio Valadão

IGC/UFMG

Cristiane Valéria de Oliveira - Orientadora

IGC/UFMG

Belo Horizonte, 11 de julho de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer**, Usuário Externo, em 05/07/2022, às 14:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fabio Soares de Oliveira**, Professor do Magistério Superior, em 11/07/2022, às 11:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Roberto Celio Valadao, Professor do Magistério Superior**, em 11/07/2022, às 11:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cristiane Valeria de Oliveira**, Professora do Magistério Superior, em 11/07/2022, às 11:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luiza Câmara Beserra Neta**, Usuário Externo, em 11/07/2022, às 11:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufmg.br/sei/controlador externo.php?acao=documento conferir&id orgao acesso externo=0>, informando o código verificador 1539446 e o código CRC EE4643CE.

À minha mãe Marilda, pela epifania desse sonho.

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço a Deus pela força, sabedoria e perseverança que tem me concebido.

À Universidade Federal de Minas Gerais e ao Instituto de Geociências, através do Programa de Pós-Graduação em Geografia, pela oportunidade de aperfeiçoamento intelectual, em especial, por abrigar o meu projeto. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo incentivo à qualificação por meio da bolsa concedida.

À minha orientadora, professora Dra. Cristiane Valéria de Oliveira por mostrar na prática a beleza genuína dos mestres com as suas generosas aulas. Agradeço ainda pelas orientações frutíferas e por conduzir o bom andamento da minha pesquisa.

Ao meu coorientador, professor Dr. Valdinar Ferreira Melo, pelas valiosas orientações e por gentilmente me acolher e dedicar irrestrito apoio ao meu projeto.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação pela dedicação, empenho e profissionalismo apresentados na condução das disciplinas e pelos debates instrutivos que proporcionaram o amadurecimento de minhas ideias.

Aos membros da banca, os professores Carlos Ernesto Schaefer, Luiza Câmara Beserra Neta, Fábio Soares de Oliveira e Roberto Célio Valadão pela disposição em avaliar e contribuir para o aprimoramento desta Tese.

Aos colegas Ezequiel Medeiros, Leonel Jacob Molina Pineda e Maurício Lourezoni Augusti por todo apoio na etapa da coleta de campo.

Ao Dr. Alessandro Antônio Fortunato e ao Eduardo Ribeiro pelo apoio no Laboratório de Proteção de Plantas. Agradeço ainda, a todos os servidores do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Roraima pelo acolhimento.

Ao Professor Antônio Gilberto Costa e ao Helvio Junio por viabilizar a análise das lâminas delgadas, através do uso do microscópio no laboratório LABTECRochas/CPMTC/UFMG. Ao professor Fábio Soares e a Mariana Resende pelo apoio na interpretação micromorfológica dos solos. Agradecimento a Fernando César da Costa pelo apoio durante a realização de análises no Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos, vinculado ao Instituto de Geociências da UFMG.

À Professora Helena Tejo, pela análise linguística do manuscrito e pela elaboração do *Abstract*. O meu agradecimento também à Professora Iris Anita Fabian, pela elaboração do *Resumen*.

À querida Renata Jordan pela amizade e pelos momentos de muita alegria.

Expresso meus sinceros agradecimentos ao Samuel Ribeiro, pelo companheirismo, o qual admiro, inestimavelmente e por estar ao meu lado nos momentos de efetivação desta tese.

À minha família, por todo o apoio, de modo especial a minha filha Rebeka Alves pela compreensão e por suportar a minha ausência.

Por fim, agradeço a todos aqueles que, de algum modo, tornaram possível a realização desta tese.

Ligando lagos aos rios
Numa rede de drenagem
Estão as trilhas de veredas
Que abraçam a paisagem
(*Rodrigo Leonardo*)

RESUMO

A origem e dinâmica das veredas em áreas abertas no extremo norte da Amazônia é uma temática que tem sido paulatinamente debatida. Nesse contexto, o objetivo desta tese é o estudo da formação das veredas do norte da Amazônia, considerando os condicionantes geomorfológicos e os diferentes contextos pedoclimáticos, para o qual duas hipóteses nortearam: a primeira é que as veredas representam ambientes que possuem uma variabilidade dos pulsos de acumulação, com alternâncias de materiais alóctone e autóctone, cuja formação dependeu desde a erosão das vertentes a processos resultantes da estabilidade climática e pedológica no transcurso do Holoceno e que permitiram a bioconstrução das turfeiras. A segunda é que os atributos da cobertura pedológica distinta resultam da contribuição dos diferentes gradientes climáticos atuais. As pesquisas que embasaram esta tese foram alicerçadas por: 1) etapas de gabinete com levantamento bibliográfico, cartográfico e de imagens de sensores remotos; 2) trabalho de campo para o levantamento do componente arbóreo das veredas e, coleta de amostras deformadas e indeformadas de solo e; 3) análises laboratoriais para determinar a cronologia (LOE/SAR), mineralogia, granulometria, morfoescopia e química dos solos. Além disso, foi realizada a descrição micromorfológica dos solos. A partir da composição arbórea das veredas foram calculados os dados de biomassa acima do solo, riqueza e abundância de indivíduos. Para auxiliar na avaliação do efeito de variáveis climáticas e das propriedades físico-químicas dos solos na configuração da vegetação das veredas, dados de precipitação, temperatura e sazonalidade local foram utilizados. O estudo realizado em quatro perfis de solos de veredas na região centro-leste de Roraima comprovou que o aumento das condições de umidade ocorrido durante o Holoceno Tardio contribuiu para o estabelecimento das veredas, no entanto, elas se desenvolveram em fases distintas como resposta às novas condições do arranjo espacial impostas pelo relevo, a ascensão dessas veredas ocorreu entre LOE/SAR=2.160 (± 275) anos AP e LOE/SAR=520 (± 80) anos AP. A integração dos dados de campo, de laboratório, de sensores remotos e literatura específica, indicou que as veredas ocorrem principalmente nos modelados de acumulação, onde zonas de exsudação do nível freático ocorrem condicionadas por arranjos morfoestruturais e hidrológicos. Os solos das veredas são predominantemente arenosos, derivados de material parental composto por sedimentos autóctones e de natureza quartzosa-caulinítica, por essa razão, são distróficos e possuem acidez elevada. Nas veredas sob influência de maior regime de precipitação e posicionadas em setores abaciados da paisagem, os solos estão sob maiores condições de hidromorfismo e, conseqüentemente, são mais orgânicos. Tais fatores refletem na diversidade da vegetação dessas veredas que se apresentam bem mais robustas consorciadas com componentes arbóreos. Acerca das veredas sob influência de maior sazonalidade, os solos se apresentam mais arenosos, com decréscimo de argila, apresentando horizontes com estrutura em grãos simples e seu complexo vegetacional associado a espécies adaptadas a déficit hídrico. Desse modo, apesar de as veredas terem se desenvolvido em um mesmo material de origem, o modelado e o gradiente climático se mostraram um filtro ambiental importante para as variáveis edáficas e vegetacionais. Os solos analisados – Organossolo, Gleissolos e Neossolo – apresentaram o domínio de microestrutura em blocos, poros em canais e cavidades, com prevalência da distribuição c/f porfírica. As feições redoxmórficas observadas nas lâminas delgadas apontam para alternância de umidade e processos de gleização típicos de ambiente tropical úmido.

Palavras-chave: Pedologia, Zonas úmidas tropicais, Clima, Holoceno, Solos Hidromórficos.

ABSTRACT

The origin and dynamics of palm swamp in open areas in the extreme north of the Amazon is a topic that has been gradually debated. In this context, the objective of this thesis is the study of the formation of the palm swamp in the north of the Amazon, considering the geomorphological conditions and the different pedoclimatic contexts, for which two hypotheses guided this thesis: the first is that the palm swamp represent environments that have a variability of the accumulation pulses, with alternation of allochthonous and autochthonous materials, whose formation depended from the erosion of the slopes to processes resulting from the climatic and pedological stability in the course of the Holocene and that allowed the bioconstruction of peatlands. The second is that the attributes of distinct soil cover result from the contribution of different current climate gradients. The research that supported this thesis was based on: 1) cabinet steps with bibliographic, cartographic and remote sensor images; 2) field work to survey the arboreal component of palm swamp and collection of deformed and undisturbed soil samples and; 3) laboratory analysis to determine the chronology (LOE/SAR), mineralogy, granulometry, morphoscopy and soil chemistry. In addition, a micromorphological description of the soils was carried out. From the arboreal composition of palm swamp, data on aboveground biomass, richness and abundance of individuals were calculated. To help in the evaluation of the effect of climatic variables and of the physicochemical properties of the soils in the configuration of the vegetation of palm swamp, data of precipitation, temperature and local seasonality were used. The study accomplished in four soil profiles of palm swamp in the central-eastern region of Roraima proved that the increase in humidity conditions that occurred during the Late Holocene contributed to the establishment of the palm swamp, however, they developed in different phases in response to the new conditions of the spatial arrangement imposed by the relief, the ascent of these palm swamp occurred between LOE/SAR=2,160 (± 275) years BP and LOE/SAR=520 (± 80) years BP. The integration of field data, laboratory data, remote sensors and specific literature indicated that the palm swamp occur mainly in the accumulation modeled, where exudation zones from the water table occur conditioned by morphostructural and hydrological arrangements. The soils of the palm swamp are predominantly sandy, derived from parental material composed of allochthonous sediments of quartz-kaolinitic nature, for this reason, they are dystrophic and have high acidity. In the palm swamp under the influence of a higher rainfall regime and positioned in lowered sectors of the landscape, the soils are under greater hydromorphism conditions and, consequently, are more organic. Such factors reflect in the diversity of the vegetation of these palm swamp, which are much more robust intercropped with arboreal components. Regarding the palm swamp under the influence of greater seasonality, the soils are more sandy, with a decrease in clay, presenting horizons with simple grain structure and its vegetation complex associated with species adapted to water deficit. Thus, despite the palm swamp being located on the same source material, the modeled and climatic gradient proved to be an important environmental filter for edaphic and vegetational variables. The analyzed soils - Organosoil, Gleysoils and Neosoils - showed the domain of microstructure in blocks, pores in channels and cavities, with prevalence of porphyric c/f distribution. The redoxmorphic features observed in the thin sheets point to an alternation of humidity and gleization processes typical of a humid tropical environment.

Keywords: Pedology, Tropical Wetlands, Climate, Holocene, Hydromorphic Soils.

RESUMEN

El origen y la dinámica de los senderos en áreas abiertas en el extremo norte de la Amazonía es un tema que se ha ido debatiendo paulatinamente. En este contexto, el objetivo de esta tesis es estudiar la formación de los senderos en el norte de la Amazonía, considerando las condiciones geomorfológicas y los diferentes contextos pedoclimáticos, para lo cual se orientaron dos hipótesis: la primera es que los caminos representan ambientes que presentan una variabilidad de los pulsos de acumulación, con alternancia de materiales alóctonos y autóctonos, cuya formación dependió de la erosión de las laderas a procesos resultantes de la estabilidad climática y pedológica en el transcurso del Holoceno y que permitió la bioconstrucción de las turberas. El segundo es que los atributos de las diferentes coberturas del suelo resultan del aporte de los diferentes gradientes climáticos actuales. La investigación que sustentó esta tesis se basó en: 1) pasos de gabinete con imágenes bibliográficas, cartográficas y de sensores remotos; 2) trabajo de campo para relevar el componente arbóreo de los senderos y recolección de muestras de suelo deformado e intacto y; 3) análisis de laboratorio para determinar la cronología (LOE/SAR), mineralogía, granulometría, morfoscopía y química del suelo. Además, se realizó una descripción micromorfológica de los suelos. A partir de la composición arbórea de las veredas se calcularon datos de biomasa aérea, riqueza y abundancia de individuos. Para ayudar en la evaluación del efecto de las variables climáticas y de las propiedades fisicoquímicas de los suelos en la configuración de la vegetación de las veredas, se utilizaron datos de precipitación, temperatura y estacionalidad local. El estudio realizado en cuatro perfiles de suelo de senderos de la región centro-este de Roraima demostró que el aumento de las condiciones de humedad que se presentó durante el Holoceno Tardío contribuyó al establecimiento de los senderos, sin embargo, se desarrollaron en distintas fases en respuesta a las nuevas condiciones bajo la disposición espacial impuesta por el relieve, el ascenso de estos caminos se produjo entre LOE/SAR=2.160 (± 275) años AP y LOE/SAR=520 (± 80) años AP. La integración de datos de campo, datos de laboratorio, sensores remotos y literatura específica, indicó que las trayectorias ocurren principalmente en la acumulación modelada, donde ocurren zonas de exudación del nivel freático condicionadas por arreglos morfoestructurales e hidrológicos. Los suelos de los senderos son predominantemente arenosos, derivados de material parental compuesto por sedimentos autóctonos de naturaleza cuarzo-caolinítica, por lo que son distróficos y de alta acidez. En los caminos bajo la influencia de mayores precipitaciones y posicionados en sectores de la cuenca del paisaje, los suelos se encuentran en mayores condiciones de hidromorfismo y, en consecuencia, son más orgánicos. Dichos factores se reflejan en la diversidad de la vegetación de estos senderos, mucho más robusta intercalada con componentes arbóreos. En cuanto a los senderos bajo la influencia de una mayor estacionalidad, los suelos son más arenosos, con disminución de la arcilla, presentando horizontes con estructura de grano simple y su vegetación compleja asociada a especies adaptadas al déficit hídrico. Así, a pesar de que los senderos están ubicados en el mismo material de origen, el gradiente climático y modelado demostró ser un filtro ambiental importante para las variables edáficas y de vegetación. Los suelos analizados - Histosoles, Gleisoles y Neosoles - mostraron el dominio de la microestructura en bloques, poros en canales y cavidades, con predominio de distribución c/f porfírica. Los rasgos redoxmórficos observados en las láminas delgadas apuntan a una alternancia de procesos de humedad y gleización propios de un ambiente tropical húmedo.

Palabras clave: Pedología, Zonas húmedas tropicales, Clima, Holoceno, Suelos Hidromórficos.

LISTA DE FIGURAS

APRESENTAÇÃO

- Figura 1 - Localização da área de estudo, com destaque para os pontos de amostragem (P1, P2, P3 e P4) analisados na região centro-leste de Roraima.....20
- Figura 2 - Mapa de unidades litoestratigráficas do centro-leste de Roraima incluindo mapa de hipsometria da área correspondente e perfil geológico diagonal.....21
- Figura 3 - Mapa de compartimentação das unidades geomorfológicas mostrando a disposição dos modelados de dissecação e acumulação no centro-leste de Roraima.....23
- Figura 4 - Mapa - espacialização das diferentes classes de solos no centro-leste de Roraima.....24
- Figura 5 - Mapa de isoietas, distribuição dos meses de menor (janeiro, fevereiro e março) e maior (maio, junho e junho) precipitação no centro-leste de Roraima, representando a série histórica (1986-2016)25
- Figura 6 - Mapa de vegetação, representando a diversidade fitofisionômica do centro-leste de Roraima.....27
- Figura 7- Delimitação das zonas internas das veredas baseada em critérios pedogeomorfológicos, hidrológicos e de vegetação.....34

CAPÍTULO 1: ASPECTOS EVOLUTIVOS DO SUBSISTEMA DE VEREDAS NO NORTE DA AMAZÔNIA

- Figura 8 - Mapa de unidades litoestratigráficas do centro-leste de Roraima incluindo mapa de hipsometria da área correspondente e perfil geológico diagonal.....39
- Figura 9 - Alinhamentos estruturais da região centro-leste de Roraima com predomínio de falhas e fraturas. O diagrama de Roseta mostra seguimentos de estruturas com orientação preferencial NE-SW. Fonte: Elaborado pela autora.....40
- Figura 10 - Modelo de evolução estrutural da Bacia Sedimentar do Tacutu desde o Cretáceo Superior. O modelo parte da fase de preenchimento da bacia (I), seguido pelo processo de inversão (II) e a esculturação do relevo (III).....42
- Figura 11 - Mapa de compartimentação das unidades geomorfológicas mostrando a disposição dos modelados de dissecação e acumulação no centro-leste de Roraima.....44

Figura 12 - Localização da área de estudo, com destaque para os pontos de amostragem (P1, P2, P3 e P4) analisados na região centro-leste de Roraima.....	46
Figura 13 - Representação dos perfis, incluindo a distribuição vertical da sequência dos depósitos extraídos das veredas. Nos perfis, são indicadas as profundidades e as idades correspondentes obtidas.....	49
Figura 14 - Box plot com os resultados da análise morfooscópica da fração areia grossa para as seções dos perfis.....	51
Figura 15 - Box plot com os resultados da análise morfooscópica da fração areia fina para as seções dos perfis.....	52
Figura 16 - Gráfico textura superficial e aspecto dos grãos de areia grossa.....	53
Figura 17 - Gráfico textura superficial e aspecto dos grãos de areia fina.....	53
Figura 18 - O contorno branco demarca os campos de dunas inativas com lagos interdunares e as setas brancas e pretas indicam a ocorrência das veredas. Campo de duna intercalando floresta e savana (A). Dunas lineares perpendiculares à drenagem reticular (B). As veredas ocupam as linhas de umidade fora do campo arenoso (A e B).....	58
Figura 19 - Estádios de formação das veredas no Centro-Leste de Roraima, considerando a evolução do relevo e alternâncias paleoclimáticas. Fase (I) ausência de veredas, relevo mais inclinado recoberto por vegetação esparsa e rarefeita sob condições de clima seco, o solo exposto favoreceu o transporte de material mais grosseiro para o fundo dos vales. Fase (II), chegada da umidade desenvolvimento de processos geoquímicos e solapamento, maior incisão dos vales, extravasamento do lençol freático, ocorrência das primeiras veredas (P1). Fase (III) aumento dos processos pedogenéticos, rebaixamento mais acentuado de interflúvios, tendência à expansão e coalescência de áreas típica de veredas com formação de galerias de buritis representadas pelos perfis P2, P3 e P4.....	61

CAPÍTULO 2: VEREDAS NO NORTE DA AMAZÔNIA E SUA RELAÇÃO COM GRADIENTES AMBIENTAIS

Figura 20 - Localização da área de estudo e pontos de amostragem (P1, P2, P3 e P4) no norte da Amazônia, Brasil.....	73
Figura 21 - Teores médios dos atributos químicos dos perfis de solos (P1, P2, P3 e P4) em veredas do norte da Amazônia. Legenda: K+= Potássio; Ca ²⁺ = Cálcio; Mg ²⁺ = Magnésio; Al ³⁺ = Alumínio; H+Al = Hidrogênio + Alumínio; S = Soma de bases; T = CTC a pH 7,0; V = saturação de bases; m = saturação de alumínio; MOS = Matéria Orgânica do Solo; P-rem = Fósforo remanescente.....	78
Figura 22 - Gráficos das variáveis climáticas entre os ambientes de veredas no norte da Amazônia referente a série histórica (1970-2000).....	80

Figura 23 - Círculo de correlação PCA com coordenadas em escala das variáveis com projeção de Dim1 e Dim2 para as nove variáveis pedológicas e três bioclimáticas amostradas nas quatro veredas (P1, P2, P3 e P4) no norte da Amazônia, Brasil. As contribuições relativas de cada variável são codificadas por cores, com vermelho indicando a mais alta e azul a mais baixa.....81

Figura 24 - Bi-plot mostrando as relações entre as variáveis ambientais e os atributos químicos dos solos das veredas do norte da Amazônia, Brasil. Onde: PQS= Precipitação no Quartil mais seco, TQMS= Temperatura no quartil mais seco, SP = Sazonalidade, MOS=Matéria Orgânica do Solo, T=CTC, V = índice de saturação por bases, m = índice de saturação por alumínio. A variância explicada por cada componente principal é mostrada entre parênteses, os símbolos maiores representam as médias do grupo e elipses representam confiança ao redor. Quanto maior a área da elipse, maior a variação do traço para o grupo.....82

Figura 25 - Dendrograma de similaridade florística com base no índice de Jaccard, para dados de presença e ausência das espécies nas 40 parcelas das veredas (P1, P2, P3 e P4) estudadas no norte da Amazônia, Brasil..... 83

Figura 26 - Gráfico relação entre altura (H) e diâmetro (DAP) do estrato arbóreo mensurado nas parcelas das veredas P1, P2, P3 e P4. F.....84

Figura 27 Biomassa entre as veredas. Cada shape representa a biomassa por parcela (P1, P2, P3 e P4).....84

CAPÍTULO 3: PEDODIVERSIDADE EM VEREDAS DE BURITI, NORTE AMAZÔNIA

Figura 28 - Localização da área de estudo. a) no norte do Brasil, b) mapa de geomorfologia unidades geomorfológicas c) sequência cronoestratigráfica simplificada dos perfis investigados (número do lado esquerdo das colunas: valores de cor úmida Munsell; acima: identificação do perfil e sigla das classes de solos, do lado direito a textura dos horizontes e idade em LOE).....100

Figura 29 - Dendrograma obtido por Análise Hierárquica de Agrupamentos.....103

Figura 30 - Classificação das microestruturas encontradas nos solos da hidrosequência (objetiva 2,5x): (A) microestrutura maciça no horizonte A do perfil 1, PPL. (B) igual ao anterior em XPL. (C) zona em blocos subangulares e zona de agregação grumosa no horizonte hístico P2, PPL. (D) destaque para poucos grãos de quartzo (Qz) no horizonte, XPL (E) microestrutura em blocos subangulares do horizonte Bg do perfil 3. (F) igual ao anterior em XPL (G) grãos soltos no perfil 4, PPL. Fonte: Elaborado pela autora.....104

Figura 31 - (A) grão de quartzo com alteração irregular, PPL. (B) igual ao anterior em XPL. (C) Grão de quartzo fragmentado, ao lado raiz na transversal, PPL. (D), XPL (E) seção transversal de canais no perfil 4. (F) igual ao anterior em XPL (G) cavidade (Cv), PPL (H) canal (Cn)

.....112

Figura 32 - Distribuição relativa e material orgânico em PPL: (A) Porfírica aberta horizonte A2/perfil 3, PPL. (B) Porfírica fechada horizonte A/Perfil 1. (C) Distribuição mônica, horizonte A/Perfil 4, PPL. (D) Quito-gefúrica com iluviação de matéria orgânica (Mo) no horizonte C/Perfil 4. (E) Resíduos de raiz preenchidos com excrementos da mesofauna. (F) Caule (c) pouco humificado ao lado de bioporo na forma de canal (Cn); (G) Feição organomineral, provavelmente resultante da alteração de uma raiz lenhosa. (H) As setas azuis indicam pigmentos orgânicos.....113

Figura 33 - (A) Feição de depleção (tracejado azul) que se intercala com as feições de acumulação; (B) revestimento típico em poro (C); capeamentos em grão e poros (D); nódulo septário apresentando rachaduras (E); nódulo de Fe-Mn nucleico, com estrutura interna em grãos de quartzo, embutido entre poro e bloco subangular (F); hiporevestimento de argila nas paredes do poro (G); preenchimento do canal com material solto contínuo de grãos de quartzo (Qz) e microagegados do solo (H); micromassa com coloração brunada na parte superior e zona de depleção com pigmentos ferruginosos (setas azuis).....114

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 ASPECTOS EVOLUTIVOS DO SUBSISTEMA DE VEREDAS NO NORTE DA AMAZÔNIA

Tabela 1 Composição Granulométrica e classificação textural das amostras coletadas nos perfis.....48

Tabela 2 Resultados de dose acumulada, dose anual e idade obtida por LOE..... 54

CAPÍTULO 2: VEREDAS NO NORTE DA AMAZÔNIA E SUA RELAÇÃO COM GRADIENTES AMBIENTAIS

Tabela 3 Composição granulométrica, textura, relação silte/argila, para os horizontes dos solos das veredas no norte da Amazônia, Brasil.....77

CAPÍTULO 3: PEDODIVERSIDADE EM VEREDAS DE BURITI, NORTE AMAZÔNIA

Tabela 4 Resultados de dose acumulada, dose anual e idade obtida por LOE.....99

Tabela 5 Valores dos atributos físicos e mineralógicos dos perfis de solos das veredas em estudo.....101

Tabela 6 Atributos químicos dos horizontes em estudo.....102

Tabela 7 Concentração total de elementos maiores (%) e perda ao fogo (PF; %) nas amostras de solos.....103

Tabela 8 Descrição micromorfológica dos solos dos perfis. Fonte: Elaborado pela autora.....105

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO.....	18
1.1FORMAÇÃO DAS VEREDAS NO CONTEXTO NEOTROPICAL.....	29
CAPÍTULO 1: ASPECTOS EVOLUTIVOS DO SUBSISTEMA DE VEREDAS NO NORTE DA AMAZÔNIA	36
RESUMO.....	36
1 INTRODUÇÃO.....	36
1.1CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO.....	38
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	45
3 RESULTADOS.....	48
3.1 DESCRIÇÃO SEDIMENTAR E TEXTURAL DOS PERFIS.....	48
3.2 MORFOSCOPIA DA AREIA NAS FRAÇÕES FINA E GROSSA.....	50
3.3 IDADES LUMINESCÊNCIA OPTICAMENTE ESTIMULADA (LOE-SAR)	
4 DISCUSSÃO E INTERPRETAÇÕES.....	54
CONCLUSÕES.....	62
REFERÊNCIAS.....	63
CAPÍTULO 2: VEREDAS NO NORTE DA AMAZÔNIA E SUA RELAÇÃO COM GRADIENTES AMBIENTAIS.....	70
RESUMO.....	70
1 INTRODUÇÃO.....	70
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	73
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	73
2.2 COLETA DE DADOS.....	74
2.3 ANÁLISE DE LABORATÓRIO	75
2.4 ANÁLISE DE DADOS.....	75
3 RESULTADOS.....	76
3.1 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS LOCAIS.....	79
3.2 ANÁLISE MULTIVARIADA.....	80
3.3 COMPONENTE ARBÓREO DAS VEREDAS.....	82
4 DISCUSSÕES E INTERPRETAÇÕES.....	85
CONCLUSÕES.....	87
REFERÊNCIAS.....	88
CAPÍTULO 3 - PEDODIVERSIDADE EM VEREDAS DE BURITI, NORTE AMAZÔNIA.....	93
RESUMO.....	93
1 INTRODUÇÃO.....	93
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	94
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	94
2.2 TRABALHO DE CAMPO.....	95
2.3 ANÁLISES DE LABORATÓRIO.....	96
3 RESULTADOS	98

3.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA ELEMENTAR DO SOLO.....	102
3.2 MICROMORFOLOGIA.....	104
4 DISCUSSÃO E INTERPRETAÇÕES.....	107
4.1 FORMAÇÃO DOS SOLOS DAS VEREDAS.....	107
4.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS E MINERALÓGICOS.....	108
4.3 PROPRIEDADES MICROMORFOLÓGICAS.....	111
CONCLUSÕES.....	115
REFERÊNCIAS	116
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	122
REFERÊNCIAS.....	126
ANEXOS.....	132

1 APRESENTAÇÃO

A paisagem é a porção do espaço caracterizada por um tipo de combinação dinâmica, portanto instável, de elementos geográficos diferenciados (físicos, biológicos e antrópicos) que, ao reagirem dialeticamente entre si, fazem da paisagem um conjunto geográfico indissociável que evolui em bloco, tanto sob o efeito das interações entre os elementos que o constitui como sob o efeito da dinâmica própria de cada um dos elementos considerados separadamente (TRICART e J. KILIAN 1982).

Do ponto de vista geomorfológico a paisagem é posta como resultado da ação conjunta de fatores endógenos e exógenos, que geram na superfície terrestre formas alimétricas diferenciadas, bem como produtos decorrentes de processos erosivos e da denudação das formas de relevo. Desse modo, o entendimento sobre as formas atuais do relevo passa pela interpretação das forças morfoestruturais e morfoesculturais, atuantes no seu controle ao longo do tempo geológico (GUERASIMOV, 1946; MERSCERJAKOV, 1968).

Neste contexto, os solos como corpo tridimensional na paisagem, representam um aspecto importante na da configuração e evolução do relevo, uma vez que somente a natureza do substrato não define sua elaboração, pois o comportamento de uma mesma rocha difere em condições morfoclimáticas distintas. Assim, os solos podem indicar as constantes alterações das condições ambientais às quais as rochas foram expostas, os fatores de evolução dos relevos e dos ciclos biológicos, que, por sua vez, também influenciam a evolução dos solos (RUELLAN e DOSSO, 2003).

De maneira geral, o clima controla o intemperismo diretamente através da temperatura e da precipitação e indiretamente, através da vegetação que recobre a superfície (BIGARELLA, 1994). Já as propriedades e os atributos dos solos podem se diferenciar com a disposição do relevo, de tal modo que a morfometria interfere nos processos erosionais e deposicionais em função de alterações na declividade, que condicionam a circulação da água, o transporte e o retrabalhamento de materiais nos segmentos da encosta.

Além desses fatores, os solos refletem uma infinidade de interações, como: a percolação que transloca materiais no solo, o escoamento que move os materiais através de suas superfícies, alterando-os. E, ainda, a atividade da fauna bioturbadora que continuamente escava, mistura e altera os solos. Tais interações implicam na evolução ou mudanças de padrões que atuam nos solos no tempo e no espaço.

Os fatores edáficos, em grande parte, regulam as condições ambientais, de maneira

que a vegetação primária reflete as particularidades pedoclimáticas vigentes nas diversas ambiências do local onde ocorre e influencia no desenvolvimento dos diferentes atributos do solo: composição, diversidade, estrutura e distribuição (NERI *et al.*, 2012). A correlação entre distribuição de espécies de vegetação, variáveis de solos e de topografia tem sido sucessivamente demonstrada em vastos estudos sobre as regiões tropicais (OLIVEIRA FILHO *et al.*, 1994b; CLARK *et al.*, 1998; ESPÍRITO SANTO *et al.*, 2002; CARVALHO *et al.*, 2005).

Nessa perspectiva, a área de estudo contempla diversidade de formações vegetais e de cobertura pedológica que merece ser analisada. Localizada no norte da Amazônia, a região expressa notável ecotonal de savanas em contraste com ilhas de floresta. Diversos estudos buscaram compreender a área e identificar a natureza dos fatores que levaram à sua formação e atual configuração, dentre eles se destacam as contribuições de Reis *et al.* (1994); Ab'Saber (1997); Schaefer e Vale Junior (1997); Simões Filho (2000); Vaz *et al.* (2007); Meneses *et al.* (2012) e Meneses *et al.* (2013).

Como recorte para as pesquisas e contextualização regional, definiu-se um quadrante de cerca de 11.659km², tendo os seus quatro vértices limítrofes georreferenciados na projeção SIRGAS 2000, com coordenadas 60°50'0"W, 60°10'0"W, 2°30'0"N e 3°10'0"N. A área de estudo está na região centro-leste de Roraima localizada na porção norte da Amazônia, abarcando parcialmente os municípios de Boa Vista, Bonfim e Cantá (Figura 1).

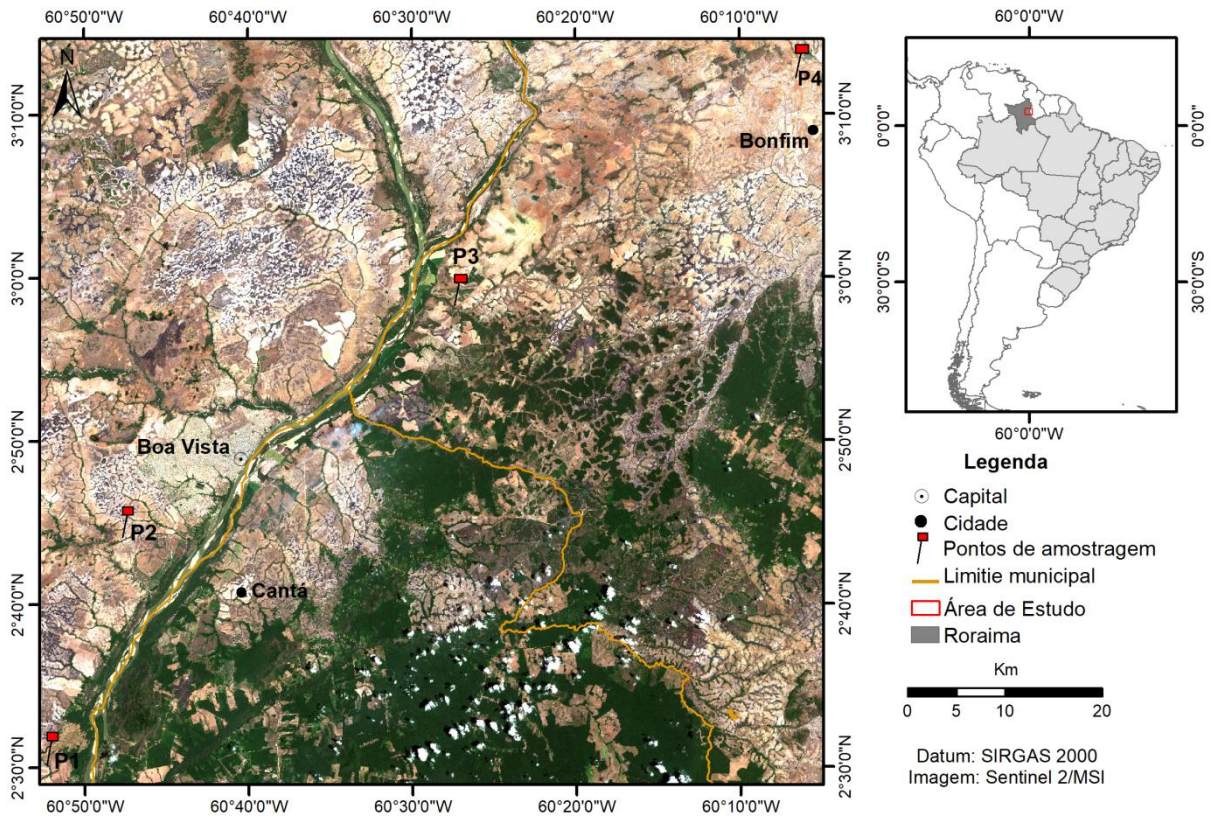


Figura 1 Localização da área de estudo, com destaque para os pontos de amostragem (P1, P2, P3 e P4) analisados na região centro-leste de Roraima. Fonte: Elaborado pela autora

Localizada ao norte do Cráton Amazonas, a área de estudo é pertencente ao domínio geológico da Guiana Central, que sofreu importantes episódios de evolução morfotectônica, creditada a uma sucessão de arcos magmáticos e eventos colisionais (REIS *et al.*, 2014). Tais eventos são expressos em seu relevo cuja elaboração foi fortemente controlada pela presença de zonas de cisalhamento e lineamentos estruturais, resultantes de evento deformacional, que teria reativado as falhas normais integrantes a bacia Tacutu (de idade mesozoica), imprimindo texturas, dobras e clivagens nas rochas sedimentares que, uma vez submetidas à erosão, formaram alinhamentos de cristas com direções preferenciais NE-SW (AMARAL, 1994).

A maior parte dessa porção é recoberta pelo substrato da Formação Boa Vista que é produto de um nivelamento erosivo que inumou o Graben Tacutu com sedimentos derivados da destruição de remanescentes do Grupo Roraima, datado do pré-cambriano (SCHAEFER e VALE JUNIOR, 1997).

A litoestratigrafia que domina esse cenário geológico é composta, em sua maioria, por rochas essencialmente arenosas da Formação Serra do Tucano, Formação Boa Vista, Formação Areias Brancas, Campos de Dunas e Depósitos Aluvionares recentes (REIS *et al.*, 2002). Intrusões de rocha básica ocorrem nas imediações da área, na forma de relevos

residuais, constituídos por basaltos da Formação Apoteri e granitos da Suíte Intrusiva Serra da Prata e Mucajá. Há ainda ocorrências localizadas de rochas do embasamento cristalino como o Grupo Caurane e Unidade Rio Urubu (Figura 2).

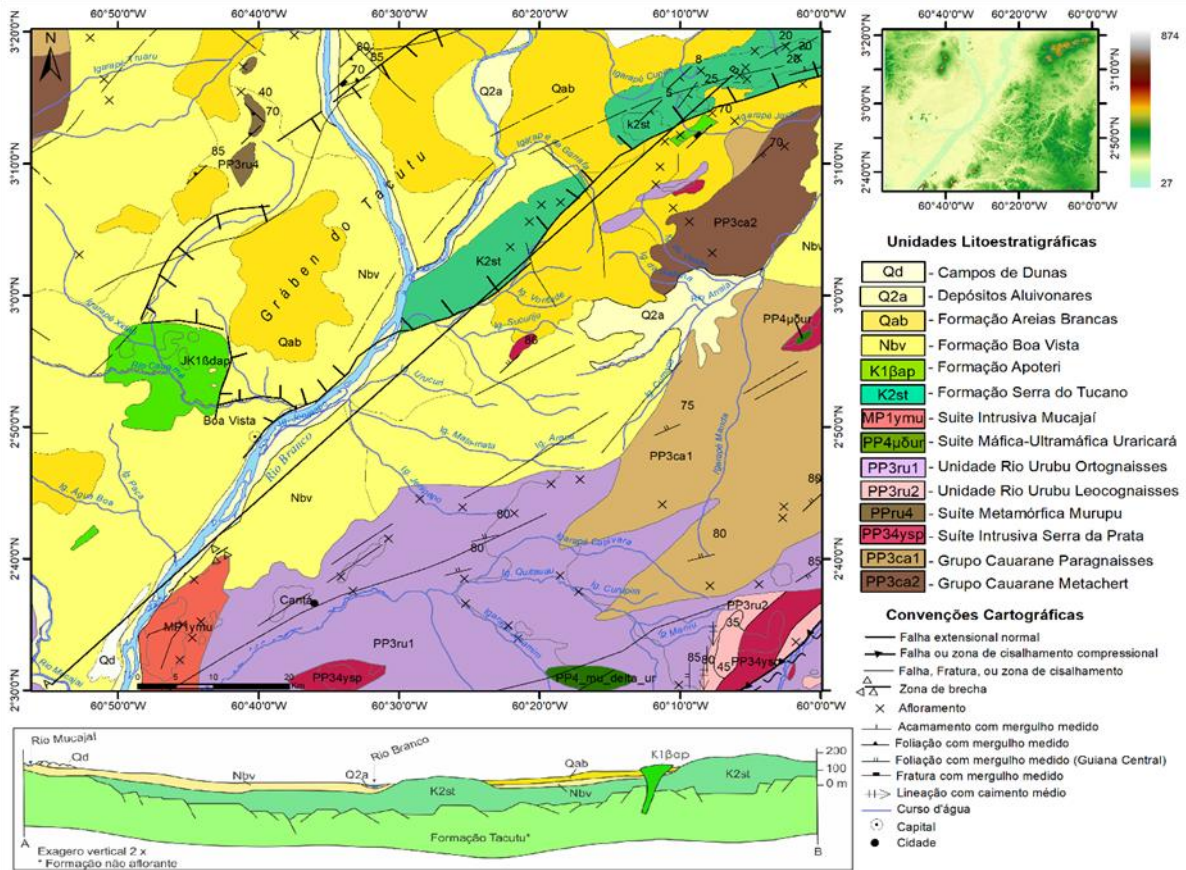


Figura 2 Mapa de unidades litoestratigráficas do centro-leste de Roraima incluindo mapa de hipsometria da área correspondente e perfil geológico diagonal. Fonte: Elaborado pela autora baseado em CPRM (2009).

A bacia sedimentar Tacutu dispõe de um elevado potencial hidrogeológico, o Sistema Aquífero Boa Vista, é intergranular e abrange praticamente toda a área de estudo, possuindo cerca de 14.000 km² com espessura que varia entre 15 e 120 metros. A Formação Boa Vista de origem fluvio-aluvionar ocorre praticamente em toda a extensão do sistema e exerce papel importante na manutenção do aquífero. Em geral os seus níveis são compostos por intercalações de argilitos, passando para siltitos, conglomerados, terminando em concreções lateríticas. O nível freático é pouco profundo, em média 6,3 metros de profundidade durante o período de estiagem, sendo o nível mais raso observado de 1,35 metros de profundidade (REIS *et al.*, 2003; AVILA, 2007).

Analisando o comportamento das curvas de resistividade nesse sistema, Souza e Carvalho (2017) constataram a intercalação de intervalos (ora resistivo, ora condutivo)

associados à natureza litológica de caráter extremamente arenoso, sobreposta às concentrações lateríticas porosas, mostrando-se intensamente distribuídos tanto nas metragens iniciais, bem como além dos 13 m de profundidade, configurando zonas permoporosas que tendem a manter o suprimento de água nas áreas de afloramento (lagos e veredas) na maior parte do ano.

No contexto geomorfológico, os trabalhos mais significativos que se referem aos domínios morfoestruturais de relevo são os de Franco *et al.* (1975); IBGE (2005); Beserra Neta e Tavares Junior (2008) e Costa (2008), que reconhecem para a região as unidades: Patamar em Crista Estruturado, Planalto Dissecado Norte Amazônia, Relevos Residuais de Roraima e Depressão de Boa Vista, que em geral compõem o arranjo do relevo local.

Nesses domínios, a morfologia de maior representatividade, segundo Costa (2008) e Alves e Beserra Neta (2018), é impressa por uma extensa superfície plana, denominada Depressão de Boa Vista, moldada sobre os sedimentos areno-argilosos da Formação Boa Vista, com a presença de uma série de pequenos remanescentes e colinas amplas, que apresentam drenagem com entalhe pouco acentuado, conhecidos regionalmente como tesos, cujas altitudes chegam a 90m.

Outro compartimento são as Colinas Dissecadas Abertas, formadas por sequências de morros, colinas ravinadas e colinas com vales encaixados, moldadas sobre os arenitos da Formação Serra do Tucano. Além das elevações, intrusões de rocha básica e com ocorrência de formas residuais afloram no sentido NE-SW, geralmente formando solos eutróficos na região. Esses remanescentes foram mantidos em cotas positivas pela resistência aos processos denudacionais e comumente possuem altitude de 200m, mas podem superar 500m (Fig. 3).

A diversidade dos solos encontrada nesses compartimentos está principalmente na formação litológica, que se difere mesmo sob relevo plano. Estes são formados, em sua maioria, por sedimentos neogênicos quando houve a formação de um extenso pacote de solos arenosos resultantes de intensa pedogenização, a partir do retrabalhamento dos sedimentos da Formação Boa Vista (SCHAEFFER e VALE JÚNIOR, 1997).

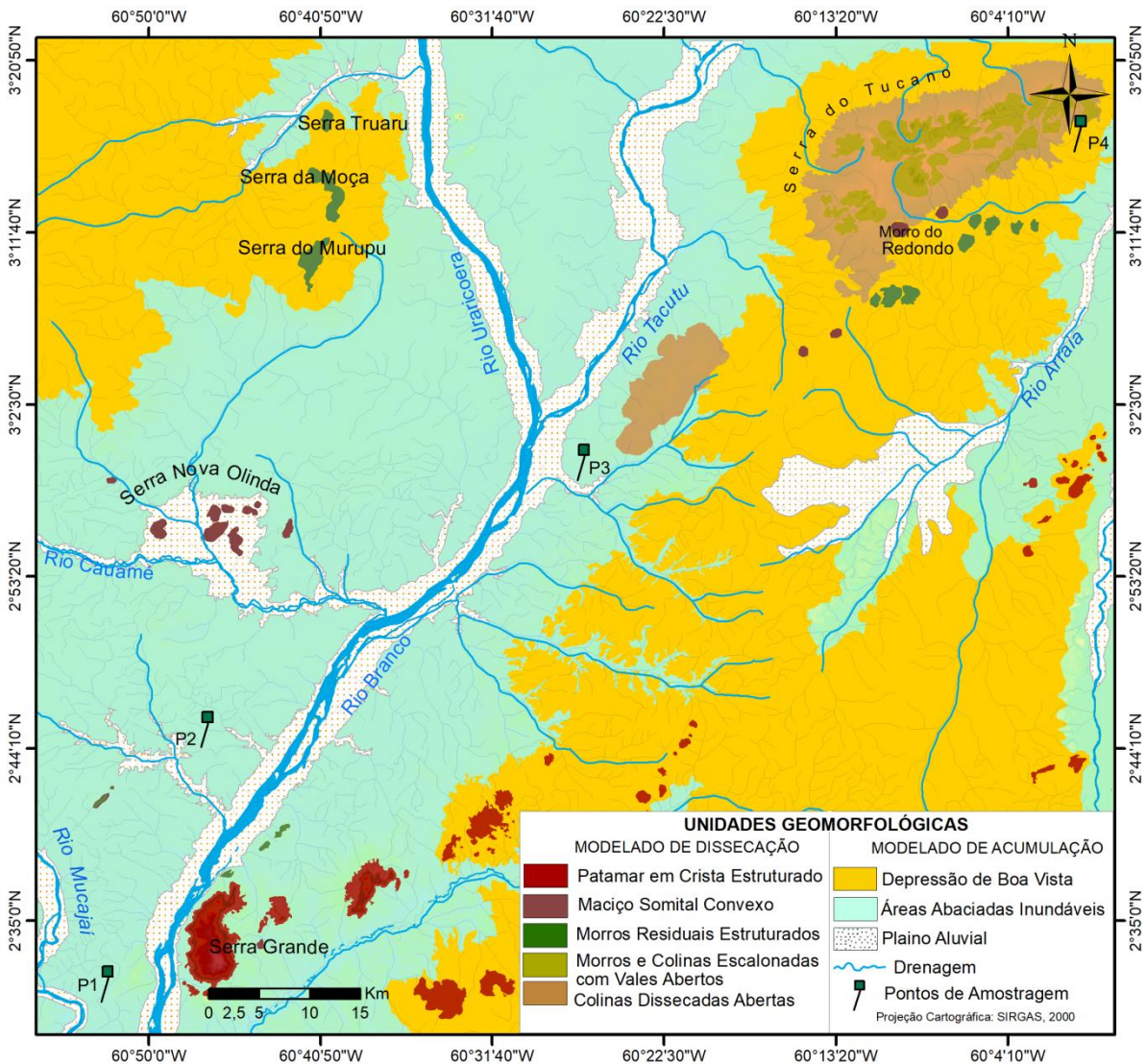


Figura 3 Compartimentação das unidades geomorfológicas mostrando a disposição dos modelados de dissecação e acumulação no centro-leste de Roraima. Fonte: Elaborado pela autora.

As características dos solos da região são, normalmente, baixa fertilidade natural com baixos valores de cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+) e problemas de natureza física. Em sua mineralogia, tem a caulinita como principal mineral da fração argila sendo indicativo de grau avançado de intemperismo e forte lixiviação de bases (BENEDETTE, 2011).

Apesar de a região estar submetida a um longo e profundo processo de

intemperismo, as características químicas e mineralógicas dos solos são surpreendentemente variadas e ditadas pela natureza do material de origem e pelas variações climáticas (regionais e locais). Áreas extensas de solos eutróficos só existem onde há influência atual ou pretérita de rochas de riqueza química maior, como basaltos e diabásios (SCHAEFER, 2017). A Figura 4 ilustra as principais classes de solos mapeadas na região.

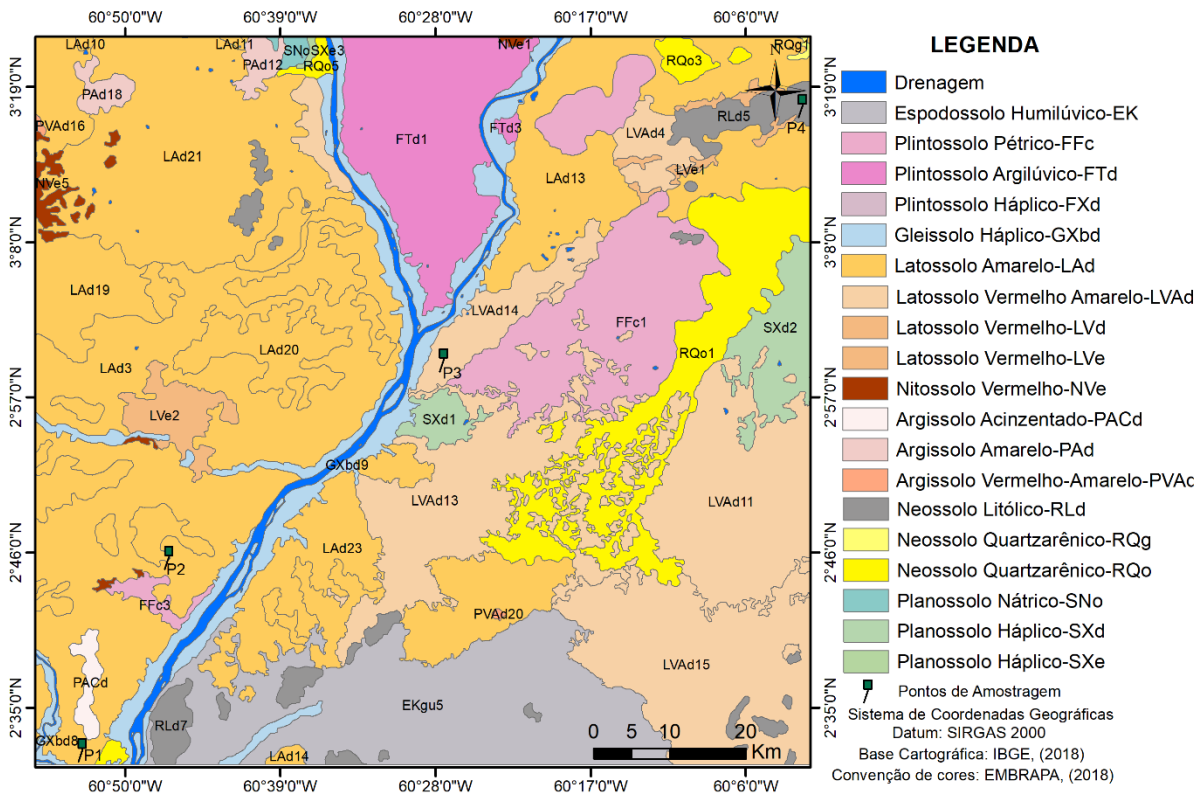


Figura 4. Mapa das diferentes classes de solos no centro-leste de Roraima. Fonte: Elaborado pela autora.

Dentre as peculiaridades pedológicas destacam-se as classes de solo encontradas: Latossolos, Argissolos, Gleissolos, Plintossolos, Neossolos Flúvicos e Neossolos Quartzarênicos, sendo em geral distróficos e ácidos (MELO *et al.*, 2006; VALE JÚNIOR *et al.*, 2007 e SCHAEFER *et al.*, 2018) e algumas manchas de Nitossolos eutróficos, derivados de diabásio e basalto, sendo que estes apresentam espécies arbóreas mais adensadas, devido às melhores condições químicas e físicas, herdadas do material de origem (MELO *et al.*, 2010b). Ocorrem também Organossolos que são raros e restritos às partes mal drenadas de lagos temporários e veredas (SCHAEFER, 2017).

A principal rede hidrográfica é bastante densa e acha-se comandada pelas bacias dos rios Branco, Tacutú e Uraricoera, assinalando-se a outras bacias menores. Na área, esses rios e seus tributários apresentam escoamento segundo padrão dentrítico, anelar e retangular,

o que reflete o condicionamento de seus cursos às estruturas geológicas e às rochas sedimentares predominantes.

O Rio Branco é descrito por Evangelista *et al.* (2008) como importante contribuinte da margem esquerda do Rio Negro que, juntamente com o Rio Solimões, formam o Rio Amazonas. Tem seu nível semelhante aos seus tributários, sendo possível caracterizar dois períodos bem definidos, com período de cheia iniciando em março, perdurando até setembro. O período de águas baixas inicia-se em outubro e se estende até o início de março.

O clima é um dos fatores que contribuem para a morfodinâmica na área de estudo, que está sob domínio de do grupo climático da classificação de Koppen (Aw) (Figura 5).

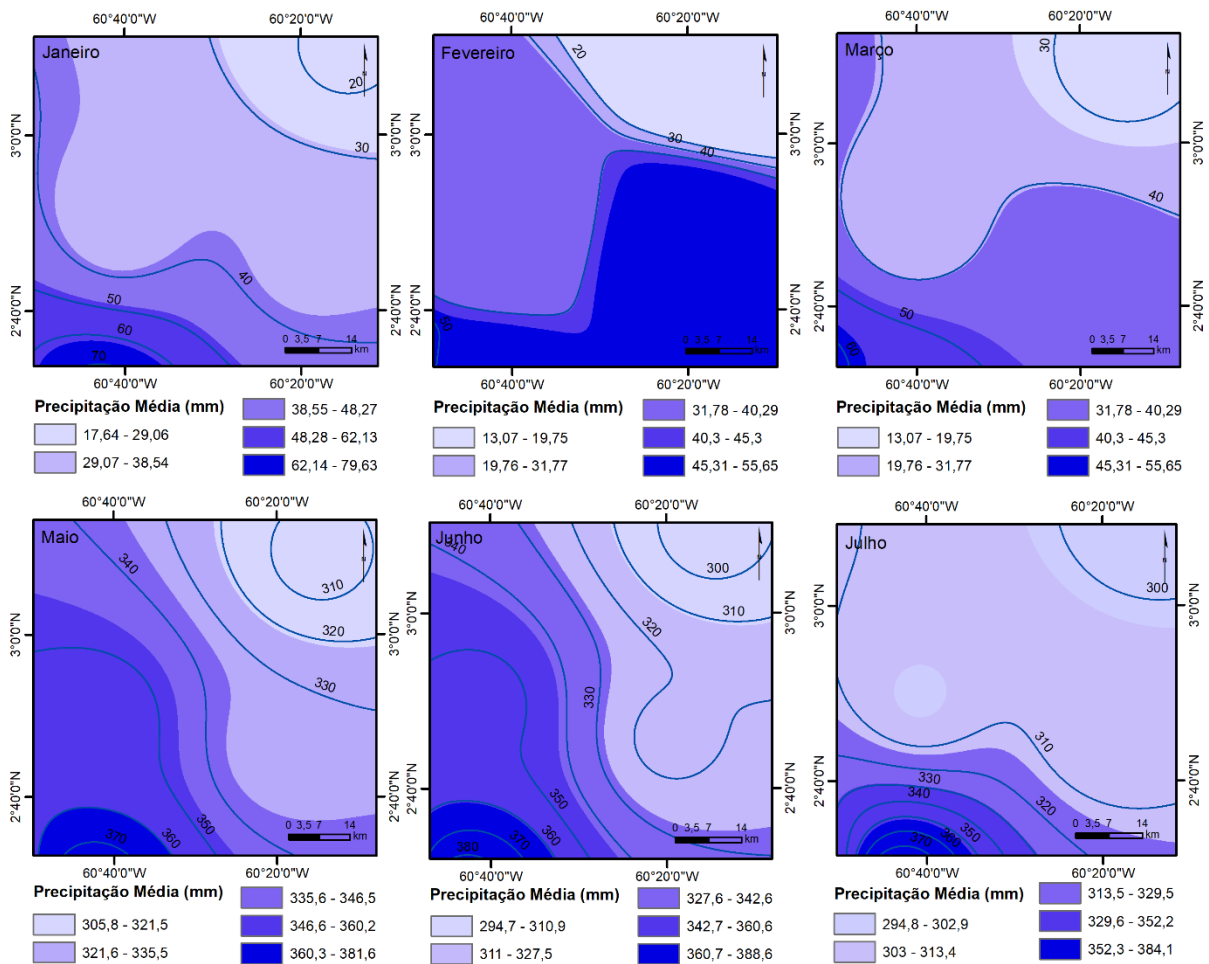


Figura 5. Distribuição da média mensal de pluviosidade no centro-leste de Roraima nos meses de menor (janeiro, fevereiro e março) e maior (maio, junho e junho) precipitação, representando a série histórica (1986-2016). Fonte: Elaborado pela autora.

Ao norte, predomina o clima quente úmido, com estação úmida e seca, e é fortemente influenciado pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e pelos ventos

alísios vindos do nordeste. A temperatura média anual é de 27°, com taxa de precipitação pluviométrica anual que varia entre 1.400 e 1.700 mm em que predomina um período seco definido de cerca de 4 meses no ano (BARBOSA, 1997).

Ao sul da área de estudo, se estabelece em um corredor florestal sob influência das savanas e dos altos relevos do norte de Roraima, possuindo estação seca bem definida, mas com menos rigor em relação ao setor norte, com precipitação anual de 1.700 a 2.000, sendo mais frequente e mais bem distribuída ao longo do ano (BARBOSA, 1997).

De uma forma geral, a região sofre a influência direta de dois sistemas de circulação atmosféricos que condicionam as suas características climatológicas: às massas de ar Equatorial Continental (mEc), que ocorrem principalmente entre os meses de abril e setembro, e a Equatorial Atlântica (mEa) que tem sua atuação durante o período seco e ocorre nos meses de outubro a março (AGOSTINHO, 2001).

A mEc tem sua atuação associada à posição do equador térmico, que acompanha o zênite solar e segue também o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical. Enquanto a mEa é associada à aproximação do centro positivo de Açores do equador geográfico, puxado pelo equador térmico pelo Hemisfério Sul (NIMER, 1979).

Tais condições determinam a ação de ventos alísios no nordeste da América do Sul que penetram na Guiana seguindo um corredor de baixa topografia que favorece o deslocamento da coluna de ar para o nordeste de Roraima. Tal condição implica na presença constante de ventos na região ao longo da maior parte da estação seca, o que favorece a dissipação da umidade e redução das chuvas em tal período (SILVA *et al.*, 2015).

Sob a influência desses domínios microclimáticos e do forte condicionante geológico-pedológico a região possui vegetação peculiar, composta principalmente por áreas abertas que integram uma extensa área contínua de savanas do norte da América do Sul. Com cerca de 70.000km², o complexo paisagístico Rio Branco-Rupununi é compartilhado entre Guiana, Venezuela e Brasil, nesse último, a maior ocorrência desta fitofisionomia se dá nas áreas planas, vales abertos e porções serranas, sotopostas por rochas areníticas da Formação Boa Vista e intrusões basálticas (SARMIENTO e MONASTERIO, 1975; MIRANDA e ABSY, 2000; RULL *et al.*, 2016).

Embora expressem a mesma aparência física, existem especificidades ecológicas e florísticas que as distinguem das áreas abertas de outras regiões do país, pois elas variam muito em estruturas que vão desde estratos arbóreos densos, árvores baixas bem espaçadas, distribuição agrupada de elementos lenhosos a campos gramíneo-lenhosos (Fig. 6) (BARBOSA e MIRANDA, 2005).

Nesse conjunto encontram-se outras formações vegetais com dossel mais ou menos fechado, formando pequenas ilhas de florestas. Há também conspícuas formações de veredas, que ocorrem às margens dos igarapés e circundam os lagos, sendo que sua composição é marcada pela presença de estratos graminóides permeados por árvores de pequeno porte isoladas ou agrupadas e que são parte integrante do mosaico de unidades vegetais que formam o domínio das savanas na região (Fig. 6).

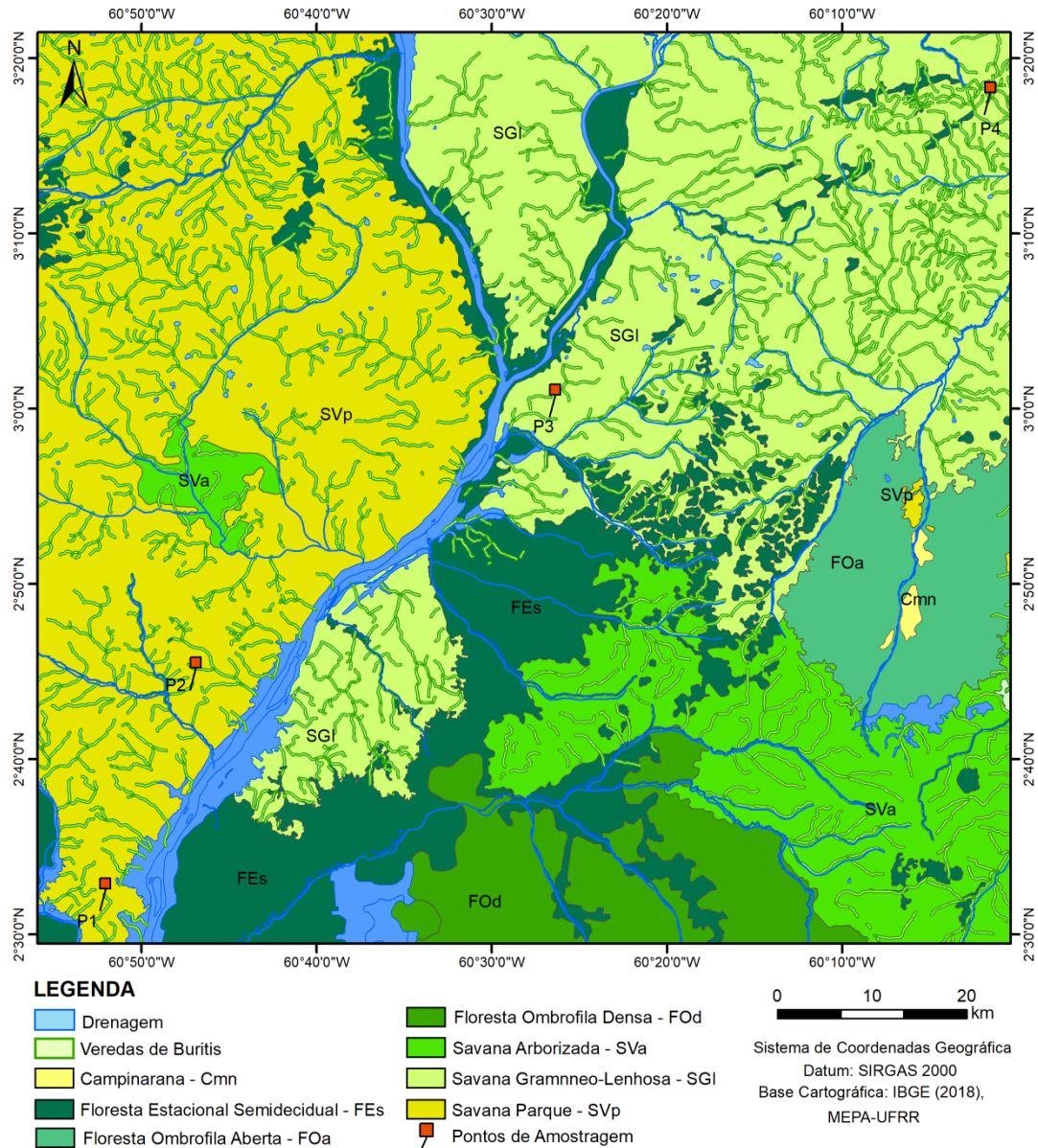


Figura 6. Mapa de vegetação, representando a diversidade fitofisionômica do centro-leste de Roraima. Fonte: Elaborado pela autora.

Uma das teorias mais plausíveis sugere que um dos principais controladores da evolução dessa pedopaisagem foram as mudanças paleoclimáticas, nas quais essa região experimentou a passagem de um clima semiárido pretérito para condições de precipitação

mais acentuada, o que favoreceu o avanço do intemperismo químico e os processos de erosão e deposição (SCHAEFER e VALE JÚNIOR, 1997).

Esses mecanismos foram responsáveis pela construção do modelado da região, conferindo a esse, áreas de planaltos fortemente erodidos, apresentando em seu entorno planos regulares que propiciaram a expansão de áreas de solos com padrões hidromórficos, os quais as propriedades estão associadas à estagnação de água.

Sob essa dinâmica, condicionadas à ação dos fatores de formação pedológica, as superfícies foram sendo ocupadas por comunidades vegetais adaptadas a cada ambiente, como os subsistemas de veredas (objeto de estudo), onde ocorre uma variação expressiva de solos. Uma vez instaladas, as veredas assumem importante papel no controle do fluxo de sedimentos e na manutenção da drenagem local.

Os registros sugerem que as veredas da Amazônia são respostas às novas condições ambientais em períodos de expansão e retração de ambientes (savana-floresta), durante as mudanças paleoclimáticas (FRANCO *et al.*, 1975; ABSY, 1991; MENESES *et al.*, 2013). Nesse contexto, é essencial que sejam empregados esforços para se compreender a evolução da sua geocobertura, o que permitirá fazer inferências sobre as variações edáficas e sua relação com a distribuição desses ambientes ao longo dos vales.

Embora sejam contempladas por pesquisas que abordam seus diversos aspectos naturais, com ênfase ecológica e de cunho etnobiogeográfico (BARBOSA e MOISES JR, 2010; HADA, 2010; ROSA e KOPTUR, 2013), ainda são incipientes estudos específicos dedicados a compreender a formação das veredas na região. Nesse sentido, este estudo busca elaborar um modelo representativo de evolução, que considere a atuação dos processos geomorfológicos e pedogenéticos no estabelecimento das veredas, e a partir deste aprimorar os dados existentes sobre as veredas.

Para tanto, a pesquisa busca testar a hipótese de que as veredas representam ambientes que possuem uma variabilidade dos pulsos de acumulação, com alternâncias de materiais alóctone e autóctone, cuja formação dependeu desde a erosão das vertentes a processos resultantes da estabilidade climática e pedológica no transcurso do Holoceno e que permitiram a bioconstrução das turfeiras. Outro pressuposto é que os atributos da cobertura pedológica distinta resultam da contribuição dos diferentes gradientes climáticos atuais.

Situadas as hipóteses, o objetivo geral da pesquisa é o estudo da formação das veredas do norte da Amazônia, considerando os condicionantes geomorfológicos e os diferentes contextos pedoclimáticos. Para alcançar tal objetivo, buscou-se: (i) determinar a cronologia de formação da cobertura superficial e correlacioná-la aos estágios evolutivos das

veredas; (ii) comparar os atributos dos solos pertencentes às veredas em relação com os diferentes ambientes onde elas ocorrem; (iii) determinar a concentração dos elementos químicos em função do material de origem do solo; (iv) analisar as propriedades e a evolução dos agregados dos solos das veredas.

Com base na problemática e nos objetivos traçados, esta tese está estruturada em uma revisão sobre a temática e os resultados das pesquisas na forma de artigos. A revisão teórico-conceitual sobre as veredas, objeto da pesquisa, traz um aporte interdisciplinar das suas características botânicas, ecológicas, classificação geomorfológica e a distribuição espacial no contexto neotropical.

O primeiro artigo retrata o cenário em que se inseriu as veredas no contexto amazônico reportando a conformação do modelado regional e o estabelecimento dos ambientes de veredas. O objetivo desse artigo foi determinar a cronologia dos sedimentos, para então correlacionar com os estágios e as condições ambientais de deposição e evolução dos solos que compõem as veredas.

O segundo artigo trata da análise dos atributos dos solos e sua relação com os diferentes ambientes onde as veredas ocorrem especialmente da sua distribuição no contexto do gradiente climático Aw.

O terceiro artigo versa sobre os resultados da análise elementar e micromorfológica dos constituintes da cobertura pedológica das veredas e a relação desses atributos com o contexto do material parental dos solos.

Por fim, foi realizado o fechamento da tese, com a análise do conjunto de variáveis dos solos que compõem as veredas e que estão submetidos a condições pedogeomorfológicas distintas.

1.1 FORMAÇÃO DAS VEREDAS NO CONTEXTO NEOTROPICAL

A ocorrência das veredas se restringe a ambientes paludosos com solos hidromórficos, que são formados sob condições de drenagem deficiente ao longo de áreas cujo terreno possui pouca declividade, fator que infere em fluxo de baixa energia. Além desse fator, o regime climático regional, com estações bem definidas, condiciona essas áreas à saturação de água na maior parte do ano, ocasionadas principalmente pela ocorrência de nível freático próximo à superfície.

As veredas se distribuem amplamente pelas savanas da Amazônia peruana

(*Aguajales*), colombiana (*Cananguchal*), Venezuela e Guiana (*Morichales*). No Brasil, apesar de sua ocorrência estar geralmente associada ao domínio fitogeográfico do Cerrado, nas regiões central e sudeste do país, as veredas são sistemas ecológicos que integram, de modo mais restrito, o mosaico de unidades vegetais da Amazônia, ocupando, especificamente, os limites setentrionais do país, com destaque para o centro-leste do estado de Roraima.

As ilhas de savana na Amazônia ocorrem normalmente onde há alguma ampliação sensível do período de estiagem e geralmente em áreas úmidas e baixas, mas com cinco ou mais meses secos. Tal déficit hídrico, bem como o excesso de precipitação no período chuvoso, marcam essas savanas pelos extremos de seca e inundação, incomuns aos Cerrados do Planalto Central, quase sempre bem-drenados (SCHAEFER, 2017).

As veredas também são encontradas em ambientes semiáridos do nordeste do Brasil. Segundo Guerra *et al.* (2020) elas são ambientes de exceção que coexistem com as características naturais predominantes no domínio das Caatingas e sob influência das condições hidrogeológicas e edáficas da Chapada do Araripe.

Os ecossistemas de veredas formam uma complexidade estrutural com espécies monodominantes de palmeiras, com destaque para a *Mauritia flexuosa* L. f conhecida como buriti, que estão amplamente distribuídas nas planícies aluviais e nos baixos terraços. São estandes instalados em vales rasos, com vertentes côncavas de caimento pouco pronunciado e de fundo plano, com escoamento perene, porém, com variação sazonal de vazão (AB'SÁBER, 2001). Além da *Mauritia* (*Arecaceae*), outros grupos vegetais de diferentes estratos, compostos por vegetação herbácea (*Cyperaceae* e *Poaceae*), arbustiva (*Melastomataceae*) e subarbustiva (*Rubiaceae*) tendem a crescer consorciadas ao domínio das veredas (KAHN, 1991).

As palmeiras de buritis tangenciam as feições canalizadas ao longo dos vales e permanecem encharcadas durante a estação seca, tal fator é de extrema importância para o fornecimento de serviços ecológicos, para manter o equilíbrio dos processos da troca de matéria e energia entre os entes ambientais e para a regulação da disponibilidade hídrica das bacias de drenagens locais. Hoek *et al.* (2019) concluíram que os buritizais desempenham papel de espécie-chave no fornecimento de recursos de ninhos, recursos alimentares ou habitat para uma ampla variedade de espécies de pássaros, mamíferos, peixes e répteis, levando à constatação de que uma mudança na abundância ou distribuição dessas palmeiras implicaria efeitos em cascata nos ecossistemas neotropicais.

Em geral, o buriti (*M. flexuosa* L. f) possui indivíduos que podem atingir 30m e decrépitos que alcançam 50m de altura, é dióico, monocauloso pertencente à categoria

heliófita, cuja semente germina normalmente em ambiente aquático, tendo como um estratégico dispersor para as suas sementes a água dos ambientes nos quais são pertencentes (HADA, 2010). Supõe-se daí o padrão de distribuição nas veredas em estandes monodominantes.

Do ponto de vista genético, o estabelecimento dessas espécies em ambiente anaeróbico pode ser explicado pelo desenvolvimento de uma série de aparatos fisiológicos, anatômicos, como as lenticelas, onde parte da raiz fica submersa entre 20 e 30 cm do solo e a planta depende das atividades de absorção de oxigênio realizadas pelos pneumatóforos - porções aéreas das raízes, que atuam como uma resposta adaptativa ao ambiente redutor (KAHN *et al.*, 1993).

Uma característica importante dessa espécie é que ela sobrevive a incêndios, muito comuns na área de estudo e que ocasionalmente cruzam o leito dos córregos, atingindo o dossel, que por várias razões resiste ao fogo, dentre elas pode-se elencar: a ausência de anel sensível de câmbio e floema próximo à casca; tecido vascular disperso como feixes por todo o tronco lenhoso; e o tecido esponjoso úmido nos pecíolos maciços que isola o meristema apical (LATRUBESSE e NELSON, 2002).

Estudos de Oliveira (2020) envolvendo análises antracológicas indicaram paleoincêndios durante o Holoceno Médio/Superior nas savanas inclusas na Formação Boa Vista, as quais passaram por diferentes momentos de mudanças paleoclimáticas e paleoambientais, associadas a eventos climáticos naturais, influência antrópica ou ambos os casos. A magnitude e frequência dos eventos de queima, ocorridos nessa região de Roraima, durante as fases secas - ou mesmo úmidas - do Holoceno foram determinantes na história dos ecossistemas de floresta e savana. Estes eventos periódicos trouxeram impacto sobre a distribuição da savana e floresta, contribuindo em grande parte, para o estabelecimento das áreas abertas e veredas nessa região (PRANCE 1998, MENESES *et al.*, 2013; MENESES *et al.*, 2015).

Diversas teorias foram propostas com o objetivo de buscar entender os processos envolvidos na formação das veredas. Segundo Boaventura (1981), a vereda resulta da ocorrência de mecanismos que ocorrem em superfície e subsuperfície e que dependem de certos condicionantes ambientais, a saber: (i) presença de substrato rochoso com superposição de camadas de diferentes permeabilidades; (ii) existência de distintas superfícies aplainadas ou suavemente onduladas (depressões, tabuleiros ou chapadas), que são áreas de acumulação preferencial de água; (iii) presença de nível de base e (iv) ocorrência de clima mais úmido com estações bem definidas.

No que diz respeito ao substrato rochoso, Boaventura (1981) explica que no ponto de contato das camadas onde a camada superior é mais permeável que a inferior, a exfiltração do nível freático em rede de drenagem exorréica contribui para a formação de filetes que escoam até o rio mais próximo. Esse extravasamento resulta de um gradiente hidráulico impulsionado pela infiltração de água nas terras mais elevadas e por uma camada de base impermeável, que faz com que o nível freático flua lateralmente e alcance a vereda, mantendo a drenagem estável devido ao baixo declive e à ocorrência dessas camadas impermeáveis em subsuperfície, impedindo o aprofundamento do talvegue. Além dessas condições, os processos pedológicos como a gleização e a transformação dos materiais derivados do intemperismo, também são particularidades fundamentais para a existência da vereda.

Segundo Augustin *et al.* (2008), para o desenvolvimento de uma vereda é essencial a ocorrência de um ambiente com fluxo de baixa energia, que permita a deposição da matéria orgânica e a argila, e impeça a ação erosiva da água. Os autores salientam que declividades muito acentuadas exercem um profundo impacto sobre essa dinâmica hidrológica, pois aceleram a capacidade erosiva da água e criam um fluxo que tende a dissecar as camadas orgânicas, atingindo horizontes mais profundos e mais susceptíveis à erosão. Logo, uma vez desenvolvido um canal, a tendência é a de que a vegetação original se modifique e outras espécies passem paulatinamente a substituir aquelas típicas das veredas.

Para Carvalho (1991) essa substituição tende a ocorrer em quatro fases. Na primeira, a vereda manifesta um estrato herbáceo denso entremeado com palmeiras, na segunda surgem os primeiros arbustos e subarbustos. A terceira fase é marcada pela evolução da vegetação que passa a ser dominada por uma estrutura de floresta com ilhas de vegetação lenhosa junto às palmeiras. Por fim, na quarta fase os vales tornam-se mais encaixados e o lençol freático é rebaixado, estabelecendo a substituição fitoecológica e, a rarefação das palmeiras que dão lugar à mata ciliar.

Nesse viés, Lima e Queiroz Neto (1996) destacam que as veredas evidenciam um estágio de evolução do relevo. Ao investigarem as veredas sobre arenitos do Triângulo Mineiro, os autores concluíram que elas teriam se originado por perdas geoquímicas. Esse processo ocorreu, inicialmente, do topo dos platôs ao longo das fraturas no substrato, facilitando o escoamento vertical, condicionando a migração de minerais e, consequentemente, provocando o abatimento da superfície.

Desse modo, a formação daquelas veredas ocorreu não pela incisão fluvial, a exemplo de Carvalho (1991), mas devido à lenta e gradual dissolução das rochas pelo intemperismo que deram forma aos canais com transferências de matéria em profundidade,

seguindo os alinhamentos da estrutura geológica.

Sob a perspectiva hidrogeológica Guerra *et al.* (2020) indicaram que as condições para a presença de veredas em trechos de patamares e áreas de encostas na Chapada do Araripe se dá em virtude da arquitetura estratigráfica da chapada, que propicia a formação de aquíferos suspensos, acrescidos do modelado com disposição topográfica que favorece aporte de umidade para os solos nessas áreas.

Nota-se que as condições de má drenagem constituem importante fator para a ocorrência da vereda. Desse modo, Augustin *et al.* (2009) indicaram que as condições que promovem a retenção de umidade próximo à superfície e mantêm as veredas no topo dos planaltos areníticos do norte de Minas Gerais são a baixa energia hidráulica resultante tanto da declividade pouco acentuada do canal longitudinal, quanto da borda das veredas, a presença de espessas camadas de areia que filtram a matéria orgânica e desaceleram a velocidade dos fluxos em superfície e subsuperfície e, ainda, a presença de camada tampão composta por matéria orgânica e argila, que impedem o esvaziamento da zona saturada. De acordo com esses autores as veredas não estariam ligadas a um nível freático mais profundo, mas sim a um nível freático suspenso, entre a zona de aeração e o nível freático regional.

Tal fato não se pode afirmar para as veredas analisadas nesta tese, visto que inexistem estudos mais aprofundados sobre a presença desses níveis freáticos suspensos, além de se considerar que as veredas estudadas por Augustin *et al.* (2009) e Neves *et al.* (2015), as quais apresentaram esses níveis suspensos, estão inseridas regionalmente no topo dos planaltos localizados em altitude superior às das veredas da Amazônia, as quais estão distribuídas nas planícies de inundação, cujo nível freático, de acordo com Souza e Carvalho (2017), está muito próximo à superfície em grande parte do ano.

Meneses *et al.* (2013), por sua vez, avaliaram a formação das veredas apoiada em parâmetros morfométricos e geoquímicos sob o efeito das variações climáticas. Para a autora, as veredas se instalaram sobre vales que assumem conformação de fundo chato, vertentes sub-retilíneas, próprias do relevo suavemente ondulado. A partir desse ponto, a evolução se torna mais complexa com o aumento dos processos pedogeomorfológicos, incluindo erosão das vertentes, eluviação e perdas geoquímicas, causando o aprofundamento dos canais fluviais.

Para além das teorias genéticas e a depender delas, as veredas se distinguem devido à tipologia do relevo em que foram formadas, à cobertura superficial, à morfometria da vertente, à profundidade do vale e ao tipo climático, resultando em sistemas com distintas características.

Considerando alguns desses aspectos, Ferreira (2008), baseado em Boaventura

(1978), distinguiu as veredas considerando o posicionamento geomorfológico, características fisionômicas, o tipo de aquífero ao qual estão associadas e estágio evolutivo nas seguintes tipologias: (i) *veredas de superfície tabular*, desenvolvidas em áreas de planaltos e relevos tabuliformes; (ii) *veredas de encostas*, ocorrem em áreas de desnível topográfico com exfiltração do nível freático; (iii) *veredas de superfície aplainada e veredas de terraço fluvial*, desenvolvidas em áreas aplainadas ou de depressão; (iv) *veredas que se desenvolvem no sopé de escarpa*; (v) *veredas de patamar*, encontradas em patamares de encostas; (vi) *veredas de enclave*, que se desenvolvem na forma de enclave entre duas elevações no terreno em áreas movimentadas (vi) *veredas de cordão linear*, que se desenvolvem como vegetação ciliar em áreas sedimentares e, (vii) *veredas de vales assimétricos*, que são formadas em áreas de contato litológico.

Além dessas distinções, de acordo com Melo (2008), as veredas apresentam diferenças internas (Figura 7), e são elas; (i) *Zona do Envoltório* - superfície que circunda a vereda constituída por vegetação gramínea -; (ii) *Zona Seca* - constituída por vegetação arbustiva -; (iii) *Zona Encharcada* - constituída por cobertura turfácea geralmente dominada por palmeiras -; (iv) *Zona do Canal* - área de escoamento fluvial em que ocorre o talvegue pouco aprofundado. Na zona encharcada as palmeiras arborescentes de *Mauritia flexuosa* são os principais componentes.

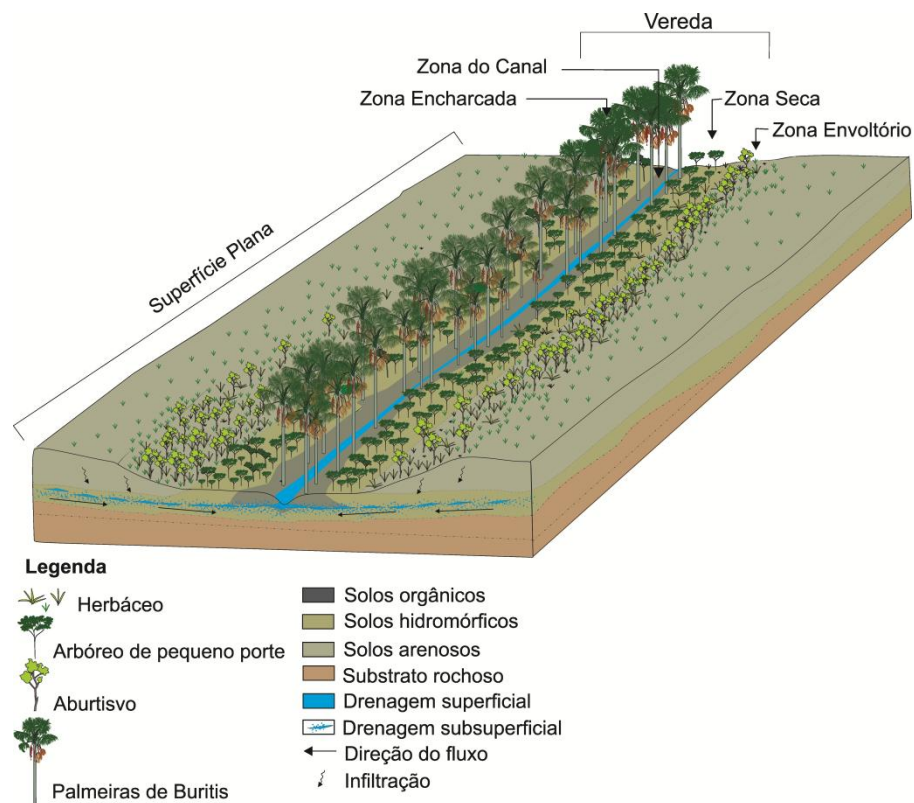


Figura 7. Delimitação das zonas internas das veredas baseada em critérios pedogeomorfológicos, hidrológicos e de vegetação. Fonte: Elaborado pela autora.

Vale ressaltar que, além das veredas, a *Mauritia flexuosa* ocorre também em florestas de galeria, nas zonas mal drenadas, entre outros ambientes periódica ou permanentemente inundados. No entanto, nem todas as *wetlands* são colonizadas por essas espécies que tendem a ocorrer sob condições exatas de luz, umidade e temperatura (LORENZI *et al.*, 2010; GONZALES *et al.*, 2015).

A reunião desses aspectos coopera para que as veredas sejam reconhecidas como sistema de funcionamento complexo, mas com processos originários e evolutivos não muito bem entendidos, sobretudo as do contexto da área de estudo. Tal questão passa a exercer controle no objetivo central deste trabalho.

CAPÍTULO 1: ASPECTOS EVOLUTIVOS DO SUBSISTEMA DE VEREDAS NO NORTE DA AMAZÔNIA

Resumo - As veredas, fitofisionomia presente no extremo norte da Amazônia, ocupam pequenos vales em áreas mal drenadas, numa região dominada por savanas. Por se tratar de áreas de exsudação do nível freático, entende-se que o seu estabelecimento tenha sido fortemente condicionado pelas condições hidrológicas de subsuperfície e superfície. Nossa hipótese é que as veredas são produto da variabilidade dos pulsos de acumulação ocorridos na região, representados pela alternância de processos de sedimentação alóctone resultantes dos processos de erosão das vertentes e, autóctones em condições de estabilidade pedológica e climática que permitiram a bioconstrução das turfeiras. Acerca dessa questão, o estudo tem por objetivo investigar a evolução dessas veredas com destaque para os condicionantes geomorfológicos e de alternância paleoclimática regional. A pesquisa que embasou este trabalho foi baseada em revisão bibliográfica, levantamento de imagens de sensores remotos e trabalho de campo, com análises de depósitos superficiais e dados cronológicos de sedimentos (LOE/SAR). A integração dos dados de campo e de sensores remotos indicou que as veredas ocorrem principalmente nos modelados de acumulação e suas geocoberturas são predominantemente arenosas, correspondentes ao material resultante da pedogenização de um manto pré-intemperizado oriundo da Formação Boa Vista. Os resultados da datação absoluta indicaram que as veredas se desenvolveram em fases distintas durante o Holoceno Tardio, entre LOE/SAR=2.160 (± 275) anos AP e LOE/SAR=520 (± 80) anos AP. A ascensão das veredas seria em resposta às novas condições do arranjo espacial, impostas pelo relevo e ao aumento das condições de umidade que permitiram a formação das turfeiras em períodos de biostasia.

Palavras-chave: Evolução da paisagem, Bacia sedimentar Tacutu, Holoceno, Veredas.

1 INTRODUÇÃO

A paisagem da Amazônia setentrional é dominada por serras, planaltos, morros residuais, depressões e amplos vales, que formam superfícies de expressiva irregularidade topográfica (ALVES e BESERRA NETA, 2018). Embora pertencente ao bioma Amazônia, nesse setor, a cobertura florestal apresenta-se mais rarefeita e os núcleos vegetados constam, normalmente dos estratos herbáceo e arbustivo denominados de savanas (MIRANDA e ABSY, 2000).

Contrastando com os elevados morros e topos de serra, por vezes concordantes, no fundo de vales sistemas de veredas assumem expressivo destaque, tendo em vista a vegetação mais estruturada, formando um tecido verde sobre o relevo plano. Os aspectos associados à diferenciação do relevo levantam questões acerca de quais processos geomorfológicos, da temporalidade e da extensão e atuação dos eventos que respondem à sua esculturação, uma vez que investigar a gênese das veredas exige, de certa forma, compreender também a

unidade morfológica onde elas estão instaladas – o fundo dos vales.

Acerca das veredas, elas são consideradas ambientes em que acontecem processos físico-químicos redutores, que ocorrem em vales pouco profundos, com predomínio de solos arenosos e, normalmente, estão conectadas a uma rede de drenagem com pouca turbulência, sendo representadas por um tipo distinto e peculiar de ecossistema, amplamente distribuído nas áreas úmidas neotropicais e nas paisagens de savana, porém, restritas a terras baixas, confinadas às planícies, onde prevalecem climas quentes e úmidos necessários para o seu desenvolvimento (RULL e MONTTOYA, 2014).

Existe uma rica literatura aplicada ao estudo das veredas como Boaventura (1978), Augustin *et al.* (2009), Lorente *et al.* (2010), Neves *et al.* (2015), Guerra *et al.* (2020) e Santos (2020), porém, alguns aspectos de sua gênese permanecem pouco elucidados. De acordo com Rull e Montoya (2014) há indicação de que as veredas estão presentes nas paisagens neotropicais desde os últimos quatro ciclos glaciais e que se expandiram no Holoceno, como reflexo de condições climáticas mais úmidas.

Na Amazônia, as veredas estão presentes desde o Pleistoceno médio (HOORN, 1997), no entanto, na área de estudo, esse sistema parece ser muito mais jovem e a sua generalização pode estar relacionada às oscilações climáticas com o efeito antrópico, sob regime de fogo intensivo com o aumento abrupto de Maurítia e a diminuição concomitante de elementos florestais por volta de 2000 AP (MONTTOYA *et al.*, 2011; MENESES *et al.*, 2013).

A Amazônia setentrional apresenta extensa área de ocorrência de veredas, subordinadas às características ambientais que arregimentam condições ideais para a sua formação, como o arranjo do relevo suavemente ondulado, com baixa altitude e vertentes pouco inclinadas, que formam vales de fundo plano, onde o nível freático aflora a maior parte do ano (ALVES, 2019).

Esse cenário passou a ser configurado no final do Cretáceo, a partir do preenchimento da bacia sedimentar Tacutu, área estrutural em que se encontram as coberturas argiloarenosas e que posteriormente ao Holoceno médio, veio configurar a maior concentração de veredas da região amazônica, estas por sua vez foram formadas em um manto de intemperismo sobre a Formação Boa Vista (AB'SABER, 1997; SCHAEFER e VALE JUNIOR, 1997).

Diversos estudos buscaram identificar a natureza dos fatores que levaram à formação e atual configuração dessa paisagem, dentre eles foram registrados o papel potencial do clima. As contribuições de Reis (1994), Ab'Saber (1997), Schaefer e Vale Junior (1997) Vaz *et al.* (2007), Meneses *et al.* (2013) e Meneses *et al.* (2013), apesar de contundentes,

pouco sistematizaram esses fatores com uma visão mais ampla sobre a propagação das veredas em seus aspectos morfogenéticos. Neste sentido, um dado importante que pode contribuir para compreensão da evolução dos ambientes de veredas é a determinação temporal e das características intrínsecas de seus depósitos superficiais, em virtude de novos elementos que podem revelar períodos de sedimentação na história evolutiva desses ambientes.

Diante do exposto, a pesquisa que resultou neste estudo teve por objetivo investigar a evolução das veredas no norte da Amazônia, considerando os condicionantes geomorfológicos e sedimentar de fundos de vales, e os eventos paleoclimáticos ocorridos na região.

1.1 CONTEXTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO

As veredas inserem-se na região centro-leste de Roraima, localizada na porção norte da Amazônia, abarcando parcialmente os municípios de Boa Vista, Bonfim e Cantá. Nessa região, as morfoestruturas são controladas pelo Cinturão de Cisalhamento do Domínio Guiana Central (DGC), que exerce forte controle nas feições de erosão, representadas por lineamentos que formam sobressaltos no relevo, expresso por colinas e serras alinhadas na direção NE-SW (COSTA e COSTA, 1996). A DGC tem estreita relação com o Graben do Tacutu, resultante de reativações magmáticas do Cretáceo, que levaram à formação da Bacia do Tacutu.

A Bacia do Tacutu compreende as sequências rifte e pós-rifte. A sequência rifte é constituída pelas formações Manari, Pirara e Tacutu, sequências areníticas da Formação Serra do Tucano de idade Cretácea, enquanto a sequência pós-rifte engloba as Formação Boa Vista correspondente ao Neógeno, Formação Areias Brancas e Campos de Dunas ambas do Quaternário, além dos Depósitos Aluvionares recentes (REIS *et al.*, 2004). Além desses pacotes sedimentares, ocorre litotipo associado a derrame basáltico, cuja intrusão se deu durante a fase sin-rifte da bacia, no Juro-Cretáceo (VAZ *et al.*, 2007). Vale ressaltar a ocorrência de coberturas detrito-lateríticas nos limites norte e sul da bacia, consideradas por Reis *et al.* (2002) como posterior à deposição da Formação Boa Vista. A figura 1 representa as unidades litoestratigráficas da sinéclise do Tacutu, além do arcabouço estrutural da área de estudo.

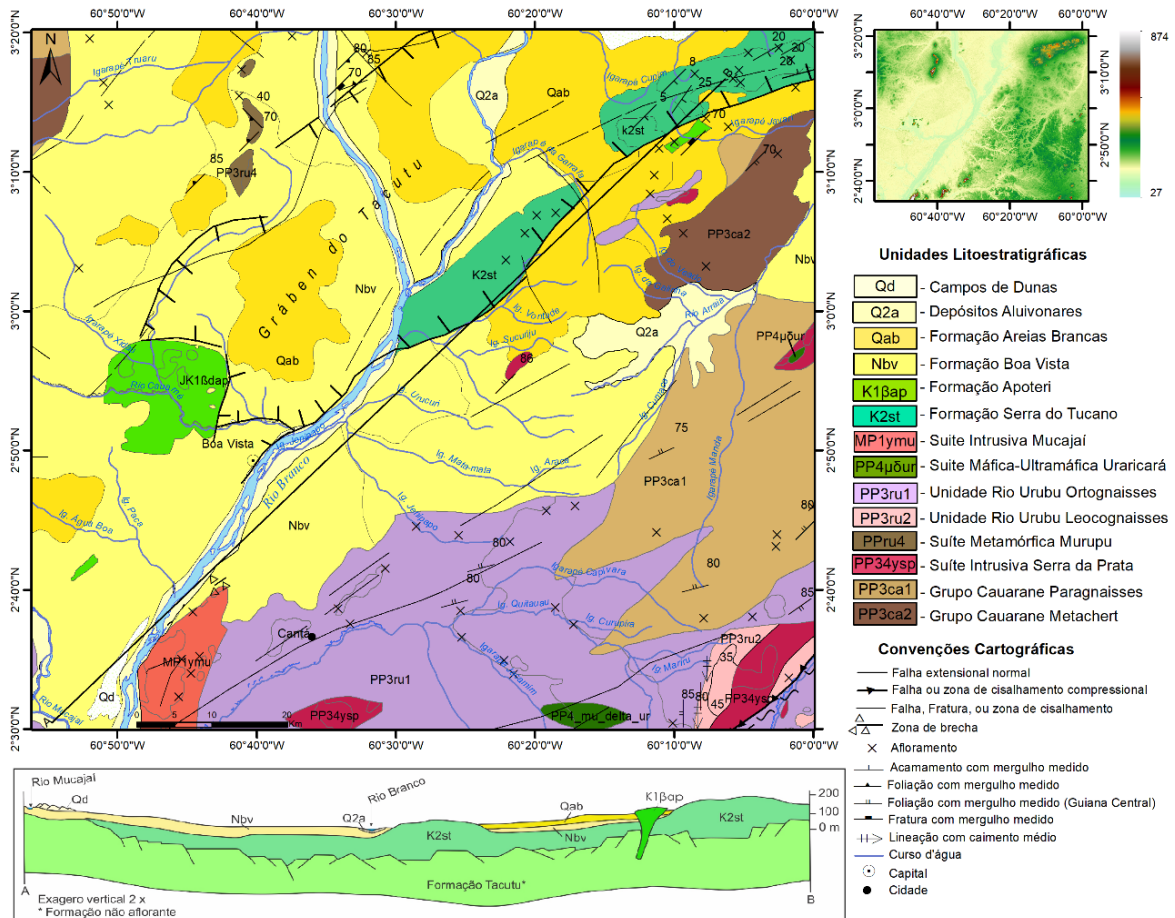


Figura 8 Mapa de unidades litoestratigráficas do centro-leste de Roraima incluindo mapa de hipsometria da área correspondente e perfil geológico diagonal. Fonte: Elaborado pela autora.

Investigações neotectônicas na Amazônia revelaram que a bacia sedimentar do Tacutu apresenta geometria em forma de cunha, orientada na direção ENE-WSW por falhas normais e limitada a norte e a sudeste por feixes de falhas transcorrentes destrais, orientados nas direções E-W e NE-SW, que controlou o preenchimento sedimentar, fornecidos, presumivelmente, em consequência da erosão promovida pela incisão da rede de drenagem (EIRAS *et al.*, 1994).

Geomorfologicamente a área de estudo é constituída por compartimentos de relevos residuais que se situam na região de borda da bacia, tanto à norte como à sul, correspondentes à morfoestruturas que funcionam como marcadores dos limites da bacia. Por outro lado, no interior da bacia, as morfoestruturas sustentadas pelos residuais vulcânicos e sequências areníticas apresentam um intenso padrão de dissecamento e suas disposições atuais podem mostrar relações aos esforços transpressivos ao qual o rifte Tacutu foi submetido em idades cenozóicas, a forte estruturação NE-SW ainda é notada (Figura 2), confirmando o condicionamento estrutural ao (DGC) (NASCIMENTO *et al.*, 2019).

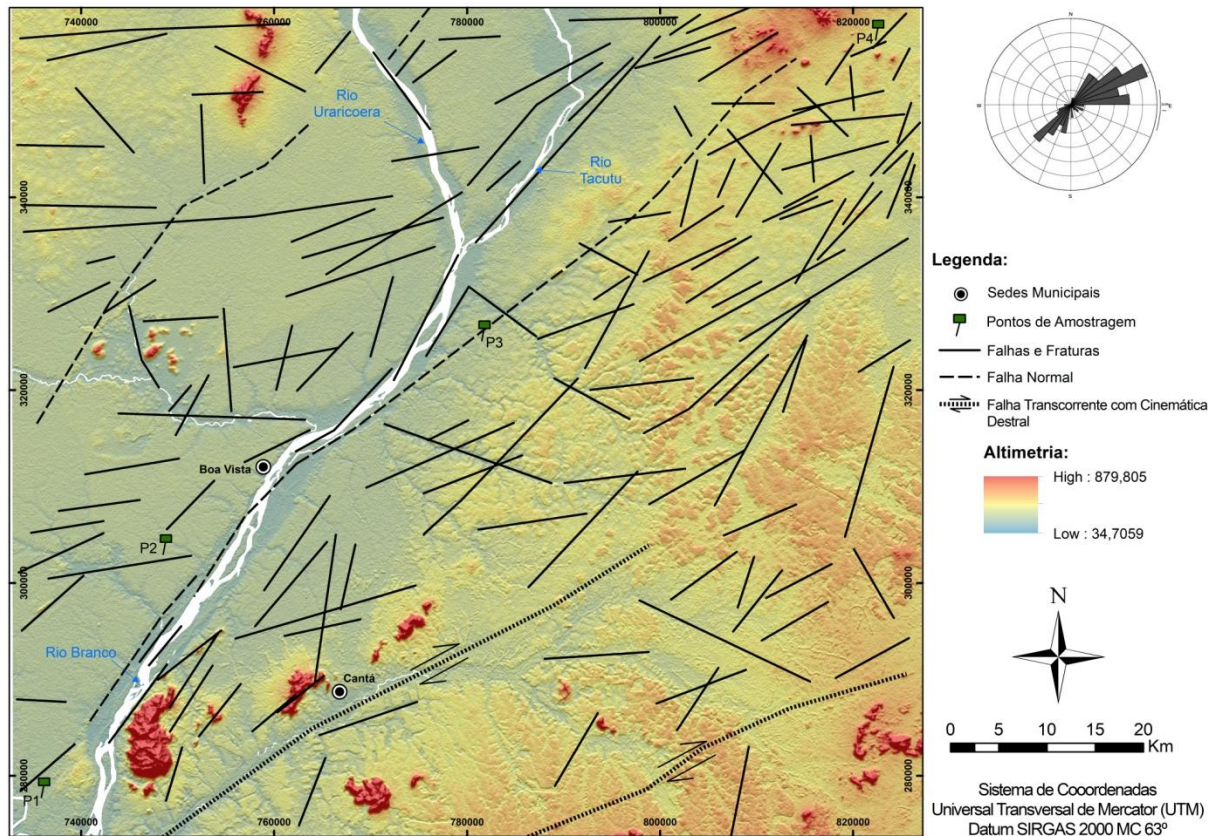


Figura 9 Alinhamentos estruturais da região centro-leste de Roraima com predomínio de falhas e fraturas. O diagrama de Roseta mostra seguimentos de estruturas com orientação preferencial NE-SW. Fonte: Elaborado pela autora.

De acordo com Eiras & Kinoshita (1988), durante o Cretáceo Superior a região experimentou relativa aquiescência tectônica, seguido por intensos processos de erosão e colmatação sedimentar da bacia. Esses mesmos autores afirmam também que um clima mais seco passou a ocorrer na região, intensificando a erosão e desagregação superficial e, conseqüentemente, a deposição da Formação Tacutu e Formação Serra do Tucano (Fig. 3 – Fase I).

No Mioceno, um importante evento de reativação tectônica de caráter rúptil passa a ocorrer ao longo da DGC. Esse evento foi responsável pelo processo de inversão da bacia e formação de altos estruturais (anticlinais) e abatimento de blocos (sinclinais), os quais respondem, em superfície, por elevações como o Alto do Tomba e pela Serra do Tucano, respectivamente (Fig. 2 – Fase II).

No Plioceno, a penetração de uma rede de drenagem no interior da bacia sedimentar permitiu a intensa erosão dos depósitos mesozoicos, como consequência ocorreu a exumação dos maciços do vulcanismo Apoteri e arenitos da Formação Serra do Tucano, que se comportaram como área fonte para a deposição da Formação Boa Vista (FRANCO *et al.*,

1975; MILANI e THOMAZ FILHO, 2000).

Com o encerramento da sedimentação da Formação Boa Vista, que coincide com o período marcado por aridez no final do Pleistoceno, entre 20.000 e 14.000 AP, os rios da alta bacia do Rio Branco se superimpuseram sobre a cobertura sedimentar neogênica, em arranjo notoriamente centrípeta, dando início à modelagem do sistema de colinas e abertura de vales (SCHAEFER e DALRYMPLE, 1995; AB'SABER, 1997). As principais fases de evolução da Bacia Tacutu são ilustradas esquematicamente na figura 3. O processo de erosão comandado pela drenagem centrípeta passou a elaborar uma paisagem mais dissecada e colinosa, comumente associada a áreas abaciadas com condições de má drenagem e presença de lagos fechados. Esses planos apresentam remanescentes que se elevam e que estão sendo dissecados em nova frente erosiva a partir do Holoceno (AB'SÁBER, 1997).

Rossetti *et al.* (2016) ratificam que a distribuição radial das formas de relevo nessa região com o eixo apontando para o escudo das Guianas indica grandes sistemas deposicionais alimentados por um enorme volume de sedimentos provenientes deste escudo e transportados na direção sul, onde a subsidência aumentou o espaço para acomodar o maior volume de sedimentos.

Ao término do Pleistoceno, distintos contextos regionais foram submetidos a uma fase de clima úmido, resultando na formação de perfis lateríticos sobre colinas e superfícies expostas ao intenso intemperismo subaéreo. Schaefer e Vale Júnior (1997) identificaram perfis lateríticos profundamente intemperizados e com afloramentos de petroplintita nas partes média e baixa das bacias dos rios Tacutu e Uraricoera, recobertos por vegetação de cerrado e campo sujo.

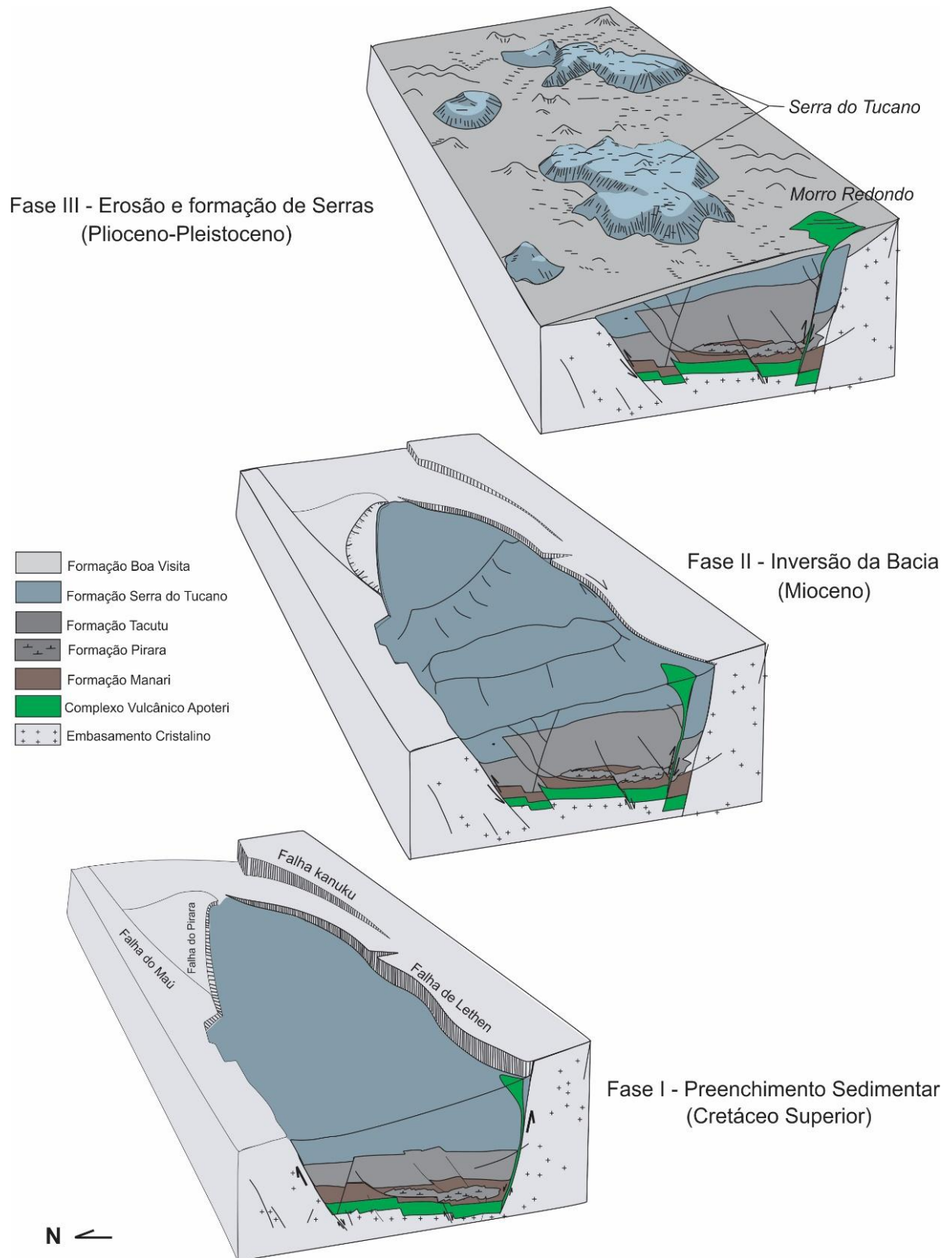


Figura 10 Modelo de evolução estrutural da Bacia Sedimentar do Tacutu desde o Cretáceo Superior. O modelo parte da fase de preenchimento da bacia (I), seguido pelo processo de inversão (II) e a esculturação do relevo (III). Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de Eiras & Kinoshita (1988).

Os relevos residuais presentes foram elaborados sobre litologias que se diferem e controlam a frente de alteração, assim como o processo de incisão fluvial. Adicionalmente, no

sopé de alguns morros residuais gnáissicos, a ausência de superfície pedimentada, típica do recuo das escarpas e a presença de discontinuidades das coberturas, formam uma rampa de ordem erosiva e podem ser lidas como evidência do processo pretérito de etchplanação nessa paisagem. Portanto, a dinâmica evolutiva do relevo na área atende a um esquema de compartimentação topográfica que envolve atividades neotectônicas, processos de modelamento fluvial e o sulcamento do manto de alteração (COSTA, 2008).

A alternância climática, por sua vez, desempenhou papel significativo na esculptura da paisagem, pois possibilitou a erosão de litologias mais tenras do embasamento cristalino, exumando blocos que passaram a configurar relevos residuais (AB'SÁBER, 1997).

O processo erosivo expôs diferentes níveis altimétricos, que esculpidos pela rede de drenagem, promoveram a retração dos interflúvios e o reafeiçoamento das vertentes (FRANCO *et al.*, 1975). Com base na integração dos dados de sensoriamento remoto e das observações de campo, constatou-se que esses níveis altimétricos possuem cotas que variam de 50 a 500m de altitude e podem ser representados por distintas superfícies que, em sua maioria, possuem caráter basicamente residual-deposicional, as quais geralmente apresentam topografia plana com vertentes frequentemente degradadas, mantendo, na paisagem, interflúvios ligeiramente ondulados resultantes do processo de erosão dominante.

Nesse cenário, de acordo com Alves e Beserra Neta (2018) a conformação do relevo compreende modelados de dissecação e acumulação. O modelado de dissecação engloba o relevo em Patamar em Crista Estruturada, Maciço Somital Convexo, Morros Residuais Estruturados, e Morros e Colinas Escalonadas com Vales Abertos. Enquanto o modelado de acumulação é compartimentado em Depressão de Boa Vista, Áreas Abaciadas Inundáveis e o Plano Aluvial (Fig. 4).

Como exemplo do modelado de dissecação, a nordeste da área em estudo, o conjunto de colinas da Serra do Tucano ocorre com denudação moderada, e a sudeste, as serras Grande, Cantá e Malacacheta representam zonas de cisalhamento dúctil dextral que bordejam os limites da Bacia Tacutu, onde ocorrem alinhadas na direção NE-SW. As planícies flúvio-lacustres ilustram bem o modelado de acumulação e ocorrem em grande parte da porção central da área de estudo, sendo periodicamente alagáveis (Figura 4).

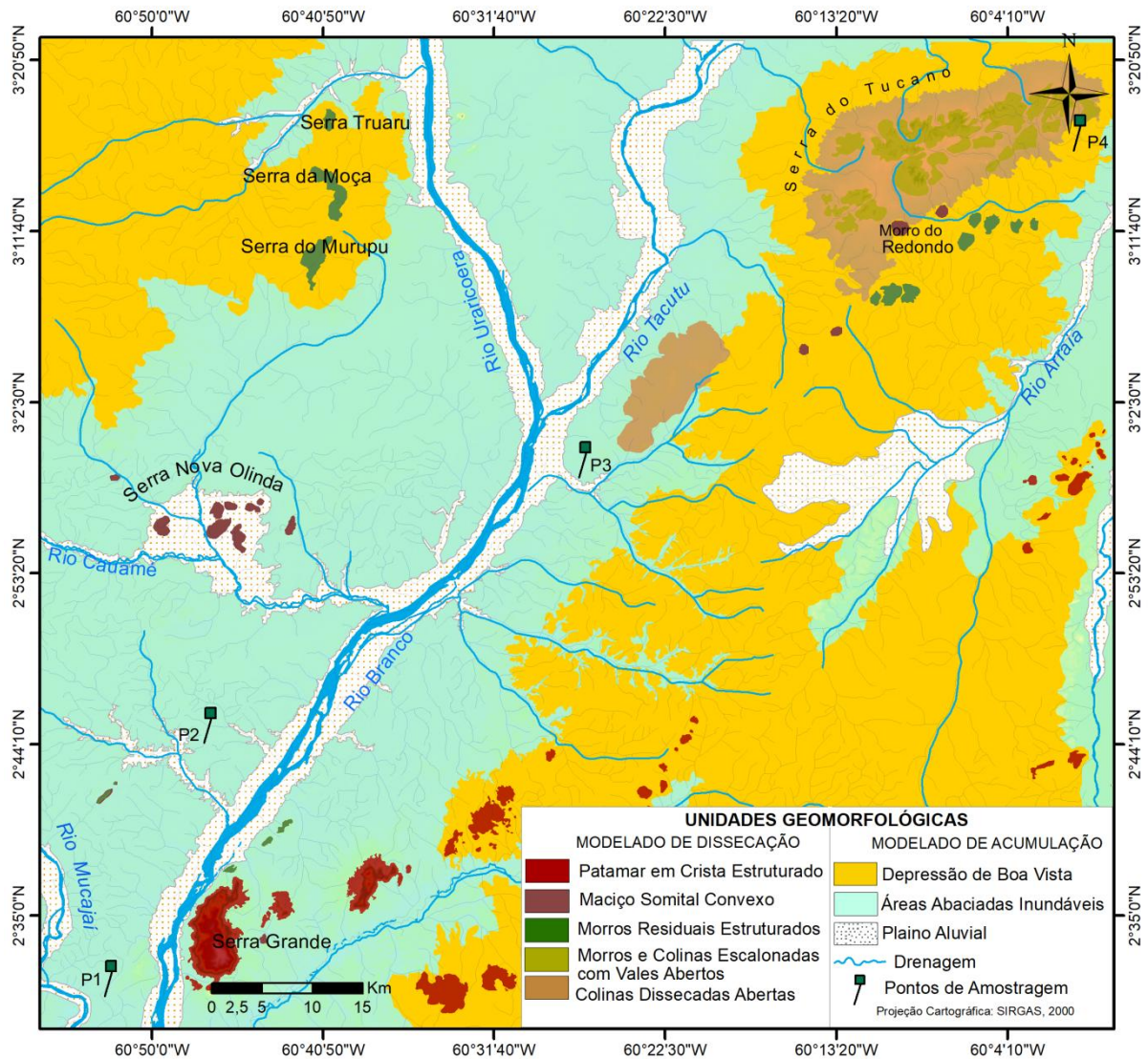


Figura 11 Compartimentação das unidades geomorfológicas mostrando a disposição dos modelados de dissecação e acumulação no centro-leste de Roraima. Fonte: Elaborado pela autora

Esses modelados, em conjunto com a litologia, produzem uma variedade de solos que se diferem mesmo em relevo plano, com padrões normalmente de baixa fertilidade natural e grau avançado de intemperismo como os Latossolos e os Argissolos, sendo em geral distróficos e ácidos (MELO *et al.*, 2006; SCHAEFER *et al.*, 2018). Algumas manchas de Chernossolos, Cambissolos e Nitossolos eutróficos (MELO *et al.*, 2010b) são encontradas associadas a intrusões de rocha básica, além dos solos hidromórficos que estão restritos às partes em condições de má drenagem.

Essa área é recoberta pelo domínio fitofisionômico das savanas, compostas por estratos gramínoides permeados por espécies arbóreas de pequeno porte, espaçadas ou agrupadas, consorciadas pelas veredas que tangenciam os ecossistemas aquáticos, compondo

assim o mosaico de vegetação na região. Pesquisas mostram que há ± 205 anos A.P, a cobertura vegetal da região já estava conformada por dominância graminosa com pouca presença de táxons arbóreos, a exceção da palmeira *Maurítia flexuosa* L. (ABSY, 1979), cenário que reflete as condições do presente e sugere pouca mudança acentuada na vegetação, pelo menos durante o Holoceno tardio, em Roraima.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa adotou revisão bibliográfica calcada na conformação dos níveis altimétricos presentes na área de estudo e acerca das flutuações climáticas, sobretudo das ocorridas no Holoceno, a fim de se estabelecer possíveis relações entre esses eventos e o início do estabelecimento das veredas. Com vistas a identificar a espacialização e possíveis controles estruturais na disposição dos canais de drenagem onde se situam as veredas, foram levantados dados de sensores remotos empregando bases geológica e geomorfológica adaptadas do IBGE (2014), CPRM (2014) e representações cartográficas pré-existent sobre a articulação das Folhas Boa Vista NA.20–X-D-II e Sucuba NA.20–X-D-I em escala de 1:100.000 (MINISTÉRIO DO EXÉRCITO, 1980), Bonfim NA.21–V-A-IV MI-42 e Rio Tacutu NA.20–X. B MI-41 em escala de 1:100.000 (IBGE, 1983).

Produtos orbitais foram utilizados para elaboração de mapas temáticos que tiveram como matriz Modelo Digital de Elevação (MDE) extraído por meio de imagens de radar com resolução de 12,5 m x 12,5 m do sensor ALOS/PALSAR, adquiridas gratuitamente no sistema *Alaska Satellite Facility* (ASF). As imagens foram submetidas à correção de Datum e à operação de mosaicagem. A obtenção do relevo sombreado, das curvas de nível, da drenagem e dos perfis topográficos se deu através do pacote *Spatial Analyst Tools* contido no programa ArcGis 10.0. A análise morfométrica das áreas de veredas considerou a sinuosidade, densidade de drenagem e declividade média dos canais, seguindo Strahler (1952).

Em campo, foram abertos quatro perfis dispostos ao longo de transecto de 120 km (Figura 5) aqui denominados de P1, P2, P3 e P4. Considerando, que as drenagem nas quais as veredas estão posicionadas são de primeira ordem e de comprimento variado, a coleta das amostras ocorreu na secção mediana das veredas, em relação ao seu perfil longitudinal. Para caracterização dos perfis foram empregados critérios a partir da abordagem sedimentológica para o Quaternário, proposta por Hughes (2010), considerando distintos níveis de deposição, aqui descritos como seções, em que se realizou a descrição das discontinuidades e gradação dos materiais; o propósito foi a reconstrução das principais condições ambientais das

coberturas das veredas.

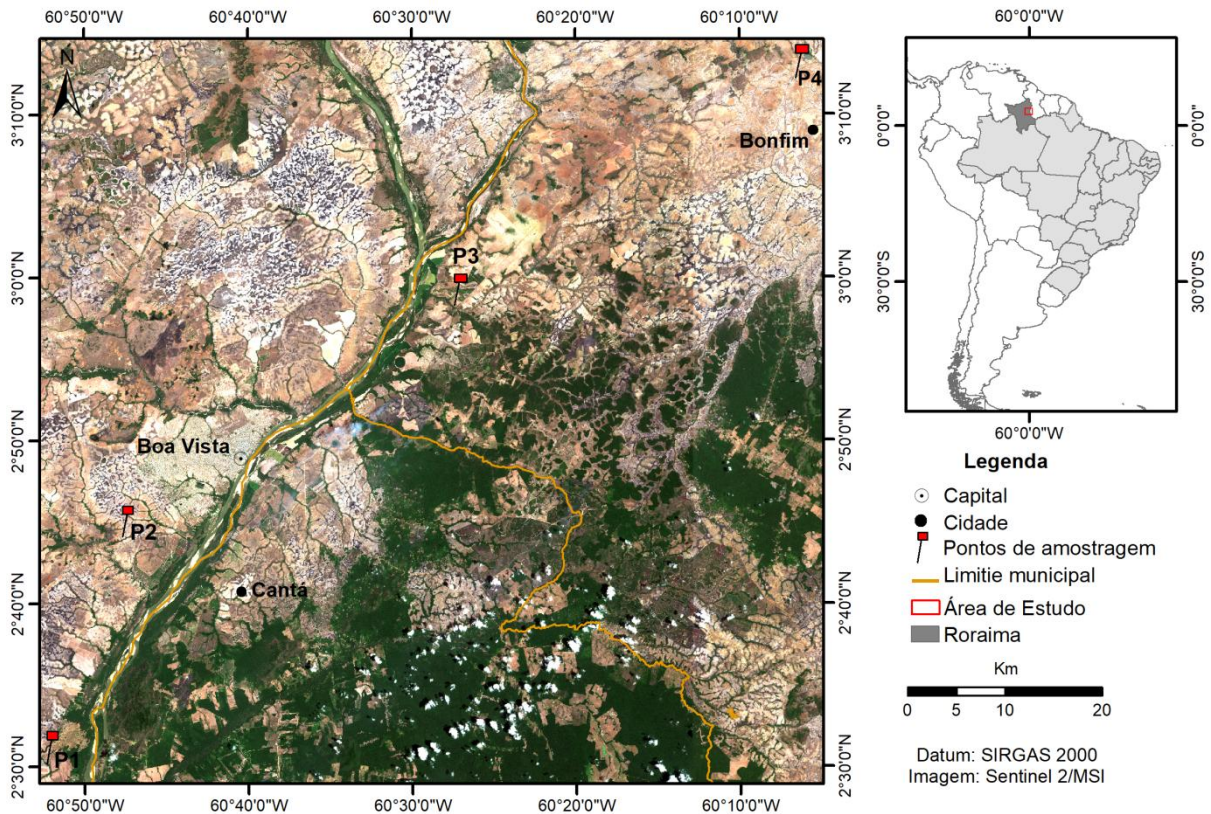


Figura 12 Localização da área de estudo, com destaque para os pontos de amostragem (P1, P2, P3 e P4) analisados na região centro-leste de Roraima. Fonte: Elaborado pela autora.

Para cada perfil selecionado foram coletadas duas amostras com vistas à determinação da idade dos materiais que integram os perfis. Para essa coleta foi priorizada a ocorrência de lentes arenosas ao longo dos perfis. O total de oito amostras foi extraído e encaminhado para o Laboratório Datação Comércio e Prestação de Serviços Ltda.

O método de datação utilizado na pesquisa foi a LOE (*Luminescência Opticamente Estimulada*) proposto por Huntley *et al.* (1985). A escolha desse método se deu em virtude da natureza arenosa dos sedimentos, sendo utilizadas 15 alíquotas para cada amostra. Após serem preparadas, as amostras foram submetidas a estímulos de luz e as idades foram estimadas pelo Protocolo SAR (*Single Aliquot Regenerative-Dose*), conforme Murray e Witle (2000).

Esse método explora a luminescência inerente aos sólidos cristalinos (minerais) encontrados no próprio depósito, especificamente o quartzo. Os sedimentos denudados são transportados e passam por um processo de “fotoesvaziamento pela luz solar” restando apenas o nível de LOE residual. Este, quando soterrado, passa a armazenar no retículo cristalino a radiação solar de sua última exposição aos raios solares (MURRAY e WITLE, 2000).

O principal princípio dessa datação segundo Guedes *et al.* (2001) é a luz na LOE como agente excitante em que a intensidade da emissão de luz é, em geral, proporcional à quantidade ou dose absorvida de radiação ionizante a que o material foi previamente exposto. Desta maneira, a idade de sedimentação pode ser determinada dividindo-se a dose acumulada desde o soterramento do sedimento pela dose anual (taxa de dose) de radiação natural. Para o quartzo, os limites inferior e superior do método variam em geral de poucos anos até centenas de milhares de anos. Essa técnica vem apresentando resultados significativos no âmbito dos estudos regionais no Brasil, a exemplo de pesquisas realizadas por Sallun *et al.* (2007), Martins (2009), Cremon *et al.* (2014), Sawakuchi *et al.* (2016), Moreira (2017), Oliveira *et al.* (2018); Oliveira e Santos (2019), Pupim *et al.* (2019) e Leal *et al.* (2022).

Para determinar a granulometria dos materiais (areia, silte e argila) foram separadas as frações de 14 amostras seguindo o princípio da dispersão mecânica e estabilização das partículas. A separação das frações ocorreu por sedimentação pelo método da pipeta (aquoso). O conteúdo de areia grossa e areia fina foi separado passando por uma peneira da série *Tyler* com abertura de 2 – 0,2 mm para areia grossa e 0,2 – 0,05 mm para areia fina, em seguida ao peneiramento as subfrações retidas na peneira foram pesadas separadamente. Ambas as separações seguiram a metodologia da EMBRAPA (2017), realizadas junto ao Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos, vinculado ao Instituto de Geociências da UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais).

Após a individualização das frações de areia, foram separadas em cem grãos por seção amostrado em campo, totalizando 3.400 partículas. Utilizou-se lupa trinocular com luz refletida, aumento de 40x e o registro fotográfico, para identificar as variáveis morfológicas conforme circularidade de Pentland (1927), arredondamento de Cox (1927), índice de alongamento de Ribeiro e Bonetti (2013). As imagens foram submetidas a pré-tratamento no programa *Corel Draw 2020*, em seguida os índices de circularidade, arredondamento e alongamento foram extraídos com o auxílio do programa *ImageJ* e salvos em planilhas do *Excel*, posteriormente os dados foram submetidos a tratamento estatístico no programa *RStudio* e ilustrado através de *Boxplot*. Paralelamente foram determinados, por comparação visual, a textura e o aspecto superficial dos grãos conforme classificação de Bigarella *et al.* (1955) citado por Bertolini *et al.* (2016) as quais são: lisa, mamelonar ou sacaroide que, por sua vez, ainda é classificada conforme seu brilho em polido ou fosco. Essas análises foram realizadas no laboratório de Proteção de Plantas vinculado ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Roraima (UFRR).

3 RESULTADOS

3.1 DESCRIÇÃO SEDIMENTAR E TEXTURAL DOS PERFIS

A granulometria dos materiais que constituem os perfis é predominantemente arenosa, sendo o conteúdo de areia acima de 50% na maior parte das camadas, tendo em vista o substrato constituído por rochas siliciclásticas. Foram observadas as classes texturais argila, argiloarenosa, franco-argiloarenosa, francoarenosa, areia franca e areia (Tabela 1).

A Tabela 1 busca representar, em termos pedogenéticos, o comportamento geral dos grãos nos perfis investigados. As seções de 1 a 5 dos perfis 1 e 3 correspondem ao *solum* (horizontes A + B). Nos perfis 2 e 4, as seções inferiores 3 e 4 correspondem aos materiais inconsolidados (horizonte C).

Tabela 1 Composição Granulométrica e classificação textural das amostras coletadas nos perfis.

Seção	Profundidade cm	Granulometria (%)				Classes Texturais
		Argila	Silte	Areia Grossa	Areia Fina	
P1						
1	0-10	21	9	36	34	Franco-argiloarenosa
2	10-20	30	11	32	27	Franco-argiloarenosa
3	20-35	18	6	46	30	Francoarenosa
4	35-70	24	4	45	27	Franco-argiloarenosa
5	70-120	47	3	24	26	Argiloarenosa
P2						
1	0-15	50	30	12	8	Argila
2	15-50	20	52	17	11	Francossiltosa
3	50-80	5	10	61	24	Areia franca
4	50-120	13	4	55	26	Areia franca
P3						
1	0-20	10	10	37	43	Francoarenosa
2	20-35	38	14	21	25	Argiloarenosa
3	35-70	10	3	51	36	Areia
4	70-80	10	6	46	38	Areia franca
P4						
1	0-20	11	15	18	56	Areia franca
2	20-50	4	3	55	38	Areia
3	50-100	4	7	53	33	Areia
4	100-150	2	3	91	4	Areia

Fonte: Elaborado pela autora.

O perfil P1, indicou a presença de camada de areia grossa bioturbada com a presença de raízes e restos vegetais (0 a 20 cm), um acréscimo de areia grossa em (20 a 35 cm), franco-argiloarenosa (35 a 70 cm) e argiloarenosa na camada (70 a 120 cm) (Fig. 6). O perfil P2

possui 100 cm de profundidade, sendo caracterizado principalmente por argila bioturbada (0 a 15 cm), silte (15 a 50 cm) e por camada de areia grossa de (50 a 120 cm). Esse perfil apresenta grumos e significativo conteúdo de origem orgânica da superfície até os 50 cm de profundidade, principalmente raízes e restos de folhas em decomposição (Fig. 6).

O perfil P3 é o menos espesso desse conjunto, com 80cm de profundidade, constituído por camadas de areia fina bioturbada (0 a 20 cm), organo-argilosa com lentes de areia fina (20 a 30 cm) e de areia grossa (35 a 80 cm). Nesse perfil, até 15 cm o conteúdo é essencialmente orgânico, dessa profundidade até os 50 cm, há presença de raízes dispersas (Fig. 6). O perfil P4, por sua vez, tem 150 cm de profundidade e é constituído pelas camadas de areia fina bioturbada, areia grossa e areia grossa bioturbada, nas profundidades de 0 a 20 cm, 20 a 100 e 100 a 120cm, respectivamente (Fig. 6). A transição entre as camadas areia grossa e areia fina bioturbada é nítida e, nesse mesmo perfil, ocorre coloração um pouco mais escura entre as profundidades de 0 a 20 cm e 100 a 120 cm referente ao material orgânico ali depositado.

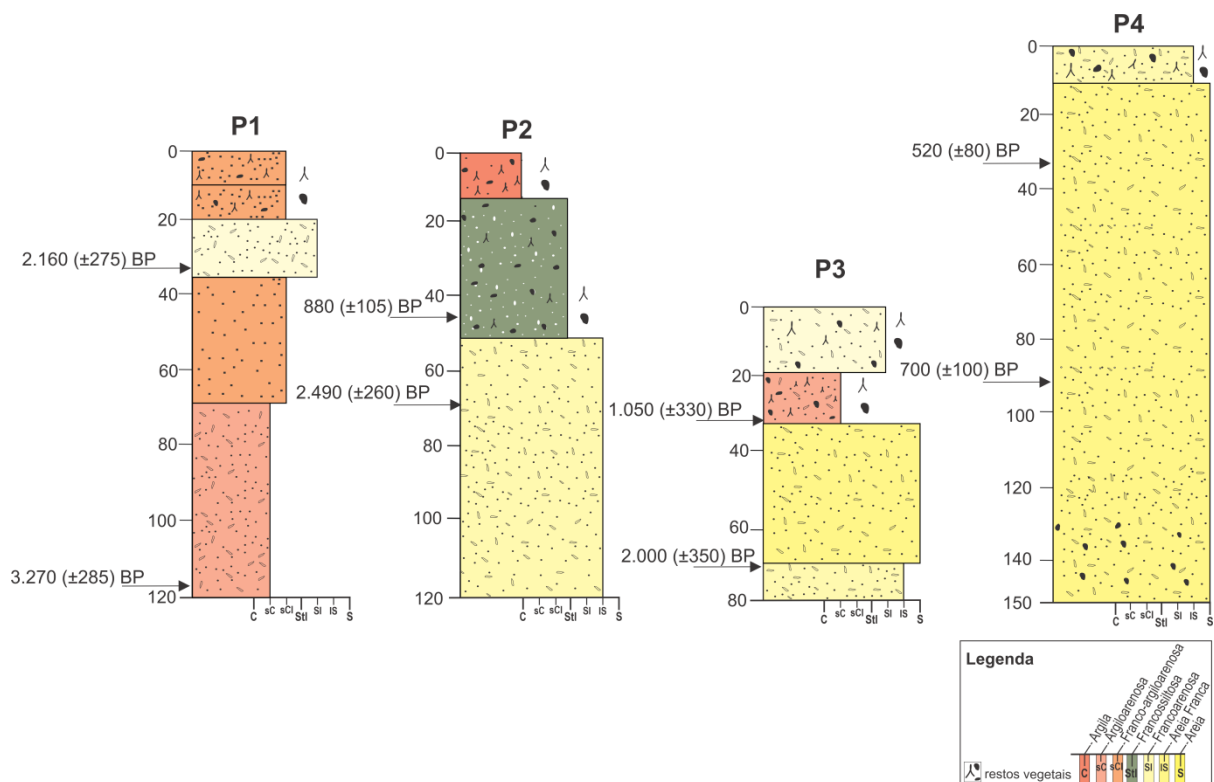


Figura 13 Representação dos perfis, ilustrando a distribuição vertical da sucessão dos depósitos extraídos das veredas. Nos perfis, são indicadas as profundidades, as classes texturais e as idades obtidas. Elaborado pela autora.

3.2 MORFOSCOPIA DA AREIA NAS FRAÇÕES FINA E GROSSA

Os resultados de circularidade gerados pelo *ImageJ* revelam que, para os grãos finos a mediana é entre 0,672 e 0,734, enquanto para os grãos grossos a variação é entre 0,689 e 0,736. Quanto ao arredondamento, a areia grossa apresentou maior mediana em comparação com a areia fina, de tal modo que a mediana da fração grossa variou entre 0,707 a 0,737, enquanto na fração fina, a mediana variou entre 0,653 e 0,734. Esses resultados são um indicativo de que os grãos dos sedimentos que formam esses perfis tendem a ser mais angulosos.

O índice de alongamento revelou comportamento semelhante entre as frações grossa e fina, especificamente nas seções mais profundas (3 e 4) do P2 e P3. A mediana de alongamento na fração grossa ocorreu entre 1,456 e 1,594. Enquanto na fração fina, a mediana apresentou índices com valores entre 1,356 e 1,434. Tais resultados indicam desgaste decorrente da remobilização das partículas durante o processo de transporte.

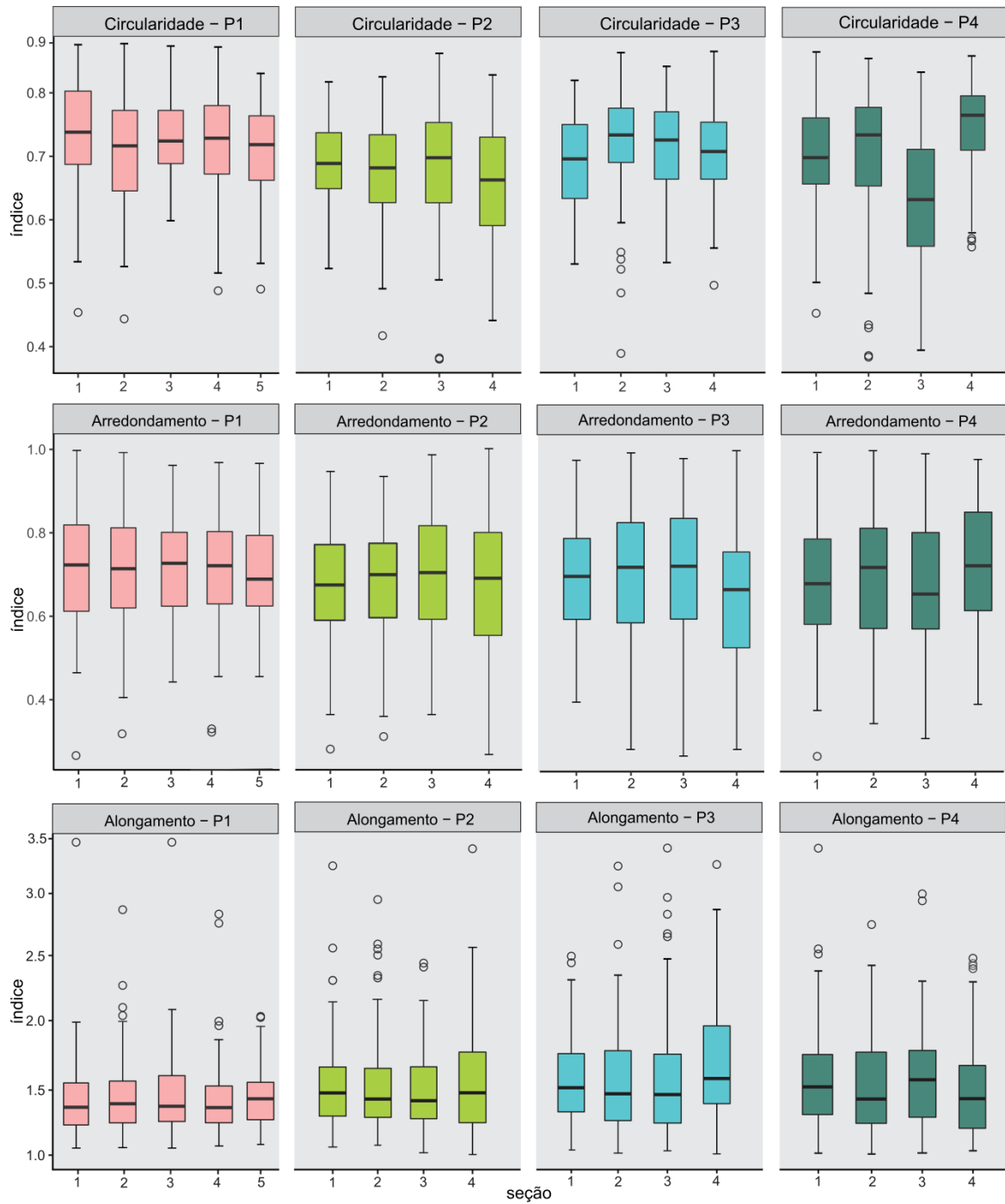


Figura 14 *Box plot* com os resultados da análise morfoscóica da fração areia grossa para as seções dos perfis. Elaborado pela autora.

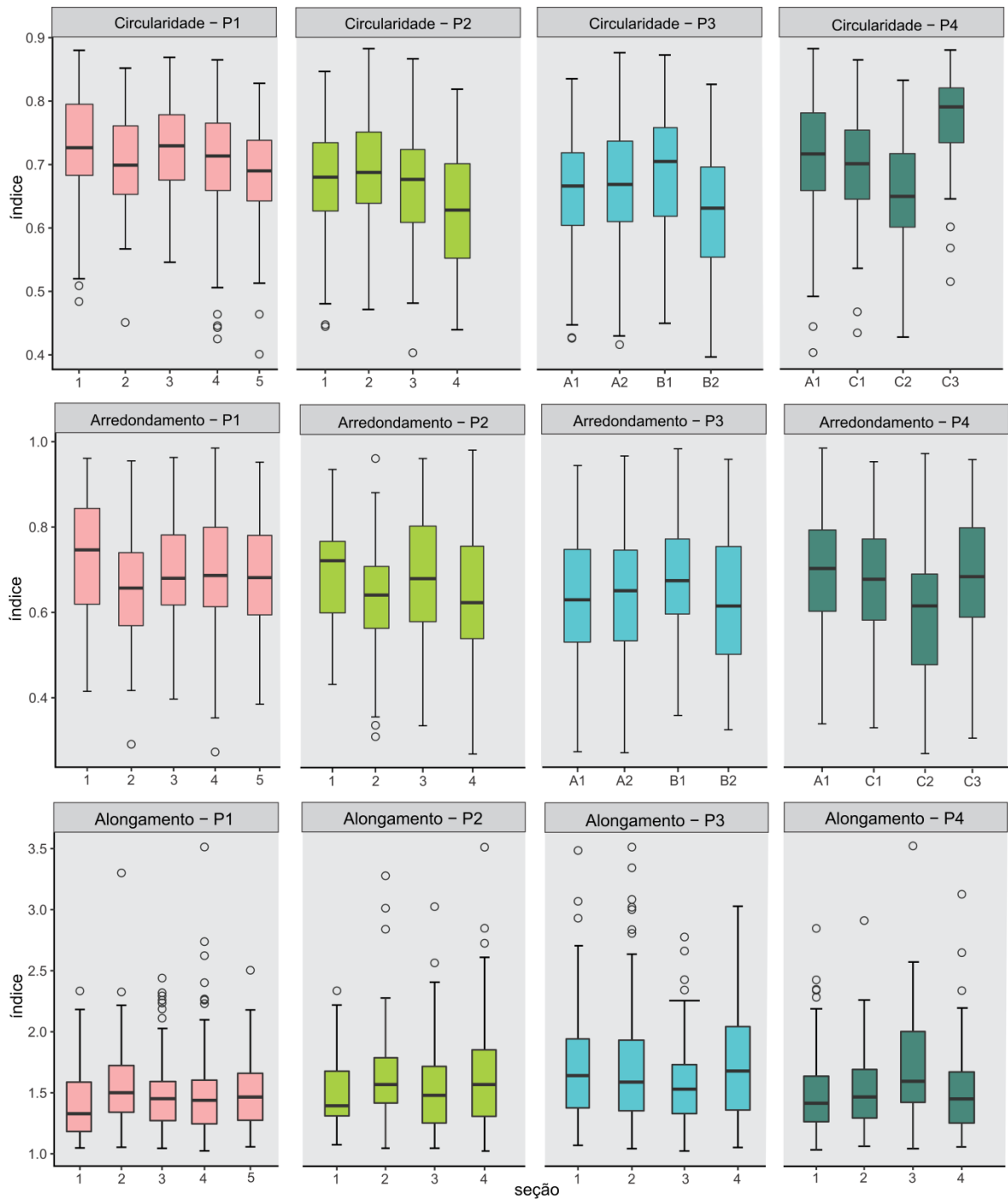


Figura 15 *Box plot* com os resultados da análise morfológica da fração areia fina para as seções dos perfis. Fonte: Elaborado pela autora

Os grãos dos sedimentos, na fração areia grossa, apresentaram em sua maioria aspecto polido, com uma frequência maior de textura superficial mamelonar, seguida de lisa (Figura 9). No P1 houve participação significativa de liso polido com 32% e entre os demais perfis apresentou maior participação de aspecto fosco, que ocorreu na textura lisa com 14% e mamelonar com 13,20% (Figura 9).

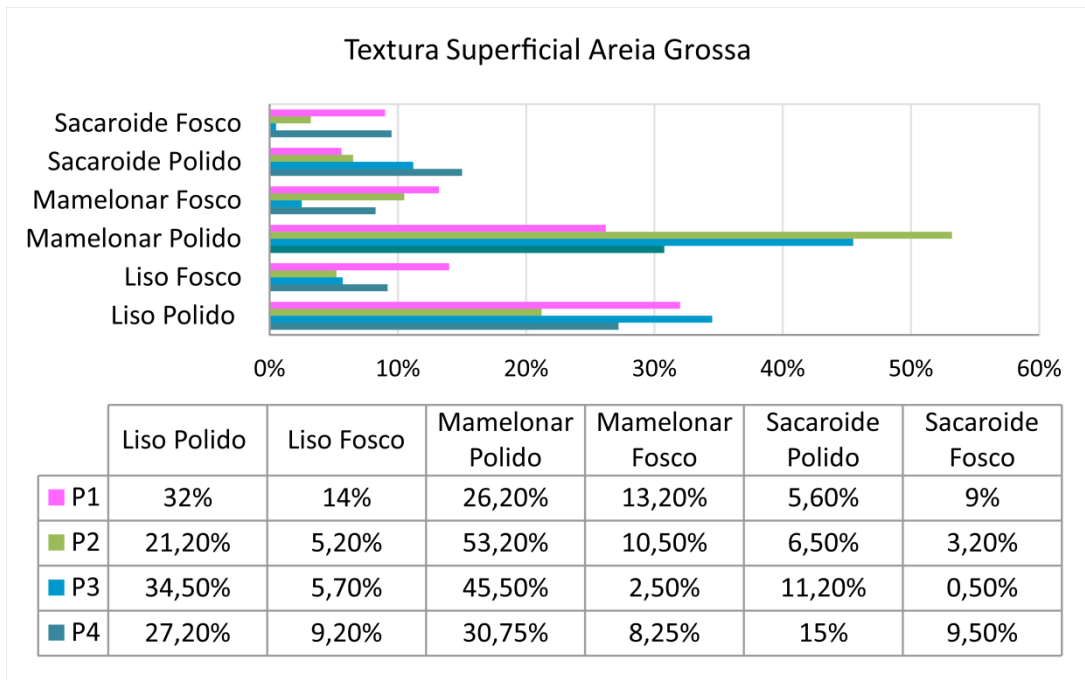


Figura 16 Gráfico textura superficial e aspecto dos grãos de areia grossa. Fonte: Elaborado pela autora.

Os grãos na fração fina, por sua vez, possuem comportamento semelhante aos grãos da fração grossa. Em geral esses grãos apresentam aspecto polido e ocorrem nas texturas mamelonar, que chegou a 56% no Perfil 4, e lisa, que alcançou maior percentual no Perfil 3 com 46,3%. A textura lisa de aspecto fosco alcançou 15% no Perfil 4, o maior valor em comparação com os outros perfis. Destaca-se a participação de grãos sacaroide polido atingindo 15,5% no Perfil 2 (Figura 10).

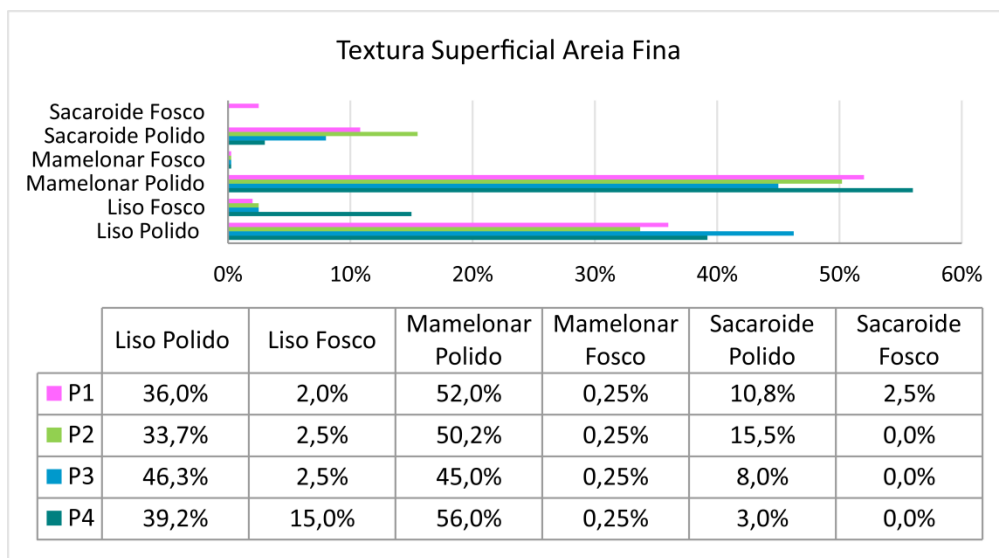


Figura 17 Gráfico textura superficial e aspecto dos grãos de areia fina. Fonte: Elaborado pela autora.

3.3 IDADES POR LUMINESCÊNCIA OPTICAMENTE ESTIMULADA (LOE-SAR)

Os materiais datados por LOE/SAR apresentaram idade máxima de 3.555 anos AP (Tabela 2). As idades foram calibradas e são expressas em Anos antes do Presente (AP). No Perfil 1, as idades reveladas nas profundidades 45 cm e 120 cm (base) foram LOE/SAR=2.160 (± 275) anos AP e, LOE/SAR=3.270 (± 285) anos AP, respectivamente. O P2 apresentou idade LOE/SAR=880 (± 105) anos AP na profundidade 40 cm, e idade LOE/SAR=2.490 (± 260) anos AP na profundidade 70 cm. No Perfil 3, a idade revelada foi LOE/SAR=1.050 (± 330) anos AP na profundidade 30 cm, enquanto na profundidade 50 cm apresentou idade LOE/SAR=2.000 (± 350) anos AP. O P4, por sua vez, apresentou idades LOE/SAR=520 (± 80) anos AP e LOE/SAR=710 (± 100) anos AP nas profundidades 30 e 80 cm, respectivamente.

Tabela 2: Resultados de dose acumulada, dose anual e idade obtida por LOE

Código Datação	Amostra	Profundidade	Dose Anual ($\mu\text{Gy}/\text{ano}$)	P (Gy)	Desvio Padrão	Idade (anos A.P)
5347	P1	45 cm	1.265 \pm 65	2,7	0,4	2.160 \pm 275
5346	P1	120 cm	1.660 \pm 65	5,4	0,3	3.270 \pm 285
5349	P2	40 cm	1.740 \pm 65	1,5	0,2	880 \pm 105
5348	P2	70 cm	730 \pm 55	1,8	0,1	2.490 \pm 260
5351	P3	35 cm	980 \pm 50	1,0	0,3	1.050 \pm 330
5350	P3	50 cm	735 \pm 55	1,5	0,2	2.000 \pm 350
5352	P4	30 cm	725 \pm 60	0,4	0,05	520 \pm 80
5353	P4	80 cm	790 \pm 65	0,6	0,06	710 \pm 100

Fonte: Elaborado pela autora

4 DISCUSSÕES E INTERPRETAÇÕES

As veredas do centro Leste de Roraima estão abrigadas em vales abertos parcialmente colmatados, com altitudes que variam entre 70 e 115 m. Esses vales formam pequenos tributários perpendiculares aos rios Arraia, Branco, Cauamé, Tacutu e Uraricoera, que cortam a Depressão de Boa Vista e integram, em sua maioria, canais de primeira ordem conectados ou não. Esses canais são pouco profundos e com padrão amebóide ou sinuoso, há ainda, a dominância quase absoluta de solos arenosos com tendência a acúmulo de matéria orgânica de forma fibrosa hística.

Além dos principais cursos que drenam essa região, diversos fatores propiciam a ocorrência de zonas de exsudação do nível freático que permitem o encharcamento longo ou permanente nos vales. Dentre os fatores, as condições morfoestruturais e hidrológicas, por

meio do contato entre níveis permoporosos e os níveis impermeáveis da Formação Boa Vista que favorecem a manutenção do aquífero homônimo. Acrescida de tendências positivas de basculamento, a baixa declividade do relevo converge os fluxos para essas zonas, geralmente compostas por lagos sazonais. A planura do terreno, com estreitas e sutis faixas de divisores d'água levam à interligação entre, esses lagos e as veredas (MENESES *et al.*, 2012; CREMON, 2016; SOUZA e CARVALHO 2017).

A gênese dessas veredas está vinculada a formação de um manto pedológico arenoso que não é dos dias atuais. Além da relação com a chegada da umidade na região, esse manto arenoso tem relação com o evento de captura do sistema do alto Rio Branco que drenou o rio e esvaziou abruptamente a área pantanosa pré existente (Schaefer e Dalrymple 1995).

Com base nos resultados da morfoscopia, a presença de partículas mais angulosas, bem como de textura superficial polida (transparente e brilhante), denota a autoctonia dos sedimentos, porém, uma contribuição alóctone não é descartada, visto que o material é sedimentar em sua origem, herdado de processos pregressos de erosão e sedimentação da Formação Boa Vista. Neste sentido, a pedostratigrafia das veredas indica variações do material e do potencial erosivo, a areia grossa é mais angulosa e testemunha um desenvolvimento predominantemente *in situ* com pulsos de estabilidade e pulsos de instabilidade. Enquanto que a areia fina é menos angulosa em virtude do retrabalhamento eólico cujos materiais detríticos são de contribuição proximal. O polimento indica um retrabalhamento por meio hídrico, que devido à viscosidade da água, conduziu a um polimento muito suave da superfície, o que dá aos grãos um aspecto brilhante (DIAS, 2004).

Nesse cenário, a distribuição da carga sedimentar na base dos perfis, com pacotes de predomínio arenoso como nos perfis P2, P3 e P4 (Fig. 6) indica condições ambientais de drenagem com fluxo de alta energia, oposto ao sistema atual (baixa energia). Isso é comprovado quando se compara esses perfis com os analisados por Hoffmann *et al.* (2016), nas margens do Rio Cubatão do Norte, que afirmam que essa tendência de granulometria mais grossa na base dos perfis representa um momento em que a energia no canal fluvial era maior e este possuía a capacidade de transporte de sedimentos de granulometria mais grossa, o que indica que o curso de água já teve uma competência mais elevada quando comparada com períodos mais recentes, quando apenas materiais de classes granulométricas mais finas são passíveis de serem transportadas. Isso se observa nas camadas mais recentes, que se encontram próximas ao topo dos perfis, notadamente os perfis exemplificam a sequência clássica de deposição fluvial, que é marcada por grossos na base que gradam para granulometrias mais finas no topo.

Considerando esses aspectos, presume-se que os materiais que constituem a base das veredas sejam fornecidos por fontes próximas, e o suprimento de material pode ter sido comandado por erosão laminar das encostas em período em que o relevo era um pouco mais inclinado, ou ainda, curtos eventos de alta precipitação e enxurradas, resultando em maior aporte de material mais grosso nas camadas mais profundas do P2, P3 e P4 (Tabela 1).

O compartimento em que se encontra o P2 é topograficamente mais abaciado em relação aos demais perfis, e apresenta no seu entorno muitos lagos perenes. Nestas condições, em superfície acumulam-se depósitos de sedimentos finos que se prolongam até os 50 cm, com densidade de bioturbação, cujo suprimento ocorre em razão da menor competência dos canais que favorecem a deposição por gravidade. Depósitos semelhantes foram encontrados na planície do Rio Cuiabá por Meira *et al.* (2019), que sugerem ser resultantes de fluxos de menor energia.

Além dos atributos texturais que retratam as condições ambientais responsáveis por sua deposição e organização dos materiais, esses perfis fornecem indicadores sobre a vegetação e, conseqüentemente, as veredas. O conteúdo orgânico presente nos 4 perfis, principalmente raízes e fragmentos vegetais, sugere a presença de vegetação há pelo menos 2.160 (± 275) anos AP (P1). O conteúdo orgânico mais antigo foi registrado no perfil 1 (Fig. 6), na camada areia grossa com lentes de argila, que ocorre a ~ 35 cm de profundidade (Fig. 6). Essa camada se sobrepõe ao depósito de argila com lentes de areia fina, cuja idade LOE/SAR= 2.160 (± 275) anos AP foi obtida em ~ 45 cm de profundidade (Fig. 6). Portanto, o conteúdo orgânico está separado do local datável em 10 cm e essa transição pode ser o indicativo da formação de um horizonte hístico em ambiente estável ou ainda da presença da vereda há pelo menos 2.160 (± 275) anos AP (Fig. 6).

Segundo os resultados, as veredas da área de estudo onde se localiza o P1 teriam idades um pouco mais antigas que as veredas estudadas por Meneses *et al.* (2013), localizadas na região oeste de Roraima, as quais apresentaram idades de estabelecimento entre 1.550 e 1.200 anos AP.

Os perfis 2, 3 e 4 revelaram ser bem mais jovens com idades LOE/SAR=880 (± 105), LOE/SAR=1.050 (± 330) anos AP e LOE/SAR=520 (± 80) anos AP, respectivamente. Nesses perfis, o conteúdo orgânico composto por raízes e restos de folhas ocorrem em ~ 35 cm de profundidade. Essas idades são semelhantes às registradas por Moreira (2017), em veredas localizadas no oeste de Minas Gerais, que apresentaram idade de LOE/SAR=600 (± 80) anos AP.

Embora os atributos litológicos e a forma da superfície tenham sua relativa

importância, além de outras propriedades como o próprio sistema hidrológico, na área de estudo, com base nos dados de campo e nos resultados laboratoriais, pode-se afirmar que o clima exerceu um papel proeminente na expansão das veredas.

No final do Pleistoceno, basicamente sobrevém uma aquiescência do bloco que forma a Depressão de Boa Vista, e começou a vigorar um aplainamento que permitiu expandir os fundos dos vales e gerar extensas planícies (AB'SÁBER, 1997). Sob condição ambiental semiárida, teve início um processo de intensa dissecação sobre os materiais que compunham a Formação Boa Vista, convergindo ao surgimento de depressões, ocupadas por lagos sazonais e tesos residuais que se sobressaiam na paisagem. Esses lagos desempenharam importante papel para o estabelecimento das veredas, de maneira que a chegada da umidade no Holoceno aumentou o nível do nível freático que interceptou as áreas planas e aflorou justamente nas depressões concêntricas (AB'SÁBER, 1997; ALVES, 2019).

Interpretações extraídas de diagramas de polén por Absy (1979) sugerem que as mudanças locais do nível de base dos últimos 6.000 anos em vales da bacia Amazônica tiveram importância regional e que, certamente, a vegetação local foi determinada pelo nível de base dependente amplamente das condições de relevo. Desse modo, é possível considerar que uma inundação fez parte da paisagem pretérita e que o relevo plano e as características da rocha subjacente acabaram por favorecer a retenção da massa de água.

Apesar da umidade marcante do Holoceno, diferentes pulsos climáticos ocorreram ao longo dos 10.7 mil anos, com fases mais úmidas ou relativamente secas em diferentes partes do Brasil (ABSY *et al.*, 1991; SIMÕES FILHO, 2000; MEYER *et al.*, 2014), com implicação direta no modelado geomorfológico e no quadro ecológico, com domínio de vegetação graminosa e eventualmente lenhosa, o que favoreceria a intensificação de processos erosivos.

Baseada nas características dos depósitos sedimentares, no conteúdo orgânico formado por restos vegetais que pode ser indicativo do início das veredas, nas idades absolutas adquiridas e nos indicadores geomórficos obtidos, uma proposta de formação e evolução das veredas do Centro-Leste de Roraima foi elaborada. Essa proposta é apoiada também pela reunião de dados e resultados de estudos paleoambientais realizados ao longo da Amazônia (ABSY, 1997; BEHLING *et al.*, 2001; DE TOLEDO e BUSH, 2007), principalmente nas adjacências da sub-região investigada (SIMÕES FILHO, 2000; DE TOLEDO *et al.*, 2010; MENEZES *et al.*, 2013).

Devido às condições ambientais de clima seco que marcaram o Holoceno Inicial, processos erosivos, coluvionamento, recuo de interflúvio e formação de amplos vales foram estimulados. O clima seco, associado ao retrabalhamento de material nos fundos de vales e a

erosão superficial eram desfavoráveis ao estabelecimento da vegetação de fisionomia arbórea. Evidências dessas fases secas podem ser notadas na paisagem mediante a presença de áreas de arenização e campos de dunas eólicas inativas (CARNEIRO FILHO *et al.*, 2003).

É provável que esses depósitos arenosos estejam condicionando à espacialização da vegetação atual. Isso pode ser observado na área de estudo pela presença acentuada de floresta no domínio dos depósitos aluviais, que contrastam com as veredas presentes no resalto topográfico às margens dos canais de primeira ordem, à medida que as formações dunares se sobressaem na paisagem, as veredas dão lugar a estratos herbáceos, logo, a densidade da drenagem também é diminuída. Esse padrão segue nos dois extremos (sudoeste-nordeste) da área de estudo (Figura 11).

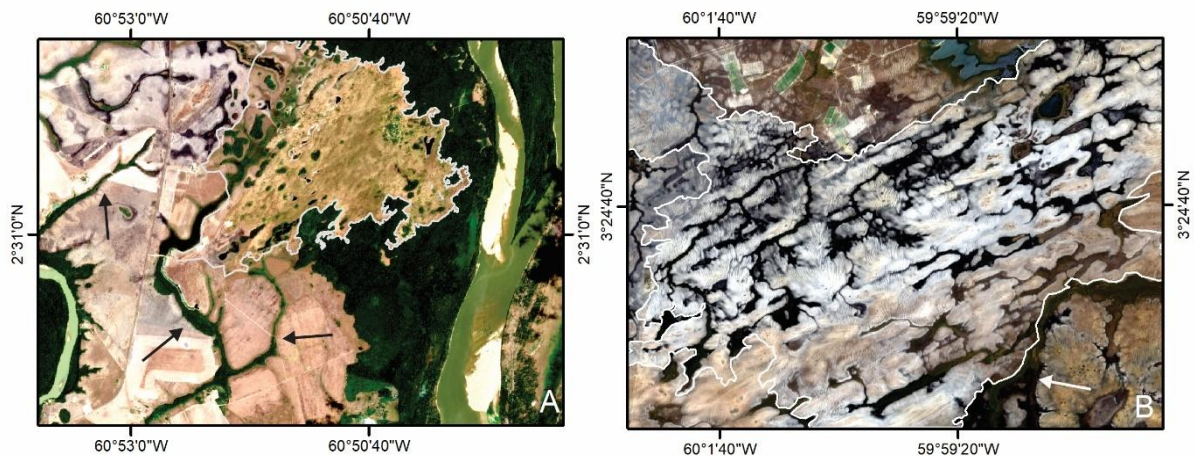


Figura 18 O contorno branco demarca os campos de dunas inativas com lagos interdunares e as setas brancas e pretas indicam a ocorrência das veredas. Campo de duna intercalando floresta e savana (A). Dunas lineares perpendiculares à drenagem reticular (B). As veredas ocupam as linhas de umidade fora do campo arenoso (A e B). Fonte: Elaborado pela autora.

Os campos de dunas são indicadores incontestes da incidência de períodos de aridez durante a transição Pleistoceno/Holoceno na região, com índices de precipitação em 50% abaixo do atual, isto é, ~1000 mm ao ano (SANTOS *et al.*, 1993; VAN DER HAMMEN e HOOGHMSTRA, 2000; LATRUBESSE e NELSON, 2001). Nesse período, o quadro ecológico era constituído por savana gramínea e esse aspecto fitofisionômico pode ter dominado a paisagem até o Holoceno Médio, aproximadamente 5.000 anos AP (Fase I, Fig. 12).

A partir do Holoceno Médio, um clima mais úmido, de caráter regional, passa a ocorrer no Brasil (BEHLING, 1995; SALGADO-LABOURIAU *et al.*, 1997). Na Amazônia, os indicadores dessa mudança climática foram demonstrados com os estudos de Absy (1997), Pessenda *et al.* (2001) e Vidotto *et al.* (2007). Carneiro-Filho *et al.* (2002), com agrupamentos

de idades de termoluminescência (TL) entre 32.000 e 8.000AP na bacia do Rio Negro, assumem que as formações dunares, representariam episódios distintos de regime climático mais seco até a estabilização das dunas com a fixação da vegetação há 7.800 AP, o que representaria a chegada da umidade para a região.

A ocorrência deste clima úmido, acompanhado por maior taxa de precipitação, favoreceu a recarga de aquíferos, lagos e o estabelecimento de uma ampla rede de drenagem. O maior aporte hídrico promoveu o transbordamento dos lagos, conseqüentemente a drenagem passou a se conformar em pequenos canais que foram se alongando em decorrência da incisão resultante da declividade, ainda que incipiente, formando os igarapés. O comportamento de variação de precipitação na região tem sido uma constância durante os últimos 4 mil anos, induzindo o rebaixamento do nível de base dos rios (ABSY, 1985). A drenagem dos vales associada à inclinação extremamente baixa favoreceu a estagnação de água e o desenvolvimento de ambiente oligotrófico. Esse cenário foi a base para o estabelecimento de vegetação adaptada às condições anaeróbicas que se produziu na região, provendo as condições ideais para o estabelecimento das veredas no início do Holoceno Superior – Fase II. A idade registrada no perfil 1 LOE/SAR= 2.160 (± 275) anos AP, próximo ao conteúdo orgânico e restos vegetais pode estar associado a essas veredas, bem representadas pela presença de palmeiras, principalmente o buriti (*Mauritia flexuosa L*) espécie dominante nas veredas que passou a ocorrer na paisagem (Fig. 12). Muito possivelmente, as raízes presentes no perfil resultam desses buritis e dos poucos gêneros arbóreos associados à colonização marginal dos cursos fluviais.

Na fase III, uma frente de intemperismo geoquímico teria se instalado no fundo dos vales promovendo a pedogenização a partir do material alóctone, esses processos foram favorecidos pelo aumento das condições de umidade e o material constituído de frações mais finas seriam uma resposta a menor energia dos fluxos.

Nesta terceira fase (Fig. 12), as veredas se expandiram, favorecidas pela permanente condição ambiental de umidade. Apesar dessas condições úmidas, os incêndios foram frequentes no Holoceno tardio e são uma das razões para a predominância de uma savana gramínea em vez da expansão florestal na área de estudo (MENESES *et al.*, 2013). Nesse cenário, a fitofisionomia arbórea passou a constituir maior riqueza de gêneros de palmeiras, *Genipa* e comunidades de *Curatella* e *Byrsonima*, típicos do ambiente de savanas. Sobre essa fase final de expansão das veredas, os resultados deste trabalho indicam que as veredas da região são muito recentes já que as datações indicam idade de LOE/SAR= 2.160 (± 275) anos AP, ou seja, num passado mais longo essas áreas não se caracterizavam como áreas mal

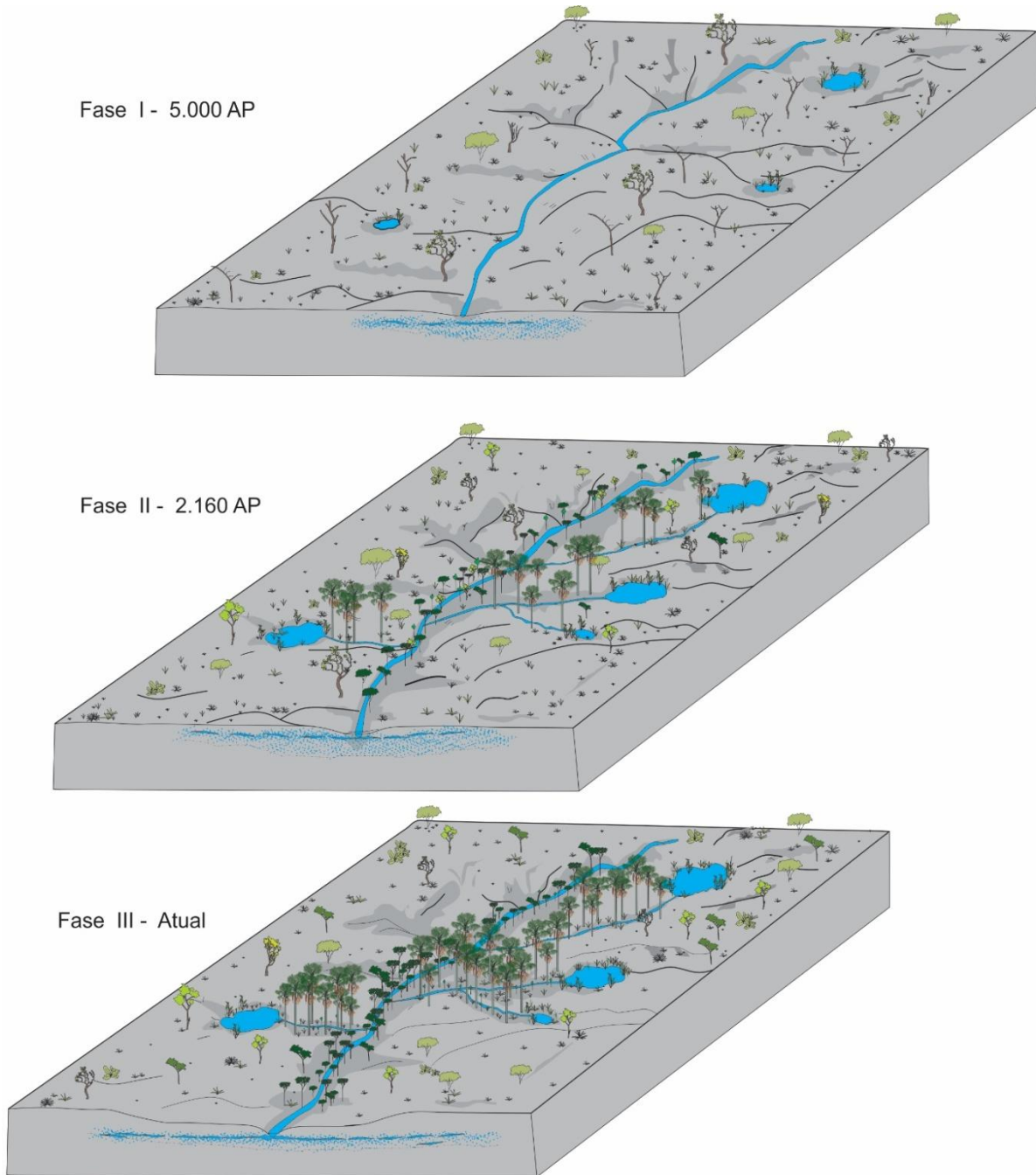
drenadas e, conseqüentemente, não havia formação de veredas que é comprovado pelo P1. Idades mais recentes, registradas nas camadas acima de 40 cm em P2, P3 e P4, indicam que essa área está se ampliando e que há uma tendência de maior rebaixamento do relevo com conseqüente aumento de áreas típicas de veredas, o que reflete o conteúdo de material orgânico nas camadas superiores desses perfis e na granulometria mais grosseira com ausência de raízes ou restos vegetais nas camadas mais profundas. Tais constatações são concordantes com os dados obtidos por Absy (1997), De Toledo *et al.* (2010) e Meneses *et al.* (2015) na região.

A interpretação de assembleias polínicas, feita por Meneses *et al.* (2013), revela que na zona da vereda houve aumento também de espécies herbáceas, principalmente dos gêneros *Poaceae* e *Cyperaceae*, entre 1.400 e 1.100 AP. No entanto, esse aumento em favor da savana foi uma tendência geral, haja visto que as condições de umidade mantiveram a expansão das veredas. Essa expansão de veredas foi detectada também nos estudos palinológicos de Absy (1997), que aponta para a presença do táxon *Maurítia flexuosa* entre os ambientes inundados ocupados também por *Poaceae*. Esse arranjo compõe a ecologia das veredas, que no centro-leste de Roraima devem ter se surgido no Holoceno Tardio, quando passaram a constituir a paisagem interserrana, e devido às condições hidroambientais, permanecem na paisagem atual (Fig 12 – III).

Processos como esses e condições específicas e próprias a cada ambiente tenderiam a contribuir para o surgimento, expansão e/ou limitação, das veredas. Em vista disso, pode-se argumentar que a origem das veredas no norte da Amazônia, não necessariamente resulta de um ou outro processo de natureza isolada, mas se trata de uma junção de vários fatores, como as condições hidrogeológicas favoráveis à retenção de água, as mudanças climáticas, as mudanças na morfologia de um relevo dissecado que passou a ser mais abaciado, bem como a mudança na cobertura superficial com desencadeamento de processos pedogenéticos. Tais fatores combinados influenciaram na expansão e contração da vegetação na região.

Cumprir destacar que a baliza cronológica conhecida da revisão de literatura para as veredas do norte amazônico e o seu aparecimento como vegetação dominante nesses setores abertos é de aproximadamente 3.000 anos (BEHLING e HOOGHMSTRA, 2000; MONTROYA *et al.*, 2011). Todavia, a entrada avassaladora do homem nessa região, tal fato que coincide com a savanização desse setor, sugere que a generalização das formações de veredas de buritis pode estar relacionada com o efeito antrópico importante e que talvez os frequentes pulsos de instabilidade erosiva sejam frutos não somente das oscilações climáticas ocorridas no Holoceno tardio, mas de alteração por parte da pressão antrópica que tem

moldado a paisagem no norte da Amazônia.



Legenda



Figura 19 Estádios de formação das veredas no Centro-Leste de Roraima, considerando a evolução do relevo e alternâncias paleoclimáticas. Fase (I) ausência de veredas, relevo mais inclinado recoberto por vegetação esparsa e rarefeita sob condições de clima seco, o solo exposto favoreceu o transporte de material mais grosseiro para o fundo dos vales. Fase (II), chegada da umidade desenvolvimento de processos geoquímicos e solapamento, maior incisão dos vales, extravasamento do lençol freático, ocorrência das primeiras veredas (P1). Fase (III) aumento dos processos pedogenéticos, rebaixamento mais acentuado de interflúvios, tendência à expansão e coalescência de áreas típica de veredas com formação de galerias de buritis representadas pelos perfis P2, P3 e P4. Fonte: Elaborado pela autora.

CONCLUSÕES

Os indicadores geomórficos obtidos, em conjunto com as características dos depósitos sedimentares e idades absolutas, possibilitaram a elaboração de uma proposta de formação e evolução das veredas do Centro-Leste de Roraima.

Essas veredas foram formadas em um manto arenoso pedogeneizado, que foi formado em clima úmido e tem relação com o evento de captura do sistema do alto Rio Branco que drenou o rio e esvaziou abruptamente uma área pantanosa pré-existente. Nesse contexto, o material de origem dos perfis de solos analisados é um material autóctone pedogeneizado sobre a Formação Boa Vista que por si já é constituída por material pré-intemperizado.

As condições ambientais de clima seco, do final do Pleistoceno ao Holoceno médio ~5.000 AP, promoveu o predomínio de estrato gramíneo que recobria a paisagem. O intenso processo erosivo, que marcou esse período, atuou sobre os altos topográficos, dissecando serras, rebaixando interflúvios e alargando os vales que tardiamente abrigariam as veredas. Depois de 5.000 AP, um clima úmido de caráter regional, conferiu maior taxa de precipitação, resultando na exfiltração do nível freático nos fundos de vales rebaixados na fase anterior.

A recarga de grande volume de água nas depressões acarretou o transbordamento dos lagos, que passaram a se conectar com a rede de drenagem principal. Por outro lado, a baixa declividade do relevo favoreceu a acomodação de sedimento em fundos de vales úmidos, expostos à condições de má drenagem e superimpostos à pedogênese. Essas zonas úmidas apresentaram condições ambientais ideais para o surgimento da vegetação pantanosa, a qual está registrada na profundidade 35 cm. A camada arenosa onde foi encontrado o conteúdo orgânico apresenta idade em torno de $LOE/SAR = 2.160 (\pm 275)$ anos AP, demarcando, segundo esta proposta o surgimento das veredas.

As ocorrências de sucessivas mudanças no arranjo espacial refletiram na distribuição da vegetação, onde, condições de oligotrofia imposta pela má drenagem e pobreza química dos sedimentos contribuíram para a expansão das veredas, cuja fitofisionomia adaptada é produto das constantes flutuações nas condições de umidade da região.

Portanto, as veredas representam a integração de transformações morfo genéticas e pedogenéticas, à medida que estes processos ocorrem e interagem com diferentes substratos (sedimentos), trazem repercussões diretas na forma como as suas superfícies irão se

desenvolver. Neste sentido, novos estudos estão sendo direcionados a fim de investigar os solos dessas veredas, com o intuito de melhor compreender os processos pedogenéticos que influenciam na dinâmica e funcionamento ecológico desse ecossistema.

REFERÊNCIAS

ABSY, M. L., **A palynological study of Holocene sediments in the Amazon basin**. Ph.D. thesis. University of Amsterdam, 1979. p. 117

ABSY, M.L. **Palynology of Amazonia: the history of the forests as revealed by the palynological record**. In: Prance, G.T.; Lovejoy, T.E. (Eds) Key environments Amazonia. Oxford: Pergamon Press, 1985. p. 72-82.

ABSY, M.L.; CLEEF, A.; FOURNIER, M.; MARTIN, L.; SERVANT, M.; SIFEDDINE, A.; SILVA, M.F.; SOUBIÈS, F.; SUGUIO, K.; TURQ, B.; VAN DER HAMMEN, T. **Mise en evidence de quatre d'ouverture de la forêt dense dans le sud-est de l'Amazonie au cours des 60000 dernières années. Première comparaison avec d'autres regions tropicales**. *Compte Rendus de l'Academie des Sciences*, v.312(2): 673-678, 1991.

ABSY, M. L. A. **Registros palinológicos em sedimentos do holoceno e vegetação atual em Roraima**. In: BARBOSA, R.I.; FERREIRA E.J.G.; CASTELLÓN, E.G. (eds) Homem, ambiente e ecologia no Estado de Roraima. Editora do INPA, Manaus, p. 463, 1997.

AB'SABER, A.N. **A Formação Boa Vista: Significado geomorfológico e geocológico no contexto do relevo de Roraima**. In: Homem, ambiente e ecologia no Estado de Roraima (R.I. Barbosa, E.J.G. Ferreira e E.G. Castellón, Eds.) Editora do INPA, Manaus. p.267-293, 1997.

ALVES, R.A; BESERRA NETA, L.C. **Compartimentação geomorfológica e classificação morfológica dos ambientes lacustres nas savanas da região nordeste de Roraima**. *Revista Acta Geográfica: UFRR*, v. 12, n 29, p.1-18 2018.

ALVES, R.A. **Estudo preliminar sobre o ecossistema de veredas na porção setentrional de Bonfim, Estado de Roraima, Brasil**. *Revista GeoUECE*, v.08, n.15 p.99-110, 2019.

AUGUSTIN, C. H. R. R.; MELO, R.D.; ARANHA, P.R.A. **Aspectos Geomorfológicos de Veredas: Um Ecossistema do Bioma do Cerrado, Brasil**. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 10, nº 1, 2009.

BEHLING, H., KEIM, G., IRION, G., J., W.J. ; Nunes de Mello, J.A.S. **Holocene environmental changes in the Central Amazon Basin inferred from Lago Calado (Brazil)**. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 173(1-2): 87- 101, 2001.

BEHLING, H. **A high resolution Holocene pollen record from lago pires, SE Brazil: vegetation, climate and fire history**. *Journal of Paleolimnology*. V.14, p. 253-268, 1995.

BIGARELLA, J.J.; HARTKOPF, C.C.; SOBANSKI, A.; TREVISAN, N. **Textura superficial dos grãos em areias e arenitos**. Arquivos de Biologia e Tecnologia, v.10, p.253-275, 1955.

BOAVENTURA, R. S. **Contribuição aos estudos sobre a evolução das veredas**. In: 2º Plano de Desenvolvimento Integrado no Noroeste Mineiro. CETEC, Informe Técnico, v. 1, n. 1, Belo Horizonte, 1978.

CARNEIRO FILHO, A., YEE, M.; TATUMI, S. H. **Dunas fósseis na Amazônia**. Ciência Hoje, v.32, n.191, p.24-29, 2003.

CARNEIRO FILHO, A.; SCHWARTZ, D.; TATUMI, S. H.; ROSIQUE, T. **Amazonian paleodunes provide evidence for drier climate phases during the Late Pleistocene-Holocene**. Quaternary Research, 2002. v 58 p. 205-209.

COSTA, J.B.S. & COSTA, J.A.V. **O quadro neotectônico da região nordeste do Estado de Roraima**. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 5, Belém. Resumos Expandidos. SBG-NN, 1996. p. 284 - 86.

COSTA, J. A. V. **Compartimentação do relevo do estado de Roraima**. In: OLIVEIRA, R. S. (org.). Roraima em foco: pesquisas e apontamentos recentes. Ed. UFRR. Boa Vista, 2008, p.77- 107

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Geodiversidade do estado de Roraima**. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Manaus, p. 212, 2014.

CREMON, E. H. **Evolução quaternária do Rio Branco - norte da Amazônia - com base em dados orbitais e geológicos**. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos-SP, p.133, 2016

DE TOLEDO, M. B.; BUSH, M. B. **A mid-Holocene environmental change in Amazonian savannas**. Journal of Biogeography (Print), v. 34, p. 1313-1326, 2007.

DE TOLEDO, M. B.; BUSH, M. B.; TURCQ, B. J. **Dinâmica das savanas e paleoincêndios em Roraima nos últimos 10.000 anos**. In: BARBOSA, R.I.; MELO, V.F. (Org.). Roraima: Homem, Ambiente e Ecologia. Boa Vista: FEMACT, p. 237-256. 2010

DIAS, J. A. 2004. **A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos** (Uma Introdução à Oceanografia Geológica). Universidade do Algarve, 84 p

EIRAS, J. F.; KINOSHITA, E. M. **Evidências de movimentos transcorrentes na Bacia do Tacutu**. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 2, n. 2-4, p. 193-208, abr./dez., 1988.

EIRAS, J. F.; KINOSHITA, E. M.; FEIJÓ, F. J. **Bacia do Tacutu**. Boletim de Geociências da Petrobras, v. 8, n. 1, p. 83-89, jan./mar., 1994

FRANCO, E. M. S; DEL'ARCO, J. O; RIVETTI, M. **Geomorfologia**. In: BRASIL. Projeto RadamBrasil. Levantamento dos Recursos Naturais. Folha NA 20 Boa Vista e parte das Folhas NA 21 Tumucumaque, NB20 Roraima e NB2 1.ed. IBGE. Rio de Janeiro. p. 139-180,

1975.

GUEDES, C. C.F., SAWAKUCHI, A. O., GIANNINI, P. C.F., WITT, R. DE, AGUIAR, V. A.P. **Datação por Luminescência Opticamente Estimulada: princípios e aplicabilidade nos Depósitos Sedimentares Brasileiros**, In: XIII ABEQUA e III Encontro do Quaternário Sulamericano. 13, 2011, Búzios – RJ. Proceedings...The South American Quaternary: Challenges and Perspectives, 2011.

GUERRA, M.D.F; SOUZA, M.J.N; SILVA, E.V. **Veredas da Chapada do Araripe: subespaços de exceção no semiárido do estado do Ceará, Brasil**. Ateliê Geográfico, v. 14, n. 2, ago/2020, p. 51–66

HOFFMANN, T.C.P.; MARTINS, A.; OLIVEIRA, F.A. **Análise e Classificação Granulométrica de Sedimentos de Margem do Rio Cubatão do Norte, Santa Catarina**. Anais...XI SINAGEO, Maringá-PR, 2016

HOORN, C. **Palynology of the Pleistocene glacial/interglacial cycles of the Amazon fan (holes 940A, 944A, and 946A)**. In: Flood, R.D., Piper, D.J.W., Peterson, L.C. (Eds.), Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, vol. 155, 1997.

HUGHES, P.D. **Geomorphology and Quaternary stratigraphy: the roles of morpho-, litho-, and allostratigraphy**. Geomorphology, v. 123, p.189-199, 2010

HUNTLEY, D.J., GODFREY-SMITH, D.I., THEWALT, M.L.W. **Optical dating of sediments**. Nature, 1985 313, 105-117. <https://doi.org/10.1038/313105a0>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Carta Planialtimétrica Bonfim-RR NA.21–V-A-IV MI-42**. Brasília. mapa, color., 560x560mm. Escala:1:100.000, 1983.1

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Carta Planialtimétrica Rio Tacutu-RR. Folha NA. 20-X-B-VI-MI-41**. Brasília. mapa, color., 560x560mm. Escala:1:100.000, 1983.1

IBGE. **Base cartográfica contínua do estado de Roraima, Brasil**, mapa. Escala. 1: 100.000, 2014

LATRUBESSE E.M.; NELSON B.W. **Evidence for Late Quaternary Aeolian Activity in the Roraima-Guyana Region**. Rev. Catena, v. 43, p.63-80, 2001

LEAL, R. A., BARBOZA, E. G., BITENCOURT, V. J. B. **Interdecadal climate variability identified in aeolian deposits in southern Santa Catarina, Brazil**. Journal of South American Earth Sciences, v. 113, 2022 p. 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103636>.

LORENTE, F.L.; MEYER, K.E.B.; HORN, A.H. **Análise Palinológica da vereda da Fazenda Urbano, município de Buritizeiro, Minas Gerais, Brasil**. Geonomos, 18(2):57-72, 2010

MEIRA, F. C.; STEVAUX, J. C.; TORRADO, P. V.; ASSINE, M. L. **Compartimentação e evolução geomorfológica da planície do Rio Cuiabá, Pantanal Mato-Grossense.** Revista Brasileira de Geomorfologia v. 20, nº 1, p. 159-183, 2019.

MELO, V. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FONTES, L.E.F.; CHAGAS, A. C.; JÚNIOR, J. B. L.; ANDRADE, R. P. de. **Caracterização física, química e mineralógica de solos da Colônia Agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia) sob diferentes usos e após queima.** R. Bras. Ci. Solo, Viçosa, MG, v.30, n.6, p.10391050, Nov/Dez. 2006

MELO, V.F.; SCHAEFER, C.E.G.R. & UCHÔA, S.C.P. **Indian land use in the Raposa Serra do Sol Reserve, Roraima, Amazonia, Brazil: Physical and chemical attributes of a soil catena developed from mafic rocks under shifting cultivation,** Catena, 80:95-105, 2010b

MENESES, M.E., COSTA, M.L., ENTERS, D., BEHLING, H. **Environmental changes during the last millennium based on multi-proxy palaeoecological records in a savanna-forest mosaic from the northernmost Brazilian Amazon region.** Anais da Academia Brasileira de Ciências. 2015 87 (3) p. 1624 a 1651. DOI <https://doi.org/10.1590/0001-3765201520130074>

MENESES, M.E., COSTA, M.L., BEHLING, H. **Late Holocene vegetation and fire dynamics from a savanna-forest ecotone in Roraima state, northern Brazilian Amazon.** Journal of South American Earth Sciences, v (42) p.17-26. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2012.10.007>

MENESES, M. E. N. S. ; COSTA, M. L. . **Caracterização mineralógica e química dos regolitos de uma área de transição savana-floresta em Roraima: uma análise da evolução da paisagem.** Revista brasileira de geociências , v. 42, p. 42-56, 2012. DOI: [10.5327/Z0375-75362012000500005](https://doi.org/10.5327/Z0375-75362012000500005)

MEYER K. E. B., CASSINO R. F. C., LORENTE F. L. L., RACZKA M., PARIZZI M. G. **Paleoclima e Paleoambiente do Cerrado Durante o Quaternário com Base em Análises Palinológicas.** In: Carvalho I. S., Garcia M. J., Lana C. C., Strohschoen Jr. O. (ed) Paleontologia: Cenário de Vida – Paleoclimas, vol-5. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

MILANI, E.J.; THOMAZ FILHO, A. **Sedimentary Basins of South America.** In: CORDANI U.G.; MILANI E.J.; THOMAZ FILHO A.; CAMPOS D.A. Tectonic evolution of South America, Edição Especial do 31st International Geological Congress, p. 389-449, 2000.

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO – Departamento de Engenharia e Comunicações, Diretoria de Serviço Geográfico. **Carta Planialtimétrica.** Folha Boa Vista NA.20–X-D-II MI-54. Brasília. color, Escala:1:100.000, 1980.

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO – Departamento de Engenharia e Comunicações, Diretoria de Serviço Geográfico. **Carta Planialtimétrica.** Folha Sucuba NA.20–X-D-I. Brasília. color, Escala:1:100.000, 1980.

MIRANDA, I. S.; ABSY, M. L. **Fisionomia das Savanas de Roraima, Brasil.** Acta Amazônica, Pará, v. 3, n. 31, jun. 2000.p. 423-441

MOREIRA, V. B., **Geocronologia em ambientes de veredas e campos de murundus na chapada Uberlândia-Uberaba: subsídios à evolução da paisagem.** Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, 2017.

MURRAY, A.S., WINTLE, A.G. **Luminescence dating of quartz using an improved single aliquot regenerative-dose protocol.** *Radiation Measurements*, v. 32, p. 57-73, 2000.

NEVES, W. V.; MENEZES, E. P.; OLIVEIRA, F. S.; AUGUSTIN, C. H. R. R.; ARANHA, P. A. **Estudo das coberturas superficiais na interface cerrado-vereda no norte de Minas Gerais.** *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 16, p. 351-367, 2015.

NASCIMENTO, S.O., TAVARES JUNIOR, S.S., CÂMARA BESERRA, L. **Morfoestruturas de relevo e compartimentos geomorfológicos do Gráben do Tacutu, centro-nordeste de Roraima.** *Anais. XVI Simposio de Geologia da Amazônia, Manaus, 2019.* DOI:10.29327/15025.1-4

OLIVEIRA, L. A. F.; COTA, G. E. M.; LIMA, L. B. S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P.; CARVALHO, A. **Aplicação da luminescência opticamente estimulada (loe) como subsídio aos estudos de capturas fluviais quaternárias: o caso da serra da mantiqueira (zona da mata de minas gerais).** *Revista Brasileira de Geomorfologia (Online)*, São Paulo, v.19, n.4, (Out-Dez) p.679-690, 2018

OLIVEIRA, M.A.T.; SANTOS, J. C. **Estratigrafia GPR e Morfogênese Quaternária no semiárido brasileiro.** *Mercator, Fortaleza*, v.18, e18027, 2019.

PESSENDA, L.C.R.; BOULET, R.; ARAVENA, R.; ROSOLEN, V.; GOUVEIA, S.E.M., RIBEIRO, A.S.; LAMOTTE, M. **Origin and dynamics of soil organic matter and vegetation changes during the Holocene in a forest–savanna transition zone, Brazilian Amazon region.** *The Holocene*, 11: 250-254, 2001
<https://doi.org/10.1191/095968301668898509>

REIS N.J.; FARIA M.S.G. de; ALMEIDA, M.V.; OLIVEIRA, M. A. **Folhas NA.20 Boa Vista e NB.20 Roraima.** In: SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J.H.; SANTOS, J.O.S.; ABRAM, M.B.; LEÃO NETO, R.; G.M.M.; VIDOTTI, R.M.; RAMOS, M.A.B.; JESUS, J.D.A. de. (eds). *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas-SIG. Programa Geologia do Brasil, CPRM, Brasília, 2004.*

REIS N.J.; FARIA M.S.G. de; MAIA, M.A.M. **O Quadro Cenozóico da porção Norte-Oriental do Estado de Roraima.** In: KLEIN, E.L.; VASQUEZ, M.L.; ROSA COSTA, L.T. (eds). *Contribuições a Geologia da Amazônia, v.3 SBG/Núcleo Norte*, p. 259-272, 2002.

REIS N.J.; NUNES N.S. de V.; PINHEIRO S. da S. **A Cobertura Mesozóica do Hemigraben Tacutu - Estado de Roraima. Uma abordagem ao Paleo-ambiente da Formação Serra do Tucano.** In: SBG, Congr. Bras. Geol., 38, Camboriú, SC. *Anais: v.3*, p. 234-235, 1994.

ROSSETTI, D.F., MOLINA, E.C., CREMON, E.H., **Genesis of the largest Amazonian wetland in northern Brazil inferred by morphology and gravity anomalies.** *J. S. Am.*

Earth Sci. 69, 1–10. 2016.

RULL, V.; MONTOYA, E. **Mauritia flexuosa palm swamp communities: natural or human-made? A palynological study of the Gran Sabana region (northern South America) within a neotropical context.** Quaternary Science Reviews, v. 99, p.17-33, 2014.

SANTOS, E.V dos. **Dinâmica e Classificação Fitogeomorfológica de Veredas em diferentes Bacias Hidrográficas No Cerrado.** Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Federal de Goiás– UFG, Jataí, 2020.

SANTOS, J. O. S.; NELSON, B.W.; GIOVANNINI, C. A. **Corpos de Areia sobre leitos abandonados de grandes rios.** Revista Ciência Hoje, Rio de Janeiro, v.16, n.2, p.22-25, 1993.

SALGADO-LABOURIAU M.L., CASSETI V., FERRAZ-VICENTINI K.R., MARTIN L., SOUBIÉS F., SUGUIO K., TURQ B. **Late Quaternary vegetational and climatic changes in cerrado and palm swamp from Central Brazil.** Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v.128, p. 215-226, 1997.

SCHAEFER, C. & DALRYMPLE, J. **Landscape evolution in Roraima, North Amazonia: Planation, paleosols and paleoclimates.** Zeitschrift für Geomorphologie, 39:1-28, 1995.

SCHAEFER, C.E.G.R.; VALE JÚNIOR, J.F. **Mudanças climáticas e evolução da paisagem em Roraima: uma resenha do Cretáceo ao Recente.** In: BARBOSA, R.I.; FERREIRA, E.J.G.; CASTELLÓN, E.G. Homem, ambiente e ecologia no Estado de Roraima. Manaus, INPA, p. 231-265, 1997.

SCHAEFER, C.E.G.R.; VALE JÚNIOR, J. F.; MELO, V. F.; URQUIZA, M. A. FARIA, M. M. FRANCELINO, M. R. **Esboço pedológico, geomorfológico e climático do Estado de Roraima.** In: BATISTA, K. D.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M, R.; OLIVEIRA, V. Á.; VALE JÚNIOR, J. F. ed. XI Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos, Roraima. Guia de Campo..., Brasília, DF: Embrapa, p.332, 2018.

SIMÕES FILHO, F.F.L. **Sedimentação lacustre e implicações paleoambientais na região de contato floresta-savana de Roraima durante o Holoceno.** Tese de Doutorado, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2000, 213 p.

SOUZA, L. S. B; CARVALHO, F. W. S. **Contextualização geológica da porção sudoeste do Sistema Aquífero Boa Vista, estado de Roraima, Brasil, a partir de sondagens elétricas verticais rasas.** Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi. Cienc. Nat., Belém, v. 12, n. 1, p. 91-107, jan.-abr. 2017

STRAHLER, A. N. **Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography.** Geological Society of America Bulletin, v. 63, n. 11, p. 1117-1142, 1952.

VAN DER HAMMEN, T.; HOOGHIEMSTRA, H. **Neogene and Quaternary History of Vegetation Climate and Plant Diversity in Amazonia**. Quaternary Science Reviews, v. 19, p. 725-742, 2000.

VAZ, P. T.; WANDERLEY FILHO, J. R.; BUENO, G. V. **Bacia do Tacutu**. Boletim de Geociências da Petrobras. v. 15, n. 2, p. 289-297, 2007.

VIDOTTO, E., PESSEDA, L.C.R.; RIBEIRO, A.S.; FREITAS, H. A.; BENDASSOLLI, J.A. **Dinâmica do ecótono floresta-campo no Sul do estado do Amazonas no Holoceno, através de estudos isotópicos e fitossociológicos**. Acta Amazônica, v. 37(3) p. 385-400, 2007.

CAPÍTULO 2: VEREDAS NO NORTE DA AMAZÔNIA E SUA RELAÇÃO COM GRADIENTES AMBIENTAIS

Resumo - A pesquisa foi realizada na Amazônia setentrional, local especial do ponto de vista ambiental, onde as veredas coexistem com um ecotonal de savanas que se encontram inseridas em um corredor caracterizado por diminutos de precipitação e estão sob o gradiente climático da classificação de Koppen, Aw (clima tropical). O estudo teve como objetivo avaliar o efeito de variáveis climáticas e das propriedades físico-químicas dos solos na configuração da vegetação dessas veredas. Conduzimos a pesquisa por meio de dados de precipitação, temperatura e sazonalidade, e análises laboratoriais das propriedades físico-química dos solos de quatro diferentes veredas submetidas a condições microclimáticas distintas. Com base na composição arbórea foram calculados dados de biomassa acima do solo, riqueza e abundância e de indivíduos. Nas veredas sob influência de maior umidade, os solos estão sob maiores condições de hidromorfismo e, conseqüentemente, são mais orgânicos. Tais fatores contribuem para a ocorrência de solos mais nutritivos e estrato arbóreo mais exuberante. Acerca das veredas sob influência de condições mais secas, os solos são mais arenosos, com decréscimo de argila, apresentando menor média de biomassa entre as veredas, com ocorrência de indivíduos adaptados a condições de solos com déficit hídrico. O atributo edáfico que teve maior contribuição para correlação entre os perfis foi a CTC, o que implica diretamente na fertilidade dos solos e estaria atuando na diversidade da vegetação encontrada.

Palavras-Chave: Pedologia. Relação solo-paisagem. Variáveis ambientais.

1 INTRODUÇÃO

As veredas são subsistemas fitofisionômicos dominados por *Mauritia flexuosa*, entre outras associações fitoflorísticas típicas, que se apresentam em posição topográfica da paisagem com melhor aporte de umidade e presença de solos hidromórficos (PIRES e PRANCE 1985; BOAVENTURA, 2007; SILVA *et al.*, 2018; GUERRA *et al.*, 2020). As veredas fornecem serviços ecossistêmicos importantes para as regiões neotropicais, dentre eles o acúmulo de matéria orgânica que promove a ciclagem de nutrientes e o incremento do estoque de carbono nos seus solos, além da provisão de habitats (DUARTE *et al.*, 2019; GRIFFIS *et al.*, 2020). Na Amazônia, elas são encontradas no domínio das savanas, distribuídas junto a canais de drenagem, igarapés ou agrupadas, associadas aos paleocanais (terraços) de rios (CARVALHO *et al.*, 2016).

Apesar de grande parte das veredas terem aparentemente uma fisionomia uniforme, no seu interior há uma rica diversidade edáfica e botânica, que geralmente está associada às condições de luminosidade, temperatura, precipitação, sazonalidade, alteração nos níveis do lençol freático e altitude (RAMOS *et al.*, 2014; GONZALES *et al.*, 2015). Tais fatores criam

potenciais variações espaciais no estabelecimento das espécies vegetais, sendo a topografia, as propriedades físicas, químicas e disponibilidade de água no solo determinantes na composição e fisionomia da vegetação (RATTER *et al.*, 2003). Essa determinação de fatores foi comprovada nos trabalhos de Silva *et al.* (2018) e Moreira *et al.* (2019), nos quais a variação florística deveu-se, principalmente, às diferenças na umidade do solo, que seleciona espécies adaptadas à umidade, onde a diversidade de espécies pode ser maior na porção drenada e reduzida na porção permanentemente inundada.

De acordo com Neves *et al.* (2015), os processos pedogenéticos tendem a transformar a porção superior do manto de alteração, influenciando na maneira como se comportam os fluxos hídricos e, conseqüentemente, na gênese e evolução das veredas. Da mesma maneira, os autores afirmam que a dinâmica da vereda pode atuar como fator determinante na pedogênese nesses ambientes.

Neste sentido, a variação morfopedológica nas veredas pode ocorrer em virtude de suas características ambientais, que são condicionadas em razão do material parental, do relevo, da vegetação e do clima. O material parental é um fator que induz a alterações no comportamento dos atributos dos solos, como demonstrado nos estudos de Ramos *et al.* (2006), em veredas do Triângulo Mineiro, sudeste do Brasil, que indicaram influência da natureza mineralógica na formação de horizontes com menor soma de bases e presença de filossilicatos 2:1. Segundo os autores, a presença de filossilicatos nos solos dessas veredas está associada ao material de origem, constituído por sedimentos argilosos com maior influxo de sílica e maior concentração de Al, atuando, nesse contexto, para maior estabilização dos filossilicatos nesses ambientes (AZEVEDO *et al.*, 2012).

Os desníveis topográficos, por sua vez, influenciam nas condições de drenagem no domínio das veredas, o que tem conseqüências nas dinâmicas física e química dos solos. Augustin *et al.* (2015) constataram o predomínio de textura arenosa em horizontes de solos presentes no topo dos interflúvios das veredas e a ocorrência de camadas mais argilosas em direção à base. O maior percentual de argila seria em razão de sedimentos finos trazidos das porções mais elevadas da vereda. No que se refere às propriedades químicas, os maiores teores de Ca, Mg, Al, K, Z, Cu, Fe, Mn e matéria orgânica tendem a ocorrer no centro das veredas por estarem associados à melhor drenagem na região da borda que direciona o fluxo em direção ao centro, onde se concentram esses elementos (RAMOS *et al.*, 2014). A elevada acidez e os altos valores de Al comumente encontrados nesses solos restringem a disponibilidade dos nutrientes, e podem ser fatores de limitação para espécies mais exigentes em fertilidade do solo (SANTOS *et al.*, 2018).

A vegetação que se estabelece na vereda pode exercer influência nas propriedades físicas e químicas do solo, principalmente com relação ao aporte de matéria orgânica, que gera cargas negativas e proporciona a retenção de nutrientes nos horizontes superficiais (VAN RAIJ, 1981). Adicionalmente, a presença de raízes promove aeração no solo e pode favorecer a precipitação do ferro, contribuindo para a formação de mosqueados, muito comuns nos rebordos das veredas (VIOLANTE *et al.*, 2003; BISPO *et al.*, 2011; ANTUNES e CAMINHA, 2020).

Além disso, o clima também exerce papel importante na forma como os processos pedogenéticos atuam na formação dos solos, através da temperatura e da relação precipitação- evaporação, o que influencia no comportamento e distribuição da vegetação (TREJO e DIRZO, 2002; KÄMPF e CURI, 2012). Nesse contexto, fatores como a baixa umidade relativa e as altas irradiâncias prevaletentes durante o período de seca resultam em alta demanda por evaporação, o que pode desafiar ainda mais o equilíbrio hídrico e o fornecimento de nutrientes para a vegetação (DE PAULA OLIVEIRA *et al.*, 2021).

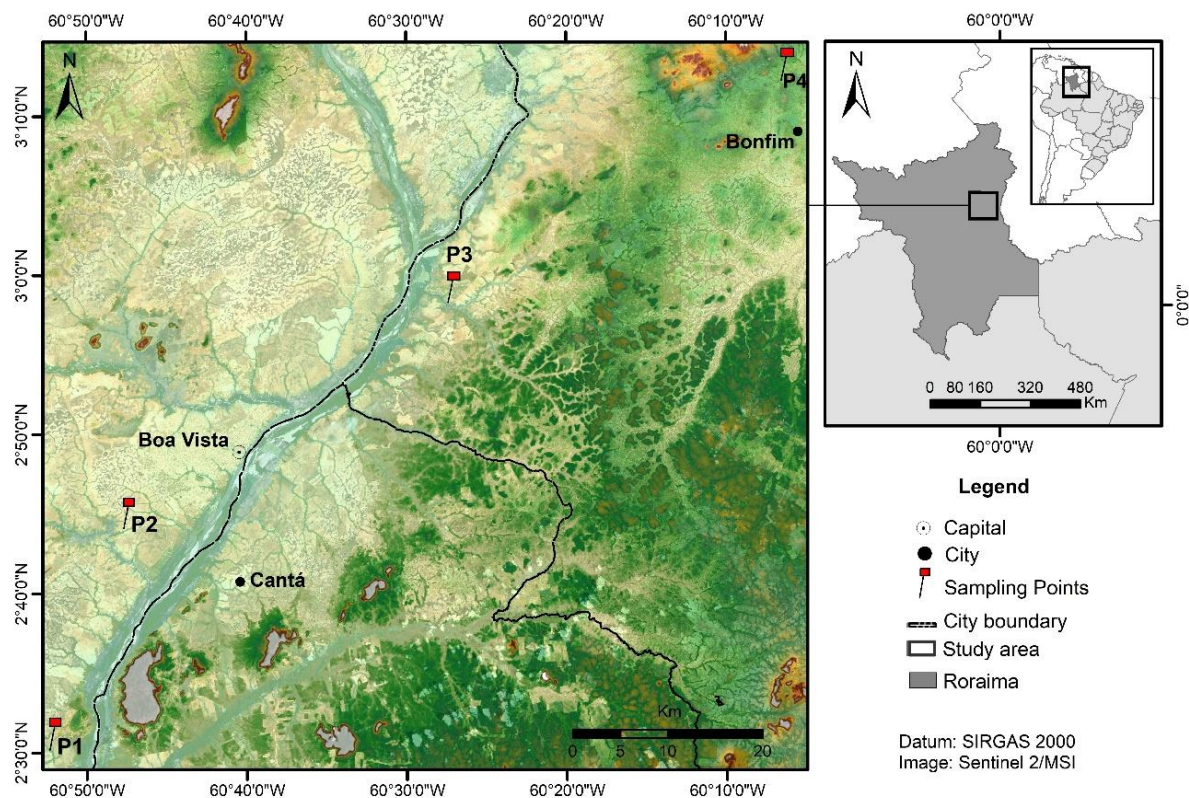
De acordo com Vidal-Torrado *et al.* (2007), as condições de umidade e temperatura resultam em graus diferentes de pedogênese. Assim, em áreas onde umidade e temperatura são maiores, as reações químicas nos solos são intensificadas, podendo formar horizontes mais profundos com tendência a alitização/ferralitização ou monossilicização (COSTA *et al.*, 2019). Por outro lado, nas áreas onde os índices pluviométricos e temperatura são mais baixos, a atuação do intemperismo e a lixiviação tendem a diminuir, o que favorece a formação de solos rasos e pouco desenvolvidos (BECKER *et al.*, 2013; BECKER *et al.*, 2017).

Candido (2016) demonstrou alta correlação entre o contexto pedológico e os fatores climáticos, inferindo que tal relação tem propiciado diferenças entre os ambientes abertos e florestados em cerrados intra-amazônicos. Excetuando as condições locais de relevo e outras especificidades, quando se trata do mesmo sistema ecológico sob influência climática distinta, neste caso as veredas, acredita-se que essas correlações sejam mantidas. Considerando essa premissa, o objetivo deste estudo é avaliar o efeito das propriedades físico-químicas dos solos e de variáveis climáticas na configuração da vegetação das veredas situadas no norte da Amazônia.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido em perfis de solos de quatro veredas localizadas no centro-leste de Roraima, porção norte do bioma Amazônia, Brasil (Figura 1). Os perfis estão situados nas coordenadas UTM 20N 0735824 0277806; 20N 0748416 302840; 20N 0781605 0325005 e 20N 0822305 0356337. O relevo é plano com altitude que alcança 80m acima do nível do mar. Nas veredas, os solos são hidromórficos, derivados do intemperismo de arenitos Cretáceos da Formação Serra do Tucano e de sedimentos Pliopleistocênicos da Formação Boa Vista (CPRM, 2014). A veredas estão inseridas em ambiente de savana cujos solos predominantes são Argissolos Amarelos distróficos, Latossolos Amarelos distróficos (em terras altas), Gleissolos e Organssolos (em terras baixas), sob domínio do gradiente climático da classificação de Koppen Aw (tropical úmido). Ao norte, ocorre a Savana Gramíneo-lenhosa sob influência do microclima mais úmido, com estação úmida e seca bem definidas. Ao sul, a Savana Parque está sob domínio de maior precipitação com estação seca bem definida, mas com menos rigor do que o setor norte (BARBOSA e MIRANDA, 2005; BARNI *et al.*, 2020).



2.2 COLETA DE DADOS

Foram realizadas campanhas de campo de modo a comparar os atributos dos solos das veredas e estabelecer relações com os diferentes ambientes onde elas ocorrem. A escolha das veredas teve como parâmetro os distintos gradientes microclimáticos e em cada vereda foi eleito um perfil para coleta de amostra de solos. Os Perfis 1 e 2 estão situados ao sul sob a influência climática mais úmida, e os Perfis 3 e 4 situados a norte sob a influência climática mais seca. Assim, um transecto representativo de 120 km foi definido, com recorte espacial que compreende a distância de 30 km entre uma vereda e outra. Paralelamente, foram obtidas as coordenadas geográficas e planas georreferenciadas com o uso de GPS Garmin modelo map78, para subsídio e elaboração do mapa de localização.

A abertura e preparo das trincheiras ocorreu nos fundos de vales, que são os principais setores topográficos e pedológicos das veredas, procedendo com a coleta e descrição morfológica, conforme Santos *et al.* (2015). Após definir os horizontes da cobertura pedológica, foram coletadas, para cada horizonte, amostras de solo que foram acondicionadas em sacos plásticos e catalogadas para posterior análise granulométrica e química. Os solos tiveram a sua classificação após análises mais detalhadas em laboratório, segundo os critérios constantes no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018).

Em cada vereda foram estabelecidas dez parcelas de 10m x 10m (0,1ha) para coleta de dados do componente arbóreo, por meio de método não destrutivo. Para cada indivíduo os dados incluíram: identificação da espécie e família, diâmetro à altura do peito (DAP), altura, circunferência do tronco a 1,30 m de altura (CAP). As espécies amostradas foram identificadas a partir de reconhecimento em campo, com observação do fuste, fruto, folhas, casca e flores mediante comparação visual com auxílio de chaves de publicações de cunho taxonômico descritas em Lorenzi (2017). A nomenclatura das espécies e respectivas abreviações dos autores foram padronizadas de acordo com a Lista de Espécies da Flora do Brasil (2020).

Os dados climáticos foram obtidos a partir de camadas fornecidas pelo *Worldclim* versão 2.1 (www.worldclim.org), com resolução de 1km² (HIJMANS *et al.*, 2005). Desses dados, foram extraídas 19 variáveis ambientais para cada ponto, associadas à temperatura e precipitação, obtidas a partir da média de dados coletados em intervalo de 30 anos (1970 a 2000). Após a obtenção dos dados para analisar a correlação com os atributos químicos dos solos, foram selecionadas as seguintes variáveis: precipitação do quartil mais seco, temperatura do quartil mais seco e sazonalidade.

2.3 ANÁLISES DE LABORATÓRIO

A separação das frações (areia, silte e argila) ocorreu por sedimentação pelo método da pipeta (aquoso). Foi determinado o pH em H₂O e em KCl. Essas etapas foram realizadas de acordo com Embrapa (2017), no Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos vinculado ao Instituto de Geociências da UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais).

A determinação dos macronutrientes do solo (EMBRAPA, 2017) foi realizada no Laboratório de Rotina e Fertilidade do Solo da Universidade Federal de Viçosa - UFV. Nessa etapa foram utilizadas soluções extratoras específicas para determinação dos valores de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Al³⁺, H+AL e P. A partir dos valores obtidos, foram calculadas a Capacidade de Troca de Cátions (CTC); a Soma de Bases (SB); a Saturação por Base (V) e a Saturação por Alumínio (m). O carbono orgânico foi determinado por oxidação úmida pelo método Walkey – Black descrito em Jackson (1958), com o uso de dicromato de potássio (K₂CrO₇) em meio ácido como oxidante conforme recomendação da Embrapa (2017).

2.4 ANÁLISES DE DADOS

Os dados pedológicos e climáticos foram submetidos à análise estatística descritiva e a PCA (Principal Component Analysis) para identificar os principais eixos de variação no total do conjunto de dados e quais as variáveis que exercem maior influência nas veredas estudadas. Desta PCA foram extraídos os autovalores, as diferenças foram testadas por meio de análise de variância (ANOVA) e teste de tukey ($p < 0,05$), sendo os atributos químicos dos solos e as variáveis ambientais ponderados como fatores de interação e potencial explicação para os padrões de vegetação observados. Para ANOVA foi utilizada a função aov e para a PCA a função prcomp do pacote factoextra e factomineR em ambiente RStudio.

Para comparar as parcelas quanto à similaridade florística, foi construída uma matriz de presença e ausência das espécies nas parcelas. A partir dessa matriz foi calculada a similaridade florística através do método média de grupo (UPGMA), baseado no coeficiente Jaccard, (SNEATH e SOKAL, 1973). Também foram calculadas riqueza e abundância de indivíduos pelo índice de Shannon (H) e representados por dendrograma de similaridade.

Considerando a altura do dossel e densidade da madeira (g/cm³), foram calculados os dados de biomassa acima do solo de cada parcela, utilizando equação alométrica baseada em Chave *et al.* (2014), através da função Biomass e Lm do pacote ggplot2 (FERREIRA, Cavalcanti e NOGUEIRA, 2018; KASSAMBARA e MUNDT, 2017; LÊ, JOSSE e HUSSON,

2008). Para comparar a relação altura e diâmetro do estrato arbóreo foi utilizado o método *weibull* através da função *modelHD*. Todos os cálculos foram realizados no software R4.1.3 (R CORE TEAM, 2022).

3 RESULTADOS

Os solos encontrados nas veredas onde ocorrem condições climáticas mais úmidas foram classificados como GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico cambissólico, Perfil 1, e ORGANOSSOLO HÁPLICO Sáprico típico, Perfil 2. No gradiente climático mais seco, onde predominam maiores condições de sazonalidade, foram classificados como GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico neofluvissólico, Perfil 3, e NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico típico, Perfil 4.

Esses solos se desenvolvem em relevo plano e sob condições de má drenagem. Nas veredas onde se encontram os perfis 1 e 2, a topografia se expressa de forma abaciada, com a presença de muitos lagos nos entornos das veredas. O Perfil 3 está sob a influência de aluviões provindos de dois grandes rios localizados nas proximidades da vereda, o Branco e o Tacutu. Já o Perfil 4 representa ambiente pedológico típico de serras, devido a uma sutil elevação da altitude e, conseqüentemente, da inclinação do terreno.

Os solos dos perfis 1 e 2 possuem horizontes com textura franco-argiloarenosa e areia franca. Os teores de argila nos horizontes subsuperficiais variaram entre 50 e 470 g kg⁻¹, sendo no B_{g2} do P1 a maior ocorrência de argila quando comparado aos demais perfis. Os Perfis 3 e 4 apresentaram textura arenosa e valores baixíssimos de argila entre 20 e 100 g kg⁻¹ nos horizontes subsuperficiais, conseqüentemente, os teores de areia apresentaram valores de 900 g kg⁻¹ (Tabela 1). A relação silte/argila foi considerada baixa na maioria dos horizontes, a exemplo do horizonte B_{g2} do Perfil 1 que apresentou um dos maiores teores de argila e uma relação de 0,06. No entanto, como se trata de horizontes com classe textural mais arenosa, a relação silte/argila nesses solos não indica, necessariamente, o seu grau de intemperismo.

Os valores obtidos para o pH foram baixos, sendo a acidez considerada elevada para todos os horizontes dos quatro pontos coletados, com média de 4,97 e com ligeiro aumento do pH nos horizontes do perfil 4 (Fig.2).

Tabela 3 – Composição granulométrica, textura, relação silte/argila, para os horizontes dos solos das veredas no norte da Amazônia, Brasil. Fonte: Elaborado pela autora.

Horizonte	Prof. (cm)	Granulometria (g/kg)				Relação Silte/Argila	Classe Textural
		Argila	Silte	Areia Grossa	Areia Fina		
P1 - GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico cambissólico							
A1	0-10	210	90	360	340	0,42	Franco-argiloarenosa
A2	10-20	300	110	320	270	0,36	Franco-argiloarenosa
AB	20-35	180	60	460	300	0,12	Francoarenosa
Bg1	35-70	240	40	450	270	0,16	Franco-argiloarenosa
Bg2	70-110 ⁺	470	30	240	260	0,06	Argiloarenosa
P2 - ORGANOSSOLO HÁPLICO Sáprico típico							
H1	0-15	500	300	120	80	0,60	Argila
H2	15-50	200	520	170	110	2,60	Francossiltosa
C1	50-80	50	100	610	240	2,00	Areia franca
C2	80-100 ⁺	130	40	550	260	0,30	Areia franca
P3 - GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico neofluvisólicos							
A1	0-20	100	100	370	430	1,00	Francoarenosa
A2	20-35	380	140	210	250	0,36	Argiloarenosa
Bg1	35-70	100	30	510	360	0,30	Areia
Bg2	70-80 ⁺	100	60	460	380	0,60	Areia franca
P4 - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico típico							
A1	0-20	110	150	180	560	1,36	Areia franca
C1	20-50	40	30	550	380	0,75	Areia
C2	50-100	40	70	530	330	1,75	Areia
C3	100-150 ⁺	20	30	910	40	1,50	Areia

Fonte: Elaborado pela autora.

Os perfis mostram valores Ca^{2+} entre 0,01 e 0,33 cmolc kg^{-1} , e Mg^{2+} entre 0,02 e 0,20 cmolc kg^{-1} . As concentrações de K^{+} variaram entre 0 em profundidade e 39 mg dm^{-3} nas camadas superficiais. O P apresentou valores entre 0,0 e 3,4 mg dm^{-3} . Verificou-se que fósforo remanescente foi mais alto em profundidade, especialmente nos horizontes dos solos dos perfis 3 e 4 com valores entre 12,1 e 58,2 mg dm^{-3} (Fig.2).

Foram observados valores altos para saturação por alumínio (m), nesse caso o Al^{3+} chegou a ocupar 94% do complexo sortivo. No ambiente do gradiente mais úmido, os valores de alumínio dos solos variaram entre 0,00 e 2,25 cmolc kg^{-1} , enquanto nos solos associados a ambientes mais secos os valores variaram entre 0,00 e 1,76 cmolc kg^{-1} ocorrendo os maiores valores nas camadas superficiais (Gráfico 1).

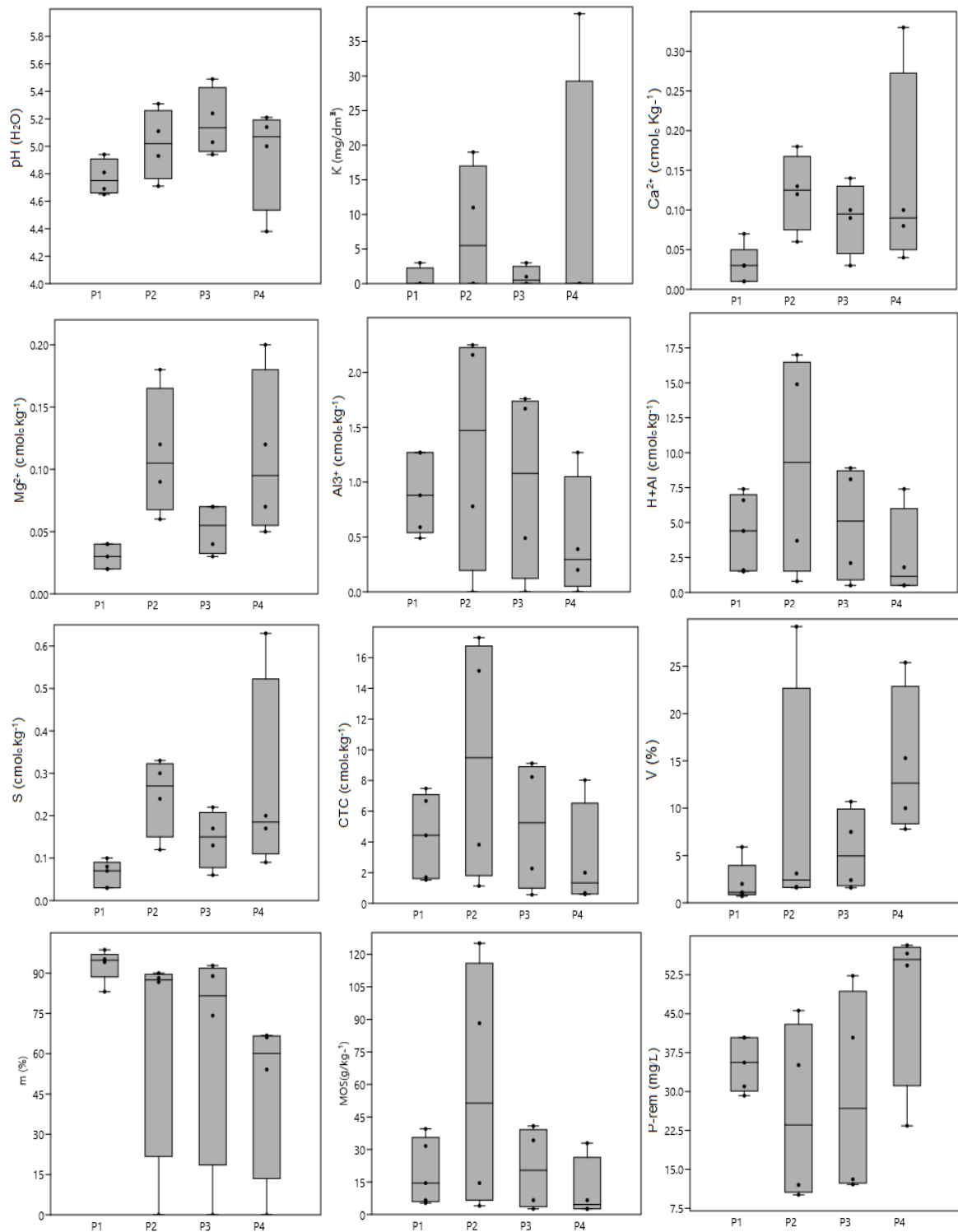


Figura 21 Teores médios dos atributos químicos dos perfis de solos (P1, P2, P3 e P4) em veredas do norte da Amazônia.

Legenda: K⁺ = Potássio; Ca²⁺ = Cálcio; Mg²⁺ = Magnésio; Al³⁺ = Alumínio; H+Al = Hidrogênio + Alumínio; S = Soma de bases; T = CTC a pH 7,0; V = saturação de bases; m = saturação de alumínio; MOS = Matéria Orgânica do Solo; P-rem = Fósforo remanescente. Elaborado pela autora.

Os valores baixos da soma de bases ($0,03$ a $0,63\text{cmolc kg}^{-1}$), $\text{CTC}_{(e)}$ e $\text{CTC}_{(T)}$ revelaram horizontes muito pobres quimicamente. Condições melhores de CTC são observadas no Perfil 2, que possui horizontes superficiais com os maiores teores de matéria orgânica (MOS) com valor entre $2,6$ e $125,1\text{ g/kg}^{-1}$ (Gráfico 1), havendo nesses solos diferenças na quantidade de MOS entre os horizontes, porém ocorrendo maior concentração deste componente nos horizontes superficiais A e H, com tendência significativa de diminuição conforme o aumento da profundidade.

3.1 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS LOCAIS

As diferenças na temperatura e precipitação entre as veredas são relativamente pouco significativas. A distribuição espacial da precipitação mostrou um gradiente diminuindo no sentido da porção norte, com índice de 1.802 mm no Perfil 1 para 1.588 mm no Perfil 4. Tais resultados eram esperados quando se observa a estrutura arbórea das veredas, visto que a diminuição da precipitação pluvial seria um agente estressor para a vegetação. A precipitação pluvial no quartil mais seco foi maior no Perfil 1, com média de 153mm em comparação com o Perfil 3 que alcançou 106mm , sendo a menor média entre as áreas.

A temperatura média no quartil mais seco mostrou-se mais homogênea, com média de temperatura muito próxima, sendo mais branda no Perfil 4 com $27,87^{\circ}\text{C}$ e com leve aumento no Perfil 2 com $28,15^{\circ}\text{C}$. Quanto à sazonalidade de precipitação, nos perfis 3 e 4 a tendência geral foi de acréscimo de período seco. Independentemente da estação registrada como mais chuvosa, nos perfis 1 e 2 a precipitação foi mais frequente e mais bem distribuída ao longo do ano (Figura 3).

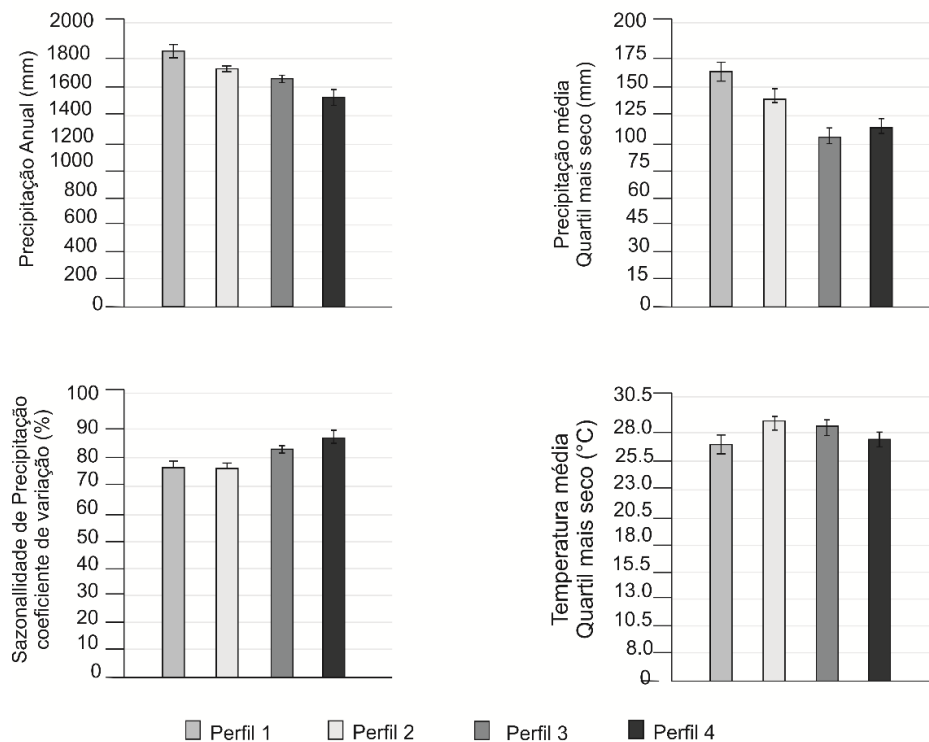


Figura 22 Variáveis climáticas entre os ambientes de veredas no norte da Amazônia referentes à série histórica (1970-2000). Fonte: Elaborado pela autora.

3.2 ANÁLISE MULTIVARIADA

A Análise dos Componentes Principais (PCA) para os fatores ambientais revelou que apenas os quatro primeiros eixos tinham autovalores ≥ 1 . Dentre esses, três eixos principais representaram um padrão geral das características das veredas analisadas. O primeiro explica 42,2% da variância dos dados, o segundo, 24,2% e, o terceiro, explica 12,62%.

A primeira componente possui maior peso para as variáveis CTC, Al^{3+} e MOS. A segunda se mostrou mais coesa, influenciada positivamente por quase todas as variáveis, mas com efeito significativo do Ca, sendo influenciado pela saturação por base (V). A terceira componente ficou em uma zona intermediária entre os eixos, porém, foi relacionada positivamente pela temperatura e pelo pH dos solos (Figura 4).

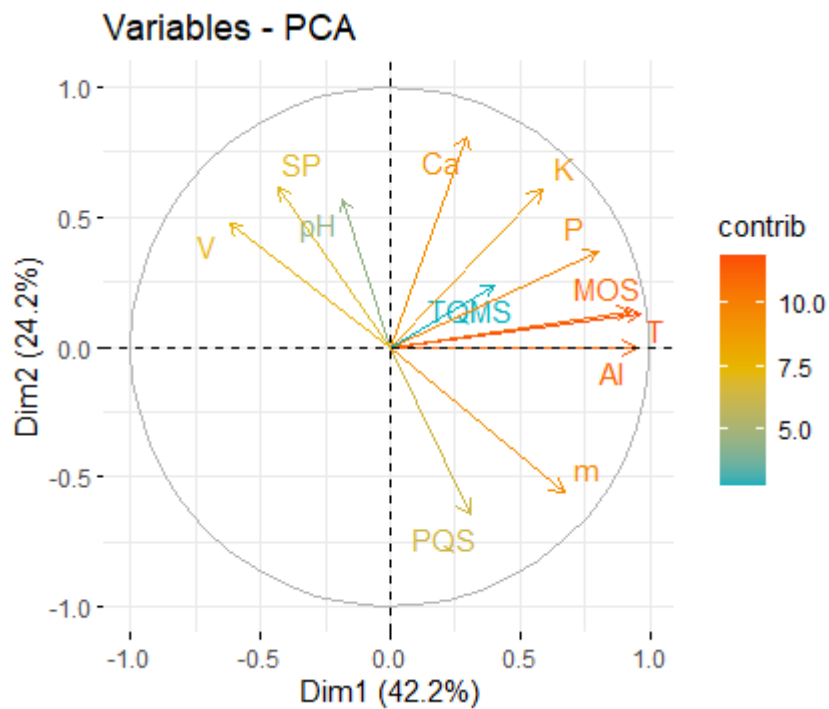


Figura 23 Círculo de correlação PCA com coordenadas em escala das variáveis com projeção de Dim1 e Dim2 para as nove variáveis pedológicas e três bioclimáticas amostradas nas quatro veredas (P1, P2, P3 e P4) no norte da Amazônia, Brasil. As contribuições relativas de cada variável são codificadas por cores, com vermelho indicando a mais alta e azul a mais baixa. Fonte: Elaborado pela autora.

Considerando as diferenças na variação dos traços entre as áreas, o Perfil 1 segregou na parte inferior do eixo 1 (Figura 5), definido por altos valores de saturação por alumínio (m) e precipitação. O Perfil 2 foi distribuído em torno do centro do plano definido pelos dois eixos da PCA, cujo padrão discernível para o espaço multivariado foi o efeito significativo da CTC, MOS, Al^{3+} e V. Enquanto o Perfil 3 foi agrupado entre os perfis 2 e 4. Esse último ocorreu posicionado na extremidade superior esquerda do eixo 2, com maior contribuição do Ca^{2+} .

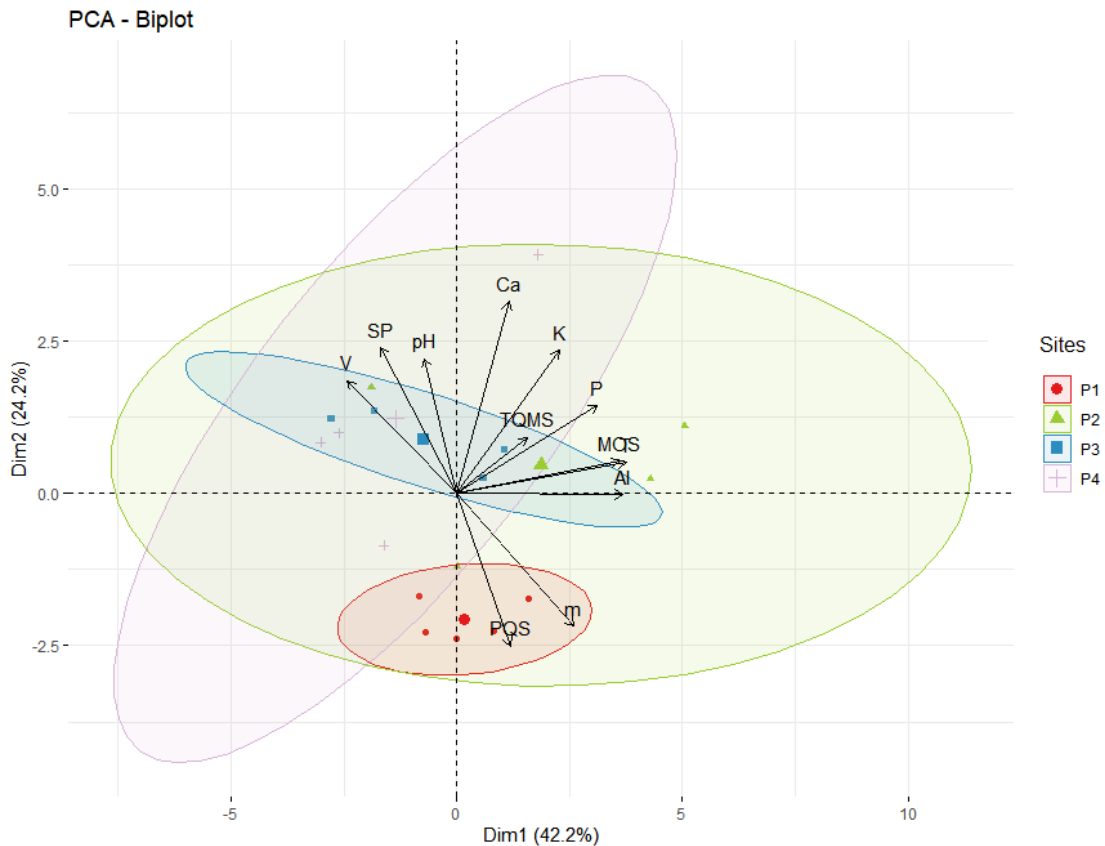


Figura 24 Bi-plot mostrando as relações entre as variáveis ambientais e os atributos químicos dos solos das veredas do norte da Amazônia, Brasil. Onde: PQS= Precipitação no Quartil mais seco, TQMS= Temperatura no quartil mais seco, SP = Sazonalidade, MOS=Matéria Orgânica do Solo, T=CTC, V = índice de saturação por bases, m = índice de saturação por alumínio. A variância explicada por cada componente principal é mostrada entre parênteses, os símbolos maiores representam as médias do grupo e as elipses representam confiança ao redor. Quanto maior a área da elipse, maior a variação do traço para o grupo. Fonte: Elaborado pela autora.

3.3 COMPONENTE ARBÓREO DAS VEREDAS

Nas veredas foram amostrados 274 indivíduos pertencentes a 7 famílias e 7 espécies nas áreas somadas (Anexo 1). As famílias mais representativas foram: *Dilleniaceae*, *Arecaceae*, *Malpighiaceae* e *Fabaceae*. O Perfil 1 apresentou maior número de indivíduos, assim como maior diversidade de espécie com valor de H' (Shannon) de 1,57 e predomínio da espécie *Byrsonima crassifolia*. O Perfil 2 apresentou menor diversidade com H' 0,79 por parcela. Enquanto o Perfil 3 com valor 1,09 não variou estatisticamente do Perfil 4, que apresentou H' de 1,00.

Algumas espécies tiveram ocorrência restrita a um gradiente específico, é o caso da *Himatanthus sucuuba* presente apenas no Perfil 1, e da *Anacardium occidentale* presente nos perfis 3 e 4. Do total de espécies levantadas nas veredas, a *Curatella americana* se mostrou mais comum entre as áreas.

O dendrograma de similaridade florística (Figura 6) mostrou a separação das parcelas em dois grupos. O primeiro apresentou um nível de similaridade de cerca de 50%, sendo formado pelas parcelas do Perfil 1, com as seguintes espécies comuns: *Byrsonima crassifolia*, *Curatella americana* e *Mauritia flexuosa*.

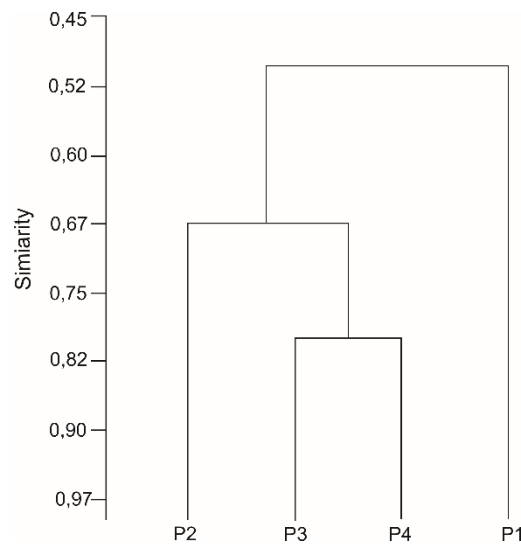


Figura 25 Dendrograma de similaridade florística com base no índice de Jaccard, para dados de presença e ausência das espécies nas 40 parcelas das veredas (P1, P2, P3 e P4) estudadas no norte da Amazônia, Brasil. Fonte: Elaborado pela autora.

A separação do P1 provavelmente se deu pela ocorrência de *Himatanthus sucuuba*, ausente nos demais perfis. O segundo grupo, formado pelas demais parcelas, foi dividido em dois subgrupos, em que o primeiro foi constituído pelo Perfil 2, apresentando como espécie mais comum a *Mauritia flexuosa*. Em seguida, fizeram parte do mesmo subgrupo os perfis 3 e 4 constituindo predomínio das espécies *Anacardium occidentale*, *Curatella americana* e *Mauritia flexuosa*. Apesar de a *Mauritia flexuosa* ser considerada espécie-chave para as veredas, ela foi predominante apenas no Perfil 2, os demais indivíduos amostrados estão dentro da caracterização fitofisionômica para as savanas amazônicas (BARBOSA *et al.*, 2007).

A mensuração do estrato arbóreo nas parcelas revelou indivíduos com DAP entre 0,06 e 40cm e altura com máxima de 13m. Em alguns casos ocorreu baixa correlação entre o DAP e a altura, sendo que os maiores valores ocorreram no Perfil 2, onde predominaram indivíduos de *Mauritia flexuosa* (Figura 7).

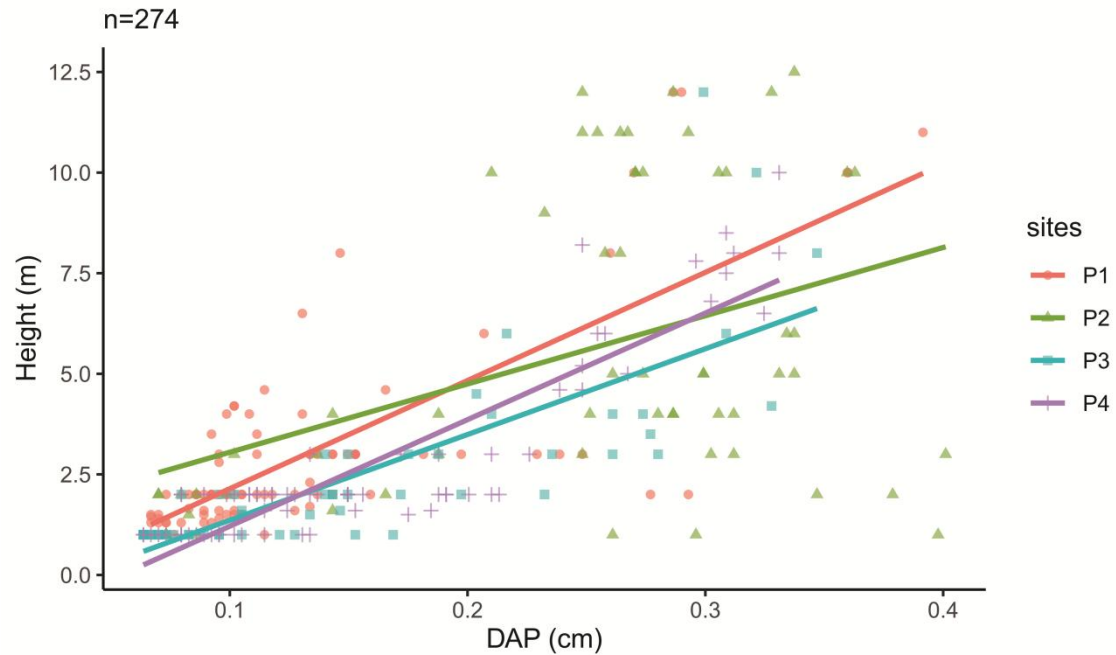


Figura 26 Gráfico relação entre altura (H) e diâmetro (DAP) do estrato arbóreo mensurado nas parcelas das veredas P1, P2, P3 e P4. Fonte: Elaborado pela autora.

O estrato arbóreo revelou uma tendência de aumento da biomassa entre as áreas com solos mais férteis e gradiente climático mais úmido. O Perfil 2 apresentou maior média de biomassa por parcela ($7,4E-05 \text{ Mg ha}^{-1}$), seguido pelo Perfil 1 ($3,5E-05 \text{ Mg ha}^{-1}$), Perfil 4 ($2,3E-05 \text{ Mg ha}^{-1}$) e Perfil 3 ($1,69E-05 \text{ Mg ha}^{-1}$) (Figura 8).

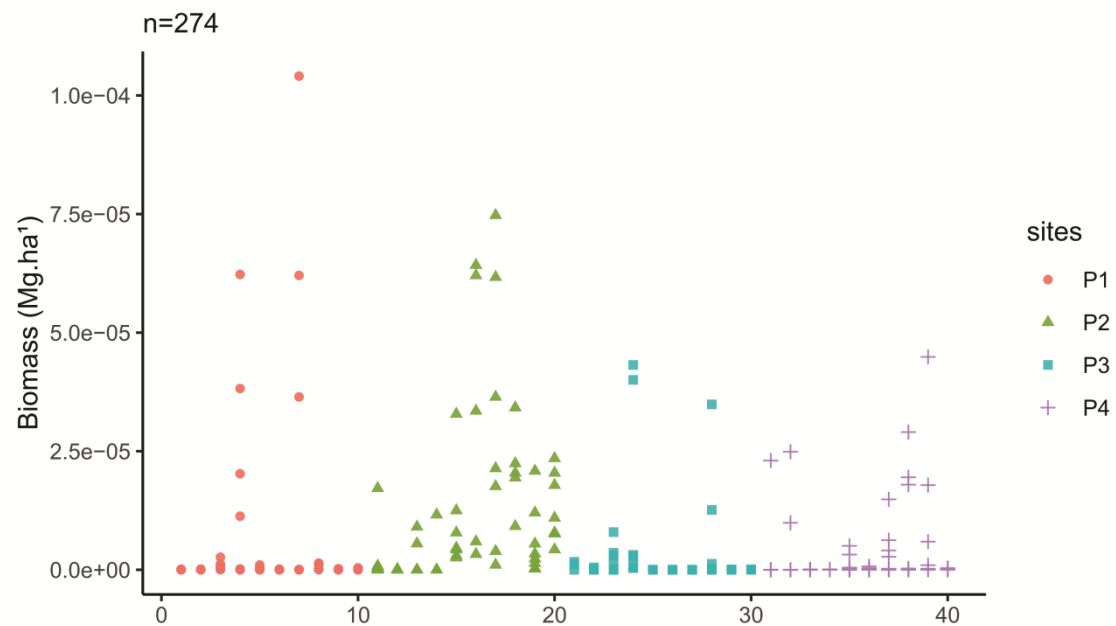


Figura 27 Biomassa entre as veredas. Cada shape representa a biomassa por parcela (P1, P2, P3 e P4). Fonte: Elaborado pela autora.

4 DISCUSSÃO E INTERPRETAÇÕES

Partindo do pressuposto de que o antropismo recente nas diferentes parcelas que acompanham os diferentes perfis, alteram em certa medida as condições originais da vegetação, tendo em vista, que as veredas estão sujeitas ao fogo e outras atividades, os resultados apontam as condições de precipitação e sazonalidade como um filtro ambiental que influencia na diversidade dos solos e na distribuição do estrato arbóreo das veredas. Além das variáveis climáticas, condições topográficas como morfologia abaciada ou sutis elevação no terreno, também são considerados como filtros ambientais importantes.

Nesse cenário, as veredas onde estão localizados dos perfis 1 e 2 constituem áreas, do ponto de vista microclimático, com maior taxa de precipitação (Figura 3), além disso, a morfologia abaciada onde se localizam essas veredas, diminui a drenagem e proporciona melhor atuação do hidromorfismo, tendo como resultado a formação de Gleissolos e Organossolos.

Comparando os atributos físicos, os solos dos perfis 1 e 2 apresentaram melhor estrutura, porém a textura sofreu variação em seus horizontes mostrando distribuição mais homogênea e arenosa nos solos dos perfis 3 e 4 situados em gradiente mais seco (Tabela 1); esses resultados são compatíveis aos de Feitosa *et al.* (2016) para solos sob savanas amazônicas.

Do ponto de vista químico, a acidez, soma e saturação por base não apresentaram variação expressiva entre os solos. Os valores médios de pH (4,97) (Figura2) indicaram horizontes fortemente ácidos. As baixas concentrações de K^+ nesses solos podem estar relacionadas à baixa disponibilidade dos cátions bivalentes Ca^{2+} e Mg^{2+} no complexo de troca (MEURER e ANGHINONI 1993). Verificou-se P com valores entre 0 e 39 mg/dm^3 , considerados muito baixos para os padrões referenciais de fertilidade do solo. O fósforo remanescente é mais alto em profundidade especialmente nos horizontes dos solos dos perfis 3 e 4, indicando menor adsorção do P. Nas veredas essa dinâmica é bastante complexa em função principalmente de uma maior taxa de imobilização deste elemento em seus solos, os quais são geralmente caulíníticos, ácidos e ricos em alumínio trocável (RAMOS *et al.*, 2014). Tais valores refletem a pobreza do material de origem, assim como do componente vegetal, tendo em vista que são resultantes do retrabalhamento de sedimentos intemperizados herdados de processos de erosão e sedimentação da Formação Boa Vista e Formação Areias Brancas. Tendências semelhantes foram encontradas em outros solos de veredas da região por Benedetti *et al.* (2011).

A CTC revelou condição de ambientes oligotróficos altamente lixiviados que apresentam, conseqüentemente, solos distróficos. No entanto essa pobreza pode estar relacionada ao próprio material de origem e não necessariamente à lixiviação, principalmente se se considerar que as veredas estão em um ambiente de sedimentação e deposição com excesso de água.

Os maiores valores de CTC ocorreram no horizonte hístico do Perfil 2, como os resultados encontrados por Duarte *et al.* (2019). Esses valores foram diretamente proporcionais à matéria orgânica, Al^{3+} e quantidade de argila presente no solo, o que demonstra a influência da CTC na estabilidade e disponibilidade de nutrientes desses solos.

A análise PCA entre as variáveis revelou um agrupamento em 79,2% da variabilidade dos dados, formando um marcado gradiente edafoclimático, baseado tanto nos atributos químicos do solo quanto nos fatores climáticos. A variável que reteve maior contribuição de correlação entre as áreas estudadas foi a CTC (Figura 4). Condições semelhantes foram apresentadas por Candido (2016), tendo a CTC se destacado como um dos atributos edáficos responsáveis pela diferenciação da estrutura e composição dos ambientes, influenciando tanto na riqueza quanto no aumento da biomassa em formações abertas no domínio amazônico.

A relação entre as variáveis climáticas e os atributos edáficos pode ser observada nos perfis 1 e 2, em virtude da precipitação que se mostrou um efeito considerável para distinção entre as quatro veredas (Figura 3). Nos perfis mais úmidos do gradiente obtiveram-se maior retenção de biomassa, maior valor na altura dos indivíduos arbóreos e maior incorporação de matéria orgânica entre os horizontes do solo. Em contraste, a sazonalidade (Figura 3) foi um fator influente no Neossolo do Perfil 4 que, apesar de possuir características químicas semelhantes aos solos dos perfis 1 e 2, como acidez e distrofia, apresentou horizontes com menor teor de matéria orgânica, com média de 38 g kg^{-1} (Figura 2) e uma média de CTC bem menor para as camadas superficiais.

O baixo teor de matéria orgânica observado nesses solos é atribuído à baixa capacidade de produção de biomassa, pois a vegetação das veredas presentes no gradiente ambiental mais seco, em comparação com as veredas do gradiente mais úmido, é mais rarefeita e registra maior atividade microbiana decorrente das altas temperaturas da região, o que pôde ser comprovado pelos baixos níveis de carbono orgânico e de matéria orgânica encontrados nesses solos (Figura 2). Nessas condições, a ausência de precipitação na maior parte do ano representa estresse para a vegetação, que se apresenta mais aberta e com porte reduzido, evidenciado menor ciclagem de nutrientes (BENEDETTI *et al.*, 2011).

Devido à influência das variações edafoclimáticas podem ocorrer diferenças de biomassa e constituição dos estratos numa mesma fitofisionomia (DELITTI *et al.*, 2006; AMICI *et al.*, 2019). Tal relação pode ser observada no estrato arbóreo das veredas, onde a sazonalidade se mostrou um filtro importante no aporte de biomassa entre as áreas. Segundo Schuur (2003), a redução do déficit hídrico gera uma maior biomassa local uma vez que as espécies nesses locais não necessitariam restringir suas taxas metabólicas, fotossintetizando livremente, incorporando biomassa e transpirando sem limitação hídrica. Neste sentido, as maiores médias de precipitação e melhor distribuição desta ao longo do ano, pode explicar a maior retenção de biomassa nos perfis 1 e 2, além da ocorrência de indivíduos característicos de matas pluviais da Amazônia como *Himatanthus sucuuba* (LORENZI, 2008). Por outro lado, a presença de indivíduos representativos das savanas como *Anacardium occidentale* nos perfis 3 e 4 estaria intrinsicamente relacionada às condições de maior sazonalidade presente nessas áreas (Figura 3), devido a sua adaptação às condições extremas de déficit hídrico nas camadas superficiais dos seus solos (RAMOS *et al.*, 2020).

Os resultados mostram, portanto, que a sazonalidade atua como um fator fundamental nas interações bióticas que influenciam na diferenciação dos ambientes na região amazônica. Se, por um lado, o clima é decisivo, permitindo o estabelecimento e a manutenção da vegetação, por outro lado, o solo possui papel importante na resposta dessa vegetação (CANDIDO, 2016). Embora as diferenças sejam sutis nos solos com características hidromórficas, atributos como CTC, Ca^{2+} , Al^{3+} e V foram significativos para explicar as distinções do estrato arbóreo encontrado nas veredas (Figura 2), que em termos de espécies foram similares aos encontrados por Resende *et al.* (2013).

Convém ressaltar que dificilmente uma única variável seria responsável isoladamente por tais distinções, uma vez que, além dos fatores edafoclimáticos, mecanismos como a própria ciclagem da vegetação por entradas via retranslocação de nutrientes do solo profundo para a biomassa da planta por meio da serapilheira (SAFAR *et al.*, 2019; SALES *et al.*, 2020) também podem gerar padrões semelhantes. Além disso, a topografia mais abaciada onde se encontram as veredas com maior retenção de biomassa se mostrou um importante fator para acumulação de argilas, o que pode influenciar na riqueza mineral e na fertilidade desses solos.

CONCLUSÕES

Os resultados apresentados sugerem que variáveis climáticas dentro do mesmo gradiente, a morfologia do terreno e os atributos dos solos atuam como filtro ambiental que

influencia na distribuição da cobertura vegetal das veredas no norte da Amazônia.

Nos quatro ambientes estudados o aumento da biomassa sinaliza a resposta da vegetação aos atributos dos solos como maior CTC, acúmulo de matéria orgânica e textura mais argilosa das veredas P1 e P2, as quais apresentaram vegetação mais expressiva em comparação com às veredas P3 e P4.

A maioria das espécies observadas são comuns aos ambientes de veredas como *Anacardium occidentale*, *Curatella americana* e *Mauritia flexuosa*, contudo, as diferentes condições de precipitação e sazonalidade entre o gradiente climático influenciaram na distribuição das espécies arbóreas. Neste sentido, na área correspondente às condições de menor precipitação contribuem para a ocorrência de indivíduos adaptados a solos com déficit hídrico como *Anacardium occidentale*, presente nas veredas P3 e P4. Enquanto nas veredas P1 e P2 correspondentes às maiores médias de precipitação e melhor distribuição desta ao longo do ano, contribuem para ocorrência de indivíduos *Himatanthus sucuuba* os quais são espécies características de matas pluviais da Amazônia e que, geralmente, ocorrem sob condições de precipitação mais pronunciada. Esses resultados demonstram que a depender das condições ambientais a cobertura vegetal das veredas pode apresentar configuração diferenciada.

REFERÊNCIAS

- AMICI, A. A., NADKARNI, N. M., WILLIAMS, C. B., & Gotsch, S. G. **Differences in epiphyte biomass and community composition along landscape and within crown spatial scales**. *Biotropica*, v. 52, 2019 p. 46–58. <https://doi.org/10.1111/btp.12725>
- ANTUNES, S. S. F., CAMINHAS, F.G. **Análise da Paisagem do Ambiente de Vereda em Ermidinha, Montes Claros (MG)**. *Humboldt- Revista de Geografia Física e Meio Ambiente*, Rio de Janeiro, v.1(1), 2020. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/humboldt/article/view/53896>
- AUGUSTIN, C.H.R.R., DE LUCENA, U. P., SANTOS, G. M., COE, H. H.G. **Evolução geomorfológica de veredas no quaternário a partir de inferências da paleovegetação e de paleoambientes, norte de Minas Gerais, Brasil**. *In: VII Congresso Nacional de Geomorfologia*, Lisboa. Atas do VII Congresso Nacional de Geomorfologia. Lisboa, 2015 p. 151-157.
- AZEVEDO, A. C., PEDRON, F. A., SARTOR, L. R., CASARINI, P.G. **Filossilicatos 2:1 com hidróxi entre camadas em solos: estado atual do conhecimento e das perspectivas de pesquisa**. *Revista Ciências Agrárias*, v. 55(3), 2012 p. 236-243. <http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/rca.2012.056>

BARBOSA, G. S., MALTONI, K. L., PANOSSO, A. R. **As cores do solo como parâmetro para delimitação do ambiente de uma vereda.** Revista Boletim Goiano de Geografia, v. 39, 2019 p.1-25. DOI: <https://doi.org/10.5216/bgg.v39i0.52021>

BARBOSA, R.I. MIRANDA, I.S. **Fitofisionomias e diversidade vegetal nas savanas de Roraima.** In: Barbosa, R.I; Xaud, H.A.M.; Souza, J.M.C. (eds.) Savanas de Roraima: Etnoecologia, biodiversidade e potencialidades agrossilvipastoris. Boa Vista, Femact. 2005. p. 61-78.

BARBOSA, R. I., CAMPOS, C., PINTO, F., FEARNSIDE, P. M. **The “Lavrados” of Roraima: Biodiversity and Conservation of Brazil’s Amazonian Savannas.** Functional Ecosystems and Communities, v.1(1), 2007. p.29-41.

BARNI, P. E., BARBOSA, R. I., XAUD, H. A. M., XAUD, M. R., FEARNSIDE, P. M. **Precipitação no extremo norte da Amazônia: distribuição espacial no estado de Roraima, Brasil.** Sociedade & Natureza, v.32(1), 2020 p. 439-456.DOI: 10.14393/SN-v32-2020-52769

BECKER, E. L. S., BURIOL, G. A., STRECK, N. A. **Clima e intemperismo na formação dos solos do Rio Grande do Sul, Brasil.** Revista Brasileira de Geografia Física, v.5(1), 2012 p.33-46, DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v5i1.232751>

BECKER, E. L. S., BURIOL, G. A., STRECK, N. A. **Clima e distribuição dos solos zonais no Rio Grande do Sul, Brasil.** Revista Geografar, 2017 v.1(12), 2017 p.112-129, <https://revistas.ufpr.br/geografar/article/view/44633/33814>

BENEDETTI, U. G. VALE JÚNIOR, J. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MELO, V. F.; UCHÔA, S. C. P. **Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos pliopleistocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, norte amazônico.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 35(2), 2011 p. 299-312. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000200002>

BISPO, F. H. A., SILVA, A. C., TORRADO, P. V. ; SOUZA JÚNIOR, V. S. **Highlands of the upper Jequitinhonha Valley, Brazil. I – characterization and classification.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 35(1), 2011 p. 1081-1091. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000400002>

CANDIDO, H.G. **Gradientes ambientais implicam em gradientes vegetacionais nos cerrados amazônicos.** Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa-UFV, Viçosa, 2016 p.245

CARVALHO, T. M., CARVALHO, C. M., MORAIS, R. P. **Fisiografia da paisagem e aspectos biogeomorfológicos do lavrado, Roraima, Brasil.** Revista Brasileira de Geomorfologia,17(1), 2016 93-107.DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v17i1.669>

COSTA, C. S. B.; MARANGONI, J. C.; AZEVEDO, A. M. G. **Plant zonation in irregularly flooded salt marshes: Relative importance of stress tolerance and biological interactions.** Journal of Ecology, 91(1), 2003 p.951-965.DOI: 10.1046 / j.1365-

2745.2003.00821.x

COSTA, E. U. C., ARAUJO, J. K. S., NEVES, L. V. M. W., ARAÚJO FILHO, J. C., SOUSA, J. E. S., CORRÊA, M. M., RIBEIRO FILHO, M. R., SOUZA JÚNIOR, V. S. **Genesis and Classification of Nitisols from Volcano-Sedimentary Lithology in Northeastern Brazil**. Brazilian Journal of Soil Science. v. 43(1), 2019 p.1-17. <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20180101>

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Geodiversidade do estado de Roraima**. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Manaus, 2014 p. 212.

DELITTI, W.B.C.; MEGURO, M.; PAUSAS, J.G. **Biomass and mineralmass estimates in a "cerrado" ecosystem**. Brazilian Journal of Botany, 29(4), 2006 p. 531-540. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000400003>

DE PAULA OLIVEIRA, R., Zotz, G., Wanek, W., Cesar Franco, A. **Leaf trait co-variation and trade-offs in gallery forest C₃ and CAM epiphytes**. Biotropica. 2021 p.1-16, DOI: 10.1111/btp.12895

DONAGEMMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B., TEIXEIRA, W. G., VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ª edição, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2001 p. 225

DUARTE, E. D. R. S., MELO, V. F., NOVOTNY, E. H., UCHÔA, S. C. P., FARIAS, H. L. S., VELOSO, G. V., AMORIM, R. J. P., MATIAS, T. M. L. C., CABRAL, J. V. P. **Chemical of Soils With Histic Horizon of Lakes and Riparian of the Savanna, Northern Amazonia, Brazil**. Journal of Agricultural Science 11(1), 2019 p.159-173. DOI:10.5539/jas.v11n1p159

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos**. 3ª.ed., Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2017.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018 p.1-356.

Flora do Brasil em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2021 <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>

GUERRA, M. D. F.; SOUZA, M. J. N.; SILVA, E. V. **Veredas da Chapada do Araripe: subespaços de exceção no semiárido do estado do Ceará, Brasil**. Ateliê geográfico (UFG), v.14(1), 2020 p. 51-66. DOI:10.5216/ag.v14i2.62824

GRIFFIS, T.J., ROMAN D.T., WOOD, J.D., DEVENTER, J., FACHIN, L., RENGIFO, J., DEL CASTILLO, D., LILLESKOVF, E., KOLKAB, R., CHIMNERG, R.A., DEL AGUILA-PASQUELE, J., WAYSONH, C., HERGOUALC'HI, K., BAKERJ, J.M., CADILLO-QUIROZK, H., RICCIUTOL, D.M. **Hydrometeorological sensitivities of net ecosystem carbon dioxide and methane exchange of an Amazonian palm swamp peatland**.

Agricultural and Forest Meteorology, 2020. 295.
<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108167>

JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis**. New York: Prentice Hall, 1958 498 p.

KÄMPF, N., CURI, N. Formação e evolução do solo (Pedogênese). In: Ker, J.C., Schaefer, C.E.G.R., Vidal-Torrado, P. **Pedologia: fundamentos**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG, 2012 p.207-302.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil** (8ª. edição). Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda. Nova Odessa, São Paulo, v. 2, 2008 p. 384.

MELO, V. F., SCHAEFER, C. E. G. R., UCHÔA, S. C. P. **Indian land use in the Raposa-Serra do Sol Reserve, Roraima, Amazonia, Brazil: Physical and chemical attributes of a soil developed from mafic rocks under shifting cultivation**, *Catena*, v. 80(2), 2010 p. 95-105. DOI:10.1016/j.catena.2009.09.004

MENESES, M.E., COSTA, M.L., BEHLING, H. **Late Holocene vegetation and fire dynamics from a savanna-forest ecotone in Roraima state, northern Brazilian Amazon**. *Journal of South American Earth Sciences*, v (42) p.17-26. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2012.10.007>

MEURER, E.J., ANGHINONI, I. **Disponibilidade de potássio e sua relação com parâmetros de solo**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.17, 1993 p.377-382.

PIRES, J. M., PRANCE, G. T. **The vegetation types of the Brazilian Amazon**. In G. T. Prance & T. E. Lovejoy (Eds), *Key Environments: Amazonia*, 1985 p.110-145. London: Pergamon Press

RAMOS, M. V. V., CURI, N., MOTTA, P. E. F., VITORINO, A. C. T., Ferreira, M. M., Silva, M. L. N. **Veredas do Triângulo Mineiro: Solos, água e uso**. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 30(2), 2006 p.283-293. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000200014>

RAMOS, M. V. V., HARIDASAN, M., ARAÚJO, G. M. **Caracterização dos Solos e da Estrutura Fitossociológica da Vegetação de Veredas da Chapada no Triângulo Mineiro**. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, v. 3(2), 2014 p.180- 210, DOI:10.21664/2238-8869.2014v3i2.p180-210

RAMOS, G. Q., MATOS, R. S., Filho, H. D. F. **Advanced Microtexture Study of Anacardium occidentale L. Leaf Surface From the Amazon by Fractal Theory**. *Microscopy and Microanalysis*, v. 26 (5), 2020 p. 989-996, DOI: <https://doi.org/10.1017/S1431927620001798>.

RATTER, J.A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J.F. **Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas**. *Edinburgh Journal of Botany* v. 60, 2003 p. 57-109,

DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960428603000064>.

R Core Team. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021. URL <https://www.R-project.org/>.

RESENDE, I.L.M., CHAVES, L.J., RIZZO, J.A. **Floristic and phytosociological analysis of palm swamps in the central part of the Brazilian savanna**. *Acta Botanica Brasilica* v. 27(1), 2013 p. 205-225. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062013000100020>

SAFAR, N.V.H., MAGNAGO, L.F.S., ROLIM S.G., SCHAEFER, C.E.G.R. **Atlantic Forest topsoil nutrients can be resistant to disturbance and forest clearing**. *Biotropica*; v. 51, 2019 p.342–354. <https://doi.org/10.1111/btp.12658>

SALES, G.B., LESSA, T.A.M., FREITAS, D.A., VELOSO, M.D.M., SILVA, M. L.S., Fernandes, L.A., Frazão, L. A. **Litterfall dynamics and soil carbon and nitrogen stocks in the Brazilian palm swamp ecosystems**. *Forest Ecosystems* v. 7(39), 2020 p. 1-12. <https://doi.org/10.1186/s40663-020-00251-2>

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**. 7ª ed. (revista e ampliada). Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015 p.100.

SANTOS, E.V., GUILHERME, F. A.G., BARBOSA, G. R., CARNEIRO, S. E. S. **Morfopedologia, composição florística e fitossociologia de uma vereda no Sudoeste de Goiás**. *Geoambiente* v. 31(1), 2018 p. 137-159, DOI:10.5216/revgeoamb.v0i31.51776

SCHUUR, E. A. **Productivity and global climate revisited: the sensitivity of tropical forest growth to precipitation**. *Ecology*, v.84(5), 2003 p.165-1170 [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2003\)084\[1165:PAGCRT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2003)084[1165:PAGCRT]2.0.CO;2)

SILVA, D. P., AMARAL, A. G., BIJOS, N. R., MUNHOZ, C. B. R. (2018) **Is the herb-shrub composition of veredas (Brazilian palm swamps) distinguishable?** *Acta Botanica Brasilica*, v.(1), 2018 p. 47-54. Doi: 10.1590/0102-33062017abb0209

SNEATH, P. H., SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy**. San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1973 p.573.

TREJO, I., DIRZO, R. **Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forests**. *Biodiversity Conservation*, v. 11(1), 2002 p. 2048-2063. <https://doi.org/10.1023/A:1020876316013>

VAN RAIJ, B., QUAGGIO, J.A., CANTARELLA, H., FERREIRA, M.E., LOPES, A.S., Bataglia, O.C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill. 1987 p.170

VIDAL-TORRADO, P., CALVO, R. MACIAS, F., CARVALHO, S.G.; SILVA, A. C. **Geochemical and mineralogical evolution in alteration profiles on serpentinized rocks in southwestern Minas Gerais, Brazil**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, 2007 p.1069-1083. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000500023>

CAPÍTULO 3: PEDODIVERSIDADE EM VEREDAS DE BURITI, NORTE AMAZÔNIA

Resumo - As veredas são áreas úmidas que ocorrem nas savanas da América do Sul e se destacam como repositório natural de carbono e água. Uma combinação de análises morfológicas e micromorfológicas do solo, datação por luminescência opticamente estimulada e análise química elementar foram aplicadas para caracterizar os solos ao longo de um transecto de veredas e identificar os principais processos atuantes na formação e diversidade desses solos. A datação por LOE indicou que a formação dos solos começou no Holoceno tardio, e que o acúmulo de materiais segue uma evolução com materiais mais antigos depositados nas seções inferiores. O transecto apresentou três classes de solos: Gleissolos, Neossolos e Organossolos. O hidromorfismo constitui o principal processo que rege tais classes. Embora esses solos possuam elevado teor de areia, diferenças foram observadas na distribuição granulométrica, que indicam as variações deposicionais do material e do potencial erosivo laminar, que afluiu a essa superfície materiais com características autóctone. Os solos são quimicamente pobres, fortemente ácidos com valores de saturação por base muito baixos e alta saturação por alumínio. Os maiores teores de SiO_2 e Al_2O_3 nos solos estão relacionados ao próprio material de origem, quartzoso-caulinítico. As feições redoxmórficas observadas na micromorfologia do solo apontam para alternância de umidade e processos de gleização típicos de ambiente tropical úmido. As veredas têm um grande potencial para estudos de reconstrução ambiental, por serem ecossistemas complexos e sensíveis e devem ser protegidas.

Palavras-chave: Pedologia, Micromorfologia, Solos tropicais, Hidromorfismo.

1 INTRODUÇÃO

As veredas são depressões abertas, com pouca declividade, baixa energia de fluxos e ocorrência de solos hidromórficos. Tais solos suportam o crescimento e regeneração da vegetação que se adaptou para crescer em condições saturadas e com pouco oxigênio, dentre elas numerosas palmeiras na zona do canal, cercadas por estrato herbáceo-arbustivo e graminoso (FERREIRA, 2008; BIJUS *et al.*, 2017).

A maioria dos solos tropicais é formada em materiais pré-intemperizados e suas características são determinadas principalmente pelo grau de intemperismo, pela profundidade da erosão subsequente e pela atual posição na paisagem (STOOPS *et al.*, 1994). No caso das veredas, os solos caracterizam-se por terem um ambiente especial em que a água controla os processos de desenvolvimento e confere ao perfil características particulares (BISPO *et al.*, 2011; NEVES *et al.*, 2015). Apesar de ser um ambiente pouco propício para processos intensos de intemperismo, não há impedimento da ocorrência de processos pedogenéticos marcantes, influenciando nas diversas características morfológicas desses solos.

Neste contexto, a mudança no regime hidrológico das veredas provoca mudanças nas

condições ambientais e desencadeia reações químicas nos solos que resultam no retrabalhamento de seus constituintes, produzindo muitos vestígios que podem permanecer registrados nos atributos dos solos ao longo do tempo (TARGULIAN e GORYACHKIN, 2004).

Impressões desses processos são identificáveis a partir da micromorfologia do solo, onde é possível avaliar o desenvolvimento e degradação de estruturas, o rearranjo de sólidos, a atuação da pedofauna e feições que ajudam a reconstruir processos relacionados às condições presentes e passadas do perfil (SCARCIGLIA *et al.*, 2003; BISPO *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2016; KOOISTRA e PULLEMAN, 2018; CASTRO e COOPER, 2019).

Neste sentido, tanto os processos pedogenéticos quanto os fluxos de água podem ser interpretados por meio da descrição micromorfológica em lâminas delgadas, a exemplo das mudanças relacionadas às oscilações climáticas em solos tropicais estabelecidas pela ocorrência relictual de concreções, resultantes de condições climáticas progressas com nível freático mais elevado (OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2017; PEREIRA *et al.*, 2022). Em solos hidromórficos, como os das veredas, a variabilidade em seus atributos é mais intensa devido principalmente aos fatores de formação, como por exemplo, diferentes materiais de origem e graus de hidromorfismo, alternância entre condições oxidantes e redutoras, bem como à intensidade de atuação desses processos.

Nos últimos anos as complexidades de interações pedológicas atuantes nas paisagens de veredas foram bastante debatidas (MENESES *et al.*, 2015; NEVES *et al.*, 2015; DUARTE *et al.*, 2019, ALVES, 2019; GUERRA *et al.*, 2020; HORÁK-TERRA *et al.*, 2022), apesar de os trabalhos que tratam dessas interações em microescala ser escassos. Além disso, um maior conjunto de dados de caracterização é necessário para entender o comportamento dos processos pedológicos, uma vez que as veredas imprimem respostas rápidas em relação às mudanças ambientais devido à interação água-solo, que desempenha importante papel sobre a disponibilidade de nutrientes para o meio. Neste sentido, o objetivo deste artigo é fazer a caracterização física, química, mineralógica, micromorfológica e a datação das coberturas superficiais ao longo de um transecto de veredas, para identificar os principais processos atuantes na formação e evolução de seus solos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se no norte do Bioma Amazônia, que em grande parte está

sob o domínio de savanas e transição floresta-savana, em que se destaca, ao norte, a Savana Gramíneo-lenhosa sob influência do clima quente úmido tipo “Aw”, com estação úmida e seca. Apesar dessa região receber chuvas abundantes, muitas espécies de plantas são adaptadas à seca, visto que a precipitação se concentra em um período de seis meses (BARBOSA e MIRANDA, 2005; BARNI *et al.*, 2020).

Os perfis de solos analisados estão situados em hidrossequência composta por quatro veredas nas coordenadas UTM 20N 0735824 0277806, 20N 0748416 302840, 20N 0781605 0325005 e 20N 0822305 0356337.

Na hidrossequência em estudo o relevo é plano, com inclinação que varia entre 0 e 3% e altitude que alcança 80m acima do nível do mar. Nas veredas os solos são hidromórficos, derivados do intemperismo de arenitos Cretáceos da Formação Serra do Tucano e de arenitos Pliopleistocênicos da Formação Boa Vista (REIS *et al.*, 2001; CPRM, 2014). As veredas estão inseridas em ambiente cujos solos predominantes são Gleissolos e Organossolos (CARVALHO *et al.*, 2016; DUARTE *et al.*, 2019).

2.2 TRABALHO DE CAMPO

A escolha das veredas teve como parâmetro as distintas condições de altitude e microclima em que elas se encontram, onde foi eleito um transecto representativo de hidrossequencia para coleta de amostras deformadas e indeformadas de solos em 4 perfis.

Para cada ponto selecionado foram coletadas duas amostras para determinação da idade dos materiais que integram os perfis. O método de datação utilizado na pesquisa foi a LOE (Luminescência Opticamente Estimulada) proposto por Huntley *et al.* (1985). As amostras foram extraídas de modo horizontal com tubos de PVC e encaminhadas para o Laboratório Datação Comércio e Prestação de Serviços Ltda.

A descrição morfológica dos perfis e a coleta das amostras foram realizadas conforme Santos *et al.* (2015). A cor dos horizontes foi determinada por comparação visual com os padrões estabelecidos pela Carta de Munsell (1954). Para cada horizonte foram coletadas amostras deformadas de solos, totalizando 17 amostras, que foram acondicionadas em sacos plásticos e catalogadas para posterior análise granulométrica e química. Os solos tiveram a sua classificação após análises mais detalhadas em laboratório, segundo os critérios constantes no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018).

Em cada ponto amostral procedeu-se também a coleta de 2 amostras indeformadas para análises micromorfológicas. As amostras foram coletadas nos horizontes superficiais e

subsuperficiais e foram acondicionadas em caixas de plástico nas dimensões 7 x 9cm, em seguida foram devidamente catalogadas com as informações do horizonte e a orientação no perfil, posteriormente envolvidas em películas de PVC transparente para armazenamento e transporte seguindo o método de Castro e Cooper (2019). Em virtude de o nível freático estar muito próximo da superfície não foi possível retirar uma amostra em maior profundidade no Perfil 1, totalizando 7 amostras para análise. Posteriormente a coleta, as amostras indeformadas foram encaminhadas para o laboratório Lapirgeo, onde foram impregnadas com o uso de resina de poliéster pré-acelerada não expansível, para endurecimento. Em seguida foi realizada a confecção das lâminas delgadas para análise e descrição micromorfológica das microestruturas dos solos conforme Stoops (2021).

2.3 ANÁLISES DE LABORATÓRIO

A análise granulométrica seguiu a metodologia da EMBRAPA (2017) e foi realizada no Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos vinculado ao Instituto de Geociências da UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais).

A separação das frações foi realizada visando identificar a granulometria dos materiais (areia, silte e argila), seguindo o princípio da dispersão mecânica e estabilização das partículas. A separação das frações foi feita por agitação mecânica em aparato de baixa rotação, por 16 horas. Após a agitação, as amostras foram lavadas e a fração areia separada em peneira de 53 μ m e acondicionada em latas, devidamente pesadas, para proceder à sua secagem. Após a secagem as frações areia grossa e areia fina foram separadas passando por uma peneira da série *Tyler* com abertura de 0,2 mm (areia grossa 2 – 0,2 mm e areia fina 0,2 – 0,05 mm), em seguida ao peneiramento as subfrações retidas na peneira foram pesadas separadamente.

As frações silte e argila foram transferidas para proveta de 1.000ml para agitação vertical, em seguida deixadas em repouso. Após o tempo de sedimentação do silte, 50 ml da suspensão contendo apenas argila foi pipetada e colocada em cápsulas de porcelana previamente pesadas. Em seguida, essas cápsulas foram colocadas em estufa, calibrada a 105°C durante 24 horas. Ao retirar da estufa, as amostras foram inseridas em dessecador para esfriar e posteriormente foram pesadas em balança com precisão de 0,001 g. Após a determinação da argila, o cálculo do silte foi feito por diferença.

Para avaliar a acidez dos solos foi utilizada a determinação do potencial hidrogeniônico (pH) que foi realizada em H₂O e em KCl, conforme EMBRAPA (2017).

Nesse procedimento foram selecionadas 2 amostras para cada horizonte, dessas foram separadas com cachimbo dosador 10g de TFSA, em seguida adicionados 25ml de água deionizada em 17 amostras e 25ml de solução salina KCl 1M em outras 17 amostras. As amostras foram homogeneizadas com o auxílio de bastonete de vidro e colocadas em repouso por período de 1 hora. Após esse período as amostras foram novamente homogeneizadas e levadas imediatamente ao pHmetro de bancada (modelo Q400AS) para a realização da leitura.

A condutividade elétrica foi determinada em 100 gramas de TFSA, onde foram adicionados 100 ml de água deionizada. Em seguida, filtrou-se com papel quantitativo de 185 mm de diâmetro, medindo em seguida no condutivímetro conforme Donagema *et al.* (2011). Essas etapas foram desenvolvidas no laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos (IGC-UFMG).

Foi realizada a determinação do carbono orgânico por oxidação úmida, em que foram separadas 20g de TFSA, após triturar essa quantidade em gral e passar em peneira de 80 mesh. Foram pesados 0,5 g da terra peneirada e colocado em Erlenmeyer de 250 mL. Essa análise teve base o método proposto por Walkey – Black descrito em Jackson (1958), com o uso de dicromato de potássio (K_2CrO_7) em meio ácido como oxidante conforme recomendação da EMPRAPA (2017). No método via úmida, a matéria orgânica do solo é oxidada com uma mistura de dicromato de potássio. O calor despreendido do ácido sulfúrico concentrado e de uma fonte externa (como o aquecimento em placa aquecedora ou bloco digestor) é usado como fonte de energia para catalisar a reação de oxidação. Durante a oxidação da matéria orgânica, assume-se que o dicromato reduzido na reação equivale ao carbono orgânico da amostra (RAIJ *et al.*, 1987).

A determinação dos macronutrientes do solo foi realizada no Laboratório de Rotina e Fertilidade do Solo da Universidade Federal de Viçosa-UFV. Nessa etapa foram utilizadas soluções extratoras específicas para determinação dos valores de K^+ e P; Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , H+Al (MCLEAN *et al.*, 1958; MEHLICH, 1984). A partir dos valores obtidos foram calculadas a Capacidade de Troca de Cations (CTC), a Soma de Bases (SB), a Saturação por Bases (V) e a Saturação por Alumínio (m).

A análise mineralógica foi utilizada para identificação dos constituintes minerais dos solos por meio da avaliação das diferenças mineralógicas refletidas na estrutura cristalina. Para essa análise foram utilizadas 8 amostras da fração argila ($< 0,002$ mm) dos horizontes subsuperficiais (B_g ou C) dos solos. Após serem pulverizadas, as amostras em estado pastoso foram orientadas e montadas em lâminas de vidro (EMBRAPA, 2017). As leituras foram feitas em difratômetro de Raios-X modelo X'Pert-PRO com tubo de cobre (Cu) e

monocromador de grafite, com energia de irradiação 40 kv e 30 mA, intervalo de varredura de 2 θ a 45 θ (2 θ). A interpretação dos picos do difratograma foi realizada pelo *software X'Pert HighScore*. Essa composição foi determinada no Centro de Pesquisa Professor Manoel Teixeira Costa (CPMTC/UFMG).

As concentrações dos elementos químicos na forma de óxidos totais (Si, Al, Fe, Ca, Mg, K) foram determinadas por FRX (Espectroscopia de Fluorescência de Raios-X) por comprimento de onda (tecnologia WD-XRF). Os elementos menores ou traço foram obtidos por análise multielementar através da digestão por água régia e leitura por ICP-OES/MS (Espectrometria e Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente). A determinação das concentrações de Hg foi realizada por geração de vapor frio – absorção atômica.

Para explorar as similaridades entre os elementos (Mn, P, S, Cu, Zn, Ti, Ni, Cr, Zr, V, Sr, Sn, Y, Rb, Ba) encontrados em cada horizonte, uma análise de agrupamento foi realizada. Nessa análise, os indivíduos ou as variáveis similares são classificados no mesmo grupo ou em grupos próximos formando uma hierarquia. Para ilustrar tais grupos, um dendrograma foi elaborado no programa R Studio 4.1.3.

Para descrever, mensurar e interpretar os componentes, feições e fábrica do solo em nível microscópico, foi utilizado o microscópio óptico polarizante da marca Zeiss, modelo Axioskop 40. Para a produção de fotomicrogramas uma câmera digital, Zeiss modelo AxioCam 208 color acoplada ao microscópio, onde foram fotografadas as principais microestruturas e feições pedológicas. Na análise micromorfológica foram descritas características relativas à microestrutura, porosidade, pedalidade, trama e estruturas, organização dos constituintes finos e grossos, além das pedofeições presentes nos horizontes. Nas descrições foram utilizadas e terminologias seguindo critérios gerais de Stoops (2021). Essa etapa foi realizada no LabtecRochas/CPMTC/IGC/UFMG.

3 RESULTADOS

A gênese dos perfis analisados ocorreu por volta de ~3.270 BP, idade esta atribuída aos constituintes da base do perfil 1 (Tabela 1). A cronologia seguiu a tendência dos mais antigos na parte inferior para os mais jovens na superfície. A diferença de idade entre os intervalos de profundidade nos perfis mostra um espaço de tempo curto para preencher alguns centímetros, principalmente no perfil 4, com apenas 60 anos para preencher 20 cm.

Tabela 4: Resultados de dose acumulada, dose anual e idade obtida por LOE.

Amostra	Profundidade	Dose Anual ($\mu\text{Gy}/\text{ano}$)	P (Gy)	Desvio Padrão	Idade (anos A.P)
P1	45 cm	1.265 ± 65	2,7	0,4	2.160 ± 275
P1	120 cm	1.660 ± 65	5,4	0,3	3.270 ± 285
P2	40 cm	1.740 ± 65	1,5	0,2	880 ± 105
P2	70 cm	730 ± 55	1,8	0,1	2.490 ± 260
P3	35 cm	980 ± 50	1,0	0,3	1.050 ± 330
P3	50 cm	735 ± 55	1,5	0,2	2.000 ± 350
P4	30 cm	725 ± 60	0,4	0,05	520 ± 80
P4	80 cm	790 ± 65	0,6	0,06	710 ± 100

Fonte: Elaborado pela autora

Os perfis mostraram uma sequência de horizontes bem diverso A/AB/B_g; H/C; A/B_g e A/C. A espessura dos horizontes superficiais variou de 20 a 35cm nos perfis à norte do transecto, com ocorrência de textura mais arenosa e 35 a 50cm à sul, onde ocorreu horizontes com textura franco-argiloarenosa (Figura 1).

A matriz do solo teve um predomínio das cores de matiz Gley, com valor 2.5 e croma N (Figura 1). Quanto aos aspectos morfológicos, os horizontes superficiais apresentaram estrutura moderada média e blocos subangulares, moderada pequena grumosa e estrutura maciça. No horizonte B_g do P1 a estrutura é forte grande em blocos subangulares, no horizonte H1 do P2 a estrutura é forte média grumosa, enquanto os horizontes (B_g e C) de P3 e P4 a estrutura é maciça e grão simples. Em todos os perfis foi observada consistência ligeiramente dura; muito friável; não plástica; não pegajosa, com exceção do P4 que apresentou consistência macia; muito friável; não plástica não pegajosa no horizonte A e, nos demais horizontes a estrutura é grão simples com consistência solta, não plástica e não pegajosa (Anexo 2A).

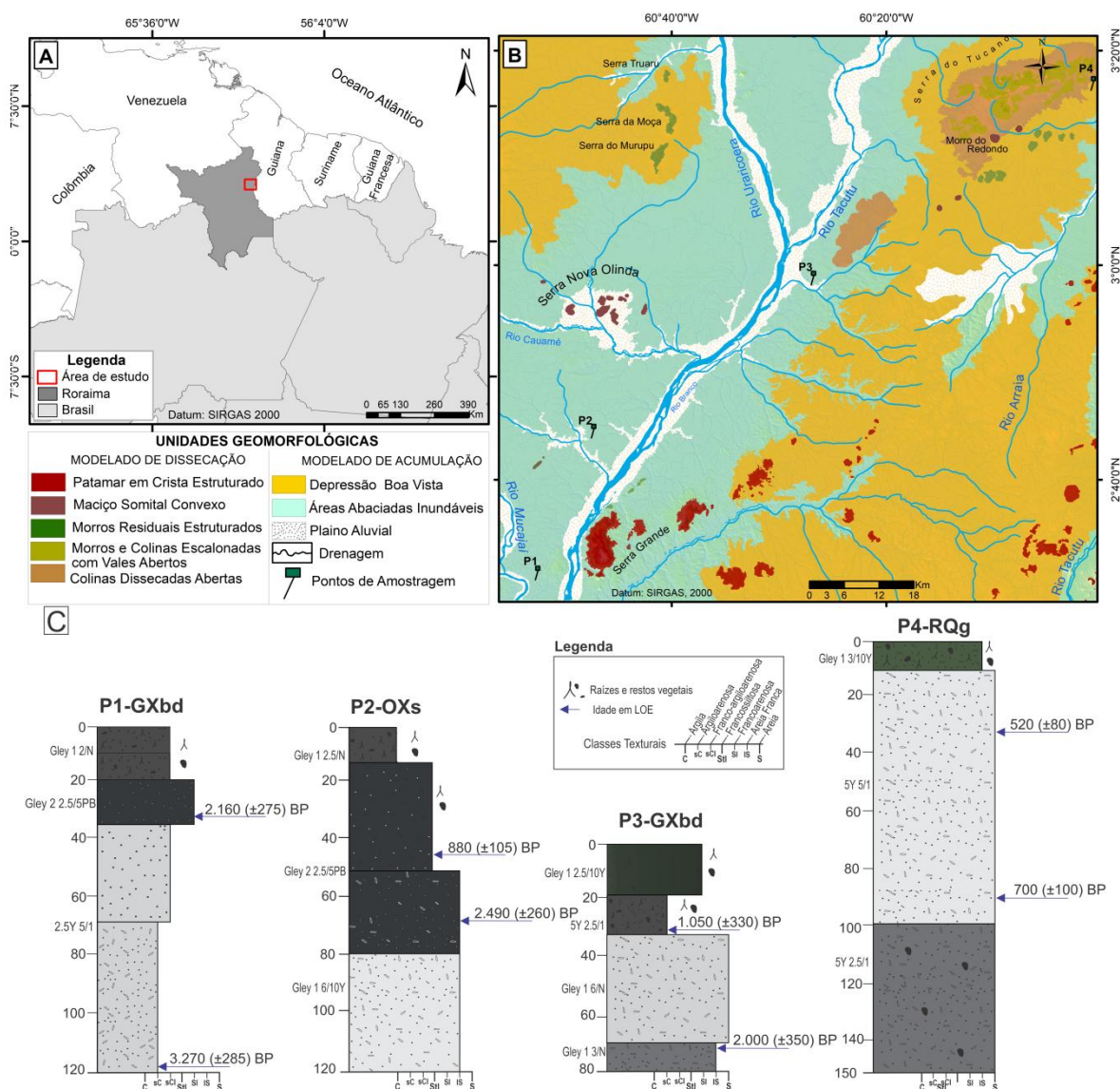


Figura 28 Localização da área de estudo. a) no norte do Brasil, b) mapa de unidades geomorfológicas, c) seqüência cronoestratigráfica simplificada dos perfis investigados (número do lado esquerdo das colunas: valores de cor úmida Munsell; acima: identificação do perfil e sigla das classes de solos, do lado direito a textura dos horizontes e idade em LOE). Fonte: Elaborado pela autora.

A textura arenosa apresentou maior participação de areia grossa entre os perfis, especialmente nos horizontes mais profundos do perfil 4, como o C3 com ($910 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$). A condutividade elétrica entre 35 e $74 \mu\text{S}/\text{cm}$, refletiu a baixa concentração de sais solúveis no ambiente. O material mineral da fração argila consistiu principalmente de Caulinita seguido de Ilita (Tabela 2).

Tabela 5 Valores dos atributos físicos e mineralógicos dos perfis de solos das veredas em estudo

Hz	Granulometria (g/kg)				Relação Silte/Argila	Classe Textural	CE ($\mu\text{S/cm}$)	MA
	Argila	Silte	Areia Grossa	Areia Fina				
P1 - GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico cambissólico								
A1	210	90	360	340	0,42	Franco- Argiloarenosa	57	-
A2	300	110	320	270	0,36	Franco-argiloarenosa	49	-
AB	180	60	460	300	0,12	Francoarenosa	43	K
B1	240	40	450	270	0,16	Franco-argiloarenosa	38	-
B2	470	30	240	260	0,06	Argiloarenosa	34	K+II
P2 - ORGANOSSOLO HÁPLICO Sáprico típico								
H1	500	300	120	80	0,60	Argila	54	-
H2	200	520	170	110	2,60	Franco-siltosa	52	K
C1	50	100	610	240	2,00	Areia franca	40	-
C2	130	40	550	260	0,30	Areia franca	35	K
P3 - GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico neofluvisólico								
A1	100	100	370	430	1,00	Francoarenosa	38	-
A2	380	140	210	250	0,36	Argiloarenosa	42	K
Bg1	100	30	510	360	0,30	Areia	42	-
Bg2	100	60	460	380	0,60	Areia franca	37	K+II
P4 - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico típico								
A1	110	150	180	560	1,36	Areia franca	55	K+II
C1	40	30	550	380	0,75	Areia	44	-
C2	40	70	530	330	1,75	Areia	54	-
C3	20	30	910	40	1,50	Areia	74	K+II

Legenda: Hz= Horizonte; MA= Mineralogia da Argila. Fonte: Elaborado pela autora

Os valores obtidos para o pH foram baixos, sendo a acidez considerada elevada para todos os horizontes dos quatro pontos coletados, com média de 4,97 e com ligeiro aumento do pH nos horizontes do perfil 4 (Tabela 3).

Os perfis mostram valores Ca^{2+} entre 0,01 e 0,33 cmolc kg^{-1} , e Mg^{2+} entre 0,02 e 0,20 cmolc kg^{-1} . As concentrações de K^+ variaram entre 0 em profundidade a 39 mg dm^{-3} , nas camadas superficiais. O teor de P encontrado variou entre 0,0 e 3,4 mg dm^{-3} . Verificou-se que fósforo remanescente foi mais alto em profundidade, especialmente nos horizontes dos solos dos Perfis 3 e 4 com valores entre 12,1 e 58,2 mg dm^{-3} .

Foram observados valores altos para saturação por alumínio (m), nesse caso o Al^{3+} chegou a ocupar 94% do complexo sortivo. No ambiente mais úmido, os valores de alumínio dos solos variaram entre 0,00 e 2,25 cmolc kg^{-1} , enquanto nos solos associados a ambientes mais secos os valores variaram entre 0,00 e 1,76 cmolc kg^{-1} , ocorrendo os maiores valores nas camadas superficiais.

Os valores baixos da soma de bases (0,03 a 0,63 cmolc kg^{-1}), $\text{CTC}_{(e)}$ e $\text{CTC}_{(T)}$ revelaram horizontes muito pobres quimicamente. Condições melhores de CTC são

observadas no Perfil 2, que possui horizontes superficiais com os maiores teores de matéria orgânica (MOS) com valor entre 2,6 e 125,1 g/kg⁻¹, havendo nesses solos diferenças na quantidade de MOS entre os horizontes, com maior concentração deste componente nos horizontes superficiais A e H, com tendência significativa de diminuição conforme o aumento da profundidade (Tabela 3).

Tabela 6 Atributos químicos dos horizontes em estudo. Fonte: Elaborado pela autora

Horiz	pH (1:2,5)		P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	S	t	T	V	m	MOS	P-rem	
Água	KCl	ΔpH	mg/dm ³	-----cmolc kg ⁻¹ -----				-----%-----			dag/ kg ⁻¹	mg/L				
P1 - GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico cambissólico																
A1	4,69	3,90	0,83	2,4	3	0,03	0,04	1,27	7,4	0,08	1,35	7,48	1,1	94,1	3,95	31,0
A2	4,65	3,97	0,85	0,6	0	0,03	0,04	1,27	6,6	0,07	1,34	6,67	1,0	94,8	3,16	29,2
AB	4,81	4,02	0,83	0,2	0	0,01	0,02	0,88	4,4	0,03	0,91	4,43	0,7	96,7	1,45	35,6
Bg1	4,94	4,06	0,82	0,0	0	0,07	0,03	0,49	1,6	0,10	0,59	1,70	5,9	83,1	0,66	40,4
Bg2	4,96	4,06	0,81	0,0	0	0,01	0,02	0,59	1,5	0,03	0,62	1,53	2,0	95,2	0,53	40,4
P2 - ORGANOSSOLO HÁPLICO Sáprico típico																
H1	5,11	4,02	0,78	3,2	19	0,13	0,12	2,25	17,0	0,30	2,55	17,30	1,7	88,2	12,51	10,1
H2	4,71	3,99	0,84	3,4	11	0,12	0,09	2,16	14,9	0,24	2,40	15,14	1,6	90,0	8,82	12,0
C1	4,93	4,14	0,83	0,0	0	0,06	0,06	0,78	3,7	0,12	0,90	3,82	3,1	86,7	1,45	35,1
C2	5,31	4,37	0,82	1,2	0	0,18	0,15	0,00	0,8	0,33	0,33	1,13	29,2	0,0	0,40	45,6
P3 - GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico neofluvisólico																
A1	4,94	4,0	0,81	0,6	3	0,14	0,07	1,76	8,9	0,22	1,98	9,12	2,4	88,9	4,08	12,1
A2	5,03	4,0	0,80	0,1	1	0,09	0,04	1,67	8,1	0,13	1,80	8,23	1,6	92,8	3,42	13,1
Bg1	5,49	4,6	0,83	0,0	0	0,03	0,03	0,00	0,5	0,06	0,06	0,56	10,7	0,0	0,26	52,3
Bg2	5,24	4,2	0,80	0,4	0	0,10	0,07	0,49	2,1	0,17	0,66	2,27	7,5	74,2	0,66	40,4
P4 - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico típico																
A1	5,21	3,97	0,76	2,7	39	0,33	0,20	1,27	7,4	0,63	1,90	8,03	7,8	66,8	3,29	23,4
C1	5,00	4,20	0,84	0,4	0	0,10	0,07	0,20	0,5	0,17	0,37	0,67	25,4	54,1	0,26	56,6
C2	5,14	4,29	0,83	0,2	0	0,04	0,05	0,00	0,5	0,09	0,09	0,59	15,3	0,0	0,26	58,2
C3	4,38	3,83	0,87	0,0	0	0,08	0,12	0,39	1,8	0,20	0,59	2,00	10,0	66,1	0,66	54,3

3.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA ELEMENTAR DO SOLO

Os dados das concentrações de elementos maiores são apresentados na Tabela 4 na forma de óxidos. As fases que dominam a concentração principal dos solos são SiO₂ variando de 51,1 a 99%, de Al₂O₃ variando 0,40 a 21,1% e Fe₂O₃ de 0,68 a 1,62%. A variação do TiO₂ foi 0,08 a 1,38%, enquanto MnO, de 0,01 a 0,02%. Nota-se que as concentrações de CaO e P₂O₅ variaram de <0,01 a 0,07. Fora dos limites de detecção estavam as concentrações de MgO e Na₂O que apresentaram teores <0,01%. A Perda à Ignição (LOI) variou bastante ao longo dos perfis, especialmente dos dois horizontes superiores do solo perfil 2, onde os teores de matéria orgânica foram mais consideráveis.

Os resultados da Espectrometria e Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente são mostrados no (Anexo 3). Os elementos com maior concentração nas amostras foram: Cr, Ga, Mo, Pb e S, os maiores teores estavam presentes no horizonte Hístico

do perfil 2.

Tabela 7 Concentração total de elementos maiores (%) e perda ao fogo (PF; %) nas amostras de solos.

Perfil-Horizonte	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	PF
P1-A1	87,2	5,12	0,93	0,02	<0,1	0,62	<0,01	<0,1	0,01	0,02	5,67
P1-AB	92,2	5,12	0,82	0,01	<0,1	0,64	<0,01	<0,1	<0,01	0,01	3,14
P1-B1	91,1	6,32	0,86	0,01	<0,1	0,63	<0,01	<0,1	<0,01	0,01	2,65
P2-H1	51,1	21,1	1,62	0,02	<0,1	1,38	0,07	<0,1	0,03	0,02	23,93
P2-H2	62,3	18,7	1,54	0,02	<0,1	1,33	0,04	<0,1	0,02	0,02	15,76
P2-C2	93,8	4,31	0,68	0,02	<0,1	0,44	<0,01	<0,1	<0,01	0,01	1,77
P3-A1	75,4	13,2	1,52	0,01	<0,1	1,0	0,01	<0,1	0,02	0,02	8,95
P3-A2	75,1	13,2	1,51	0,01	<0,1	1,01	0,01	<0,1	0,01	0,02	8,78
P3-C1	99,0	0,40	0,76	0,02	<0,1	0,17	<0,01	<0,1	<0,01	0,02	0,12
P4-A1	89,5	2,59	1,05	0,03	<0,1	0,45	0,01	<0,1	0,03	0,02	4,84
P4-C1	98,8	0,35	0,80	0,02	<0,1	0,08	<0,01	<0,1	<0,01	0,02	0,08
P4-C3	98,2	0,63	0,75	0,01	<0,1	0,17	<0,01	<0,1	0,01	0,01	0,67

Fonte: Elaborado pela autora.

A correlação entre as variáveis dos metais nos perfis de solo pode ser observada em quatro agrupamentos hierárquicos (Figura 2). O primeiro grupo se deve aos maiores teores de Mn, que teve maior concentração no perfil 4. O segundo grupo contém Al, Be, Bi, Cd, Co, Cs, Cu, Fe, Ga, Hf, Hg, K, La, Li, Mg, Mo, Nb, Ni, Pb, Sb, Sc, Sn, Sr, Th, U, Y, Zn e Zr, o terceiro grupo é representado pelo P encontrado em maior concentração nos horizontes hísticos do Perfil 2 e, um quarto, com o restante das variáveis estudadas Ba, Ce, Cr e V, cuja concentração ocorreu nos horizontes superficiais dos solos.

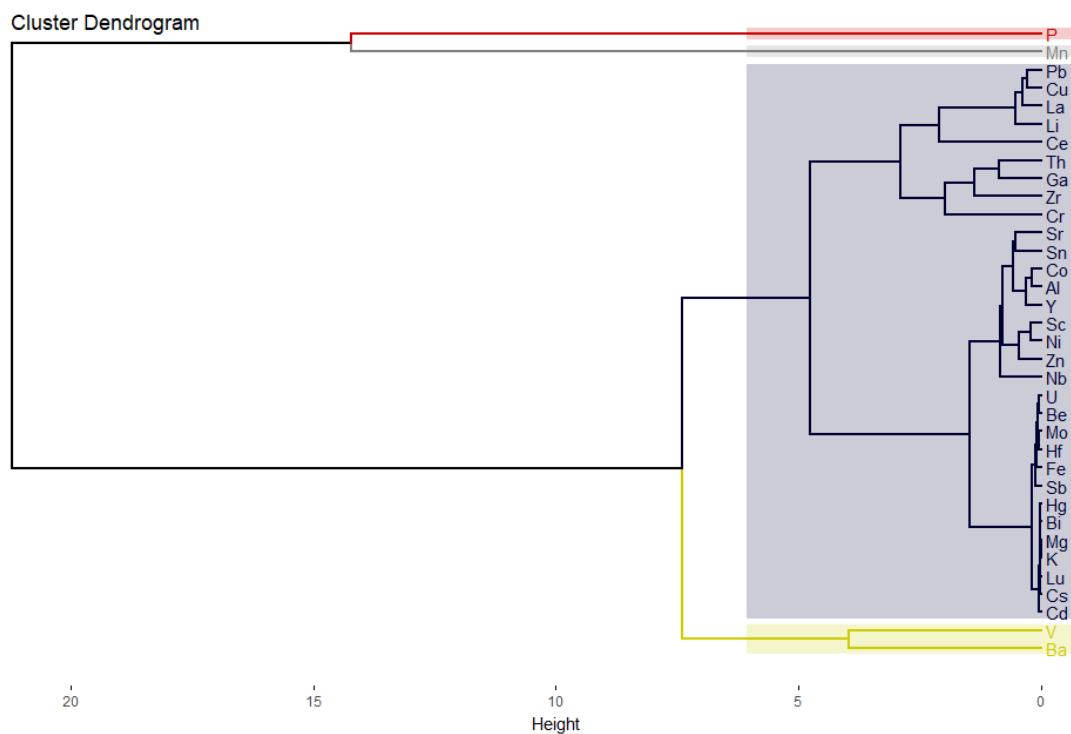


Figura 29 Dendrograma obtido por Análise Hierárquica de Agrupamentos. Fonte: Elaborado pela autora.

3.2 MICROMORFOLOGIA

As principais propriedades micromorfológicas dos solos (Tabela 5) mostram em geral microestrutura em blocos subangulares pouco desenvolvidos. Também ocorre a microestrutura maciça, granular e grãos soltos (Figura 3). Os poros variam de vazios de empacotamento simples a complexos. A distribuição grosseira-fina (c/f) relacionada é porfírica com exceção de zonas quito-gefúrica e mônica no P4. O quartzo é o principal constituinte grosso da matriz do solo. O tecido b é salpicado e com trama birrefringente indiferenciada.

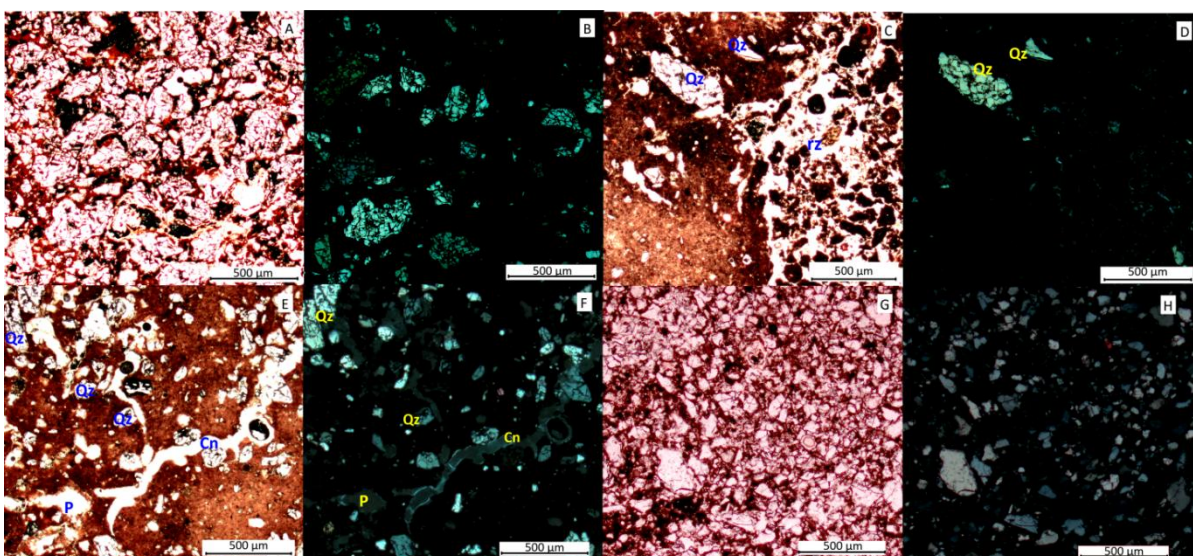


Figura 30 Classificação das microestruturas encontradas nos solos da hidrosequência (objetiva 2,5x): (A) microestrutura maciça no horizonte A do perfil 1, PPL. (B) igual ao anterior em XPL. (C) zona em blocos subangulares e zona de agregação grumosa no horizonte hístico P2, PPL. (D) destaque para poucos grãos de quartzo (Qz) no horizonte, XPL (E) microestrutura em blocos subangulares do horizonte Bg do perfil 3. (F) igual ao anterior em XPL (G) grãos soltos no perfil 4, PPL. Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 8 Descrição micromorfológica dos solos dos perfis. Fonte: Elaborado pela autora.

Fundo Matricial						
H_z	Microestrutura, pedalidade, porosidade	Material Grosso	Material fino, cor, limpidez	Distribuição Relativa c/f₂μm	Matéria Orgânica	Feições Pedológicas
Perfil 1						
A1	Maciça, fraca, com cavidades e canais de paredes lisas, fracamente acomodado.	Grãos de quartzo subangulares, moderadamente selecionados. Evidências de faturamento interno, nos tamanhos entre 44,6 μm (silte) a 95,9 μm (areia muito fina).	Natureza caulinitica e ilitica Cor bruno amarelado limpidez salpicada, trama birrefringente indiferenciada	Porfírica fechada	Fragmentos vegetais pouco humificados, resíduos de tecidos lenhificados, impregnações e pontuações	Nódulos raros, revestimento típico em poro e feições de textura.
Perfil 2						
H1	Blocos subangulares, paredes rugosas, fracamente acomodados, pedalidade moderada em poros planares. Grumosa, poros de empilhamento composto. Cavidades e canais	Quartzo, grãos angulares a subangulares bem selecionados, nas dimensões 42 μm (silte) a 362 μm (areia média) fraturados com padrão de alteração linear cruzado.	Natureza caulinitica e ilitica com agregados na cor brunada, com bordas mais escuras em relação ao centro. Limpidez salpicada, trama birrefringente indiferenciada.	Porfírica aberta	Fragmentos vegetais pouco humificados, localizados em canais, resíduos de tecidos lenhificados.	Preenchimento solto contínuo. Revestimento típico em microporos nos blocos, hiporevestimento, quasirevestimento de depleção. Nódulos raros.
H2	Grumosa e em blocos subangulares, moderada a fracamente separados, bem acomodados. Poros de empilhamento complexo, com poros planares, cavidades, canais, incipientes fissuras nos blocos.	Predominantemente quartzosa, com predomínio de grãos subangulares arestados nas dimensões 173,6μ (areia fina) a 381,6 μ (areia média) e ocorrência de grãos subarredondados nas dimensões 21,88 μm (silte) a 117 μm (areia muito fina). Tais grãos são pobremente selecionados nas dimensões, apresentando fraturas internas	Natureza caulinitica e ilitica, apresentando zonas de depleção mais claras com cores brunadas, zonas de acumulação mais escuras e zonas de pigmentos orgânicos. Trama birrefringente indiferenciada, limpidez salpicada.	Porfírica de espaçamento simples.	Fragmentos vegetais pouco humificados localizados em canais. Tecidos lenhificados, pontuações e pigmentos na micromassa.	Hiporevestimentos e quasirevestimentos
Perfil 3						

A2	Bocos subangulares, moderada a bem separados. Poros planares, cavidades, canais e câmaras moderadamente acomodados.	Natureza quartzosa com grãos subarredondados, bem selecionados, nas dimensões 31µm (silte) a 153 µm (areia fina). Os grãos maiores apresentam fraturas internas.	Natureza caulinitica e ilitica, cor variegada, resultado da constante depleção e incorporação de elementos químicos (ferro/mangânês), além da impregnação e pigmentos orgânicos. Limpidez salpicada, trama birrefringente indiferenciada	Porfírica aberta	Fragmentos vegetais em diversos estágios de humificação, uns mais humificados e outros menos humificados. Impregnações e pontuações orgânicas na micromassa.	Hiporevestimento de depleção e hiporevestimento por impregnação do fundo matricial. Nódulos típico.
Bg1	Maciça com início de agregação em blocos muito incipiente, fracamente separados. Poros planares, canais e cavidades.	Quartzosa, com grãos angulosos as subangulosos, com baixo grau de seleção, em dimensões que variam entre 48,5µm (silte) a 702µm (areia muito grossa). Os quartzos possuem faturamento interno com grau de alteração diferenciado. A quantidade de grãos de quartzo é muito maior em relação ao horizonte A deste perfil.	Micromassa homogênea e cores variegadas em razão de zonas de depleção e impregnação orgânica. Trama birrefringente indiferenciada, limpidez salpicada.	Porfírica fechada.	Pontuações, pigmentos na micromassa.	Hiporevestimento de depleção e hiporevestimento por impregnação do fundo matricial. Nódulos típico.

 Perfil 4

A	Maciça, com algumas zonas sendo cavitárias. Sistema poroso com cavidades e canais	Quartzosa, moderadamente selecionados, nos formatos subangulares e subarredondados com fraturas internas nas dimensões 39,85µm (silte) a 285,6 µm (areia média)	Natureza caulinitica e ilitica. Trama birrefringente indiferenciada, limpidez salpicada. A micromassa apresentou cor bruno devido a influência da matéria orgânica.	Porfírica fechada.	Pontuações, pigmentos na micromassa	Hiporevestimento, quasirevestimento por impregnação orgânica e complexo de óxidos de ferro.
C	Grãos soltos, zonas quitogefúrica. Alguns grãos conectados por ponte de material fino de origem organomineral. Poros de empilhamento simples com canais e cavidades.	Quartzo com grãos subangulosos a subarredondados. limpos de micromassa, moderadamente selecionados. Alguns grãos são envolvidos por material coloidal de aspecto orgânico (iluviaçã?).	Muito escassa, quando presente formam capeamento nos grãos grossos ou revestimento em poros de natureza organomineral na cor preta. Trama birrefringente indiferenciada, limpidez opaca	Mônica Grossa. Em alguns locais quitogefúrica fracamente desenvolvida.	Fragmentos vegetais lenhificados, pouco a moderadamente humificados, compondo a micromassa.	Capeamento de grãos, revestimento de poros e preenchimento de poros solto contínuo.

Fonte: Elaborado pela autora

4 DISCUSSÃO E INTERPRETAÇÕES

4.1 FORMAÇÃO DOS SOLOS DAS VEREDAS

Como discutido nos capítulos anteriores desta tese, as veredas de Roraima estão situadas em um manto pedogenizado sobre a Formação Boa Vista em que, as forçantes climáticas do Quaternário tardio e as mudanças no nível de base locais relacionadas às oscilações eustáticas, tiveram um papel destacado na formação dos seus solos (SCHAEFER e VALE JUNIOR 1997).

A erosão remontante na paisagem atuou no controle da distribuição e ocorrência de unidades de solos nas veredas cujas características apontam para uma formação em diferentes fases de sedimentação. Transições claras ou abruptas entre os horizontes (Anexo 2), concomitantes a areias de diferentes tamanhos entre horizontes, fornece evidência dos processos sedimentares (Tabela 2). Diferenças na distribuição granulométrica indicam as variações deposicionais do material e do potencial erosivo laminar, que afluiu materiais com características autóctone para essas geocoberturas.

As *proxies* climáticas regionais indicam que a constante umidade foi favorável para a expansão das coberturas hidromórficas e o estabelecimento de condições anaeróbicas. Nesse cenário, a partir dos sedimentos arenosos ali presentes, uma série de processos complexos, incluindo os de superfície e subsuperfície, possibilitou a transformação vertical dos materiais, dando origem aos solos.

Essa tendência regional a partir do Holoceno médio, como mostrado na literatura através de reconstruções paleoecológicas, indicam que os solos nas veredas de Roraima foram formados sob condições climáticas semelhantes às atuais, com altas taxas de precipitação (ABSY 1997; VIDOTTO *et al.*, 2007; MENESES *et al.*, 2012; MENESES *et al.*, 2013).

Apesar das veredas serem consideradas como um único sistema, os atributos dos solos mostram que pequenas variações em processos locais de vertentes já trazem alterações na sua configuração interna. A prevalência de componentes finos através da diminuição consistente de material grosso em P1 e a estrutura forte pequena grumosa em P2 apontam para uma fase de acúmulo de matéria orgânica, indicando a atividade biológica como um fator a ser considerado para estabilização da estrutura (Tabela 3).

O maior aporte de componentes finos nesses horizontes provavelmente está relacionado às condições pedoclimáticas e topográficas, tendo em vista que esses solos estão localizados em setores mais baixos da paisagem e com maior precipitação no contexto do

gradiente climático. Assim, a morfologia abaciada do terreno proporcionou baixa energia de fluxos e contribuiu para maior atuação do hidromorfismo, que associado às condições de pior aeração do solo, torna mais lenta a decomposição biológica dos resíduos orgânicos e resultou na formação de um horizonte orgânico mais espesso.

Outros processos também estão relacionados a essas condições pedoclimáticas, dentre eles a melanização nos horizontes superficiais, expressa nos valores de croma baixo em comparação com horizontes mais profundos, afetados pela gleização (perfil 1). O perfil 2 apresentou indicativo de paludização e hidrofobicidade favorecida por acúmulo de matéria orgânica, concentração de alumínio e acidez desses solos (Tabela 3).

No Perfil 3 a ampla variabilidade no tamanho das partículas demonstra a versatilidade textural desses solos, onde a descontinuidade litológica observada se deve às frequentes atividades fluviais de dois grandes rios nas proximidades, que refletiu no caráter neofluvíssólico do perfil (Tabela 2).

À medida que se segue na direção ao norte do transecto, cuja altitude aumenta 33m, os altos teores de areia e abundância de quartzo revelaram períodos relativamente curtos de pedogênese que permitiram apenas a formação de horizonte A no Perfil 4 (Tabela 2). Nessa posição da paisagem, a sutil elevação da altitude e conseqüente inclinação do terreno, exerceu influência na cobertura pedológica, que é mais delgada e, provavelmente vem sofrendo morfogênese mais intensa, o que pode ser observado pela menor idade LOE e pelo curto espaço de tempo para o preenchimento de poucos centímetros neste perfil (Figura 1). Condições semelhantes foram encontradas por Siladitya *et al.* (2017), onde a microtopografia exerceu papel fundamental na atuação da pedogênese de solos hidromórficos, em vales na Índia.

Do ponto de vista de formação, os solos das veredas são considerados jovens, a exemplo a alta relação silte/argila, porém os dados mostram que desde a sua formação no Holoceno vários processos estão ativos e as diferenças em suas características morfológicas, físicas e químicas têm como principal fator responsável o grau de hidromorfismo, avaliado por atributos como a cor do solo (matiz e croma baixo) e o teor de carbono orgânico e Fe_2O_3 , que indicou um hidromorfismo mais acentuado no Organossolo (P2) em comparação com a melhor drenagem no Neossolo Quartzarênico (P4).

4.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS E MINERALÓGICOS

Os solos das veredas apresentaram média de $pH(H_2O)$ em torno de 4,97, esses

resultados são compatíveis aos encontrados em outros setores da área de estudo por Benedetti *et al.* (2011), influenciados principalmente pela composição mineralógica do material de origem dos solos. Tais resultados de pH são compatíveis com os encontrados em veredas do Cerrado brasileiro (RAMOS *et al.*, 2006; BISPO *et al.*, 2011; NEVES *et al.*, 2015).

De maneira geral os dados de fertilidade (Tabela 3) indicaram pouca variação dos atributos químicos dos solos, os quais apresentaram baixos valores de soma e saturação por base, tal como os valores encontrados em solos de veredas por Duarte *et al.* (2019) que são resultantes do intemperismo avançado dos solos de savana, característico de regiões tropicais. Ressalta-se a alta saturação por alumínio, explicada principalmente pelas condições de baixo pH e maior liberação de Al^{3+} na solução do solo (Tabela 3).

A pobreza química dos solos reflete os resultados da mineralogia obtida por difratrometria de raios X, tendo como mineral predominante na fração argila a Caulinita, seguida da Ilita. A presença de Ilita demonstra que os processos de alterações químicas e mineralógicas não foram tão intensos, tal como os solos de zonas úmidas da Bolívia estudados por Boixadera *et al.* (2003).

Os dados de FRX demonstraram que o SiO_2 apresentou menor variação e maior concentração nos perfis, provavelmente em função do quartzo presente nos solos (Tabela 4). O SiO_2 é um elemento de grande concentração em diferentes estágios de pedogênese e para diferentes classes de solos (HEIDARI *et al.*, 2022). Nas veredas, a dessilicação ocorre lentamente em função do intemperismo ferralítico que é dificultado principalmente pelas condições redutoras que impede ou limita a precipitação de óxidos de ferro na matriz dos solos (BISPO *et al.*, 2011), comprovada pela baixa concentração do Fe_2O_3 que, nessas condições, podem estar segregados aos nódulos presentes nesses solos, como pode ser observado sob microscopia óptica nas seções delgadas.

Após o SiO_2 , os maiores teores encontrados foram de Al_2O_3 , com maior concentração em superfície no Organossolo, associada com os baixos valores de pH (Tabela 2 e 4). As concentrações de Na_2O e MgO , abaixo do limite de detecção do método, podem estar relacionadas às condições ácidas dos solos das veredas aliada à lixiviação, conforme ressaltado por Bhaskar e Sarkar (2013) em áreas úmidas, no norte da Índia. O oposto ocorre no Pantanal brasileiro, onde o processo de sodificação afeta principalmente os horizontes B e Btg dos solos alcalinos da Baixa Nhecolândia (MENEZES *et al.*, 2022).

As maiores concentrações dos elementos Cr, Ga, Mo, P, Pb e S foram encontradas nos horizontes Hístico do perfil 2, a distribuição desses elementos nos solos apresentaram correlação com o teor de matéria orgânica descrito na Tabela 2. Essa distribuição também foi

observada em solos de veredas do Cerrado por Ribeiro *et al.* (2019), em que o gradiente ambiental (em função do pH, o teor de argila e umidade) e a matéria orgânica foram fatores-chave na distribuição dos elementos dos solos. Estudos de XU *et al.* (2021) evidenciaram que nos solos de áreas úmidas o baixo pH pode aumentar a mobilidade dos elementos nos horizontes e diminuir as concentrações ao longo do perfil.

O TiO_2 sofreu variação na distribuição entre os perfis, sendo acompanhada pelo aumento do teor de argila, evidente no horizonte H1 do Perfil 2. O Zr teve aumento dos teores em profundidade e o seu incremento no perfil pode ter origem de rochas com características ácidas, e como parte da estrutura cristalina de minerais resistentes ao intemperismo, tende a permanecer no solo (SILVA *et al.*, 2019; BANTAN *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2020), como o material de origem da área analisada. O tipo de área úmida altera a concentração de metais no solo (XU *et al.*, 2021). Neste estudo, anomalias de Ni, Cu e principalmente Ce, foram encontradas nos horizontes A do Gleissolo (P3). Logo, as variações do ambiente deposicional repercutem no enriquecimento e esgotamento de alguns elementos ao longo da pedogênese, particularmente em solos de áreas úmidas, que se dá principalmente em razão dos pulsos de inundação a que estão sujeitos (CORINGA *et al.*, 2014).

A deposição advinda de fluxos colúvio-aluvial remobilizados e transportados de áreas proximais tende a contribuir para a heterogeneidade dos metais acumulados nesses solos. Estudos de Li *et al.* (2017), em depósitos aluviais na China, demonstraram que a mobilidade dos elementos-traço nos solos pode ocorrer em função dos processos de pedogênese da área fonte dos sedimentos, isso reflete no teor de aluminossilicatos, óxidos e fração argila nos perfis que recebem esse aporte de sedimentos.

Essa relação pode ser observada no gráfico da análise hierárquica (Figura 2), onde a correlação entre a maioria dos elementos é resultado de efeitos relacionados à sua origem sedimentar e da química do material depositado.

O isolamento do P como um grupo na hierarquia, se deve aos teores encontrados nas amostras do Perfil 4, explicado pela influência da matéria orgânica nesse horizonte (ROSOLEN *et al.*, 2019). A concentração de Mn é determinada pela sua mobilidade geoquímica que, por sua vez, é influenciada pelo pH ácido desses solos e pelas condições redutoras que predominam.

O alto teor de Ba, presente principalmente nos perfis 3 e 4, provavelmente é devido ao aumento da sua solubilização em condições redox e a pouca afinidade com a matéria orgânica (MAGALHÃES *et al.*, 2011), que quando comparada com os perfis 1 e 2 apresentou baixos teores (Tabela 3). O vanádio está concentrado nos horizontes superficiais, associado ao

Fe_2O_3 e à matéria orgânica que também é abundante nos mesmos horizontes. O estudo de Durn *et al.* (2021) indica a matéria orgânica como um adsorvente do vanádio, que após a sua oxidação para formas mais móveis (V^{5+} , V^{4+}), também pode ser adsorvido em óxidos de ferro.

4.3 PROPRIEDADES MICROMORFOLÓGICAS

O estudo micromorfológico corroborou com os dados da análise química, especialmente a CTC, pH, saturação por bases e o conteúdo orgânico nos horizontes superficiais (Tabela 3) e mostrou que as diferenças na composição granulométrica e mineralógica herdadas de processos de sedimentação colúvio-aluvial de curto prazo, resultaram em distintos arranjos dos componentes estruturais, a partir dos quais o *solum* passou por processos pedogenéticos.

Tais processos são expressos em camadas arenosas relativamente espessas alternadas por outras de textura mais fina, como atestam os resultados da análise granulométrica (Tabela 2). Essas diferenças marcam a ocorrência de distintos eventos pedogenéticos, separados por fases de alta energia e o conseqüente aumento da deposição de material mais grosso, alternadas com fases mais estáveis, com a formação de agregados e deposição/decomposição de tecidos orgânicos (MEYER *et al.*, 2018). Além da falta de seletividade na sedimentação, o conteúdo grosseiro é quase sempre subangular, fisicamente alterados por fraturamento e desgaste (Figura 4).

Ao comparar os solos descritos, em todos os casos as frações de areia frequentemente presentes desempenham papel muito importante na estrutura dos solos, que na grande maioria é em blocos subangulares (Tabela 5). No perfil 2 a microestrutura refletiu a macroestrutura dos horizontes superficiais, dada a influência da matéria orgânica. Com a melhoria da drenagem, a fauna escavadora do solo intensifica a sua ação na cobertura pedológica, convertendo a estrutura maciça em estrutura granular (BISPO *et al.*, 2011). Do ponto de vista genético, a estrutura macromorfológica forte média grumosa no horizonte H2 do perfil 2, sugere que estes são mais desenvolvidos, a maior pedalidade e maior agregação também foi confirmada pelos dados de microescala (Figura 4 C).

A estrutura no Perfil 3 é moderada nos horizontes superficiais e maciça nos horizontes mais profundos, semelhante as encontradas por Parreira (2018) em veredas do Vale do Jequitinhonha, sudeste do Brasil, que atribuiu a essa estrutura maciça no horizonte B_g como resultado da saturação constante, menor atividade microbiana e o baixo teor de carbono orgânico (Tabela 3), que influencia no desenvolvimento da estrutura nesse horizonte.

A cor da micromassa, o grau de porosidade e ausência de tecido indicam um desenvolvimento pedogenético muito fraco no Perfil 4, inserido em ambiente com dinâmica deposicional mais ativa, cuja mudança de energia de transporte é evidenciada por gradiente altamente friável (grãos soltos) e porosidade entre os grãos, que se acumularam após sofrerem processo de erosão e transporte por fluxo aquoso (Figura 4).

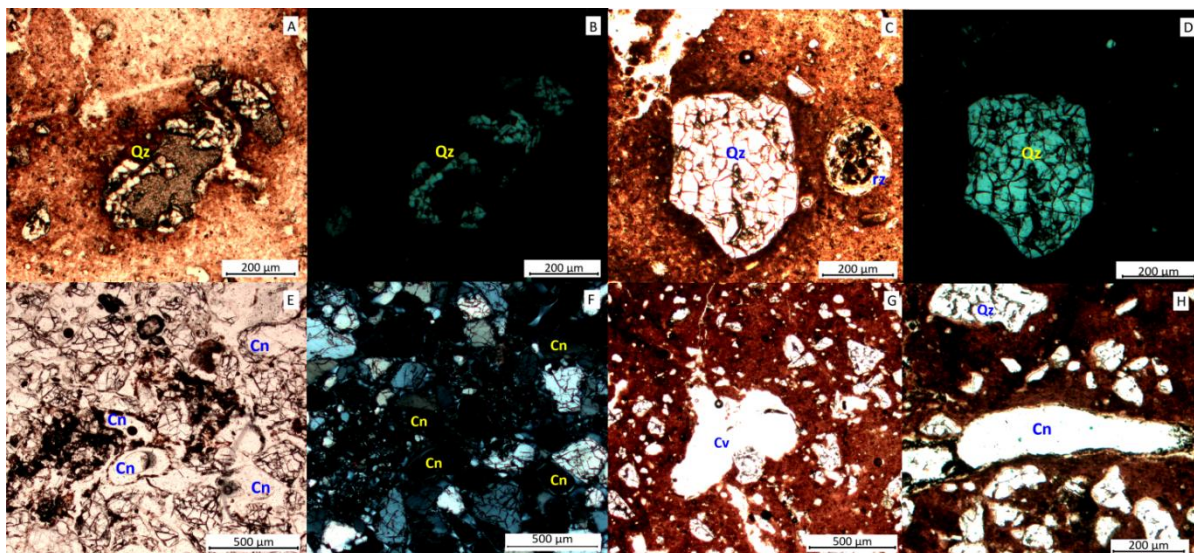


Figura 31 (A) grão de quartzo com alteração irregular, PPL. (B) igual ao anterior em XPL. (C) Grão de quartzo fragmentado, ao lado raiz na transversal, PPL. (D), XPL (E) seção transversal de canais no perfil 4. (F) igual ao anterior em XPL (G) cavidade (Cv), PPL (H) canal (Cn). Fonte: Elaborado pela autora.

A porosidade ocorre em arranjos de fáceis mal acomodadas, muitos deles representados pelos poros biogênicos (canais e cavidades) que refletem a atividade faunística em todos os horizontes (Figura 4). Os canais geralmente estão associados à ação biológica de compressão por raízes ou animais, quando constroem as suas galerias (KOOISTRA e PULLEMAN 2018; CASTRO e COOPER, 2019). Essa porosidade abundante permitiu a circulação de água e gases no solo e, promoveu o aumento do processo de pedogênese nas veredas, observados principalmente nos perfis P1 e P2 através das feições de oxidação. Observou-se também, que os espaços deixados pela atividade microbiana estão sendo preenchidos pela movimentação das partículas nos perfis.

Em linhas gerais, a distribuição relativa entre a fração fina e a fração grossa prevaleceu porfírica, onde as partículas maiores distribuem-se numa matriz densa de material fino. Observa-se o padrão porfírica aberta ou de espaçamento simples para os horizontes que apresentaram maior desenvolvimento de estrutura e, porfírica fechada àqueles que possuíam menor agregação, estrutura maciça. Por sua vez, no P4, foi notado comportamento distinto ao longo dos horizontes. No horizonte A, a distribuição é mônica (Figura 5-C), conforme Stoops (2021) tal distribuição ocorre quando as partículas pertencem a um só grupo de tamanho e

tipo de material. Nos horizontes subjacentes tende a distribuição quito-gefúrica que em geral, ocorre em matriz fracamente desenvolvida, essa terminologia é a mistura de duas classes de distribuição relativa. Enquanto na quitônica as partículas maiores se apresentam envolvidas por películas de material fino, na distribuição gefúrica as partículas maiores se apresentam parcialmente ligadas por pontes de material fino (CASTRO e COOPER, 2019; STOOPS, 2021) (Figura 5-D).

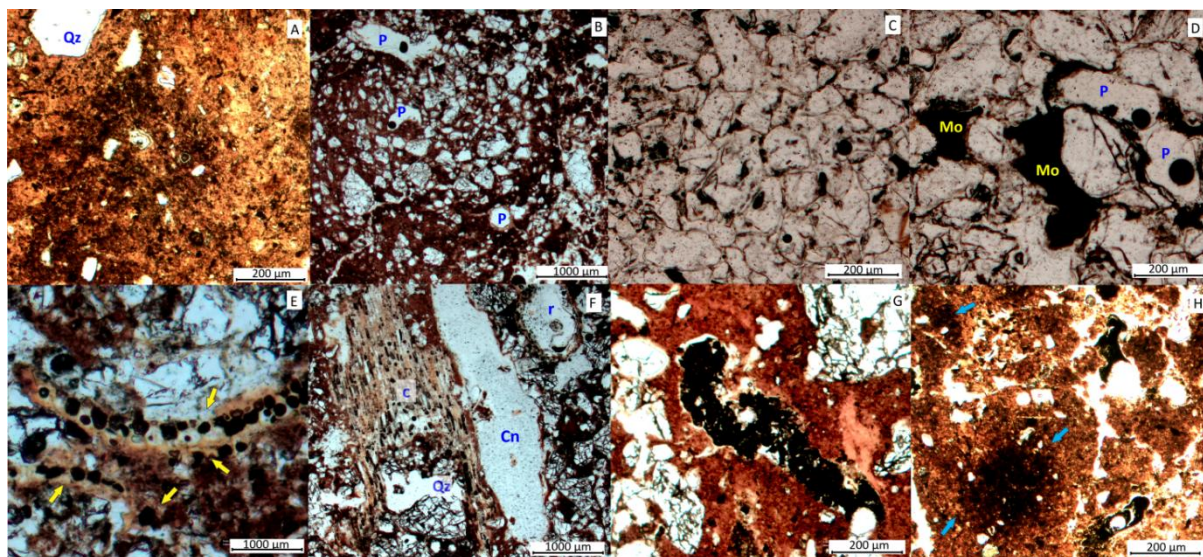


Figura 32 Distribuição relativa e material orgânico em PPL: (A) Porfírica aberta horizonte A₂/perfil 3, PPL. (B) Porfírica fechada horizonte A/Perfil 1. (C) Distribuição mônica, horizonte A/Perfil 4, PPL. (D) Quito-gefúrica com iluviação de matéria orgânica (Mo) no horizonte C/Perfil 4. (E) Resíduos de raiz preenchidos com excrementos da mesofauna. (F) Caule (c) pouco humificado ao lado de bioporo na forma de canal (Cn); (G) Feição organomineral, provavelmente resultante da alteração de uma raiz lenhosa. (H) As setas azuis indicam pigmentos orgânicos. Fonte: Elaborado pela autora.

Os materiais orgânicos nos perfis provêm principalmente dos biritizais, que toleram a saturação hídrica dos solos e se desenvolvem sob pedogênese pantanosa. Nesse sentido, as condições mais úmidas tornaram propício o desenvolvimento da vegetação, aumentando a produção de matéria orgânica evidenciada nos horizontes pelos diferentes tipos morfológicos, sendo os principais, manchas mais escuras (melanização) que se misturam parcialmente com a massa do solo, resíduos de raízes em diferentes estágios de decomposição e matéria orgânica amorfa como pelotas fecais e feições de acumulação (Figura 6). A presença das pelotas fecais indica que esses horizontes já estiveram bem drenados em algum período de sua gênese (COELHO *et al.*, 2014).

Embora no campo, sejam visíveis horizontes mais escuros, com cores gley e ausência de mosqueados, os indícios de variação da saturação hídrica dos solos, são amplamente observados nas lâminas delgadas, expressos pela tonalidade variegada, que pode ser por

influência da rizosfera. Adicionalmente as feições de depleção indicam processo de redução do Fe (Figura 6), concluindo-se, portanto, que esses solos estão sujeitos à saturação hídrica prolongada e possuem uma matriz reduzida (VEPRASKAS *et al.*, 2018).

Nesse aspecto, à medida que as condições hidrológicas se tornam mais secas, além dos processos de decomposição (aeróbica) pela atividade microbiana, o ambiente físico-químico cria condições de transformação pedogênica, onde as feições de depleção e redox são observadas (Figura 6-A). Tais condições são suficientes para formar, ao longo dos canais radiculares ou outros poros, os hiporevestimentos, quase-revestimentos que sublinham fases sucessionais de deposição e concentração de argila ou matéria orgânica, induzidas pela oscilação nas condições de drenagem interna atuantes nos perfis (Figura 6).

Quanto aos nódulos, foram encontradas características distintas, dentre elas, nódulos típicos, septáricos apresentando rachaduras, pseudomórficos e as concreções de ferro-manganês com fragmentos de quartzo incorporados a sua estrutura. Essa aparência confere aos nódulos caráter autóctone e, também pode indicar que alterações nas condições redox ocorreram frequentemente durante o processo de formação dos nódulos (SCARCIGLIA *et al.*, 2003; SUN *et al.*, 2018).

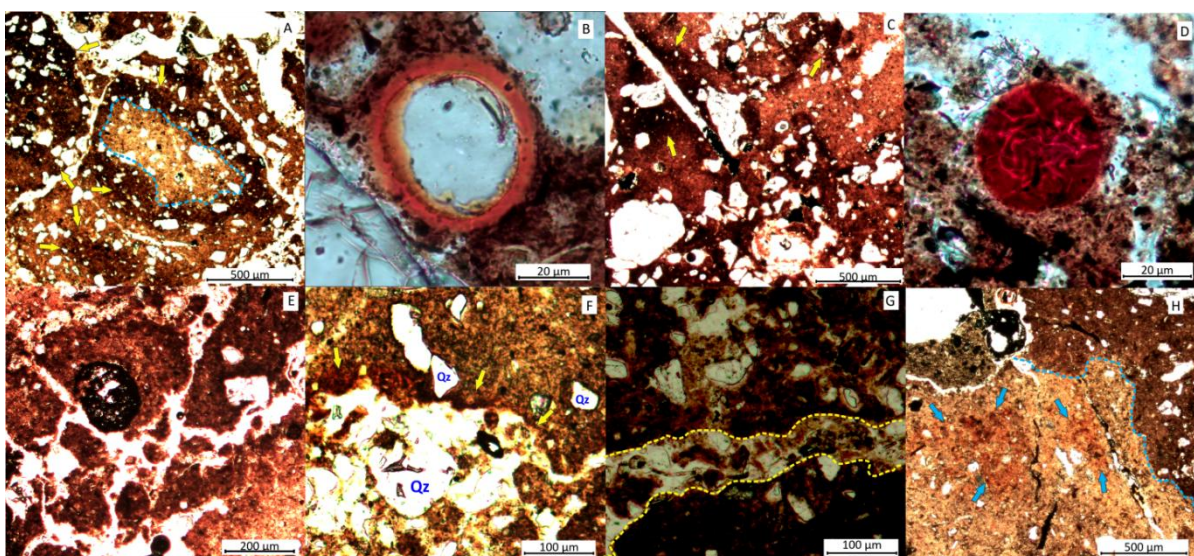


Figura 33 (A) Feição de depleção (tracejado azul) que se intercala com as feições de acumulação; (B) revestimento típico em poro (C); capeamentos em grão e poros (D); nódulo septárico apresentando rachaduras (E); nódulo de Fe-Mn nucleico, com estrutura interna em grãos de quartzo, embutido entre poro e bloco subangular (F); hiporevestimento de argila nas paredes do poro (G); preenchimento do canal com material solto contínuo de grãos de quartzo (Qz) e microagregados do solo (H); micromassa com coloração brunada na parte superior e zona de depleção com pigmentos ferruginosos (setas azuis). Fonte: Elaborado pela autora.

Além das condições abióticas de flutuação do nível freático, os nódulos também são formados a partir da atividade microbiana. Os minerais solúveis de Fe e Mn entram na rede de poros no baixo potencial redox do solo. Eles precipitam e preenchem a rede de poros quando

o potencial redox do solo aumenta. Os nódulos acumulam concentrações substanciais de C orgânico (mais de dez vezes maior que a matriz do solo) durante o processo de formação, fornecendo evidências de que as diferentes comunidades microbianas mediam a transformação de óxidos de Fe-Mn e promovem a formação dos nódulos do solo (YU *et al.*, 2020).

Sugere-se, portanto que o principal mecanismo de desenvolvimento dos solos no transecto seja a alteração em sua microestrutura em períodos de biostasia, que permitiu alterações minerais e dos elementos químicos resultantes da saturação dos solos. Tais mecanismos têm atuado pós-episódios de processos deposicionais, operando em escala de tempo muito recente.

CONCLUSÕES

Os quatro perfis investigados demonstram uma notável pedodiversidade dentro das veredas, as quais estão localizadas em diferentes setores da paisagem regional. A comparação entre os perfis não revelam uma relação cronológica contínua, mas trajetórias distintas da pedogênese e que neste sentido, parece compor um quadro geoambiental distinto, onde mudanças sutis nas condições ambientais das veredas, seja elas topográficas ou pedoclimáticas corroboram para a diversidade nos atributos dos seus solos. A granulometria mais fina, maiores teores de matéria orgânica e maior desenvolvimento de estrutura, sugerem maior grau de hidromorfismo dos solos de áreas mais abaciadas da paisagem.

As seções delgadas, demonstraram relação entre as propriedades físicas e químicas dos solos e as características da microestrutura. Neste sentido, o acúmulo de Fe_2O_3 e Al_2O_3 nos horizontes superficiais reforça os processos redoximórficos a que esses ambientes estão sujeitos, representados principalmente pela presença de cores variegadas e pedofeições (nódulos, hipoevestimentos, impregnação) na matriz do solo. Os maiores teores de SiO_2 e Al_2O_3 nos solos estão relacionados ao próprio material de origem, quartzoso-caulinítico.

Dada a variedade de diferentes tipos de solos, cuja morfologia é dependente de sua espacialização e dos múltiplos processos pedogenéticos, mais estudos como este, são necessários para entender as nuances das questões relacionadas ao grau de evolução desses solos, reforçando a importância, nos ecossistemas de veredas, que como demonstrado aqui, têm um papel fundamental na esculturação da paisagem local e serviços ambientais.

REFERÊNCIAS

- ABSY, M. L. A. **Registros palinológicos em sedimentos do holoceno e vegetação atual em Roraima**. In: BARBOSA, R.I.; FERREIRA E.J.G.; CASTELLÓN, E.G. (eds) Homem, ambiente e ecologia no Estado de Roraima. Editora do INPA, Manaus, p. 463, 1997.
- ALVES, R. A. **Estudo preliminar sobre o ecossistema de veredas na porção setentrional de Bonfim, estado de Roraima, Brasil**. Revista GeoUECE (Online), v. 08, n. 15, p. 99-110, jul./dez. 2019. ISSN 2317 - 028X.
- ALVES, R. A., OLIVEIRA, C. V. **Atributos físicos e químicos das coberturas superficiais em ambientes de veredas: uma revisão**. *Anais...*, XIII SINAGEO. : geomorfologia : complexidade e interesclaridade da paisagem [livro eletrônico] -- 1. ed. São José dos Campos-SP, 2022. p.3597-3606.
- BANTAN, R.A., GHANDOUR, I.M., AL-ZUBIERI, A. **Mineralogical and Geochemical composition of the subsurface sediments at the mouth of Wadi Al-Hamd, Red Sea coast, Saudi Arabia: implications for provenance and Climate**. Environmental Earth Sciences 2020, 57, 1–20. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8787-x>.
- BARBOSA, R.I. MIRANDA, I.S. **Fitofisionomias e diversidade vegetal nas savanas de Roraima**. In: BARBOSA, R.I; XAUD, H.A.M.; SOUZA, J.M.C. (eds.) Savanas de Roraima: Etnoecologia, biodiversidade e potencialidades agrossilvipastoris. Boa Vista, Femact, p. 61-78, 2005.
- BARNI, P. E., BARBOSA, R. I., XAUD, H. A. M., XAUD, M. R., FEARNESIDE, P. M. **Precipitação no extremo norte da Amazônia: distribuição espacial no estado de Roraima, Brasil**. Sociedade & Natureza, v.32(1), 2020 p. 439-456.DOI: 10.14393/SN-v32-2020-52769
- BENEDETTI, U. G., VALE JÚNIOR, J. F., SCHAEFER, C. E. G. R., MELO, V. F., UCHÔA, S. C. P. **Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos pleistocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, norte amazônico**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2011 35(2), 299-312. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000200002>
- BIJOS, N. R., EUGÊNIO, C. U. O., MELLO, T. R. B., SOUZA, G. F., Cássia Beatriz Rodrigues Munhoz, **Plant species composition, richness, and diversity in the palm swamps (veredas) of Central Brazil**, Flora, v 236–237, 2017, p. 94-99, ISSN 0367-2530, <https://doi.org/10.1016/j.flora.2017.10.002>.
- BISPO, F. H. A., SILVA, A. C., VIDAL-TORRADO, P., SOUZA JUNIOR, V. S. **Highlands of the Upper Jequitinhonha Valley, Brazil. II – Mineralogy, Micromorphology, and Landscape Evolution**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2011 v. 35 (4) <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000400002>
- BOIXADERA, J. ROSA, P. MARÍA, G. VIZCAYNO, C. **Hydromorphic and clay-related processes in soils from the Llanos de Moxos (northern Bolivia)**. Catena, 2003. v. 54, Issue 3, p. 403-424. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(03\)00134-6](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(03)00134-6)

CARVALHO, T. M., CARVALHO, C. M., MORAIS, R. P. **Fisiografia da paisagem e aspectos biogeomorfológicos do lavrado, Roraima, Brasil.** *Revista Brasileira de Geomorfologia*, (2016). 17(1), 93-107. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v17i1.669>

CASTRO, S.S.; COOPER, M. **Micromorfologia do solo: Bases e aplicações.** In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S. & ALVAREZ V., V.H. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019. p.240.

COELHO, M.R., MARTINS, V. M., PÉREZ, X.L.O., VASQUEZ, F.M., GOMES, F.H., COOPER, M., Vidal-Torrado. (2014) **Micromorfologia de horizontes espódicos nas restingas do Estado de São Paulo.** *R. Bras. Ci. Solo*, 36:1380-139. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000500002>

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Geodiversidade do estado de Roraima.** Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Manaus, p. 212, 2014.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B., TEIXEIRA, W. G., VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solo.** 2ª edição, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2001 p. 225

DUARTE, E. D. R. S., MELO, V. F., NOVOTNY, E. H., UCHÔA, S. C. P., FARIAS, H. L. S., VELOSO, G. V., AMORIM, R. J P., MATIAS, T. M. L. C., CABRAL, J. V. P. **Chemical of Soils With Histic Horizon of Lakes and Riparian of the Savanna, Northern Amazonia, Brazil.** *Journal of Agricultural Science* 11(1), 2019 p.159-173. DOI:10.5539/jas.v11n1p159

DURN, G., PERKOVIC, I., STUMMEYER, J., OTTNER, FRANZ, MILEUSNIC, M. **Differences in the behaviour of trace and rare-earth elements in oxidizing and reducing soil environments: Case study of Terra Rossa soils and Cretaceous palaeosols from the Istrian peninsula, Croatia.** *Chemosphere*, 2021. v.283, p.1-12. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131286>

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos.** 3ª.ed., Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2017.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018 p.1-356.

FAGÉRIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; ZIMMERMANN, J. P. **Caracterização química e granulométrica de solos de várzea de alguns estados brasileiros.** *Pesq. Agropec. Bras.*, Campinas, v.29, p.267-274, 1994.

GUERRA, M. D. F.; SOUZA; SILVA, E. V. **Veredas da Chapada do Araripe: subespaços de exceção no semiárido do estado do Ceará, Brasil.** *Ateliê geográfico (UFG)*, 2020 v. 14, p. 51-66, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5216/ag.v14i2.62824>

FERRONATO, C., FALSONE, G., NATALE, M. ZANNONI, D. BUSCAROLI, A., VIANELLO, G., ANTISARI, L.V. **Chemical and pedological features of subaqueous and hydromorphic soils along a hydrosequence within a coastal system (San Vitale Park,**

Northern Italy). Geoderma. 2016 v. 265 p.141-51.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.11.018>

HEIDARI, A., OSAT, M., KONYUSHKOVA, M. **Geochemical indices as efficient tools for assessing the soil weathering status in relation to soil taxonomic classes.** Catena. 2022, v. 208 105716 <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105716>

HORÁK-TERRA, I., TRINDADE, R. N. R., Terra, F. S., SILVA, A. C., Camargo, P. B., VIANA, C. B. O., VIDAL-TORRADO, P. **Soil processes and properties related to the genesis and evolution of a Pleistocene savanna palm swamp (vereda) in central Brazil.** Geoderma, 2022, v. 410, 115671, ISSN 0016-7061, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115671>.

HUNTLEY, D.J., GODFREY-SMITH, D.I., THEWALT, M.L.W. **Optical dating of sediments.** Nature, 1985 313, 105-11)7. <https://doi.org/10.1038/313105a0>.

KLAMT, E.; KAMF, N.; SCHNEIDER, P. **Solos de várzea no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre (RS) :** Departamento de Solos da UFRGS, 1985. (Boletim técnico, 4).

KOOISTRA, M. J., PULLEMAN, M.M. **Features Related to Faunal Activity** In Stoops, G., Marcelino, V. & Mees, F. (eds.), Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths. Second Edition. Elsevier, Amsterdam, 2018 pp. 447-469.

LI, P., MU, X., HOLDEN, J., WU, Y., IRVINE, B., WANG, F., GAO P., ZHAO, G., SUN, W. **Comparison of soil erosion models used to study the Chinese Loess Plateau.** Earth-Science Reviews, v. 170, p. 17-30, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.05.005>

MCLEAN, E. O. HEDDLESON, M. R. BARTLETT, R. J. , HOLOWAYCHUK N. **Aluminium in soils: In:** Extraction methods and magnitude clays in Ohio soils. Soils Science Society of America Proceedings, v. 22, n. 5, p. 382-387, 1958.

MEHLICH A. 1984. **Mehlich-3 soil test extractant:** a modification of Mehlich-2 extractant. Commun Soil Sci Plant Anal 15(12):1409-16.

MENEZES, A. R., FONTANA, A., ANJOS, L. H. C., PEREIRA, M. G., SCHIAVO, J. A. **Soils with dark subsurface horizons in saline basins in the Brazilian Pantanal.** Revista Brasileira de Ciencia do Solo. 2022 v. 46 p.24 DOI: 10.36783/18069657rbcs20210088

MENESES, M.E., COSTA, M.L., ENTERS, D., BEHLING, H. **Environmental changes during the last millennium based on multi-proxy palaeoecological records in a savanna-forest mosaic from the northernmost Brazilian Amazon region.** Anais da Academia Brasileira de Ciências. 2015 87 (3) p. 1624 a 1651. DOI <https://doi.org/10.1590/0001-3765201520130074>

MENESES, M.E., COSTA, M.L., BEHLING, H. **Late Holocene vegetation and fire dynamics from a savanna-forest ecotone in Roraima state, northern Brazilian Amazon.** Journal of South American Earth Sciences, v (42) p.17-26. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2012.10.007>

MAGALHÃES, M. O. L., SOBRINHO, N. M. B. A., ZONTA, E., LIMA, L. S., Paiva, F. S. D. **Mobilidade de bário em solo tratado com sulfato de bário sob condição de oxidação e redução.** *Química*. Nova, 2011. v. 34, N. 9, 1544-1549.

MEYER, I. K., STOLT, M., LINDBO, D. **Soil organic matter.** In Stoops, G., Marcelino, V. & Mees, F. (eds.), *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*. Second Edition. Elsevier, Amsterdam, 2018 pp. 471-512.

MUNSELL SOIL COLOR COMPANY, **Munsell soil color charts**, Munsell color, Macbeth Division of Kollmorgen Corporation, Baltimore, Maryland, USA. 1950, revised 1975.

OLIVEIRA JUNIOR J.C, Beirigo RM, Chiapini M, do Nascimento AF, Couto EG, Vidal-Torrado P. **Origin of mounds in the Pantanal wetlands: An integrated approach between geomorphology, pedogenesis, ecology and soil micromorphology.** PLoS ONE. 2017 12(7): e0179197. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179197>

PARREIRA, R. B. **Sistema de transformação de solos hidromórficos - cambissolos na superfície de cimeira do planalto do espinhaço meridional – Diamantina/MG.** Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte- MG, 2018.

PEREIRA, M. G.; DA SILVA, R. C. PINHEIRO JUNIOR, C. R., OLIVEIRA, F. S. SILVA NETO, E. C., FONTANA, A., PACHECO, A. A. PEDRON, F. A. **Soil genesis on the soft slopes of ancient coastal plains, southeastern Brazil.** CATENA, 2022 v. 210, p. 105894-105894. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105894>

RAIJ, B.V. QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S., BATAGLIA, O.C. **Análise química de solo para fins de fertilidade.** Campinas, Fundação Cargill. 1987. 170p

RAMOS, M. V. V., CURTI, N., MOTTA, P. E. F., VITORINO, A. C. T., FERREIRA, M. M., SILVA, M. L. N. **Veredas do Triângulo Mineiro: solos, água e uso.** Ciênc. agrotec., Lavras, 2006 v. 30, n. 2, p. 283-293, mar./abr.

REIS, N.J.; FARIA, M.S.G. de; MAIA, M.A.M. **O Quadro Cenozóico da Porção Norte-Oriental do Estado de Roraima.** In: KLEIN, E.L.; VASQUEZ, M.L.; ROSA-COSTA, L.T. da (eds.). *Contribuição à Geologia da Amazônia*, v. 3, Manaus: SBG/Núcleo Norte, 2001.

RIBEIRO, B. T., NASCIMENTO, D. C., CURTI, N., GUILHERME, L. R. G., COSTA, E. T. S., LOPES, G., CARNEIRO J. P. **Assessment of Trace Element Contents in Soils and Water from Cerrado Wetlands, Triângulo Mineiro Region.** Rev Bras Cienc Solo. 2019;43:e0180059. <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20180059>

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.** 7ª ed. (revista e ampliada). Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015 p.100.

SCARCIGLIA, F.; TERRIBILE, F. & COLOMBO, C. **Micromorphological evidence of paleoenvironmental changes in Northern Cilento (South Italy) during the Late Quaternary**. Catena, 2003. v. 54:515-536 [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(03\)00124-3](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(03)00124-3)

SILVA H.G., S., SILVA A., E., POGGERE C., G., PADUA JUNIOR L., A., GONÇALVES G.M., M., GUILHERME R.G., L., CURI, N. **Modeling and prediction of sulfuric acid digestion analyses data from PXRF spectrometry in tropical soils**. Scientia Agricola. 2020 77 (4), 1–12. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2018-0132>.

SILVA, F.M.; WEINDORF, D.C.; SILVA, S.H.G.; SILVA, E.A.; RIBEIRO, B.T.; GUILHERME, L.R.G.; CURI, N. **Tropical Soil Toposequence Characterization via pXRF Spectrometry**. Pedology 2019, 83. doi:10.2136/sssaj2018.12.0498

SILVA, M. L., BATEZELLI, A. LADEIRA, F.S.B. **Micromorphology of Paleosols of the Marília Formation and their Significance in the Paleoenvironmental Evolution of the Bauru Basin, Upper Cretaceous, Southeastern Brazil**. Rev Bras Cienc Solo. 2017, v.41 p.1-20. DOI: 10.1590/18069657rbc20160287

STOOPS, G. **Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections**. 2 ed. USA. Soil Science Society of America and Wiley 2021. doi:10.2136/guidelinesforanalysis2

STOOPS, G., MARCELINO, V. ZAUZYAH, S. MAAS, A. **Micromorphology of soils of the humid tropics**. In: A.J. Ringrose-Voase and G.S. Humphreys (Editors), Soil Micromorphology: Studies in Management and Genesis. Proc. IX Int. Working Meeting on Soil Micromorphology, Townsville, Australia, July 1992. Developments in Soil Science 22, Elsevier, Amsterdam, 1994 p. 317–325

SUN, H., JIANG, Y., WANG, Q., OWENS, P. R. **Fe-Mn nodules in a southern Indiana loess with a fragipan and their soil forming significance**. Geoderma, 2018 v. 313, p. 92-111, ISSN 0016-7061, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.10.025>.

TARGULIAN, V.O., GORYACHKIN, S.V. **Soil memory: Types of record, carriers, hierarchy and diversity**. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. 2004, v. 21 (1), 1–8.

VEPRASKAS, M. J., LINDBO, S. M. , D., STOLT, M. H. **Redoximorphic Features**. In Stoops, G., Marcelino, V. & Mees, F. (eds.), Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths. 2ª ed. Elsevier, Amsterdam, 2018, pp. 471-512.

VIANELLO, G., ANTISARI, L. V. **Chemical and pedological features of subaqueous and hydromorphic soils along a hydrosequence within a coastal system (San Vitale Park, Northern Italy)**. Geoderma, 2016 v. 265, p. 141-151, ISSN 0016-7061, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.11.018>.

VIDOTTO, E., PESSENDA, L.C.R.; RIBEIRO, A.S.; FREITAS, H. A.; BENDASSOLLI, J.A. **Dinâmica do ecótono floresta-campo no Sul do estado do Amazonas no Holoceno, através de estudos isotópicos e fitossociológicos**. Acta Amazônica, v. 37(3) p. 385-400, 2007.

XU J., WANG X., WANG J., XU L., ZHENG X., ZHANG Y., HU C. **Dominant**

environmental factors influencing soil metal concentrations of Poyang Lake wetland, China: Soil property, topography, plant species and wetland type. *CATENA*, 2021. v. 207, 105601, ISSN 0341-8162, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105601>.

YU, X., WANG, Y., ZHOU, G., PENG, G., BROOKES, P. C., LU, S. **Paleoclimatic fingerprints of ferromanganese nodules in subtropical Chinese soils identified by synchrotron radiation-based microprobes**, *Chemical Geology*, 2020, v. 531, 119357, <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2019.119357>.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pesquisas voltadas para o ambiente de veredas na Amazônia tiveram, durante muito tempo, um caráter descritivo. Porém, na última década as veredas assumiram um papel relevante no que se refere à reconstrução paleogeográfica, o que permitiu indicar que esses ambientes são condizentes com as condições climáticas quentes e úmidas prevalentes na região. Mas como as veredas, que são subsistemas típicos de áreas abertas, foram formadas no norte da Amazônia, que em geral é uma região caracterizada por densas florestas?

As pesquisas que resultaram nesta tese comportam algumas proposições sobre a questão norteadora, todas elas muito plausíveis. Assim, na tentativa de respondê-la remeteu-se à pesquisa geográfica, com intuito de investigar a espacialidade dos fenômenos que envolveram a evolução da paisagem e a distribuição das veredas na região. Nesta tese, apropriou-se também da geomorfologia para analisar os principais processos que condicionaram a formação do relevo. Por fim, com o auxílio da pedologia, aprofundou-se a investigação sobre os materiais e os processos atuantes nas coberturas superficiais, que foi fundamental para compreender o ambiente de formação e a diversidade dos solos.

Os indicadores geomórficos, em conjunto com as características dos depósitos sedimentares e registros cronológicos obtidos a partir dos sedimentos das veredas, aliados a observações de campo e ainda informações obtidas por estudos anteriores de setores adjacentes à área de estudo, possibilitaram a elaboração de uma proposta de formação e evolução das veredas do norte da Amazônia.

Inicialmente, as condições ambientais predominantes eram de clima seco, do final do Pleistoceno ao Holoceno médio. O intenso processo erosivo, que marcou esse período, atuou sobre os altos topográficos, dissecando serras, rebaixando interflúvios e alargando os vales que tardiamente abrigariam as veredas.

Depois de 5.000 AP, um clima úmido de caráter regional, conferiu maior taxa de precipitação. A recarga de grande volume de água nas depressões acarretou o transbordamento de lagos, que passaram a se conectar com a rede de drenagem principal. Por outro lado, a baixa declividade do relevo favoreceu a acomodação de sedimentos em fundos de vales úmidos, expostos a condições de má drenagem. Os dados da morfoscopia permitiram interpretar que os sedimentos são constituídos de materiais autóctones, formados sob um manto do intemperismo decorrente de processos sedimentares muito anteriores, vigentes na deposição da Formação Boa Vista, cujo ambiente deposicional é planícies e canais.

Em face à chegada das condições mais úmidas e da organização das drenagens

superficiais, o estabelecimento de um ambiente redutor permitiu a colonização de espécies adaptadas, nesse caso, as veredas seriam a resposta da adaptação a esse ambiente redutor e teriam surgido por volta de LOE/SAR= 2.160 (± 275) anos AP, idade registrada em 35cm de profundidade no Perfil 1, onde foram observados os primeiros indícios de material orgânico dentro da seção analisada. Confirmando a hipótese inicial desta tese, a origem das veredas no norte da Amazônia, não necessariamente resulta de um ou outro processo de natureza isolada, mas se trata de uma junção de agentes condicionantes, próprios dos fatores que passaram a compor a paisagem, após o Holoceno médio e foram favoráveis a retenção de água nos fundos dos vales, onde os processos pedogenéticos (hidromorfismo) se instalaram.

Ao avaliar o efeito das variáveis climáticas atuais e das propriedades físico-químicas dos solos, na configuração da vegetação das veredas, ficou evidente a influência das interações edafoclimáticas na distribuição do estrato arbóreo das veredas, induzidos principalmente pela CTC do solo e pelas condições de precipitação e sazonalidade, os quais foram confirmados pelos resultados da PCA e pela biomassa acima do solo.

O levantamento florístico reconheceu nas quatro veredas 274 indivíduos distribuídos, distribuídos em 7 famílias, com destaque para *Dilleniaceae*, *Arecaceae*, *Malpighiaceae* e *Fabaceae*, consideradas comuns aos ambientes de veredas. A análise de similaridade mostrou a formação de dois grupos. O primeiro residiu na ocorrência de indivíduos característicos de matas pluviais, distribuídos na área correspondente às condições de maior precipitação. O segundo grupo, formado por espécies adaptadas a solos com déficit hídrico como *Anacardium occidentale* presentes nas veredas P3 e P4, submetidas a maior sazonalidade. Apesar de a *Maurítia flexuosa* ser considerada espécie chave deste ambiente, a sua maior ocorrência foi apenas no Perfil 2, pois em grande parte das veredas, o estrato arbóreo predominante foi de *Curatella americana* encontrada principalmente na zona de contato entre a vereda e a savana.

Concluiu-se que uma única variável não seria responsável isoladamente pelas distinções entre a vegetação das veredas, uma vez que, além dos fatores edafoclimáticos, mecanismos como a própria ciclagem da vegetação por meio da serapilheira promoveriam os efeitos de retroalimentação entre a vegetação e o balanço de nutrientes do solo.

As características granulométricas, mineralógicas, químicas e micromorfológicas dos solos, além da geocronologia nos perfis, permitiram identificar as condições do ambiente de formação dos solos e importantes processos de caráter pedogeomorfológico atuantes nas veredas.

Ao longo do transecto, foi identificada a ocorrência de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico típico à norte; GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico

neofluvissólico nas proximidades do entroncamento dos rios Tacutu e Uraricoera; ORGANOSSOLO HÁPLICO Sáprico típico em área abaciada; GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico cambissólico à sul do transecto. As ocorrências dessas classes de solos variaram em função da posição geomórfica dos perfis e de condições pedoclimáticas que afetaram as suas características.

De maneira geral os solos das veredas são ácidos, com altos níveis de alumínio disponível e apresentam pouca variação na concentração de nutrientes. Os maiores teores de SiO_2 e Al_2O_3 obtidos pela FRX demonstraram que os materiais que compõem esses solos estão relacionados ao próprio material de origem, quartzoso-caulinítico. Os quatro perfis investigados não mostraram relação cronológica contínua na sua trajetória evolutiva, mas trajetórias distintas da pedogênese.

Os solos situados nos setores mais elevados da paisagem apresentaram a granulometria mais grossa, estrutura maciça a grãos simples, e microestrutura mônica, que compreendem características iniciais do processo de pedogênese. Este setor é caracterizado por uma sutil elevação da altitude, que promove maior atuação dos fluxos de transferência das partículas ao longo do perfil, no qual pode ser observado processo de iluviação, através do capeamento das partículas maiores que se apresentaram evolvidas por películas de material fino, neste caso material orgânico.

Os solos formados nos setores à sul do transecto apresentaram textura ligeiramente mais argilosa, maior desenvolvimento de estrutura e formação de horizontes mais espessos, logo podem ser considerados mais desenvolvidos. Estes setores apresentaram idade absoluta mais antiga, demonstrando que o tempo também é um fator que tem contribuído para evolução desses solos. No Perfil 2, a formação da macro e microestrutura em grumos se deve ao acúmulo de matéria orgânica e argilas, que têm atuado como material cimentante e provisor de agregação ao solo.

As propriedades físicas e químicas dos solos e as características da microestrutura, com distribuição relativa em grande parte dos horizontes, são compatíveis com uma pedogênese hidromórfica. A descrição macromorfológica realizada em campo confirma a má drenagem dos perfis, que em grande parte apresentaram horizontes na coloração Gley.

O acúmulo de Fe_2O_3 e Al_2O_3 nos horizontes superficiais comprova a ocorrência dos processos redoximórficos a que esses ambientes estão sujeitos, representados na micromorfologia, principalmente pela presença de cores variegadas, nódulos, hipoevestimentos, impregnação e outras feições na matriz do solo.

Esse agrupamento interdisciplinar de investigação da paisagem permite argumentar

que as veredas desempenham papel fundamental para a morfologia regional. Sob a ótica da escala da paisagem, as idades mais recentes, registradas nas camadas acima de 40 cm nos perfis e a granulometria mais grossa com ausência de raízes ou restos vegetais nas camadas mais profundas, indicam que essa área está se ampliando e que há uma tendência de maior rebaixamento do relevo, com conseqüente aumento de áreas típicas de veredas, a norte da área de estudo.

Os estudos de evolução do solo são ferramentas essenciais para responder a muitas questões ambientais, embora existam desafios específicos. Acredita-se que os resultados apresentados possam servir de subsídio para as próximas pesquisas a fim de preencher e solucionar as questões ainda não plenamente esclarecidas.

É digno destacar que esta é uma pesquisa inicial e pioneira na análise micromorfológica em horizontes de solos saturados e de granulometria predominantemente arenosa. Espera-se que esta tese possa estimular outras pesquisas a partir da metodologia apresentada e que as investigações subsequentes possam incluir a dinâmica do nível freático, com vistas a investigar a presença de níveis freáticos suspensos; além do estudo da transformação da cobertura pedológica, para identificação dos processos que interferem na morfologia dos vales e estejam influenciando a paisagem de veredas, no centro-leste de Roraima.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A.N. **A Formação Boa Vista: Significado geomorfológico e geocológico no contexto do relevo de Roraima.** In: Homem, ambiente e ecologia no Estado de Roraima (R.I. Barbosa, E.J.G. Ferreira e E.G. Castellón, Eds.) Editora do INPA, Manaus. p.267-293, 1997.
- AB'SABER, A. N. **O suporte geocológico das florestas beiradeiras.** In: Matas Ciliares: conservação e recuperação. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 193p. 2001.
- ABSY, M.L.; CLEEF, A.; FOURNIER, M.; MARTIN, L.; SERVANT, M.; SIFEDDINE, A.; SILVA, M.F.; SOUBIÈS, F.; SUGUIO, K.; TURQ, B.; VAN DER HAMMEN, T. **Mise en evidence de quatre d'ouverture de la forêt dense dans le sud-est de l'Amazonie au cours des 60000 dernières années. Première comparaison avec d'autres regions tropicales.** *Compte Rendus de l'Academie des Sciences*, v.312(2): 673-678, 1991.
- ALVES, R.A; BESERRA NETA, L.C. **Compartimentação geomorfológica e classificação morfológica dos ambientes lacustres nas savanas da região nordeste de Roraima.** *Revista Acta Geográfica: UFRR*, v. 12, n 29, p.1-18 2018
- AMARAL, G. **Províncias Tapajós e Rio Branco.** In: Almeida, F.F.M., Hasui, Y. (eds.) *O Pré-Cambriano do Brasil*, São Paulo, Blucher, p. 6-35. 1984
- AUGUSTIN, C. H. R. R.; MELO, R.D.; ARANHA, P.R.A. **Aspectos Geomorfológicos de Veredas: Um Ecossistema do Bioma do Cerrado, Brasil.** *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 10, nº 1, 2009.
- AUGUSTIN, C.H.R.R., MELO, D.R. & ARANHA, P.R.A. **Aspectos da evolução geomorfológica das veredas no norte de Minas Gerais.** In: VII SINAGEO, II Encontro Latino Americano de Geomorfologia, Belo Horizonte. *Anais... UGB-IGC/UFMG*, 2008. Vol. 1, Eixo 4, p.1-19.
- AVILA, I.C.S.S. **Caracterização preliminar do subsolo da área urbana de Boa Vista-RR, a partir de sondagens de simples reconhecimento.** Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Roraima-UFRR, Boa Vista. 88p. 2007
- BARBOSA, R. I., FERREIRA, E. J. G & Castellón. **Distribuição das chuvas em Roraima. Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima.** INPA, p. 325-335, 1997.
- BARBOSA, R. I.; LIMA, A. D.; MOURÃO-JUNIOR, M. **Biometria de frutos de buriti (Mauritia Flexuosa L.f - Arecaceae): produção de polpa e óleo em uma área de savana em Roraima. Mauritia flexuosa L. F.** *Revista Amazônia Ciência e Desenvolvimento*, v.5(10), p. 71-85. 2010.
- BARBOSA, R.I. MIRANDA, I.S. **Fitofisionomias e diversidade vegetal nas savanas de Roraima.** In: BARBOSA, R.I; XAUD, H.A.M.; SOUZA, J.M.C. (eds.) *Savanas de Roraima: Etnoecologia, biodiversidade e potencialidades agrossilvipastoris.* Boa Vista, Femact, p. 61-78, 2005.

BESERRA NETA, L.C.; TAVARES JUNIOR, S.S. **Geomorfologia do Estado de Roraima por Imagens de Sensoriamento Remoto**. In: SILVA, P. R.; OLIVEIRA, R. S. (Org.). Roraima 20 anos As Geografias de um novo Estado. Boa Vista: UFRR, 2008.

BENEDETTI, U; VALE JÚNIOR, J. F.; SCHAEFER, C. E. G.R.; MELO, V. F.; UCHÔA, S. P. **Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos pliopleistocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, norte Amazônico**. Revista brasileira de ciências do solo, 35:299-312, 2011

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais**. Vol.1. Florianópolis: Ed. UFSC. 1994.

BOAVENTURA, R. S. **Contribuição aos estudos sobre a evolução das veredas**. In: 2º Plano de Desenvolvimento Integrado no Noroeste Mineiro. CETEC, Informe Técnico, v. 1, n. 1, Belo Horizonte, 1978.

BOAVENTURA, R. S. **Contribuição aos estudos sobre a evolução das veredas**. In: **Características geomorfológicas**. In: FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS- CETEC. Plano de Desenvolvimento integrado do Noroeste Mineiro, 2: recursos naturais. Belo Horizonte: CETEC, 1981.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa Geomorfológico do Estado de Roraima**. Rio de Janeiro, 2005.

CARVALHO, P. G. S. **As veredas e sua importância no domínio dos cerrados**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 15, n. 168, p. 54-56, 1991.

CLARK D. B., CLARK D. A., READ J. M. **Edaphic variation and the mesoscale distribution of tree species in a neotropical rain Forest**. Journal of Ecology 86:101- 112. 1998

CORRÊA, A. C. B.; TAVARES, B. A. C.; MONTEIRO, K. A.; CAVALCANTI, L. C. S.; LIRA, D. R., **Megageomorfolgia e morfoestrutura do Planalto da Borborema**. Revista do Instituto Geológico, 31, 35-52, 2010.

COSTA, J. A. V. **Compartimentação do relevo do estado de Roraima**. In: OLIVEIRA, R. S. (Org.). Roraima em foco: pesquisas e apontamentos recentes. Boa Vista: Editora UFRR, 2008. p.77- 107.

CPRM. **Zoneamento Ecológico Econômico da Região Central do Estado de Roraima**. Serviço Geológico do Brasil, Rio de Janeiro. 2002.

DUARTE, E. D. R. S., MELO, V. F., NOVOTNY, E. H., UCHÔA, S. C. P., FARIAS, H. L. S., VELOSO, G. V., AMORIM, R. J P., MATIAS, T. M. L. C., CABRAL, J. V. P. **Chemical of Soils With Histic Horizon of Lakes and Riparian of the Savanna, Northern Amazonia, Brazil**. Journal of Agricultural Science 11(1), 2019 p.159-173.DOI:10.5539/jas.v11n1p159

ESPÍRITO-SANTO, F.D.B. OLIVEIRA-FILHO, A. T.; MACHADO, E. L. M.; SOUZA, J. S.; FONTES, M. A. L.; MARQUES, J. J. G. S. M. **Variáveis ambientais e a distribuição**

de espécies arbóreas em um remanescente de floresta estacional semidecídua montana no campus da Universidade Federal de Lavras, MG. Acta Botânica Brasílica, v.16, n.3, p.331-356, 2002.

EVANGELISTA, R. A. O.; SANDER, C.; WANKLER, F. L. **Estudo preliminar da distribuição pluviométrica e do regime fluvial da bacia do rio branco, estado de Boa Vista – RR.** In: SILVA, P. R. F, OLIVEIRA, R. S. (Org.) Roraima 20 anos: as geografias de um novo estado. – Boa Vista editora UFRR, 2008.

FERRAZ-VICENTINI K. R., SALGADO-LABOURIAU M. L. **Palynological analysis of a palm swamp in central Brazil.** Journal of South American Earth Science, v.9 207-219, 1996.

FRANCO, E. M. S; DEL'ARCO, J. O; RIVETTI, M. **Geomorfologia.** In: BRASIL. Projeto Radambrasil. Levantamento dos Recursos Naturais. Folha NA 20 Boa Vista e parte das Folhas NA 21 Tumucumaque, NB20 Roraima e NB 21.ed. IBGE. Rio de Janeiro. p. 139-180, 1975.

GONZALES, A. G.; URREGO, L.E.; SANCHEZ M.; PEÑUELA, M.C. **Environmental drivers for regeneration of *Mauritia flexuosa* L.f. in Colombian Amazonian swamp forest.** Aquatic Botany. v.123. p. 47-53 May/2015.

GERASIMOV, I. P. **Essai d'interprétation geomorphologique du schéma general de la structure geologique de l'URSS.** Problèmes de Géographie Physique, v. 12, Tzd. Vo AN SSSR, Moscou. 1946

GUERRA, M.D.F; SOUZA, M.J.N; SILVA, E.V. **Veredas da Chapada do Araripe: subespaços de exceção no semiárido do estado do Ceará, Brasil.** Ateliê Geográfico, v. 14, n. 2, ago/2020, p. 51–66

HADA, A. R. **O Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) na Terra Indígena Araçá, Roraima: usos tradicionais, manejo e potencial produtivo.** Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2010.

HOEK, Y. V.; SOLAS, S. Á.; PEÑUELA, M. C. **The palm *Mauritia flexuosa*, a keystone plant resource on multiple fronts.** Biodiversity and Conservation. v.28 p. 539-551, 2019.

KAHN, F. **Palms as key swamp forest resources in Amazonia.** Forest Ecology and Management, v.38, p.133-142, 1991.

KAHN, F.; MELLA, K.; MOUSSA, F.; GOMEZ, D. ***Mauritia Flexuosa* (Palmae), La mas Acuatica de Las Palmeras Amazonicas.** In: KAHN, F.; LEÓN, B. & YOUNG, K.R. (eds.). Plantas vasculares en las aguas continentales del Peru. Lima: IFEA, 357 p. 1993.

LATRUBESSE E.M.; NELSON B.W. **Evidence for Late Quaternary Aeolian Activity in the Roraima-Guyana Region.** Rev. Catena, v. 43, p.63-80, 2001

LIMA, S.C.; QUEIROZ NETO, J.P. **As veredas e a evolução do relevo.** Sociedade e Natureza, Uberlândia, v.15, p.481- 488, 1996.

MELO, D. R. **Contribuição ao estudo geomorfológico de veredas: região de Pirapora, MG.** Monografia de Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1978.

MELO, V. F.; SCHAEFER, C. E.G.R.; FONTES, L. E. F.; CHAGAS, A. C.; LEMOS JÚNIOR, J. B.; ANDRADE, R. P. **Caracterização física, química e mineralógica de solos da Colônia Agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia) sob diferentes usos e após queima.** Revista brasileira de ciência do solo, 30:1039-1050, 2006.

MELO, V.F.; SCHAEFER, C.E.G.R. & UCHÔA, S.C.P. **Indian land use in the RaposaSerra do Sol Reserve, Roraima, Amazonia, Brazil:** Physical and chemical attributes of a soil catena developed from mafic rocks under shifting cultivation, Catena, 80:95-105, 2010b

MENESES, M.E., COSTA, M.L., ENTERS, D., BEHLING, H. **Environmental changes during the last millennium based on multi-proxy palaeoecological records in a savanna-forest mosaic from the northernmost Brazilian Amazon region.** Anais da Academia Brasileira de Ciências. 2015 87 (3) p. 1624 a 1651. DOI <https://doi.org/10.1590/0001-3765201520130074>

MENESES, M.E., COSTA, M.L., BEHLING, H. **Late Holocene vegetation and fire dynamics from a savanna-forest ecotone in Roraima state, northern Brazilian Amazon.** Journal of South American Earth Sciences, v (42) p.17-26. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2012.10.007>

MENESES, M. E. N. S. ; COSTA, M. L. . **Caracterização mineralógica e química dos regolitos de uma área de transição savana-floresta em Roraima: uma análise da evolução da paisagem.** Revista brasileira de geociências , v. 42, p. 42-56, 2012. DOI: 10.5327/Z0375-75362012000500005

MESCERJAKOV, J.P. **Les concepts de morphostruture et de morphoscultures: un nouvel instrument de l'analyse geomorphologique.** Annales de Geographie, 77 années, 423, Paris, 539-552p. (1968)

MIRANDA, I. S.; ABSY, M. L. **Fisionomia das Savanas de Roraima, Brasil.** Acta Amazônica, Pará, v. 3, n. 31, jun. p. 423-441, 2000.

NERI, A. V.; SCHAEFER, C.E.G.R.; SILVA, A.F.; SOUZA, A.L.; FERREIRA JUNIOR, G.T.; MEIRA NETO, J.A.A. **The influence of soils on the floristic composition and community structure of an area of Brazilian Cerrado vegetation.** Edinburgh Journal of Botany, v. 69, n. 1, p. 1-27, 2012.

NIMER, E. **Climatologia da região Amazônica – introdução à climatologia dinâmica.** Revista Brasileira de Geografia 34, 124-153, 1972.

OLIVEIRA FILHO, A.T., VILELA, E.A., CARVALHO, D.A. & GAVILANES, M.L. **Effects of soils and topography on the distribution of tree species in a tropical riverine forest in south-eastern Brazil.** Journal of Tropical Ecology 10:483-308, 1994b.

OLIVEIRA, A. C. **Paleoincêndios como indicadores de mudanças climáticas durante o cenozoico (formação Boa Vista), bacia do Tacutu, Roraima** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais. – Boa Vista, 2020.

PENCK W. **Morphological analysis of landforms** (translated Czech H and Boswell KC) Macmillan, London, 1953.

PRANCE G.T. 1996. **Islands in Amazonia**. Philosophical Transactions of the Royal Society 351B: 823–833.

REIS N.J.; NUNES N.S. de V.; PINHEIRO S. da S. **A Cobertura Mesozóica do Hemigraben Tacutu - Estado de Roraima. Uma abordagem ao Paleo-ambiente da Formação Serra do Tucano**. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 38, Camboriú, SC. Anais: v.3, p. 234-235, 1994.

REIS N.J.; FARIA M.S.G. de; MAIA, M.A.M. **O Quadro Cenozóico da porção Norte-Oriental do Estado de Roraima**. In: KLEIN, E.L.; VASQUEZ, M.L.; ROSA COSTA, L.T.da. (eds). Contribuições a Geologia da Amazônia, v.3 SBG/Núcleo Norte, p. 259-272, 2002.

REIS, N. J.; FRAGA, L. M.; FARIA, M. S. G.; ALMEIDA, M. E. **Geologia do Estado de Roraima**, Brasil. Geologie de la France, 2003, n. 2 - 4, p. 121-134, 2003.

REIS N.J.; FRAGA, L. M. B.; ALMEIDA, M. E. **Arcabouço Geológico**. In: HOLANDA J. L. R.; MARMOS, J. L.; MAIA, M. A. M. (Org) Geodiversidade do estado de Roraima. CPRM, Serviço Geológico do Brasil. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Manaus, p. 212, 2014.

ROSA, R.K; KOPTUR, S. **New findings on the pollination biology of *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) in Roraima, Brazil: linking dioecy, wind, and habitat**. American journal of botany, 100: 613-621. 2013.

RULL, V.; VEGAS-VILARRÚBIA, T.; MONTOYA, E. **The neotropical Gran Sabana region: Palaeoecology and conservation**. The Holocene. v.26 (7). p.1162-1167., 2016.

SARMIENTO, G.; MONASTERIO, M. **A critical consideration of the environmental conditions associated with the occurrence of savanna ecosystems in tropical America**. In.: GOLLEY, F. B.; MEDINA, E. (ed.). Tropical ecological systems. Springer, Berlin, 1975. p.223-250.

SCHAEFER, C.E.G.R.; VALE JÚNIOR, J.F. **Mudanças climáticas e evolução da paisagem em Roraima: uma resenha do Cretáceo ao Recente**. In: BARBOSA, R.I.; FERREIRA, E.J.G.; CASTELLÓN, E.G. Homem, ambiente e ecologia no Estado de Roraima. Manaus, INPA, p. 231-265, 1997.

SCHAEFER, C.E.G.R.; LIMA, H. N.; TEIXEIRA, W. G.; VALE JÚNIOR, J. F.; SOUZA, K.

W.; CORRÊIA, G. R.; MENDONÇA, B. A.F.; AMARAL, E. F.; CAMPOS, M. C.C.; RUIVO, M. L. P. **Solos da Região Amazônica**. In: CURI, N.; KER, J. C.; NOVAIS, R. F.; VIDAL-TORRADO, P.; SCHAEFER, C.E.G.R. *Pedologia: solos dos biomas brasileiros*, Edição: 1, Capítulo: III, ed: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.111-176, 2017.

SCHAEFER, C.E.G.R.; VALE JÚNIOR, J. F.; MELO, V. F.; URQUIZA, M. A. FARIA, M. M. FRANCELINO, M. R. **Esboço pedológico, geomorfológico e climático do Estado de Roraima**. In: BATISTA, K. D.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M, R.; OLIVEIRA, V. Á.; VALE JÚNIOR, J. F. ed. XI Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos, Roraima. Guia de Campo..., Brasília, DF: Embrapa, p.332, 2018.

SILVA D.; SANDER, C.; ARAÚJO, A.; WANKLER, F. **Análise dos ciclos de precipitação na região de Boa Vista - RR nos anos de 1910 a 2014**. *Revista Geografia Acadêmica* v.9, n.2 p.34-49., 2015.

SIMÕES FILHO, F.F.L. **Sedimentação lacustre e implicações paleoambientais na região de contato floresta-savana de Roraima durante o Holoceno**. Tese de Doutorado, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2000, 213 p.

SOUZA, L. S. B; CARVALHO, F. W. S. **Contextualização geológica da porção sudoeste do Sistema Aquífero Boa Vista, estado de Roraima, Brasil, a partir de sondagens elétricas verticais rasas**. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi. Cienc. Nat.*, Belém, v. 12, n. 1, p. 91-107, jan.-abr. 2017

TRICART, J.; KILIAN, J. (1982) – **La Eco-Geografia y la Ordenación del Medio Natural** Editorial Anagrama, Barcelona, 288p.

VALE JUNIOR J. F.; SCHAEFER, C. E. R.; COSTA, J. A. V. **Etnopedologia e transferência de conhecimento: diálogos entre os saberes indígena e técnico na terra indígena malacacheta, Roraima**. *Revista brasileira de ciência do solo*, 31:403-412, 2007.

VAN DER HAMMEN, T. **The palaeoecology and palaeogeography of savannas**. In F. Bourliere, ed., *Tropical Savannas*, pp. 19–35. Amsterdam: Elsevier, 1983

VAZ, P. T.; WANDERLEY FILHO, J. R.; BUENO, G. V. **Bacia do Tacutu**. *Boletim de Geociências da Petrobras*. v. 15, n. 2, p. 289-297, 2007.

ANEXOS

ANEXO A - Tabela Lista de espécies arbóreas coletadas nas veredas (P1, P2, P3 e P4)

Sites	Parcela	Espécie	Família	CAP	DAP	H	A_basal	Densidade (g/lcm ³)	Biomassa (Mg. ha ⁻¹)
P1	1	Curatella americana	Dilleniaceae	21	0,07	1,0	0,004	0,002	8.698647e-10
P1	1	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	30	0,10	1,6	0,007	0,008	1.068199e-08
P1	1	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	30	0,10	1,4	0,007	0,007	8.230983e-09
P1	1	Curatella americana	Dilleniaceae	23	0,07	1,3	0,004	0,004	2.210374e-09
P1	1	Mauritia flexuosa	Arecaceae	21	0,07	1,3	0,004	0,003	1.669266e-09
P1	1	Curatella americana	Dilleniaceae	21	0,07	1,5	0,004	0,004	2.541687e-09
P1	1	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	32	0,10	1,6	0,008	0,009	1.198331e-08
P1	1	Curatella americana	Dilleniaceae	22	0,07	1,4	0,004	0,004	2.376172e-09
P1	1	Genipa Americana	Rubiaceae	42	0,13	3,0	0,014	0,029	1.157186e-07
P1	2	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	42	0,13	1,7	0,014	0,017	3.947015e-08
P1	2	Mauritia flexuosa	Arecaceae	21	0,07	1,5	0,004	0,004	2.541687e-09
P1	2	Curatella americana	Dilleniaceae	25	0,08	1,3	0,005	0,005	3.566565e-9
P1	2	Curatella americana	Dilleniaceae	28	0,09	1,3	0,006	0,006	5.362666e-09
P1	2	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	43	0,14	2,0	0,015	0,021	6.569742e-08
P1	2	Curatella americana	Dilleniaceae	29	0,09	2,0	0,007	0,009	1.212949e-08
P1	2	Himatanthus sucuuba	Apocynaceae	42	0,13	3,0	0,014	0,029	1.157186e-07
P1	2	Himatanthus sucuuba	Apocynaceae	40	0,13	1,6	0,013	0,014	3.078042e-08
P1	2	Himatanthus sucuuba	Apocynaceae	33	0,11	2,0	0,009	0,012	2.376292e-08
P1	2	Himatanthus sucuuba	Apocynaceae	36	0,11	2,0	0,010	0,014	2.762103e-08
P1	3	Mauritia flexuosa	Arecaceae	65	0,21	6,0	0,034	0,141	2.717069e-06
P1	3	Mauritia flexuosa	Arecaceae	52	0,17	4,6	0,022	0,069	6.909072e-07
P1	3	Himatanthus sucuuba	Apocynaceae	46	0,15	8,0	0,017	0,094	1.255839e-06
P1	3	Himatanthus sucuuba	Apocynaceae	41	0,13	6,5	0,013	0,061	5.085315e-07
P1	3	Himatanthus sucuuba	Apocynaceae	29	0,09	3,5	0,007	0,016	3.672214e-08
P1	3	Himatanthus sucuuba	Apocynaceae	32	0,10	4,2	0,008	0,024	8.005575e-08
P1	4	Himatanthus sucuuba	Apocynaceae	36	0,11	4,6	0,010	0,033	1.437920e-07
P1	4	Mauritia flexuosa	Arecaceae	90	0,29	12	0,066	0,555	3.822318e-05
P1	4	Mauritia flexuosa	Arecaceae	85	0,27	10	0,057	0,401	2.026311e-05
P1	4	Mauritia flexuosa	Arecaceae	83	0,26	8	0,053	0,297	1.129456e-05
P1	4	Mauritia flexuosa	Arecaceae	114	0,36	10	0,102	0,713	6.230644e-05
P1	4	Mauritia flexuosa	Arecaceae	45	0,14	3,0	0,016	0,034	1.561891e-07
P1	4	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	23	0,07	2,0	0,004	0,006	4.999509e-09
P1	4	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	22	0,07	1,3	0,004	0,004	2.210374e-09
P1	5	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	24	0,08	1,0	0,005	0,003	1.676938e-09
P1	5	Mauritia flexuosa	Arecaceae	72	0,23	3,0	0,041	0,087	1.029791e-06
P1	5	Mauritia flexuosa	Arecaceae	34	0,11	4,0	0,009	0,026	9.941184e-08
P1	5	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	30	0,10	2,0	0,007	0,010	1.651279e-08
P1	5	Himatanthus sucuuba	Apocynaceae	62	0,20	3,0	0,031	0,064	5.809351e-07
P1	5	Himatanthus sucuuba	Apocynaceae	31	0,10	2,0	0,008	0,011	1.812256e-08

P1	5	Himatanthus sucuuba	Apocynaceae	35	0,11	2,0	0,010	0,014	2.762103e-08
P1	5	Curatella americana	Dilleniaceae	48	0,15	3,0	0,018	0,039	2.043123e-07
P1	6	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	31	0,10	2,0	0,008	0,011	1.812256e-08
P1	6	Curatella americana	Dilleniaceae	32	0,10	2,0	0,008	0,011	1.812256e-08
P1	6	Curatella americana	Dilleniaceae	28	0,09	1,6	0,006	0,007	7.633667e-09
P1	6	Bowdichia virgilioides	Fabaceae	35	0,11	3,0	0,010	0,020	5.811513e-08
P1	6	Curatella americana	Dilleniaceae	26	0,08	1,7	0,005	0,006	5.536566e-09
P1	6	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	26	0,08	2,0	0,005	0,008	8.591477e-09
P1	6	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	40	0,13	2,0	0,013	0,018	4.890843e-08
P1	6	Genipa Americana	Rubiaceae	43	0,14	3,0	0,015	0,031	1.427238e-07
P1	6	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	30	0,10	3,0	0,007	0,015	3.643766e-08
P1	6	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	22	0,07	1,5	0,004	0,004	2.541687e-09
P1	6	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	29	0,09	1,3	0,007	0,006	5.362666e-09
P1	7	Bowdichia virgilioides	Fabaceae	28	0,09	2,0	0,006	0,009	1.212949e-08
P1	7	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	33	0,11	1,5	0,009	0,009	1.355250e-08
P1	7	Mauritia flexuosa	Arecaceae	123	0,39	11,0	0,120	0,927	1.032862e-04
P1	7	Mauritia flexuosa	Arecaceae	90	0,29	12,0	0,064	0,541	3.728184e-05
P1	7	Mauritia flexuosa	Arecaceae	113	0,36	10,0	0,102	0,711	6.213585e-05
P1	7	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	27	0,09	2,0	0,006	0,008	1.081229e-08
P1	7	Curatella americana	Dilleniaceae	27	0,09	2,0	0,006	0,008	1.081229e-08
P1	7	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	42	0,13	2,3	0,014	0,023	7.120742e-08
P1	7	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	28	0,09	1,5	0,006	0,007	7.167657e-09
P1	7	Himatanthus sucuuba	Apocynaceae	31	0,10	4,0	0,008	0,021	6.700568e-08
P1	8	Bowdichia virgilioides	Fabaceae	41	0,13	4,0	0,013	0,037	1.943605e-07
P1	8	Mauritia flexuosa	Arecaceae	75	0,24	3,0	0,045	0,094	1.206787e-06
P1	8	Mauritia flexuosa	Arecaceae	92	0,29	2,0	0,067	0,094	1.175423e-06
P1	8	Mauritia flexuosa	Arecaceae	87	0,28	2,0	0,060	0,084	9.834888e-07
P1	8	Mauritia flexuosa	Arecaceae	78	0,25	3,0	0,048	0,102	1.415331e-06
P1	8	Himatanthus sucuuba	Apocynaceae	30	0,10	2,8	0,007	0,014	3.184654e-08
P1	8	Himatanthus sucuuba	Apocynaceae	35	0,11	3,5	0,010	0,024	8.070681e-08
P1	8	Himatanthus sucuuba	Apocynaceae	32	0,10	4,2	0,008	0,024	8.005575e-08
P1	9	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	45	0,14	2,0	0,016	0,023	7.179739e-08
P1	9	Himatanthus sucuuba	Apocynaceae	47	0,15	3,0	0,018	0,037	1.940798e-07
P1	9	Himatanthus sucuuba	Apocynaceae	45	0,14	3,0	0,016	0,034	1.561891e-07
P1	9	Curatella americana	Dilleniaceae	48	0,15	3,0	0,018	0,039	2.043123e-07
P1	9	Himatanthus sucuuba	Apocynaceae	36	0,11	1,0	0,010	0,007	7.138867e-09
P1	9	Himatanthus sucuuba	Apocynaceae	29	0,09	2,0	0,007	0,009	1.212949e-08
P1	9	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	23	0,07	1,3	0,004	0,004	2.210374e-09
P1	10	Curatella americana	Dilleniaceae	57	0,18	3,0	0,026	0,054	4.006763e-07
P1	10	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	32	0,10	1,5	0,008	0,009	1.125177e-08
P1	10	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	31	0,10	1,5	0,008	0,008	1.002989e-08
P1	10	Curatella americana	Dilleniaceae	33	0,11	2,0	0,009	0,012	2.376292e-08
P1	10	Bowdichia virgilioides	Fabaceae	48	0,15	3,0	0,018	0,039	2.043123e-07
P1	10	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	37	0,12	2,0	0,011	0,015	3.501444e-08

P1	10	Curatella americana	Dilleniaceae	33	0,11	1,5	0,009	0,009	1.355250e-08
P1	10	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	50	0,16	2,0	0,020	0,028	1.128987e-07
P1	10	Bowdichia virgilioides	Fabaceae	29	0,09	2,0	0,007	0,009	1.212949e-08
P1	10	Curatella americana	Dilleniaceae	27	0,09	2,0	0,006	0,008	1.081229e-08
P2	1	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	26	0,08	1,5	0,005	0,006	4.899902e-09
P2	1	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	31	0,10	2,0	0,008	0,011	1.812256e-08
P2	1	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	32	0,10	3,0	0,008	0,017	4.117215e-08
P2	1	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	45	0,14	4,0	0,016	0,045	2.718961e-07
P2	1	Mauritia flexuosa	Arecaceae	105	0,33	6,0	0,088	0,368	1.674547e-05
P2	1	Curatella americana	Dilleniaceae	59	0,19	4,0	0,028	0,078	8.441837e-07
P2	1	Curatella americana	Dilleniaceae	59	0,19	3,0	0,028	0,058	4.774393e-07
P2	1	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	43	0,14	3,0	0,015	0,031	1.427238e-07
P2	2	Curatella americana	Dilleniaceae	52	0,17	2,0	0,022	0,030	1.359337e-07
P2	2	Curatella americana	Dilleniaceae	45	0,14	1,6	0,016	0,018	4.545944e-08
P2	2	Curatella americana	Dilleniaceae	25	0,08	2,0	0,005	0,007	7.541673e-09
P2	2	Curatella americana	Dilleniaceae	27	0,09	1,0	0,006	0,004	2.794519e-09
P2	2	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	23	0,07	1,0	0,004	0,003	1.292161e-09
P2	2	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	22	0,07	2,0	0,004	0,005	4.184528e-09
P2	3	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	27	0,09	2,0	0,006	0,008	1.081229e-08
P2	3	Mauritia flexuosa	Arecaceae	86	0,27	5,0	0,059	0,206	5.377325e-06
P2	3	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	22	0,07	2,0	0,004	0,005	4.184528e-09
P2	3	Mauritia flexuosa	Arecaceae	126	0,40	3,0	0,126	0,265	8.994862e-06
P2	4	Mauritia flexuosa	Arecaceae	104	0,33	5,0	0,086	0,301	1.151940e-05
P2	4	Curatella americana	Dilleniaceae	23	0,07	1,0	0,004	0,003	1.292161e-09
P2	4	Curatella americana	Dilleniaceae	23	0,07	1,0	0,004	0,003	1.292161e-09
P2	5	Mauritia flexuosa	Arecaceae	106	0,34	5,0	0,089	0,313	1.268551e-05
P2	5	Mauritia flexuosa	Arecaceae	96	0,31	10,0	0,073	0,513	3.374641e-05
P2	5	Mauritia flexuosa	Arecaceae	95	0,30	3,0	0,072	0,151	2.962836e-06
P2	5	Mauritia flexuosa	Arecaceae	90	0,29	4,0	0,064	0,180	4.358856e-06
P2	5	Mauritia flexuosa	Arecaceae	94	0,30	5,0	0,070	0,246	7.854221e-06
P2	5	Mauritia flexuosa	Arecaceae	79	0,25	4,0	0,050	0,139	2.535052e-06
P2	5	Mauritia flexuosa	Arecaceae	82	0,26	5,0	0,054	0,187	4.545223e-06
P2	6	Mauritia flexuosa	Arecaceae	119	0,38	2,0	0,113	0,158	3.307099e-06
P2	6	Mauritia flexuosa	Arecaceae	113	0,36	10,0	0,102	0,711	6.213585e-05
P2	6	Mauritia flexuosa	Arecaceae	114	0,36	10,0	0,103	0,724	6.324445e-05
P2	6	Mauritia flexuosa	Arecaceae	92	0,29	11,0	0,067	0,519	3.288657e-05
P2	6	Mauritia flexuosa	Arecaceae	98	0,31	4,0	0,076	0,214	5.878242e-06
P2	7	Mauritia flexuosa	Arecaceae	125	0,40	1,0	0,124	0,087	1.038023e-06
P2	7	Mauritia flexuosa	Arecaceae	103	0,33	12,0	0,084	0,709	6.246919e-05
P2	7	Mauritia flexuosa	Arecaceae	90	0,29	12,0	0,064	0,541	3.728184e-05
P2	7	Mauritia flexuosa	Arecaceae	106	0,34	12,5	0,089	0,782	7.582560e-05
P2	7	Mauritia flexuosa	Arecaceae	88	0,28	4,0	0,062	0,173	3.915715e-06
P2	7	Mauritia flexuosa	Arecaceae	86	0,27	10,0	0,059	0,412	2.080544e-05
P2	7	Mauritia flexuosa	Arecaceae	78	0,25	11,0	0,048	0,373	1.783122e-05

P2	8	Mauritia flexuosa	Arecaceae	83	0,26	11,0	0,055	0,422	2.171437e-05
P2	8	Mauritia flexuosa	Arecaceae	80	0,25	11,0	0,051	0,392	1.871718e-05
P2	8	Mauritia flexuosa	Arecaceae	97	0,31	10,0	0,075	0,524	3.445248e-05
P2	8	Mauritia flexuosa	Arecaceae	85	0,27	10,0	0,057	0,402	2.031242e-05
P2	8	Mauritia flexuosa	Arecaceae	73	0,23	9,0	0,042	0,267	8.989250e-06
P2	9	Mauritia flexuosa	Arecaceae	83	0,26	8,0	0,055	0,307	1.166557e-05
P2	9	Mauritia flexuosa	Arecaceae	96	0,31	4,0	0,073	0,205	5.636836e-06
P2	9	Mauritia flexuosa	Arecaceae	78	0,25	12,0	0,048	0,407	2.113679e-05
P2	9	Mauritia flexuosa	Arecaceae	98	0,31	3,0	0,076	0,160	3.342293e-06
P2	9	Mauritia flexuosa	Arecaceae	109	0,35	2,0	0,095	0,132	2.363313e-06
P2	9	Mauritia flexuosa	Arecaceae	78	0,25	3,0	0,048	0,102	1.415331e-06
P2	9	Mauritia flexuosa	Arecaceae	82	0,26	1,0	0,054	0,037	1.943605e-07
P2	9	Mauritia flexuosa	Arecaceae	93	0,30	1,0	0,069	0,048	3.313197e-07
P2	10	Mauritia flexuosa	Arecaceae	106	0,34	6,0	0,089	0,376	1.812679e-05
P2	10	Mauritia flexuosa	Arecaceae	85	0,27	10,0	0,057	0,402	2.031242e-05
P2	10	Mauritia flexuosa	Arecaceae	84	0,27	11,0	0,056	0,432	2.391490e-05
P2	10	Mauritia flexuosa	Arecaceae	66	0,21	10,0	0,035	0,243	7.609197e-06
P2	10	Mauritia flexuosa	Arecaceae	81	0,26	8,0	0,052	0,292	1.110894e-05
P2	10	Mauritia flexuosa	Arecaceae	94	0,30	5,0	0,070	0,246	7.854221e-06
P2	10	Mauritia flexuosa	Arecaceae	90	0,29	4,0	0,064	0,180	4.358856e-06
P3	1	Mauritia flexuosa	Arecaceae	74	0,24	3,0	0,044	0,092	1.181720e-06
P3	1	Mauritia flexuosa	Arecaceae	82	0,26	3,0	0,054	0,112	1.673980e-06
P3	1	Curatella americana	Dilleniaceae	21	0,07	1,0	0,004	0,002	8.698647e-10
P3	2	Mauritia flexuosa	Arecaceae	73	0,23	2,0	0,042	0,059	4.745311e-07
P3	2	Curatella americana	Dilleniaceae	33	0,11	1,6	0,009	0,010	1.599686e-08
P3	2	Curatella americana	Dilleniaceae	25	0,08	2,0	0,005	0,007	7.541673e-09
P3	2	Curatella americana	Dilleniaceae	44	0,14	3,0	0,015	0,032	1.472156e-07
P3	2	Curatella americana	Dilleniaceae	47	0,15	3,0	0,018	0,037	1.940798e-07
P3	3	Curatella americana	Dilleniaceae	42	0,13	1,5	0,014	0,015	3.091453e-08
P3	3	Mauritia flexuosa	Arecaceae	54	0,17	2,0	0,023	0,032	1.447715e-07
P3	3	Mauritia flexuosa	Arecaceae	86	0,27	4,0	0,059	0,165	3.482667e-06
P3	3	Curatella americana	Dilleniaceae	28	0,09	1,0	0,006	0,004	2.794519e-09
P3	3	Mauritia flexuosa	Arecaceae	82	0,26	4,0	0,054	0,150	2.947940e-06
P3	3	Mauritia flexuosa	Arecaceae	103	0,33	4,2	0,084	0,248	8.043229e-06
P3	3	Mauritia flexuosa	Arecaceae	46	0,15	1,6	0,017	0,019	5.483146e-08
P3	3	Mauritia flexuosa	Arecaceae	33	0,11	1,5	0,009	0,009	1.355250e-08
P3	3	Curatella americana	Dilleniaceae	40	0,13	1,0	0,013	0,009	1.264076e-08
P3	3	Curatella americana	Dilleniaceae	22	0,07	1,0	0,004	0,003	1.292161e-09
P3	3	Mauritia flexuosa	Arecaceae	64	0,20	4,5	0,033	0,103	1.373062e-06
P3	3	Curatella americana	Dilleniaceae	30	0,10	1,0	0,007	0,005	4.267856e-09
P3	4	Anacardium occidentale	Anacardiaceae	88	0,28	3,0	0,062	0,129	2.220616e-06
P3	4	Curatella americana	Dilleniaceae	55	0,18	3,0	0,024	0,051	3.789360e-07

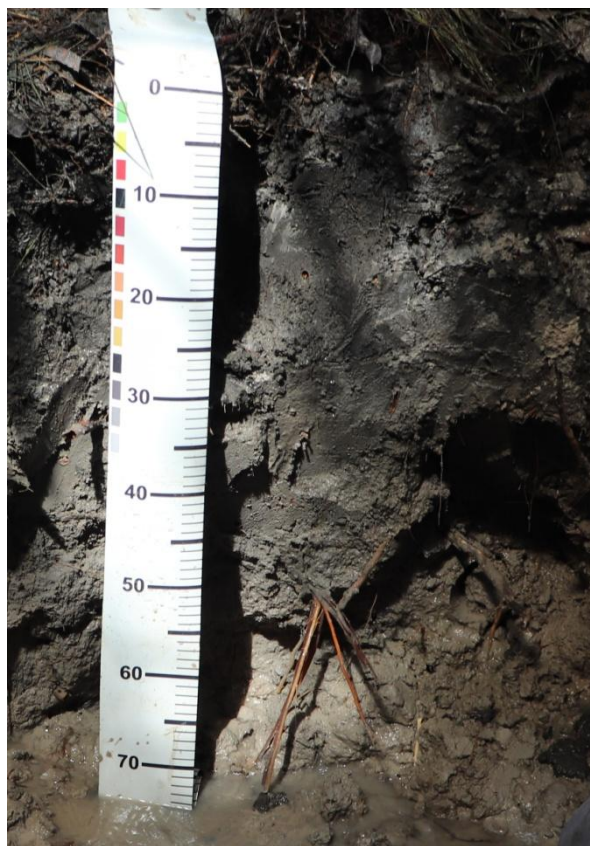
P3	4	Curatella americana	Dilleniaceae	59	0,19	3,0	0,028	0,058	4.774393e-07
P3	4	Mauritia flexuosa	Arecaceae	101	0,32	10,0	0,081	0,568	3.965626e-05
P3	4	Mauritia flexuosa	Arecaceae	68	0,22	6,0	0,037	0,155	3.263349e-06
P3	4	Mauritia flexuosa	Arecaceae	87	0,28	3,5	0,060	0,148	2.951572e-06
P3	4	Mauritia flexuosa	Arecaceae	94	0,30	12,0	0,070	0,591	4.342162e-05
P3	5	Curatella americana	Dilleniaceae	20	0,06	1,0	0,003	0,002	6.438306e-10
P3	5	Curatella americana	Dilleniaceae	32	0,10	2,0	0,008	0,011	1.812256e-08
P3	5	Curatella americana	Dilleniaceae	26	0,08	1,0	0,005	0,004	2.220533e-09
P3	5	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	30	0,10	1,0	0,007	0,005	4.267856e-09
P3	5	Curatella americana	Dilleniaceae	26	0,08	1,0	0,005	0,004	2.220533e-09
P3	6	Curatella americana	Dilleniaceae	30	0,10	2,0	0,007	0,010	1.651279e-08
P3	6	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	20	0,06	1,0	0,003	0,002	6.438306e-10
P3	6	Curatella americana	Dilleniaceae	24	0,08	1,0	0,005	0,003	1.676938e-09
P3	6	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	20	0,06	1,0	0,003	0,002	6.438306e-10
P3	6	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	20	0,06	1,0	0,003	0,002	6.438306e-10
P3	7	Curatella americana	Dilleniaceae	20	0,06	1,0	0,003	0,002	6.438306e-10
P3	7	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	20	0,06	1,0	0,003	0,002	6.438306e-10
P3	7	Curatella americana	Dilleniaceae	22	0,07	1,0	0,004	0,003	1.292161e-09
P3	7	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	21	0,07	1,0	0,004	0,002	8.698647e-10
P3	8	Curatella americana	Dilleniaceae	21	0,07	1,0	0,004	0,002	8.698647e-10
P3	8	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	23	0,07	1,0	0,004	0,003	1.292161e-09
P3	8	Mauritia flexuosa	Arecaceae	97	0,31	6,0	0,075	0,314	1.269498e-05
P3	8	Mauritia flexuosa	Arecaceae	109	0,35	8,0	0,095	0,529	3.544414e-05
P3	8	Mauritia flexuosa	Arecaceae	66	0,21	4,0	0,035	0,097	1.269658e-06
P3	8	Curatella americana	Dilleniaceae	47	0,15	2,0	0,018	0,025	8.911277e-08
P3	8	Mauritia flexuosa	Arecaceae	62	0,20	2,0	0,031	0,043	2.652749e-07
P3	9	Mauritia flexuosa	Arecaceae	23	0,07	1,0	0,004	0,003	1.292161e-09
P3	9	Curatella americana	Dilleniaceae	45	0,14	2,0	0,016	0,023	7.179739e-08
P3	9	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	22	0,07	1,0	0,004	0,003	1.292161e-09
P3	9	Curatella americana	Dilleniaceae	33	0,11	1,0	0,009	0,006	6.141709e-09
P3	10	Curatella americana	Dilleniaceae	45	0,14	2,0	0,016	0,023	7.179739e-08
P3	10	Curatella americana	Dilleniaceae	48	0,15	1,0	0,018	0,013	2.393062e-08
P3	10	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	53	0,17	1,0	0,022	0,016	3.741730e-08
P3	10	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	44	0,14	2,0	0,015	0,022	6.874907e-08
P3	10	Curatella americana	Dilleniaceae	38	0,12	1,0	0,011	0,008	9.638128e-09
P4	1	Curatella americana	Dilleniaceae	33	0,11	1,0	0,009	0,006	6.141709e-09
P4	1	Curatella americana	Dilleniaceae	30	0,10	1,0	0,007	0,005	4.267856e-09
P4	1	Curatella americana	Dilleniaceae	34	0,11	2,0	0,009	0,013	2.569375e-08
P4	1	Curatella americana	Dilleniaceae	25	0,08	1,0	0,005	0,003	1.676938e-09
P4	1	Mauritia flexuosa	Arecaceae	98	0,31	8,0	0,076	0,428	2.274354e-05
P4	2	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	20	0,06	1,0	0,003	0,002	6.438306e-10

P4	2	Curatella americana	Dilleniaceae	21	0,07	1,0	0,004	0,002	8.698647e-10
P4	2	Mauritia flexuosa	Arecaceae	97	0,31	8,5	0,075	0,446	2.511984e-05
P4	2	Mauritia flexuosa	Arecaceae	78	0,25	8,2	0,048	0,278	1.004764e-05
P4	2	Curatella americana	Dilleniaceae	23	0,07	1,0	0,004	0,003	1.292161e-09
P4	2	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	20	0,06	1,0	0,003	0,002	6.438306e-10
P4	3	Curatella americana	Dilleniaceae	47	0,15	2,0	0,018	0,025	8.911277e-08
P4	3	Curatella americana	Dilleniaceae	36	0,11	2,0	0,010	0,014	2.762103e-08
P4	3	Curatella americana	Dilleniaceae	25	0,08	2,0	0,005	0,007	7.541673e-09
P4	3	Curatella americana	Dilleniaceae	31	0,10	2,0	0,008	0,011	1.812256e-08
P4	3	Curatella americana	Dilleniaceae	37	0,12	2,0	0,011	0,015	3.501444e-08
P4	3	Curatella americana	Dilleniaceae	25	0,08	2,0	0,005	0,007	7.541673e-09
P4	4	Byrsonima crassifolia	Malpighiaceae	36	0,11	1,6	0,010	0,012	1.911242e-08
P4	4	Curatella americana	Dilleniaceae	37	0,12	2,0	0,011	0,015	3.501444e-08
P4	4	Curatella americana	Dilleniaceae	47	0,15	2,0	0,018	0,025	8.911277e-08
P4	4	Curatella americana	Dilleniaceae	39	0,12	2,0	0,012	0,017	3.956401e-08
P4	4	Curatella americana	Dilleniaceae	32	0,10	2,0	0,008	0,011	1.812256e-08
P4	4	Curatella americana	Dilleniaceae	35	0,11	2,0	0,010	0,014	2.762103e-08
P4	4	Curatella americana	Dilleniaceae	34	0,11	2,0	0,009	0,013	2.569375e-08
P4	5	Curatella americana	Dilleniaceae	32	0,10	1,0	0,008	0,006	5.099067e-09
P4	5	Curatella americana	Dilleniaceae	36	0,11	1,0	0,010	0,007	7.138867e-09
P4	5	Curatella americana	Dilleniaceae	25	0,08	1,0	0,005	0,003	1.676938e-09
P4	5	Curatella americana	Dilleniaceae	59	0,19	2,0	0,028	0,039	2.181858e-07
P4	5	Mauritia flexuosa	Arecaceae	84	0,27	5,0	0,056	0,197	5.147909e-06
P4	5	Mauritia flexuosa	Arecaceae	78	0,25	4,6	0,048	0,156	3.251885e-06
P4	5	Curatella americana	Dilleniaceae	39	0,12	1,6	0,012	0,014	2.632806e-08
P4	5	Curatella americana	Dilleniaceae	29	0,09	1,0	0,007	0,005	3.474491e-09
P4	5	Curatella americana	Dilleniaceae	28	0,09	1,0	0,006	0,004	2.794519e-09
P4	5	Curatella americana	Dilleniaceae	59	0,19	3,0	0,028	0,058	4.774393e-07
P4	5	Anacardium occidentale	Anacardiaceae	55	0,18	1,5	0,024	0,025	9.606419e-08
P4	5	Curatella americana	Dilleniaceae	35	0,11	2,0	0,010	0,014	2.762103e-08
P4	6	Bowdichia virgilioides	Fabaceae	49	0,16	2,0	0,019	0,027	1.089616e-07
P4	6	Curatella americana	Dilleniaceae	43	0,14	2,0	0,015	0,021	6.569742e-08
P4	6	Curatella americana	Dilleniaceae	22	0,07	1,0	0,004	0,003	1.292161e-09
P4	6	Curatella americana	Dilleniaceae	54	0,17	3,0	0,023	0,049	3.259516e-07
P4	6	Curatella americana	Dilleniaceae	66	0,21	3,0	0,035	0,073	7.265418e-07
P4	6	Anacardium occidentale	Anacardiaceae	42	0,13	3,0	0,014	0,029	1.157186e-07
P4	6	Curatella americana	Dilleniaceae	28	0,09	2,0	0,006	0,009	1.212949e-08
P4	6	Curatella americana	Dilleniaceae	42	0,13	2,0	0,014	0,020	5.420546e-08
P4	7	Curatella americana	Dilleniaceae	48	0,15	1,6	0,018	0,021	6.045780e-08
P4	7	Curatella americana	Dilleniaceae	26	0,08	1,0	0,005	0,004	2.220533e-09
P4	7	Curatella americana	Dilleniaceae	30	0,10	1,0	0,007	0,005	4.267856e-09
P4	7	Mauritia flexuosa	Arecaceae	81	0,26	6,0	0,052	0,219	6.335664e-06
P4	7	Mauritia flexuosa	Arecaceae	78	0,25	5,2	0,048	0,176	4.123192e-06
P4	7	Mauritia flexuosa	Arecaceae	95	0,30	6,8	0,072	0,342	1.462493e-05

P4	7	Mauritia flexuosa	Arecaceae	75	0,24	4,6	0,045	0,144	2.777160e-06
P4	7	Curatella americana	Dilleniaceae	60	0,19	2,0	0,029	0,040	2.236443e-07
P4	8	Curatella americana	Dilleniaceae	63	0,20	2,0	0,032	0,044	2.712943e-07
P4	8	Curatella americana	Dilleniaceae	27	0,09	1,0	0,006	0,004	2.794519e-09
P4	8	Mauritia flexuosa	Arecaceae	104	0,33	8,0	0,086	0,482	2.885519e-05
P5	8	Mauritia flexuosa	Arecaceae	97	0,31	7,5	0,075	0,393	1.964898e-05
P6	8	Mauritia flexuosa	Arecaceae	102	0,32	6,5	0,083	0,377	1.745743e-05
P4	8	Curatella americana	Dilleniaceae	42	0,13	1,0	0,014	0,010	1.400982e-08
P4	8	Curatella americana	Dilleniaceae	40	0,13	2,0	0,013	0,018	4.890843e-08
P4	9	Curatella americana	Dilleniaceae	47	0,15	2,0	0,018	0,025	8.911277e-08
P4	9	Bowdichia virgilioides	Fabaceae	41	0,13	1,0	0,013	0,009	1.264076e-08
P4	9	Curatella americana	Dilleniaceae	60	0,19	2,0	0,029	0,040	2.236443e-07
P4	9	Curatella americana	Dilleniaceae	71	0,23	3,0	0,040	0,084	9.951183e-07
P4	9	Mauritia flexuosa	Arecaceae	93	0,30	7,8	0,069	0,376	1.834102e-05
P4	9	Mauritia flexuosa	Arecaceae	80	0,25	6,0	0,051	0,214	5.737906e-06
P4	9	Mauritia flexuosa	Arecaceae	104	0,33	10,0	0,086	0,602	4.456978e-05
P4	10	Anacardium occidentale	Anacardiaceae	66	0,21	2,0	0,035	0,049	3.314544e-07
P4	10	Curatella americana	Dilleniaceae	25	0,08	1,0	0,005	0,003	1.676938e-09
P4	10	Curatella americana	Dilleniaceae	67	0,21	2,0	0,036	0,050	3.380548e-07
P4	10	Anacardium occidentale	Anacardiaceae	58	0,18	1,6	0,027	0,030	1.222358e-07

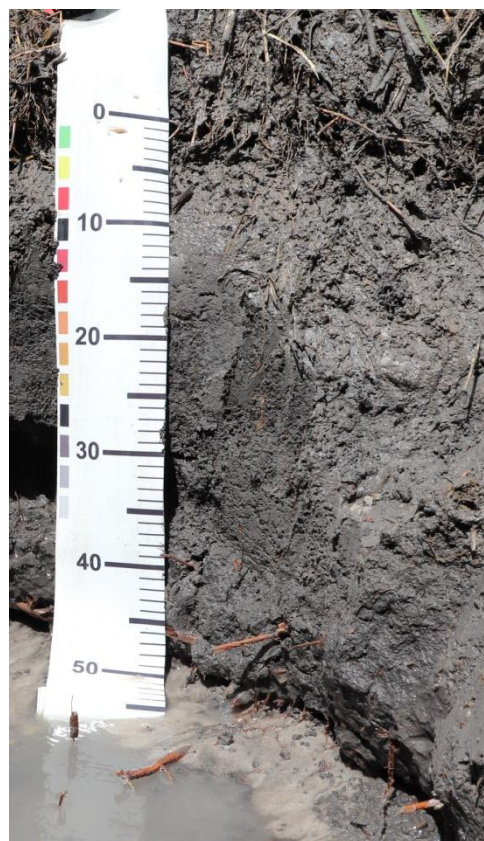
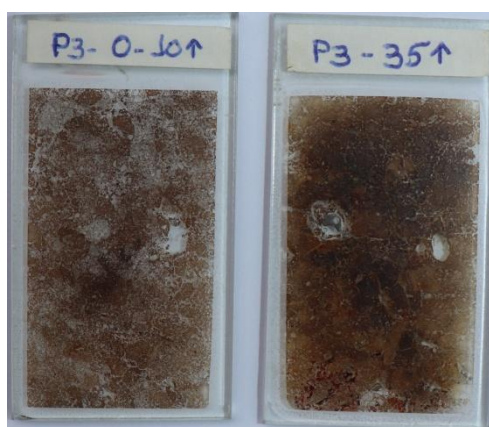
ANEXO B - Tabela Descrição morfológica dos perfis observados em campo

Horiz.	Prof. (cm)	Cor Seca	Estrutura ⁽¹⁾	Porosidade	Consistência ⁽²⁾ seco, úmido, molhado	Transição
P1 - GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico cambissólico						
A1	0-10	Gley 1 3/N	moderada média blocos subangulares	Poucos; Muito pequenos	ligeiramente dura; muito friável; não plástica; não pegajosa.	Difusa; Plana
A2	10-20	Gley 1 4/N	moderada média blocos subangulares	Poucos; Muito pequenos	ligeiramente dura; muito friável; não plástica; não pegajosa.	Difusa; Plana
AB	20-35	Gley 1 4/N	moderada grande blocos subangulares	Poucos; Muito pequenos	macia; muito friável; não plástica; não pegajosa.	Clara; Plana
Bg1	35-70	Gley 2 7/5PB	forte grande blocos subangulares	Poucos; pequenos	dura; firme; plástica; pegajosa	Clara; Plana
Bg2	70-110 ⁺	Gley 2 8/5PB	fraca muito pequena blocos subangulares	Poucos; Muito pequenos	ligeiramente dura; friável; plástica; ligeiramente pegajosa	-
P2 - ORGANOSSOLO HÁPLICO Sáprico típico						
H1	0-15	Gley 1 2.5/N	moderada média grumosa	Poucos; muito pequenos	ligeiramente dura; muito friável; não plástica; não pegajosa.	Clara; plana
H2	15-50	Gley 2 2.5/5PB	forte média grumosa	Poucos; muito pequenos	Ligeiramente dura; muito friável; não plástica; não pegajosa	Clara; plana
C1	50-80	Gley 1 4/N	moderada media blocos subangulares	Comuns, muito pequenos	macia; muito friável; não plástica; não pegajosa consistência	Clara; plana
C2	80-100 ⁺	Gley 1 7/N	fraca muito pequena blocos subangulares	Poucos; muito pequenos	solta; muito friável; ligeiramente plástica; não pegajosa.	-
P3 - GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico neofluviassólicos						
A1	0-20	2.5Y 4/1	moderada pequena blocos subangulares	Muitos; muito pequenos	ligeiramente dura; friável; ligeiramente plástica; ligeiramente pegajosa.	Difusa; plana
A2	20-35	2.5Y 3/1	moderada média blocos subangulares	Muitos; muito pequenos	ligeiramente dura; friável; ligeiramente plástica; pegajosa.	Difusa; plana
Bg1	35-70	Gley 2 5/8PB	maciça média blocos Subangulares	Muitos; pequenos	ligeiramente dura; muito friável; não plástica; não pegajosa.	Abrupta; plana
Bg2	70-80 ⁺	5Y 5/1	grãos simples	-	solta; solta; não plástica; não pegajosa	-
P4 - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico típico						
A1	0-20	5Y 2.2/2	maciça pequena	Muitos; muito pequenos	macia; muito friável; não plástica não pegajosa.	Abrupta; plana
C1	20-50	2.5Y 7/1	Grãos simples	Muitos; muito pequenos	solta; solta; não plástica; não pegajosa	Difusa; plana
C2	50-100	10YR 6/2	Grãos simples	Muitos; muito pequenos	solta; solta; não plástica; não pegajosa	Difusa; plana
C3	100-150	10YR 5/1	Grãos simples	Muitos; muito pequenos	solta; solta; não plástica; não pegajosa	-

ANEXO C - Lâmina Delgada Perfil do - GLEISSOLO Tb Distrófico cambissólico**ANEXO D - Ambiente de ocorrência do - GLEISSOLO Tb Distrófico cambissólico**

ANEXO E - Lâminas Delgadas e Perfil do - ORGANOSSOLO HÁPLICO Sáprico típico**ANEXO F - Ambiente de ocorrência do - ORGANOSSOLO HÁPLICO Sáprico típico**

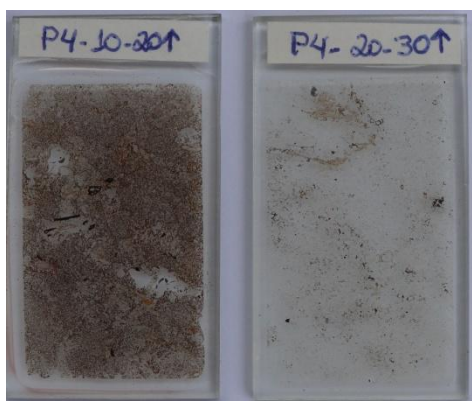
ANEXO G - Lâminas Delgadas e Perfil do - GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico neofluvissólicos



ANEXO H - Ambiente de ocorrência do - GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico neofluvissólico



**ANEXO I - Lâminas Delgadas e Perfil do- NEOSSOLO QUARTZARÊNICO
Hidromórfico típico**



**ANEXO J - Ambiente de ocorrência do - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO
Hidromórfico típico**



**ANEXO K - Tabela Resultados da Espectrometria e Emissão Óptica por Plasma
Acoplado Indutivamente**

		P1-A1	P1-AB	P1-Bg1	P2-H1	P2-H2	P2-C2	P3-A1	P3-A2	P3-Bg1	P4-A1	P4-C1	P4-C3
Ag	ppm	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Al	%	0,54	0,63	0,73	2,32	2,14	0,60	1,99	1,95	0,10	0,53	0,05	0,11
As	ppm	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
B	ppm	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ba	Ppm	<5	<5	<5	<5	<5	<5	25	29	10	30	23	21
Be	ppm	<0,01	<0,01	<0,01	0,2	0,2	<0,01	0,4	0,4	<0,01	0,2	<0,01	<0,01
Bi	ppm	0,04	0,04	0,04	0,08	0,07	0,03	0,04	0,04	<0,02	0,03	0,04	0,04
Ca	%	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cd	ppm	0,15	0,13	0,13	0,13	0,10	0,07	0,06	0,07	0,06	0,05	0,03	0,03
Ce	ppm	1,67	1,56	1,45	10,9	8,42	2,18	21,49	20,55	1,65	6,88	1,95	2,68
Co	ppm	0,2	0,2	0,1	0,3	0,3	0,1	2,1	2	0,2	1,7	0,2	0,7
Cr	ppm	6	6	6	21	20	8	11	11	3	9	3	6
Cs	ppm	<0,05	<0,05	<0,05	0,09	0,08	<0,05	11	11	0,18	<0,05	<0,05	0,05
Cu	ppm	1,4	1,4	0,7	6,5	4,2	1,4	7,8	7	1,4	6,4	1,4	2,1
Fe	%	0,35	0,29	0,27	0,28	0,26	0,26	0,44	0,41	0,45	0,62	0,52	0,47
Ga	ppm	3,4	3,7	4,6	11,8	11,7	2,9	7,6	7,4	0,4	1,5	0,2	0,4
Ge	ppm	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Hf	ppm	0,33	0,16	0,2	0,3	0,13	0,17	0,11	0,1	0,05	0,7	<0,05	0,06
Hg	ppm	0,06	0,02	0,03	0,05	0,04	0,01	0,03	0,04	<0,01	0,02	<0,01	<0,01
In	ppm	<0,02	<0,02	<0,02	0,04	0,04	<0,02	0,03	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
K	ppm	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
La	ppm	1	0,9	0,8	5,9	4,7	1,2	9,8	9,4	0,8	3,1	0,8	1,3
Li	ppm	<1	2	<1	1	3	2	8	6	<1	5	<1	<1
Lu	ppm	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,01	<0,01	0,04	0,04	<0,01	0,03	<0,01	<0,01
Mg	%	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mn	ppm	42	36	31	25	23	30	25	26	57	67	63	60
Mo	ppm	0,26	0,19	0,29	0,49	0,3	0,12	0,19	0,17	0,16	0,2	0,23	0,22
Na	%	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nb	ppm	4,61	0,52	0,49	0,64	0,47	0,23	4,19	0,24	0,32	0,27	1,3	0,38
Ni	ppm	1,4	0,7	1,4	1,4	2,1	1,4	3,5	3,5	0,7	4,3	0,7	2,1
P	%	<50	<50	<50	205	103	<50	57	56	<50	72	<50	<50
Pb	ppm	1,8	1,5	1,6	7,4	5,7	1,2	7,8	7,5	0,7	3,6	1,2	1,5
Rb	ppm	0,2	<0,02	<0,02	0,3	0,2	<0,02	0,3	0,2	<0,02	0,6	<0,02	0,2
Re	ppm	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
S	%	0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,03	<0,01	0,01	0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
Sb	ppm	0,27	0,06	0,11	0,21	0,08	0,26	0,06	0,1	0,06	0,13	0,05	0,29
Sc	ppm	0,7	0,7	0,8	2,5	2,7	1,1	3,9	3,8	0,4	2,3	0,4	0,7
Se	ppm	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Sn	ppm	2,2	1,6	1,4	1,4	1,3	0,7	0,8	0,8	<0,3	0,3	<0,3	<0,3
Sr	ppm	0,7	<0,5	<0,5	0,7	0,7	<0,5	0,7	0,7	<0,5	0,7	0,7	0,7
Ta	ppm	0,8	<0,5	<0,5	0,13	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tb	ppm	<0,02	<0,02	<0,02	0,06	0,05	<0,02	0,2	0,19	0,02	0,08	<0,02	0,03
Te	ppm	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Th	ppm	2,2	2,7	3,5	3,3	3,7	2,7	2,7	2,4	0,9	1,4	0,7	0,8
Ti	%	<0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tl	ppm	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
U	ppm	0,19	0,2	0,21	0,67	0,59	0,17	0,38	0,36	0,07	0,29	0,17	0,12
V	ppm	9	11	9	32	27	6	26	25	1	34	2	8
W	ppm	0,2	0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Y	ppm	0,31	0,36	0,28	1,14	0,9	0,41	4,21	3,95	0,54	2,07	0,36	0,6
Yb	ppm	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,3	0,3	<0,1	0,2	<0,1	<0,1
Zn	ppm	1	1	2	4	2	1	6	6	1	6	1	1
Zr	ppm	2,8	4,9	7,8	2,9	2,8	6,9	2,8	3,5	2,8	1,4	2,1	2,1

**ANEXO L - Resultado representativo das amostras submetidas à Difração de raios-X –
Horizonte C do ORGANOSSOLO HÁPLICO Sáprico típico**

