

## **MINERALOGIA DE SOLO DERIVADO DA FORMAÇÃO VULCÂNICA APOTERI – EXTREMO NORTE DA AMAZÔNIA**

Franzmilller Almeida Nascimento <sup>1</sup>  
Raquel Araújo Alves <sup>2</sup>  
Luciana Diniz Cunha <sup>3</sup>  
Rubenita da Cruz dos Santos Lopes <sup>4</sup>

### **INTRODUÇÃO**

As rochas vulcânicas adensitos e diabásios da Formação Apoterí afloram na Bacia sedimentar do Tacutu no norte do Brasil. Essa bacia está localizada em uma região de fronteira entre Brasil e a República Cooperativista da Guiana, com cerca de 280 km de comprimento e 40 km de largura e extensão para direção NE-SW, é formada por sete unidades litoestratigráficas sendo a Formação Apoterí uma delas. No Mesozoico ocorreu uma nova reativação do Domínio Guiana Central relacionada à abertura do Oceano Atlântico, culminando no rearranjo tectônico-estrutural de abertura da bacia, com a presença de magmatismo do tipo básico na forma de derrames basálticos e enxames de diques. A bacia do Tacutu possui um sistema de grábens, o principal deles é o gráben do Tacutu, limitado por falhas e de perfil transversal assimétrico, que se desenvolveu em sistema de Rifte intracontinental na parte central da área cratônica denominada de Escudo das Guianas (Lima 2021; Nascimento *et. al* 2019; CPRM, 2014).

O modelado dessa paisagem corresponde diretamente com a morfoestrutura, associada aos processos geomorfológicos atuantes que constituem os principais de modelados de dissecação e agradação, os quais englobam as seguintes unidades geomorfológicas: Patamares Dissecados do Tacutu, Relevos Residuais e Depressão Boa Vista (Beserra Neta e Tavares Júnior 2020). Neste contexto, estes modelados sofrem a ação dos processos morfoclimáticos, alterando suas características no modela. As condições climáticas da Amazônia permitem que os solos, de modo geral, apresentem mineralogia típica de alterações monossilílicas, com predomínio de Caulinita e oxi-hidróxidos de Fe/Al (Vale Junior, 2000). Além dessas condições, os produtos

---

<sup>1</sup> Professor, Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Roraima-UFRR, [franzmilller.nascimento@ufrr.br](mailto:franzmilller.nascimento@ufrr.br);

<sup>2</sup> Bolsista Pós-Doc, Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Roraima-UFRR, [raquel.ar@yahoo.com](mailto:raquel.ar@yahoo.com);

<sup>3</sup> Professora, Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Roraima-UFRR, [luciana.diniz@ufrr.br](mailto:luciana.diniz@ufrr.br);

<sup>4</sup> Professora, Curso de Geografia da Universidade Federal de Roraima-UFRR, [rubenitalopes.santos@hotmail.com](mailto:rubenitalopes.santos@hotmail.com);

do intemperismo das rochas exercem influência marcante na mineralogia dos solos da região, que em grande parte é herdada do material de origem.

Neste sentido, empregando a técnica de Difração de raios-X, o presente estudo teve por objetivo avaliar a composição mineralógica de um perfil de solo do tipo Cambissolo com foco na relação entre seus constituintes e as rochas da Formação Apoterí. Os resultados demonstraram diferenças mineralógicas entre os horizontes, as quais estão associadas à contribuição de material alóctone durante o desenvolvimento do solo, considerando principalmente a sua posição no sopé da vertente estudada.

As amostras utilizadas no estudo foram coletadas no sopé de uma encosta no Morro Redondo, um dos principais afloramentos de rocha intrusiva do magmatismo Apoteri pertencente ao domínio dos Relevos Residuais, cujas feições certamente foram elaboradas desde o Jurássico inferior a médio e apresentam-se na paisagem mais preservadas de alteração (Pinto *et al.* 2017).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O perfil selecionado para o desenvolvimento do estudo está situado na coordenada 3°12'08.3"N 60°10'07.4"W, porção nordeste do estado de Roraima, tendo como principal via de acesso à Rodovia Federal BR 401, no município de Bonfim, que liga o Brasil à fronteira internacional da República Cooperativista da Guiana (Figura 1).

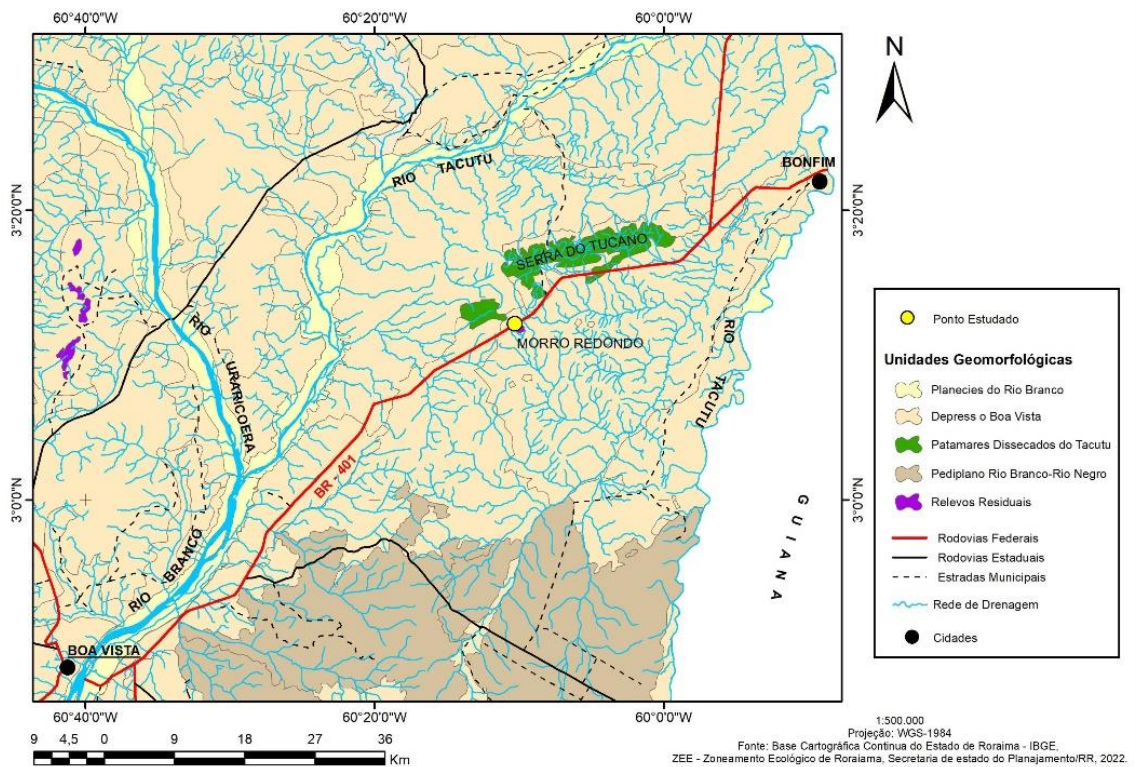
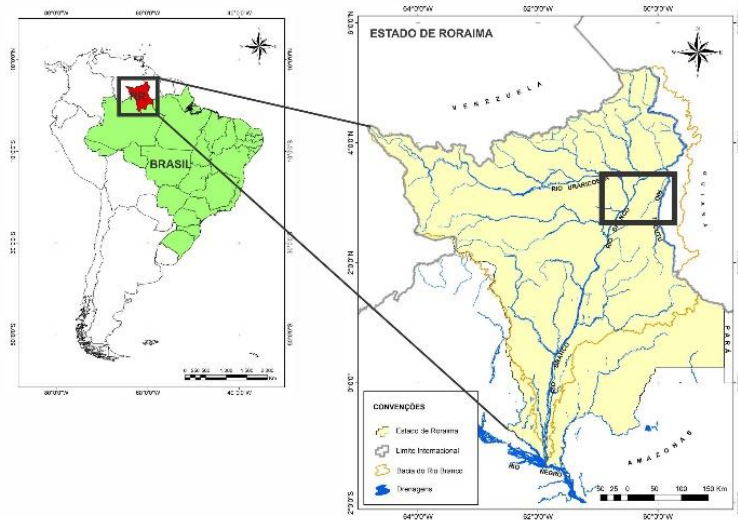


Figura 1: Mapa de localização do ponto estudado.

A área em estudo compreende as unidades morfoestruturais Relevos Residuais que exibem predomínio de vertentes convexas e patamares diferenciados, com altitudes que variam entre 100 a 300m. Essa porção da paisagem está sob o domínio das savanas, com formações de veredas de buritis (formação pioneira), encontradas com frequência ao longo dos canais de drenagem de primeira ordem. Os solos associados às savanas, compreendem desde solos com elevado grau de evolução até solos menos evoluídos. O clima predominante é quente e úmido

do tipo “AW” da classificação de Köppen, com estação úmida e seca (Beserra Neta e Tavares Júnior, 2020; Alves e Beserra Neta, 2018; Rull *et al.*, 2016;).

Para a identificação dos constituintes minerais dos sedimentos foi utilizada a Difratomia de raios-X em 5 amostras da fração argila dos horizontes (A, B1, B2, B3 e B4) de um perfil de solo identificado conforme os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (2018) como CAMBISSOLO HÁPLICO. As frações de argila do solo foram separadas com método padrão de dispersão, eliminação da matéria orgânica com Peroxido de Hidrogênio e NaOH como solução dispersante. Todas as amostras foram montadas pelo método do “esfregaço” (orientadas).

Um primeiro *scan* foi produzido com as amostras para identificação geral dos minerais e presença de filossilicatos 2:1. Cada amostra foi submetida aos seguintes tratamentos para confirmação dos minerais presentes: saturação com K a 25°C, saturação com K a 350°C, saturação com K a 550°C por 3 horas, saturação com Mg a 25°C e saturação com Mg e Etileno Glicol a 25°C. O equipamento de varredura utilizado consiste em um Sistema Miniflex II, Difrátometro de Raios X de bancada fabricado pela RIGAKU, usando radiação  $\text{CuK}\alpha$  (0.1540562 nm). As análises foram processadas no intervalo de 3 ou 4 a 60 °2 $\theta$ , step 0.02 °2 $\theta$ , 1 s step-1. A interpretação dos picos do difratograma foi realizada com base na lista de fases candidatas geradas pela última versão disponível da base COD (Cristalographic Open Database) através da interface do software Match! (Crystal Impact, Germany). Adicionalmente consultados Brindley e Brown (1980); Moore e Reynolds (1997) e Silva (2020).

O perfil está situado em terreno plano, no sopé de uma encosta do Morro do Redondo (Figura 2-A). Nos primeiros 80cm é bem drenado passando a ser mal drenado a partir dos 140cm de profundidade. A presença de pedregulhos, em grande parte milimétricos, foi observada em todo o perfil a qual é resultante da contribuição deposicional de materiais provindos dos setores mais elevados do morro, o qual possui afloramentos de blocos de adensitos e diabásios, geralmente de cores cinza esverdeadas (Figura 2-B). Tais rochas exerceram influência nas cores dos horizontes que apresentaram matiz, valor/croma entre 10YR 4/1 no horizonte A a 5YR 4/2 no horizonte B1. Cores variegadas e mosqueados na cor 10R 3/6 foram observados a partir dos 80 cm de profundidade (Figura 2-C).

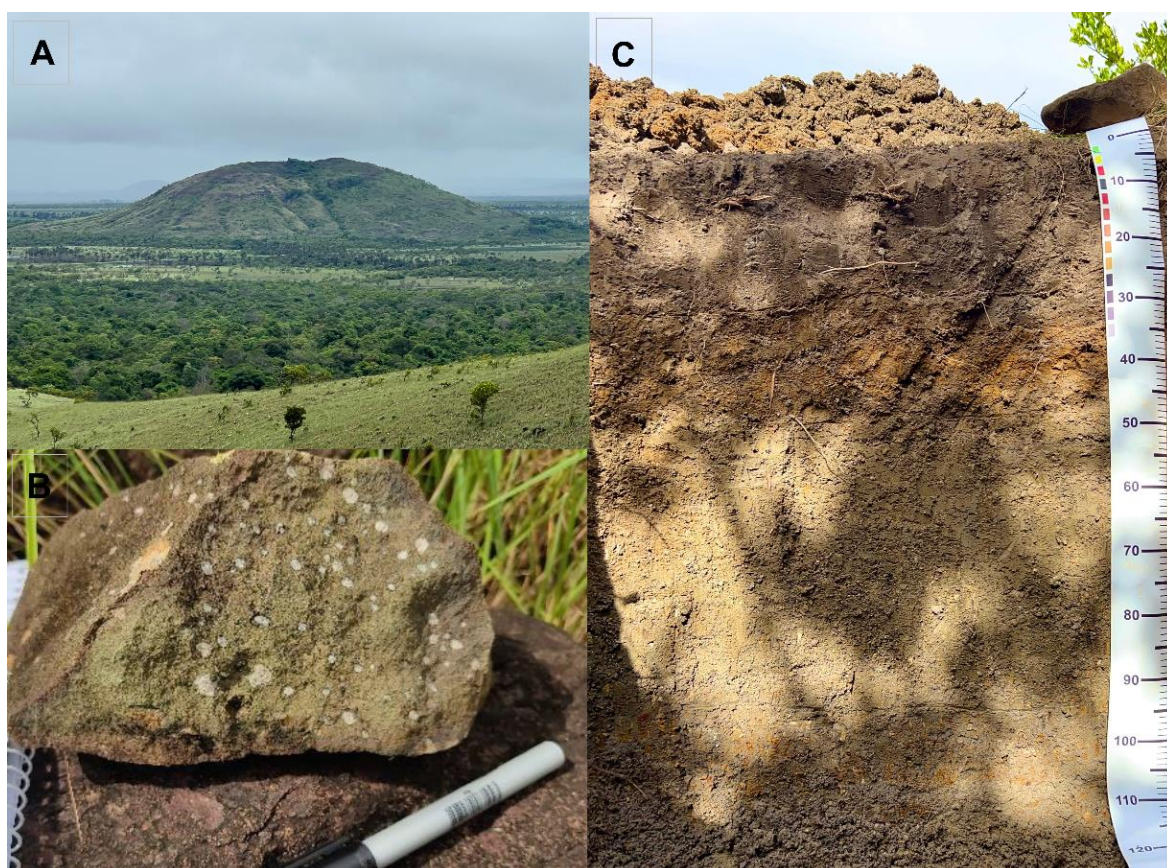


Figura 2 – A) Morro Redondo precedido pela superfície aplainada, exibindo topo convexo e vertentes com patamares de dissecação. B) Rocha afanítica muito intemperizada com amígdalas preenchidas por mineral branco. Fonte: Lima (2021). C) Perfil do Cambissolo Háplico localizado em área de colúvios de baixa encosta, com material grosso e presença de mosqueados na base do perfil.

O material mineralógico encontrado nos horizontes de solos teve como mineralogia principal a Caulinita, filossilicatos 2:1 e camadas de minerais diferentes. Para a confirmação da presença de cada mineral, tratamentos mineralógicos foram realizados em cada amostra. No horizonte A, a Caulinita foi confirmada pela presença do pico sem tratamento  $12^{\circ}\text{C } 2\theta$  (theta) e o seu desaparecimento em  $12.30^{\circ}\text{C } 2\theta$  após a saturação de uma alíquota com K aquecida a  $550^{\circ}\text{C}$  por 3 horas, em virtude da destruição da estrutura cristalina da caulinita. Nos ângulos em sequência, identifica-se pico de Rutilo em aproximadamente  $27^{\circ}\text{C } 2\theta$  e do Quartzo em  $28^{\circ}$ . Estes minerais (Anatase, Rutilo e Quartzo) não raro são encontrados na fração argila porque são resistentes e não se dissolvem facilmente mesmo tendo seu tamanho de grão reduzido até poucos micrometros. O predomínio de Caulinita indica a pobreza química desse solo, especialmente do material de origem, proveniente de retrabalhamento de seus constituintes, semelhante aos resultados apresentados em Benedetti *et al.* (2011).

No horizonte B1, o resultado dos tratamentos K a  $550^{\circ}$ , os comentários referentes aos filossilicatos Caulinita e camadas de minerais diferentes, continuam válidos. Esta amostra diferencia-se da anterior por apresentar Gibbsita, confirmada pelo desaparecimento do pico em aproximadamente  $21,50^{\circ}$  e seu desaparecimento após aquecimento a  $350^{\circ}$  (Figura 3). Ainda, diferencia-se também pelo aparecimento de picos de Goethita e Hematita em aproximadamente  $34, 36$  e  $54$  graus  $2\theta$ . A ausência dos picos da Caulinita e da Gibbsita na alíquota aquecida a  $550^{\circ}$  facilita a identificação destes picos, uma vez que as fases estão presentes em menor quantidade. A presença dos hidróxidos de ferro é concordante com a coloração amarelada observada neste horizonte (Figura 2-C). A Gibbsita é característico dos processos de intemperismo mais atuantes, o que repercute em alguns casos, em sua maior quantidade no horizonte superior em razão de maior perda de silicatos por lixiviação.

A amostra do horizonte B2 apresenta Gibbsita em menor intensidade e cristalinidade que a amostra B1 e o oposto para Caulinita, observadas nos tratamentos com K e aquecimento a  $350^{\circ}\text{C}$  e  $550^{\circ}\text{C}$ . Em relação aos filossilicatos 2:1, com o colapso dos demais minerais com os tratamentos térmicos e K observamos a permanência do pico na região de  $10^{\circ}2\theta$ . Com a saturação da amostra com Mg, observamos a máxima expansão deste mineral, com o aumento da intensidade no DRX. A saturação com glicerol aumenta a intensidade e desloca levemente o pico do mineral para ângulos menores. Portanto, camadas de minerais diferentes com comportamento semelhante às amostras dos horizontes superiores. Os picos de Quartzo, Rutilo são menos evidentes e os de Goethita e Hematita, ausentes.

A amostra B3 apresenta Caulinita e filossilicatos 2:1, com comportamento similar às amostras anteriores. Há uma pequena manifestação do pico de Gibbsita. A manifestação dos

picos de Rutilo e Anatase é quase imperceptível, mas a do Quartzo ainda é evidente.

A amostra B4 apresenta minerais mais cristalinos, como observado nos picos bem formados de Caulinita e melhor definição daquelas camadas de minerais diferentes com os diferentes tratamentos realizados, que chegam a expandir até 1.6 nm (aprox. 5 graus 2 theta), sugerindo contribuição de camadas Esmectíticas neste mineral. Os picos dos resistatos tornam-se mais evidentes que na amostra anterior (Horizonte B3) mas se sobrepõem quando aquecidos a 550°C, sugerindo alguma transformação mineralógica ainda em curso ou a contribuição de formas amorfas que se cristalizaram minimamente neste espaçamento em função da introdução de grande quantidade de calor. Picos de Hematita e Goethita continuam indetectáveis.

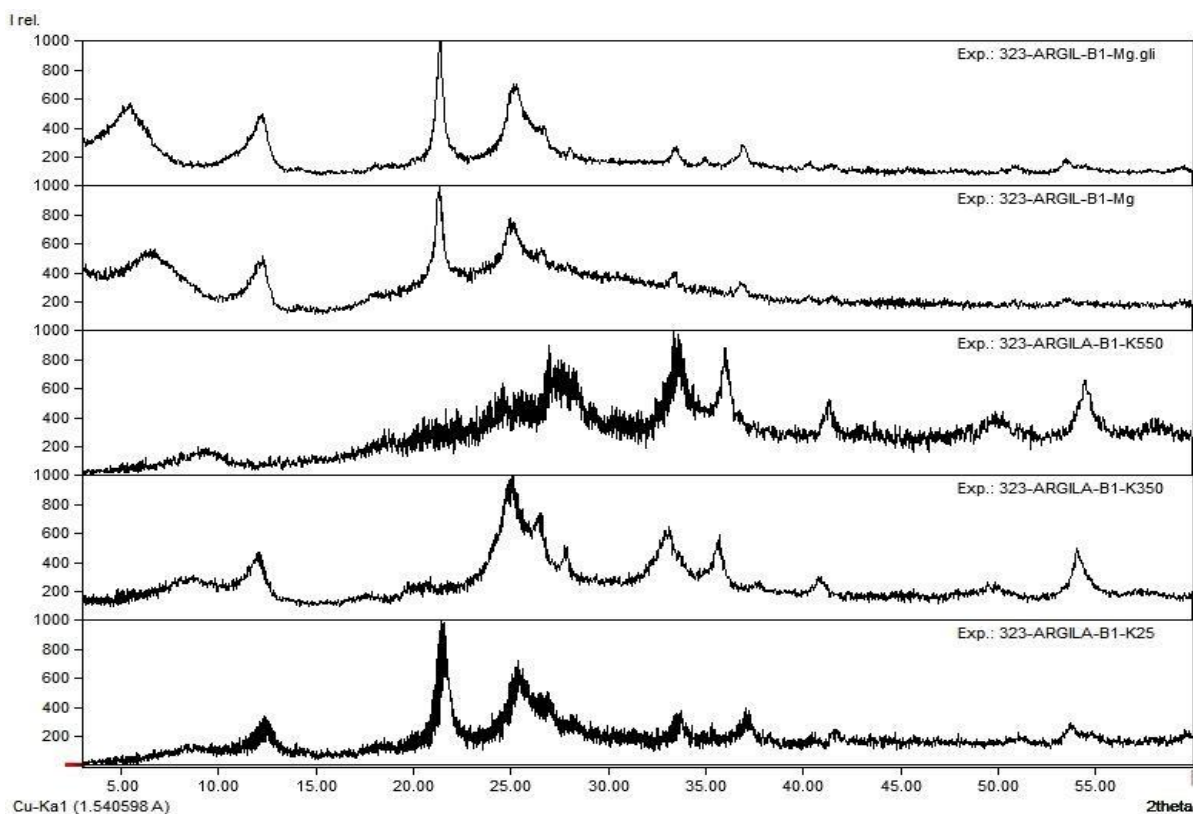


Figura 3 – *Scanner* dos Difrátogramas de raio-X com tratamento da fração argila da amostra do horizonte B1 na fração argila do Cambissolo Háplico.

A presença de minerais 2:1 remete a influência do material de origem no solo. Em resumo é observado diferenças na composição mineralógicas de cada horizonte, refletindo nas suas propriedades espectrais, podendo ser reflexo das condições da formação e intemperização específicas de cada horizonte. Tais indicadores demonstram as diferentes fases de deposição do material alóctone e, a influência do nível freático em direção ao topo perfil do solo representada

principalmente pelas cores dos horizontes, assim como observados nas diferentes características espectrais das amostras.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados da difração de raios X indicaram a dominância da Caulinita na fração argila e ainda a presença de Anatase, Rutilo e Quartzo. A ocorrência de óxido ou hidróxido de ferro, foi detectada com maior evidência no horizonte B1. A intensidade dos picos referentes à Caulinita e aos minerais do tipo 2:1 como Esmectita foi equilibrada, indicando a coexistência entre esses constituintes, especialmente no horizonte B4. A ocorrência dos minerais 2:1 indicaram mineralogia herdada do material de origem no solo, enquanto que o comportamento espectral com a predominância de Caulinita (mineral 1:1) é concordante com as condições climáticas quente e úmida da região estudada.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Geografia-PPG-GEO/UFRR, pelo suporte no desenvolvimento da pesquisa. O segundo autor agradece à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de pós-doutorado (Código de Financiamento 001).

## **REFERÊNCIAS**

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.

BENEDETTI, U. G.; Vale Júnior, J. F. do; 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, v. 35, p. 299-312, 2011

BESERRA NETA, L.C.; TAVARES JUNIOR, S.S. **Relatório Executivo de Geomorfologia para o Zoneamento Econômico Ecológico de Roraima**. 2020 Disponível em: <https://zeerr.institutopiatam.org.br/wp-content/uploads/2022/03/Geomorfologia.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2024

BRINDLEY, G. W.; BROWN, G. **Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification**. Mineralogical Society Monograph No. 5, London. 1980. 495 p.



CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Arcabouço Geológico**. In: Holanda, J. L. R.; Marmos, J. L.; Maia, M. A. M.; (Org.) Geodiversidade do Estado de Roraima. P. 15-30. 2014.

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

MUNSELL. Soil Color Company, Munsell color Book. Macbeth Division of Kollmorgen Corporation, Baltimore, Maryland, USA. 1950, revised 1975.

MOORE, D. M. REYNOLDS, R. C. 1997. **X ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals**. Oxford University Press, 378p. 2nd edition.

NASCIMENTO, S. O; TAVARES JUNIOR, S.; BESERRA NETA, L. C. **Morfoestruturas de Relevo e Compartimentos Geomorfológicos do Gráben do Tacutu, Centro-Nordeste de Roraima**. Anais do XVI Simposio de Geologia da Amazônia. *Anais...Manaus(AM) CCPA*, 2019.

PINTO, V.M; SANTOS, J.O.S.; RONCHI, L.H.; HARTMANN, L.A. BICUDO, C.A.; SOUZA, V. **Field and geochemical constraints on the relationship between the Apoteri basalts (northern Brazil, southwestern Guyana) and the Central Atlantic Magmatic Province**. *Journal of South American Earth Sciences*. V. 79, P. 384-393, 2017.

RULL, V.; VEGAS-VILARRÚBIA, T.; MONTOYA, E. **The neotropical Gran Sabana region: Palaeoecology and conservation**. *The Holocene*. V26 (7). P.1162-1167., 2016.

SILVA, R. F. **A Difração de Raios X: uma Técnica de Investigação da Estrutura Cristalina de Materiais**. Revista Processos Químicos, 14(27), 73-82, 2020.  
<https://doi.org/10.19142/rpq.v14i27.577>

VALE JÚNIOR, J. F. **Pedogênese e alterações dos solos sob manejo itinerante, em áreas de rochas vulcânicas ácidas e básicas, no nordeste de Roraima**. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, P. 185, 2000.