

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

**PEDOFEIÇÕES COMO DISCRIMINADORAS DE PROCESSOS PEDOGENÉTICOS
EM SOLOS COM B TEXTURAL NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Jéssica Neves de Carvalho
Magister Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

JÉSSICA NEVES DE CARVALHO

**PEDOFEIÇÕES COMO DISCRIMINADORAS DE PROCESSOS PEDOGENÉTICOS
EM SOLOS COM B TEXTURAL NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Jose J Lelis Leal de Souza

Coorientadora: Isabela C Filardi Vasques

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

C331p
2024

Carvalho, Jéssica Neves de, 1998-
Pedofeições como discriminadoras de processos
pedogenéticos em solos com B textural no semiárido brasileiro /
Jéssica Neves de Carvalho. – Viçosa, MG, 2024.
1 dissertação eletrônica (33 f.): il. (algumas color.).

Orientador: José João Lelis Leal de Souza.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Solos, 2024.
Referências bibliográficas: f. 30-33.
DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.765>
Modo de acesso: World Wide Web.

1. Estrutura do solo. 2. Luvisolos. 3. Argila - Análise.
I. Souza, José João Lelis Leal de, 1986-. II. Universidade Federal
de Viçosa. Departamento de Solos. Programa de Pós-Graduação
em Solos e Nutrição de Plantas. III. Título.

CDD 22. ed. 631.433

JÉSSICA NEVES DE CARVALHO

**PEDOFEIÇÕES COMO DISCRIMINADORAS DE PROCESSOS PEDOGENÉTICOS
EM SOLOS COM B TEXTURAL NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 27 de agosto de 2024.

Assentimento:

Jéssica Neves de Carvalho
Autora

Jose Joao Lelis Leal de Souza
Orientador

Essa dissertação foi assinada digitalmente pela autora em 21/11/2024 às 18:46:27 e pelo orientador em 21/11/2024 às 18:57:35. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **W9VE.A8ZB.MLKK** e clique no botão 'Validar documento'.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

*Esta pesquisa é uma prova de que sonhos de criança podem ser realizados.
O meu era ser cientista.*

Gostaria de agradecer, primeiramente, ao J. J. (vulgo José João) por todas as orientações, pela paciência e compreensão. Sou grata por tudo que aprendi ao longo destes dois anos e por me apresentar o maravilhoso mundo da micromorfologia. Quero agradecer ao meu companheiro Marllon, pelo apoio incondicional e por sempre acreditar que conseguiria alcançar todos os objetivos, até quando eu mesma não acreditava. Sou grata aos meus pais, Denise e José Mauro, por serem um porto seguro em minha vida e ao meu irmão Júlio César por todo carinho. Agradeço também a minha psicóloga Mariana, por cuidar tão bem da minha saúde mental neste período tão especial em minha vida. Sou grata a todos os meus amigos e colegas, especialmente a Gilma, Mikaela e Ryvia, que vibraram por cada conquista minha e pelos momentos de descontração. Agradeço aos demais professores e técnicos pelo trabalho e dedicação. Por fim, mas não menos importante, agradeço a Deus por ouvir todas as minhas preces e me conceder mais do que pedi.

RESUMO

CARVALHO, Jéssica Neves de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2024. **PEDOFEIÇÕES COMO DISCRIMINADORAS DE PROCESSOS PEDOGENÉTICOS EM SOLOS COM B TEXTURAL NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**. Orientador: Jose Joao Lelis Leal de Souza. Coorientadora: Isabela Cristina Filardi Vasques.

As pedofeições micromorfológicas muitas vezes são utilizadas como um complemento da descrição e análise macromórfologica dos solos. Neste trabalho, as pedofeições são empregadas como principal objeto de análise a fim de discriminar processos pedogenéticos que ocorrem na formação de horizontes B texturais. Para tal, foram coletadas amostras de solos, da classe dos Luvisolos, provenientes da Caatinga. A partir destas amostras, foram realizadas análises químicas e texturais para caracterização do solo e também a confecção de lâminas delgadas para análise micromorfológica. As lâminas foram analisadas e descritas por meio de um microscópio petrográfico, utilizando luz plana polarizada e luz cruzada polarizada. Através da análise microscópica constatou-se a presença de pedofeições relacionadas a argila do tipo revestimento de poros e grãos, preenchimentos de poros, alteração no fundo matricial e nódulos de ferro e manganês. Por meio da análise das características micromorfológica destas pedofeições, presume-se que a formação dos horizontes B texturais do Luvisolos analisados foram originados através da migração de argila ao longo do perfil, tendo a lessivagem como principal processo pedogenético. Portanto, pode-se concluir que a análise de pedofeições nos permite diferenciar processos pedogenéticos atuantes no Luvisolo.

Palavras-chave: micromorfologia; migração de argila; luvisolos

ABSTRACT

CARVALHO, Jéssica Neves de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2024. **PEDOFEATURES AS DISCRIMINATORS OF PEDOGENETIC PROCESSES IN SOILS WITH TEXTURAL B IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID.** Adviser: Jose Joao Lelis Leal de Souza. Co-adviser: Isabela Cristina Filardi Vasques.

Micromorphological pedofeatures are often used as a complement to the macromorphological description and analysis of soils. In this study, pedofeatures are employed as the primary object of analysis to discriminate pedogenetic processes occurring in the formation of textural B horizons. Soil samples from the Luvisolos class, originating from the Caatinga, were collected for this study. Chemical and textural analyses were performed to characterize the soil, and thin sections were prepared for micromorphological analysis. The thin sections were examined and described using a petrographic microscope with plane polarized light and cross-polarized light.

Microscopic analysis revealed the presence of pedofeatures associated with clay, including pore and grain coatings, pore fillings, changes in the matrix background, and iron and manganese nodules. Based on the micromorphological characteristics of these pedofeatures, it is presumed that the formation of textural B horizons in the analyzed Luvisolos resulted from clay migration along the profile, with illuviation being the main pedogenetic process. Therefore, it can be concluded that the analysis of pedofeatures allows us to differentiate the pedogenetic processes active in Luvisolos.

Keywords: micromorphology; clay migration; luvisolos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	8
2.1 Área de estudo.....	8
2.2 Coleta de solos e fabricação de lâminas de micromorfologia	9
2.3 Descrição das lâminas e seleção das feições para análise	10
4 RESULTADOS	11
4.1 Descrição dos perfis	11
4.2 Descrição das lâminas e pedofeições	17
5 DISCUSSÃO	27
6 CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

Os solos são corpos trifásicos capazes de interagir com fatores ambientais ao longo do tempo, trocando energia e matéria constantemente com o meio. Conseqüentemente são caracterizados por uma variabilidade inerente ao tempo e espaço em diferentes escalas de observação. São resilientes a perturbações, no entanto podem ser alterados, transformados e até mesmo destruídos por processos geomorfológicos (Kampf; Curi, 2015).

A interação entre os fatores de formação do solo (material de origem, tempo, relevo, clima e microrganismos) controla a sua evolução na paisagem (Jenny, 1941). Mudanças climáticas, frequentemente, impactam na interação dos fatores de formação, proporcionando uma variabilidade de solos ao longo do tempo e dos espaços (Brungard et al., 2015; Hengl et al., 2015; Mabesoone e Lobo, 1980). Esse contexto é frequentemente observado no semiárido brasileiro. Sob o bioma da Caatinga, exclusivamente brasileiro, processos pedogenéticos como elutriação, salinização, sodificação, formação/migração de argila entre outros dão origem a uma variedade de solos apresentando baixa taxa de pedogênese, pouca lixiviação, altas taxas erosivas e atividade biológica limitada ao clima (Medeiros et al., 2018; Souza et al., 2022; Ledru et al., 1996; Souza et al., 2023).

Por conseguinte, é importante estudar o solo em diferentes escalas para melhor compreensão de sua dinâmica de formação e sobre quais processos ocorreram ou ainda ocorrem. Em vista disso, a Micromorfologia é considerada uma ciência eficiente, utilizada principalmente com o objetivo de compreender melhor a morfologia, gênese, comportamento e funcionamento atual e, ou, pretérito dos solos (Castro e Cooper, 2019). A Micromorfologia sendo um ramo da Ciência do Solo e da Terra, é empregada em diversos estudos, principalmente na área de Gênese do Solo, seguida de Física do Solo, Geologia, Biologia do Solo, entre outras. Kubiena (1938), o precursor desta ciência, defende a ideia de que o solo é estruturalmente organizado, propondo uma terminologia própria (fração grosseira, fração fina, fábrica, fundo matricial e feições pedológicas/pedofeições).

Na escala microscópica, as pedofeições são elementos importantes a serem considerados, pois expressam processos pedogenéticos e por meio delas é possível distinguir qual. Estudos evidenciam que as pedofeições de micronódulos de hematita e fragmentos arredondados ou arredondados de concreções lateríticas são indicativas de que o solo, sob vegetação xeromórfica, passou por um intenso retrabalhamento ao longo de sua evolução por meio da alternância entre clima úmido e seco e por meio de mudanças nos processos pedogenéticos atuantes (Ibraimo et al., 2004). A presença de pápulas, juntamente com uma quantidade

expressiva de argilãs de iluviação, em solos com horizontes B texturais na Caatinga, indicam condições úmidas pretéritas (Oliveira, 2004). Revestimentos com características birrefringentes indicam orientação das lâminas de argila resultantes de processos como a iluviação (Neto, 2010).

Em vista disto, o estudo das pedofeições se faz importante. Tais estruturas podem ser distinguidas e classificadas de acordo com sua morfologia, cristalinidade e com o seu padrão de distribuição. Podem ser classificadas em pedofeições de matriz, que estão relacionadas a processos de impregnação e/ou enriquecimento de algum elemento ou depleção, além da reorganização da composição do solo. Também podem ser classificadas em pedofeições intrusivas (revestimentos, preenchimentos, nódulos), indicando uma organização peculiar do solo, diferente da organização geral.

As pedofeições intrusivas que ocupam uma superfície natural, seja ela um poro, partícula ou agregados de um solo, estão entre as primeiras características pedológicas a serem reconhecidas nas seções delgadas de uma lâmina de microscopia. O estudo deste tipo de feição vem sendo utilizado como um importante critério em diversos na classificação de solos, inclusive na U.S. Soil Taxonomy (Stoops, 2003; Soil Survey Staff, 1975).

As pedofeições, de modo geral, são importantes características diagnósticas para a gênese do solo pois são características formadas *in situ*, ou seja, se formam no ambiente em que estão inseridas. No entanto, podem ser evidências de processos pedogenéticos que já não ocorrem mais naquele solo, portanto são características que podem ser indicativas de diversos processos de pedogenéticos que já ocorreram e ainda ocorrem no solo (Stoops, 2003). Em vista disso, o objetivo deste trabalho é utilizar as pedofeições como discriminadores de processos pedogenéticos relacionados a formação de horizontes B texturais, principalmente aqueles ligados a migração de argila.

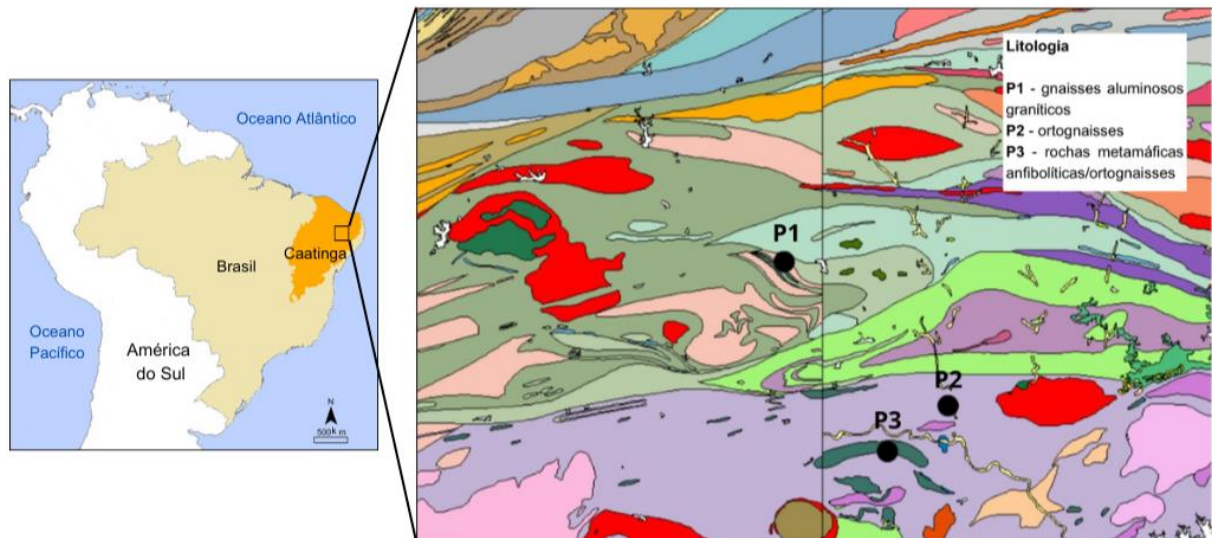
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Os solos utilizados neste estudo estão localizados na Caatinga, um bioma estritamente brasileiro (Figura 1). O clima é do tipo Bsh (semiárido quente) pela classificação de Köppen, com período chuvoso concentrado no verão e outono, com precipitação média anual em torno de 350 a 750 mm (Lucena; Pacheco, 2007). As amostras foram coletadas na porção centro-sul do Planalto da Borborema, uma importante unidade geomorfológica, composta por rochas do complexo gnáissico-migmatítico-granodiorítico, cuja altitude varia de 400 a 800 metros acima

do nível do mar (Paraíba,1985). Sobre os materiais de origem, dominam colinas convexas formadas pela dissecação parcial de superfícies sedimentares. As principais classes de solo associadas a esse relevo são Luvisolos, Vertissolos e Planossolos (Francisco, Santos e Lima, 2017).

Figura 1: Localização dos perfis de solo.



Fonte: Adaptação do Serviço Geológico do Brasil.

Os Luvisolos são a classe utilizada neste estudo. Esta classe ocupa aproximadamente 13% do domínio da Caatinga (Jacomine, 1996). São solos minerais de caráter eutrófico, pouco profundos e que apresentam horizonte B textural com argila de alta atividade (Santos et al, 2018). São provenientes de rochas cristalinas pré-cambrianas, principalmente de rochas metamórficas do tipo gnaisses e micaxistos, no entanto em algumas áreas também podem ser provenientes de rochas sedimentares como calcário, siltito, folhelhos e sedimentos argilo-arenosos. Alguns estudos demonstram que também há contribuição de materiais mais jovens do Cenozóico nas camadas mais superficiais do solo (Jacomine *et al.*, 1971; Luz *et al.*, 1992; Araújo Filho *et al.*, 2000).

2.2 Coleta de solos e fabricação de lâminas de micromorfologia

Três perfis de solo de Luvisolos foram abertos e descritos, de forma a representar a dominância de materiais de origem no semiárido brasileiro. Amostras deformadas de solo foram coletadas e enviadas ao laboratório para análises químicas e físicas de rotina, a fim de melhor caracterizar os solos.

A caracterização química do solo foi feita conforme Teixeira *et al.* (2017), sendo o pH em água (1:2,5) determinado por potenciometria; o P, Na e K disponíveis extraídos em Mehlich-1 e determinados com fotometria de chama e espectrometria; o Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} foram extraídos por KCl 1 mol L⁻¹, sendo o Ca^{2+} e Mg^{2+} determinados por espectrometria de absorção atômica e o Al^{3+} por titulometria com NaOH 0,025 mol L⁻¹; o H+Al foi extraído por acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ em pH 7,0 e determinado por titulometria; o carbono orgânico total (COT) foi determinado conforme Yeomans e Bremner (1988); a argila, silte e areia foram obtidos por dispersão física (50 rpm por 16h) e química (NaOH 0,1 mol L⁻¹) com determinação da areia por tamisamento e argila e silte pelo método da pipeta.

Amostras indeformadas foram coletadas perpendicularmente em relação à superfície do solo, ao longo do horizonte B textural dos perfis, por meio de caixas de Kubiena. Essas amostras foram secas ao ar e em seguida saturadas com acetona, com o objetivo de remover o ar de todos os poros e a água residual (Teixeira *et al.*, 2017). Após este processo, foi adicionada resina epóxi nas amostras. A etapa de secagem e endurecimento foi realizada em temperatura ambiente e a vácuo, com o intuito de garantir maior penetração da resina no solo. Os blocos endurecidos foram cortados em seções mais finas de aproximadamente 1 mm e em seguida desbastados até atingir espessura de 20 µm a 30 µm. A espessura final foi atingida quando a cor de interferência do quartzo tornou-se branca ou cinza clara quando observada em microscópio petrográfico sob luz polarizada (Castro *et al.*, 2003; Fitzpatrick, 1993). Por fim, foram fabricadas lâminas delgadas de tamanho aproximado de 1,8 mm x 30 mm x 40 mm.

2.3 Descrição das lâminas e seleção das feições para análise

As lâminas de micromorfologia foram escaneadas e as imagens seccionadas em zonas com o intuito de organizar e direcionar melhor o processo descritivo. A partir das imagens escaneadas, foi realizada a observação prévia das pedofeições que compõem cada zona de cada lâmina com o objetivo de facilitar a análise no microscópio petrográfico.

Cada lâmina delgada foi observada por meio de um conjunto de lupas de aumento tanto em luz plana polarizada quanto em luz cruzada polarizada. A observação inicial ocorreu sob baixo aumento e toda a sua superfície foi percorrida sistematicamente em linhas horizontais e curtos intervalos verticais. Após o reconhecimento da lâmina, cada zona foi observada sob aumento progressivo a fim de detalhar melhor a área mapeada (Filizola, Gomes, 2006).

A descrição foi realizada por meio de texto e organizada em tabelas e fichas padronizadas adotando a seguinte ordem sistematizada:

- i. Fundo matricial:

- Fração fina: consiste nas partículas de tamanho menor que 2 μm , não sendo possível observá-las individualmente no microscópio (fração argila);
 - Fração grosseira: consiste nas partículas de tamanho maior que 2 μm (fração silte e areia). Também constituídos por minerais e feições pedológicas;
 - Poros: vazios com tamanhos e formas distintas, formados mecanicamente ou biologicamente.
- ii. Feições pedológicas: consiste em unidades reconhecíveis no solo que se distinguem do material vizinho por diferenças na organização do plasma ou no arranjo dos demais constituintes;
 - iii. Estrutura: consiste na organização física de um material pedológico que se manifesta pelo tamanho, a forma e o arranjo das partículas sólidas e poros formando agregados ou não.
 - iv. Distribuição e arranjo dos constituintes do solo.

Além disso, cada tópico foi descrito pelo tamanho, formato, abundância, frequência, cor e padrão de distribuição e de orientação na amostra. Após o processo de descrição foram selecionados os pontos de interesse do estudo, ou seja, as pedofeições de revestimento da seção fina das amostras que tenham cor, textura e bandeamento peculiares, que diferem do restante da matriz do solo.

4 RESULTADOS

4.1 Descrição dos perfis

Os perfis foram coletados em colinas convexo-côncavas em altitudes variando entre 446 m a 520 m e são originados de distintos materiais de origem (Tabela 1). São perfis de solos rasos, com profundidade mínima de 45 cm e a máxima de 75 cm (Tabela 2). Apesar da pouca profundidade, há variação de cor entre os horizontes e entre os perfis. A cor mais amarela observada é a 10YR e a mais vermelha é a 10R. A sequência mais comum de horizontes é A/Bt/C. A cerosidade presente nos horizontes B texturais varia de pouca e fraca a abundante e forte, inclusive com presença de feições do tipo slickenside no perfil P2.

Tabela 1: Descrição da área dos perfis de solo.

Perfil	Classificação do Solo SiBCS	Coordenadas	Altitude (m)	Descrição Geral
P1	Luvissole Crômico Órtico típico	7° 14' 24.4" S 36° 32' 40.8" W	520	Solo desenvolvido a partir de gnaisses aluminosos graníticos. Relevo em forma de colinas do tipo convexa-convexa, apresentando erosão laminar ligeira/moderada. Amostras coletadas no terço inferior da vertente. Sem ação antrópica.
P2	Luvissole Crômico Órtico típico	7° 22' 12.1" S 36° 23' 09.7" W	446	Solo desenvolvido a partir de ortognaisses. Relevo em forma de colinas do tipo convexa-convexa, apresentando erosão laminar fraca e presença de depósitos coluvionais. Amostras coletadas no terço inferior da vertente. Solo utilizado em atividades agropecuárias, com ocupação por pastagem.
P3	Luvissole Crômico Órtico típico	7° 24' 46.4" S 36° 26' 28.3" W	446	Solo desenvolvido a partir de rochas metamáficas anfibolíticas e ortognaisses. Relevo em forma de colinas do tipo convexa-convexa, apresentando erosão laminar ligeira/moderada. Amostras coletadas no terço inferior da vertente. Sem ação antrópica.

A espessura do horizonte A varia entre 13 e 15 cm (Tabela 2). Todos os perfis possuem estrutura como blocos subangulares no horizonte A. No que diz respeito à cor, há variação entre os perfis, sendo a cor mais vermelha 10R e a cor mais amarela 5YR. Os horizontes A foram classificados como horizonte diagnóstico A moderado.

A estrutura dominante dos horizontes B é a de blocos subangulares (Tabela 2). O grau varia de moderada a forte e o tamanho varia de pequena a grande. A consistência dominante quando seca é ligeiramente dura e muito dura, os solos são friáveis quando úmidos e plásticos/pegajosos quando molhados. Foram observadas a presença de raízes em todos os horizontes dos três perfis. Apenas no perfil P3 há aumento de raízes em profundidade. A predominância de poros foi classificada como comuns, de tamanhos que variam de muito pequenos a médios.

Os perfis P1 e P3 possuem textura franco-argilo-arenosa, sendo o P3 com maior porcentagem de areia (Tabela 3). Já o perfil P2 possui classe textural muito argilosa, sendo o perfil com maior porcentagem de argila. Não foi observado relação entre o aumento de argila em profundidade e altitude. Apenas no perfil P3, o teor de argila não aumenta em profundidade.

O perfil P1 tem o horizonte A com menor espessura, de 13 cm. Os demais perfis têm horizontes A com espessura de 15 cm (Tabela 2). Quanto à estrutura dos horizontes, não há variação, todos têm o mesmo tipo, classificada como blocos subangulares. No que diz respeito

à cor, há variação entre os perfis, sendo a cor mais vermelha 10R e a cor mais amarelada 5YR. Os horizontes A foram classificados como Moderado.

Tabela 2: Propriedades morfológicas dos perfis de solos.

Horizonte	Profundidade (cm)	Transição (contraste, topografia)	Cor úmida	Estrutura (grau, tamanho, tipo)	Consistência (seca, úmida, molhada)	Cerosidade (quantidade, grau)	Raízes (quantidade, tamanho)	Poros (quantidade, tamanho)
P1 Luvissole Crômico Órtico típico								
A	0-13	Clara, plana	10R 2,5/2	Moderada, pequena/média, blocos subangulares	Lig. dura, friável, lig. plástica, lig. pegajosa	-	Comuns, muito finas, finas	Comuns, muito pequenos, pequenos
AB	13-32	Clara, plana	2,5YR 5/3	Moderada, pequena/média, blocos subangulares	Lig. dura, friável, lig. plástica, lig. pegajosa	-	Poucas, muito finas, finas, médias	Comuns, pequenos, médios
Bt1	32-45	Clara, plana	2,5YR 3/2	Moderada, pequena/média, blocos subangulares	Lig. dura, friável, plástica, pegajosa	-	Poucas, muito finas	Abundantes, muito pequenos, pequenos e médios
Bt2	45-75+	Clara, plana	2,5YR 2,5/7	Forte, grande, blocos subangulares e prismática	Dura, firme, plástica, pegajosa	Pouca, fraca	Poucas, muito finas	Poucos, muito pequenos e pequenos
P2 Luvissole Crômico Órtico típico								
A	0-15	Clara, plana	5YR 3/2	Moderada, pequena, blocos subangulares	Lig. dura, friável, muito plástica, pegajosa	-	Comuns, finas e muito finas	Comuns, pequenos e médios
Bt	15-35	Clara, plana	10YR 3/1	Forte, grande, blocos angulares e prismática	Dura, firme, muito pegajosa, plástica e muito pegajosa	Comum, forte (slickenside)	Poucas, finas e muito finas	Comuns, médios
C	35-52+	Clara, plana	5YR 3/1	maciça	Muito dura, muito friável, muito pegajosa, plástica	Pouca e fraca	Poucas, finas e muito finas	Comuns, pequenos e médios
P3 Luvissole Crômico Órtico típico								
A	0-15	Clara, plana	2,5YR 2/2	Moderada, média, blocos subangulares	Dura, firme, muito pegajosa, plástica e muito pegajosa	-	Poucas, finas e muito finas	Comuns, pequenos e médios
Bt	15-45+	Clara, plana	10R 2/2	Forte, grande, prismática	Dura, firme, plástica, pegajosa	Abundante, forte	Comuns, finas e muito finas	Comuns, pequenos e médios

Tabela 3: Textura dos perfis de solos.

Horizonte	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Classe textural
----- % -----					
P1 Luvissole Crômico Órtico típico					
A	26,0	33,9	15,0	25,1	Franco-Argilo-Arenosa
AB	26,5	43	9,9	20,6	Franco-Argilo-Arenosa
Bt1	27,2	32,4	18,0	22,4	Franco-Argilo-Arenosa
Bt2	33,1	26,5	11,3	29,1	Franco-Argilo-Arenosa
P2 Luvissole Crômico Órtico típico					
A	13,2	27,8	2,9	56,1	Argila
Bt	11,3	21,6	4,8	62,2	Muito Argilosa
C	10,7	22,8	4,5	62,0	Muito Argilosa
P3 Luvissole Crômico Órtico típico					
A	32,4	27,6	0,04	39,7	Argilo-Arenosa
Bt	29,2	16,9	6,4	47,5	Argilo-Arenosa

Os perfis variam entre fortemente ácido a moderadamente alcalinos (Tabela 4) e em todos os horizontes diagnósticos, a base dominante é o Ca^{2+} . O maior valor de COT é 1,60 % e o menor valor é 0,23 %. O teor de COT tem caráter errático no perfil P1 e nos demais perfis tende a decrescer em profundidade. O maior valor de fósforo é 62,4 mg kg⁻¹ e o menor valor é 1,8 mg kg⁻¹, ambos compreendidos no perfil P1. O teor de fósforo tem caráter errático no perfil P2 e nos demais perfis o teor tende a decrescer em profundidade. Em relação ao fósforo remanescente, o maior teor é de 47,7 mg/L⁻¹ o menor teor é de 33,5 mg/L⁻¹. Os valores tendem a decrescer no perfil P1, possuem caráter errático no P2 e aumentam no perfil P3. No entanto, a variação de teor entre os horizontes é menor que 5 mg/L⁻¹

Tabela 4: Química dos perfis de solo

Horizonte	Profundidade (cm)	pH H ₂ O	pH KCl	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	COT	P _{REM}
					----- mg kg ⁻¹ -----		----- cmolc kg ⁻¹ -----							----- % -----				mg L ⁻¹
P1 Luvissole Crômico Órtico típico																		
A	0-13	6,39	5,58	62,4	305	42,8	11,82	4,27	0,00	0,00	17,06	17,06	18,36	92,9	0,0	1,00	1,60	47,7
AB	13-32	6,08	4,73	13,4	58	63,67	11,06	3,75	0,00	1,1	15,24	15,24	16,34	93,3	0,0	1,69	0,29	46,9
Bt1	32-45	5,20	4,62	2,6	50	122,58	9,43	3,82	1,27	4,5	13,91	13,91	15,81	88	0,0	3,37	0,36	43,6
Bt2	45-75+	5,94	3,87	1,8	54	280,50	12,04	6,45	0,19	1,9	19,85	20,4	21,75	91,3	0,9	5,61	0,29	43,4
P2 Luvissole Crômico Órtico típico																		
A	0-15	6,37	5,10	3,5	178	77,38	11,75	9,68	0,00	2,0	22,22	22,22	24,22	91,7	0,0	1,39	0,69	36,6
Bt	15-35	7,57	6,04	2,0	17	361,41	15,02	10,76	0,00	0,0	27,39	27,39	27,39	100,0	0,0	5,74	0,38	33,5
C	35-52+	7,85	6,25	3,0	13	373,56	14,38	10,38	0,00	0,0	26,42	26,42	26,42	100,0	0,0	6,15	0,38	38,0
P3 Luvissole Crômico Órtico típico																		
A	0-15	7,16	6,02	11,4	149	10,52	9,88	5,37	0,00	0,8	15,68	15,68	16,48	95,1	0,0	0,28	0,76	33,9
Bt	15-45+	7,44	5,41	4,3	37	89,53	14,59	9,43	0,00	0,07	24,50	24,500	25,20	97,2	0,0	1,54	0,23	38,9

4.2 Descrição das lâminas e pedofeições

Foram confeccionadas seis lâminas delgadas dos perfis de solo (Tabela 5). A microestrutura variou entre grumosa, cavitária e complexa. A dominância de poros entre os perfis é do tipo cavidade, câmaras e planares. A razão entre a fração fina e grossa (razão G/F) entre os perfis é predominantemente porfírica, exceto no horizonte AB, classificada como quitônica.

A fração grossa é predominantemente constituída por grãos minerais compostos e por poucos fragmentos de rochas, ambos apresentando clivagens e fraturas respectivamente. Os grãos são distribuídos de forma randômica e possuem tamanhos variados, exceto no horizonte A do perfil P1 que apresenta um certo padrão de tamanho. A fração fina dos perfis é do tipo salpicada e as cores variam, desde a mais amarela 5Y até a mais vermelha 2,5YR.

A birrefringência da *b* fábrica é predominantemente do tipo salpicada em mosaico, com exceção dos horizontes AB e Bt2. Em relação ao horizonte AB, a *b* fábrica é do tipo indiferenciada. Já em relação ao horizonte Bt2, a birrefringência é do tipo granoestriada e poroestriada.

Tabela 5: Descrição das lâminas de solos

Horizonte	Profundidade (cm)	Microestrutura	Poros	Razão G/F	Fração Grossa	Fração Fina	<i>b</i> fábrica
Perfil 1: Luvissole Crômico Órtico típico							
A	0 - 13	Grumosa/ Esponjosa	Cavidades, câmaras e canais	Porfítica	Grãos minerais simples, de tamanhos semelhantes e distribuídos randomicamente. Alguns grãos maiores com fraturas e clivagem.	Salpicada 2,5YR 1/2	Salpicada em mosaico
AB	13 - 32	Esponjosa	Intergranulares	Quitônica	Grãos minerais simples, de tamanhos variados e distribuídos randomicamente. Alguns grãos com fraturas e clivagem.	Salpicada 5YR 2/3	indiferenciada
Bt1	32 - 45	Cavitária	Cavidades, câmaras e canais	Porfírica	Grãos minerais compostos e fragmentos de rochas distribuídos randomicamente. Os grãos menores são pouco arrestados. Apresentam fraturas e clivagem.	Salpicada 5YR 2/3	Salpicada em mosaico

Bt2	45 -75	Cavitária	Cavidades, câmaras e canais, planares	Porfirica	Grãos minerais compostos e fragmentos de rochas distribuídos randomicamente. Apresentam fraturas e clivagem.	Salpicada 5Y 7/2	Salpicada em mosaico/ poroestriada / granoestriada
-----	--------	-----------	---------------------------------------	-----------	--	------------------	--

Perfil 2: Luvissole Crômico Órtico típico

Bt	15 - 35	Complexa Fendilhada/ Com câmaras	Cavidades, câmaras e planares	Porfirica	Grãos minerais compostos distribuídos randomicamente. Apresentam fraturas e clivagem.	Salpicada 10YR 4/6	Salpicada em mosaico
----	---------	----------------------------------	-------------------------------	-----------	---	--------------------	----------------------

Perfil 3: Luvissole Crômico Órtico típico

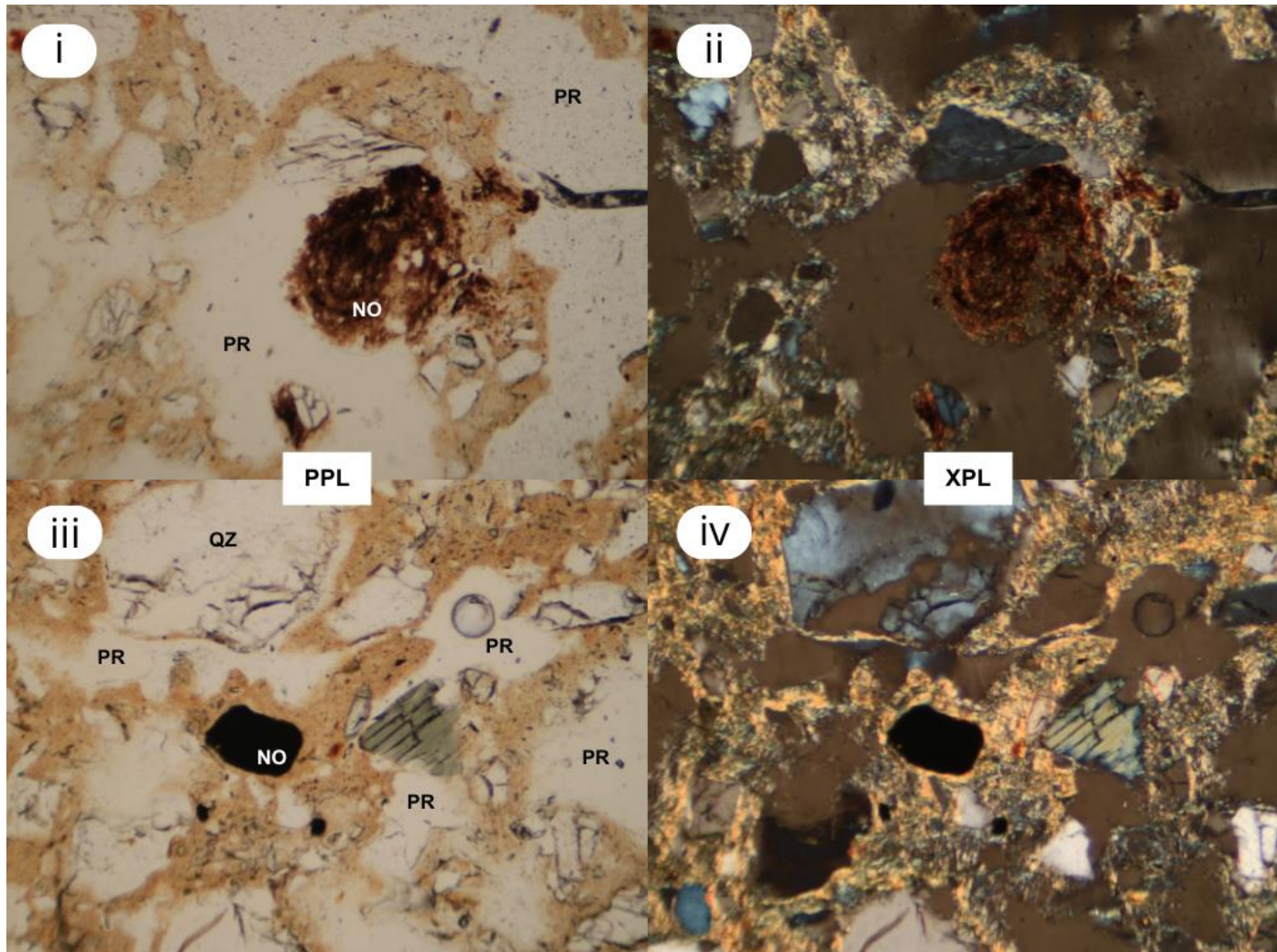
Bt	15 - 45	Complexa blocos subangulares e cavitária	Cavidades, canais e planares	Porfirica	Grãos minerais compostos e fragmentos de rochas distribuídos randomicamente. Apresentam fraturas e clivagem.	7,5YR 5/8	Salpicada em mosaico
----	---------	--	------------------------------	-----------	--	-----------	----------------------

As pedofeições predominantes nas lâminas são os nódulos, preenchimentos e revestimento de grãos e de poros (Tabela 6). Também foram observadas pedofeições relacionadas ao fundo matricial, em que há variação de cor e de acúmulo de excrementos. Os nódulos (Figura 2) são compostos por ferro e manganês e possuem variação quanto a presença de birrefringência e de camadas internas quando visualizados sob a luz refletida. A maioria possui alto grau de arredondamento e são nítidos em relação ao fundo matricial.

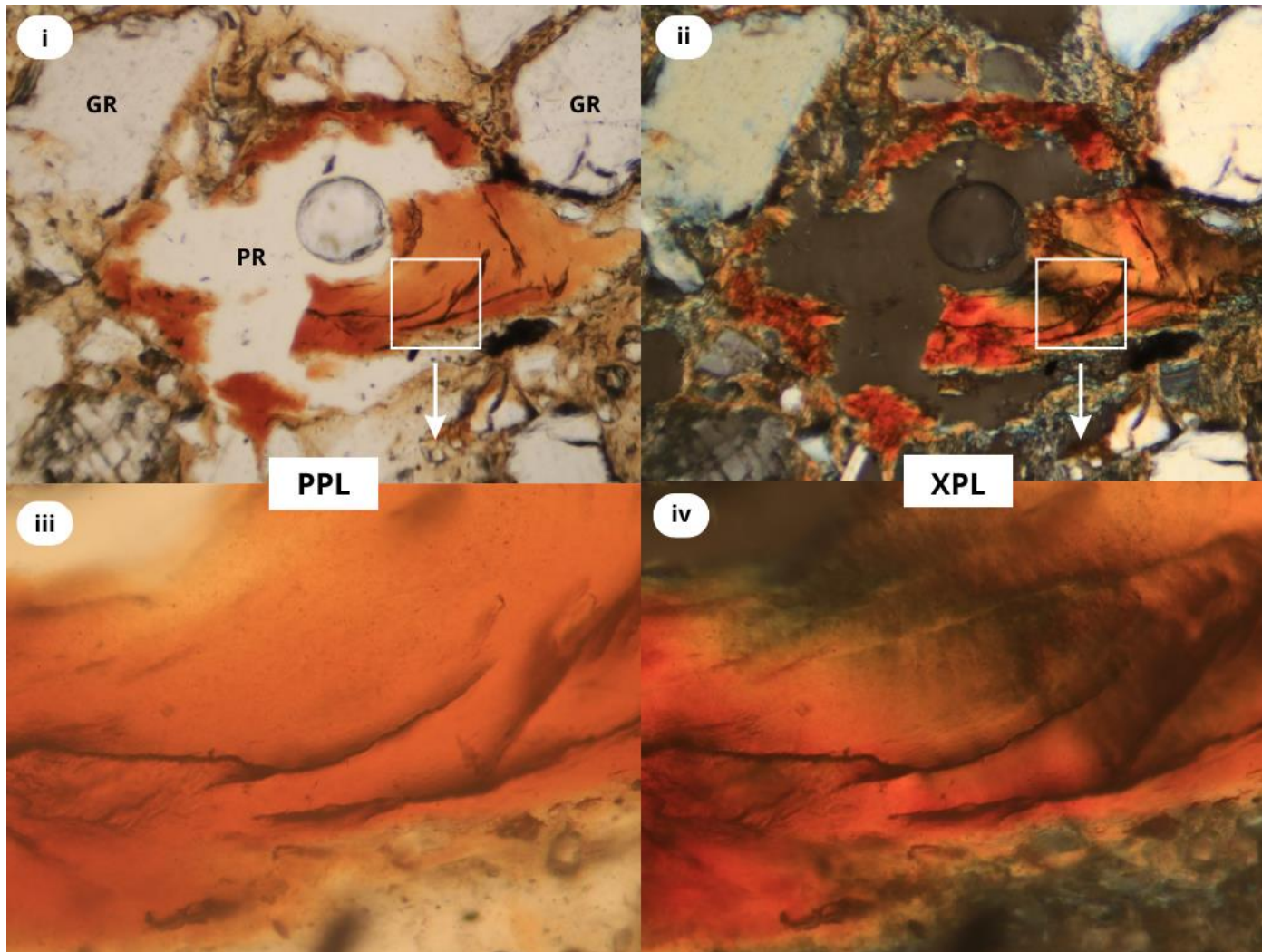
As pedofeições de preenchimento (Figura 3) possuem variação na composição, sendo compostas somente por material fino ou material fino+grosso. Os preenchimentos também variam quanto à presença ou não de acamamento e birrefringência do tipo estriada e salpicada. As pedofeições de revestimento de grãos e poros (Figura 4, 5, 6 e 7) também possuem variações quanto a presença de camadas, cor e a presença e tipo de birrefringência. As cores mais predominantes são o preto, marrom e tons alaranjados e a birrefringência varia entre granoestriada, poroestriada e salpicada. Também foram observadas feições pedofeições compostas por material fino incorporado ao fundo matricial (Figura 8). Possuem cores contrastantes em relação ao fundo matricial e algumas têm limites bem definidos. A maior parte destas feições tem camadas e birrefringência do tipo estriada.

Tabela 6: Descrição das pedofeições

Horizonte	Profundidade (cm)	Pedofeições
Perfil 1: Luvissole Crômico Órtico típico		
A	0 - 13	Nódulos típicos e nucleicos, distribuídos de forma aleatória; alguns apresentam birrefringência e camadas internas. Agregados compostos por excrementos arredondados. Hiporrevestimento de poros com birrefringência e sem acamamento. Revestimento de grãos distribuídos randomicamente. Agregados formados por excrementos elipsóides sem birrefringência.
AB	13 - 32	Zonas porfíricas com birrefringência granoestriada e salpicada. Zonas quitônicas, com revestimentos de grãos com birrefringência granoestriada distribuídos randomicamente. Círculo de argila sem birrefringência e com acamamento. Hiporrevestimento em poros com birrefringência salpicada/estriada
Bt1	32 - 45	Preenchimentos com/sem birrefringência compostos em sua maioria por material fino. Revestimento de grãos sem birrefringência e com acamamento distribuídos randomicamente. Revestimento de poros com birrefringência salpicada e acamamento. Argila incorporada ao fundo matricial com birrefringência estriada e acamamento.
Bt2	45 - 75	Nódulos típicos e nucleicos, distribuídos de forma aleatória; alguns apresentam birrefringência e camadas internas. Preenchimentos com/sem birrefringência compostos por material fino. Revestimento de poros com/sem birrefringência e em sua maioria com acamamento. Revestimento de grãos com birrefringência salpicada/estriada/indiferenciada e alguns apresentam acamamento, distribuídos randomicamente. Argila incorporada ao fundo matricial com birrefringência granoestriada/poroestriada/indiferenciada, maioria contendo acamamento.
Perfil 2: Luvissole Crômico Órtico típico		
Bt	15 - 35	Nódulos típicos e nucleicos, distribuídos de forma aleatória; alguns apresentam birrefringência e camadas internas. Preenchimentos sem birrefringência, compostos por material fino e material fino+grosso.
Perfil 3: Luvissole Crômico Órtico típico		
Bt	15 - 45	Preenchimento com birrefringência difusa, composto por material fino+grosso. Revestimento de poro sem birrefringência e sem acamamento. Revestimento de grão com birrefringência granoestriada e acamamento.

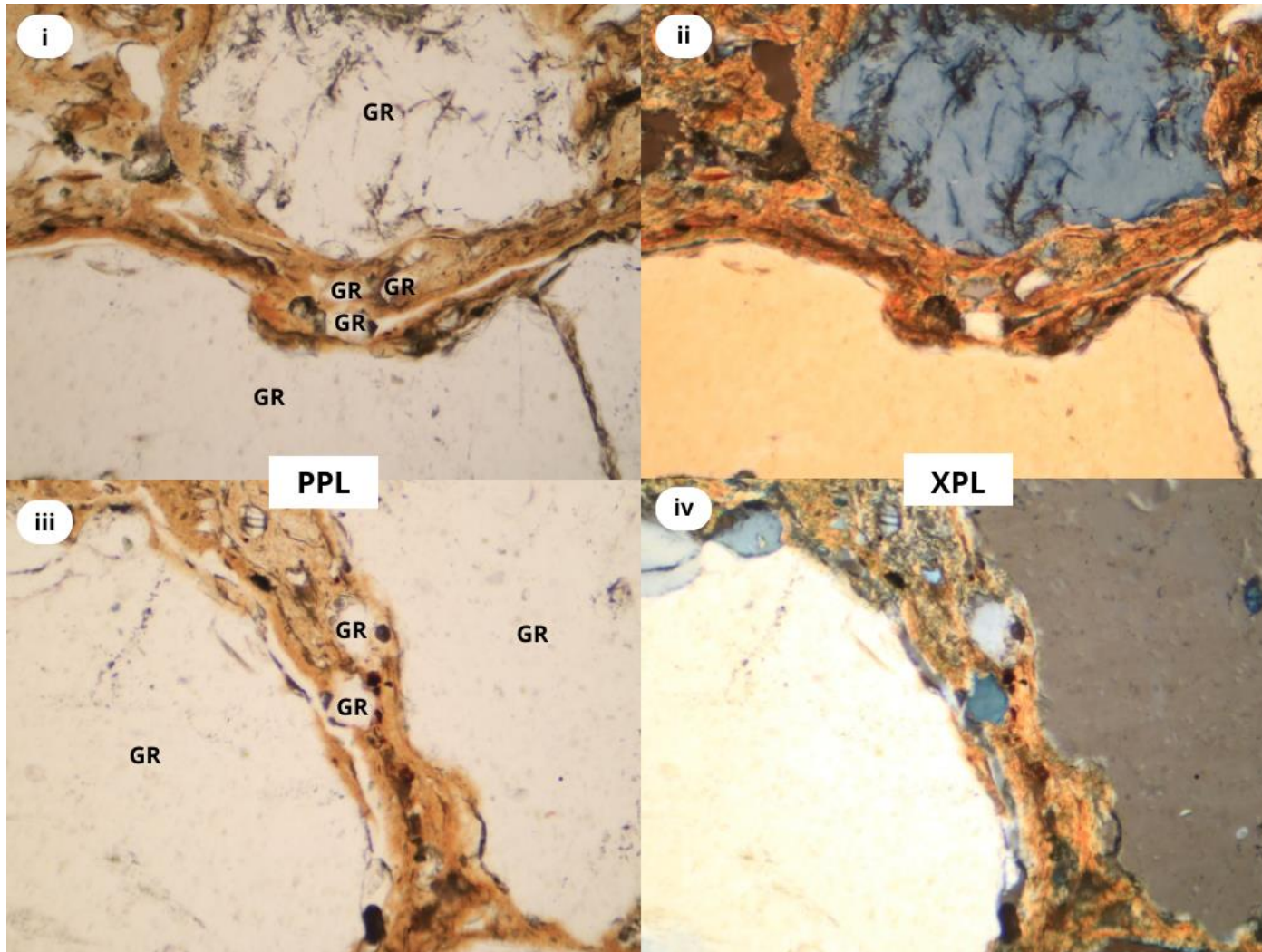
Figura 2: Nódulos

i e iii) → PPL: luz plana polarizada. NO: nódulo, PR: poro, QZ: quartzo. ii e iv) → XPL: luz cruzada polariza.

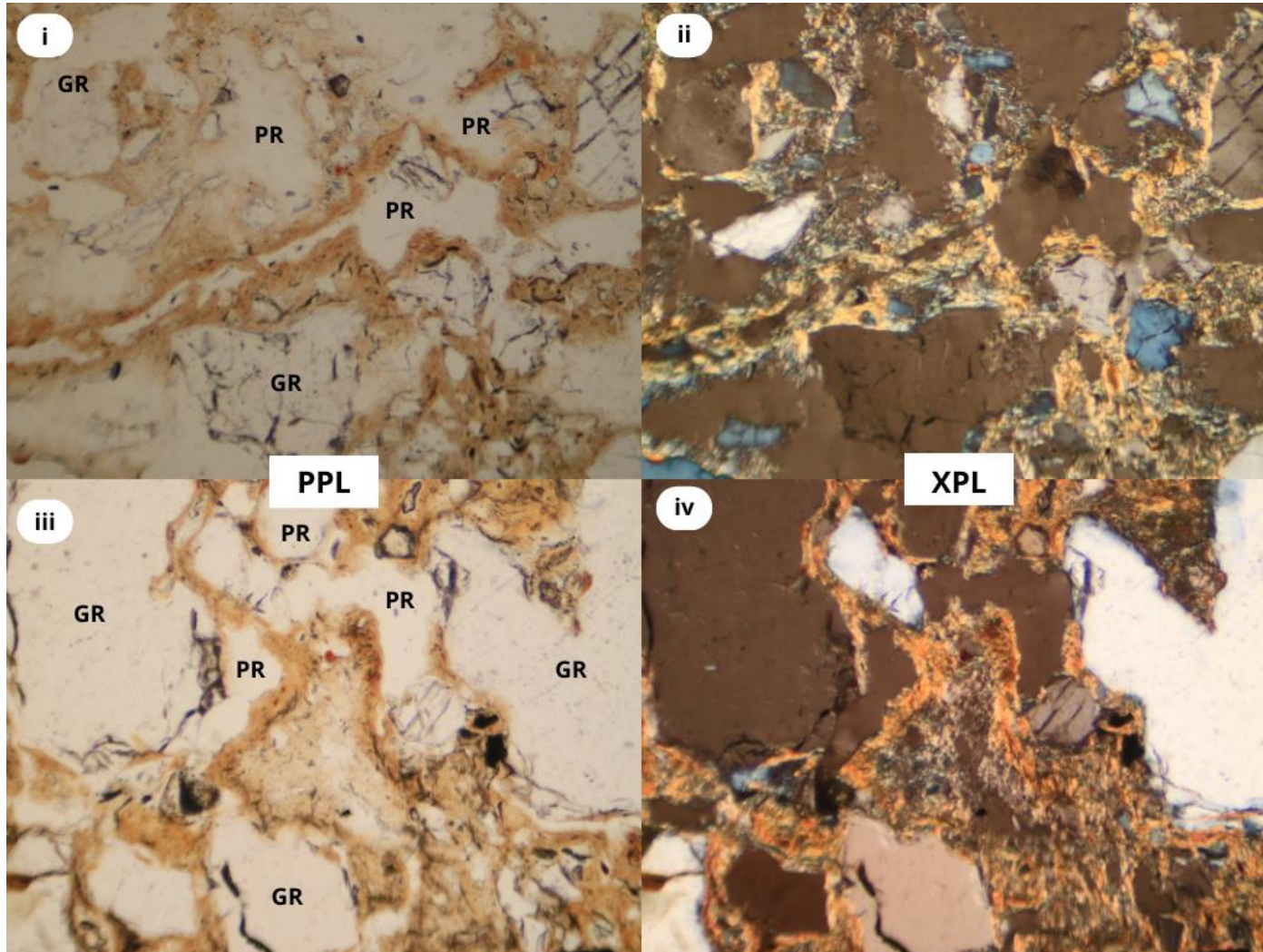
Figura 3: Preenchimento de poros

i e iii) → PPL: luz plana polarizada. PR: poro. GR: grão. ii e iv) → XPL: luz cruzada polarizada.

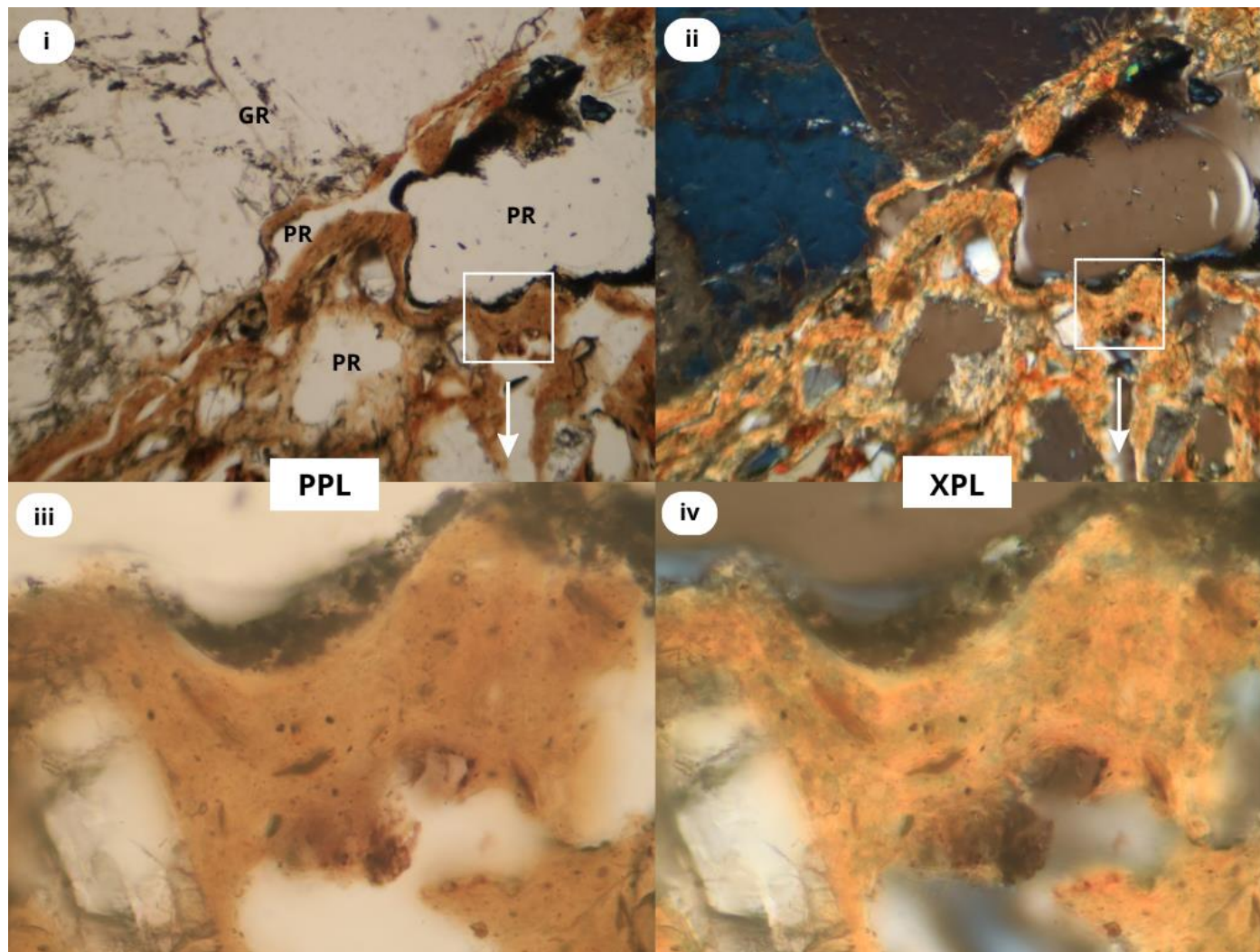
Figura 4: Revestimento de grãos



i e iii) → PPL: luz plana polarizada. PR: poro. GR: grão ii e iv) → XPL: luz cruzada polarizada.

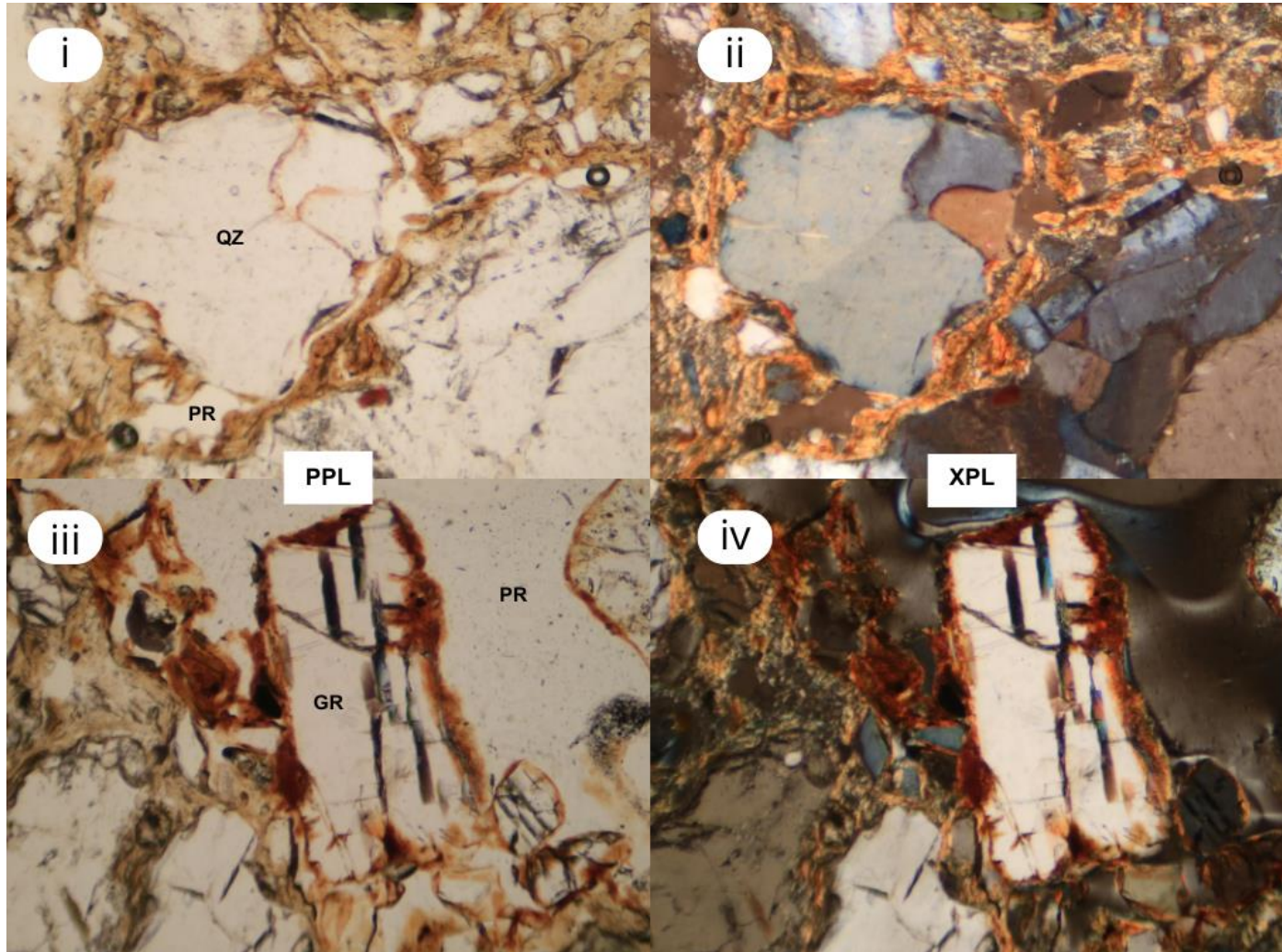
Figura 5: Revestimento de poros

i e iii) → PPL: luz plana polarizada. PR: poro. GR: grão ii e iv) → XPL: luz cruzada polarizada.

Figura 6: Revestimento de poros

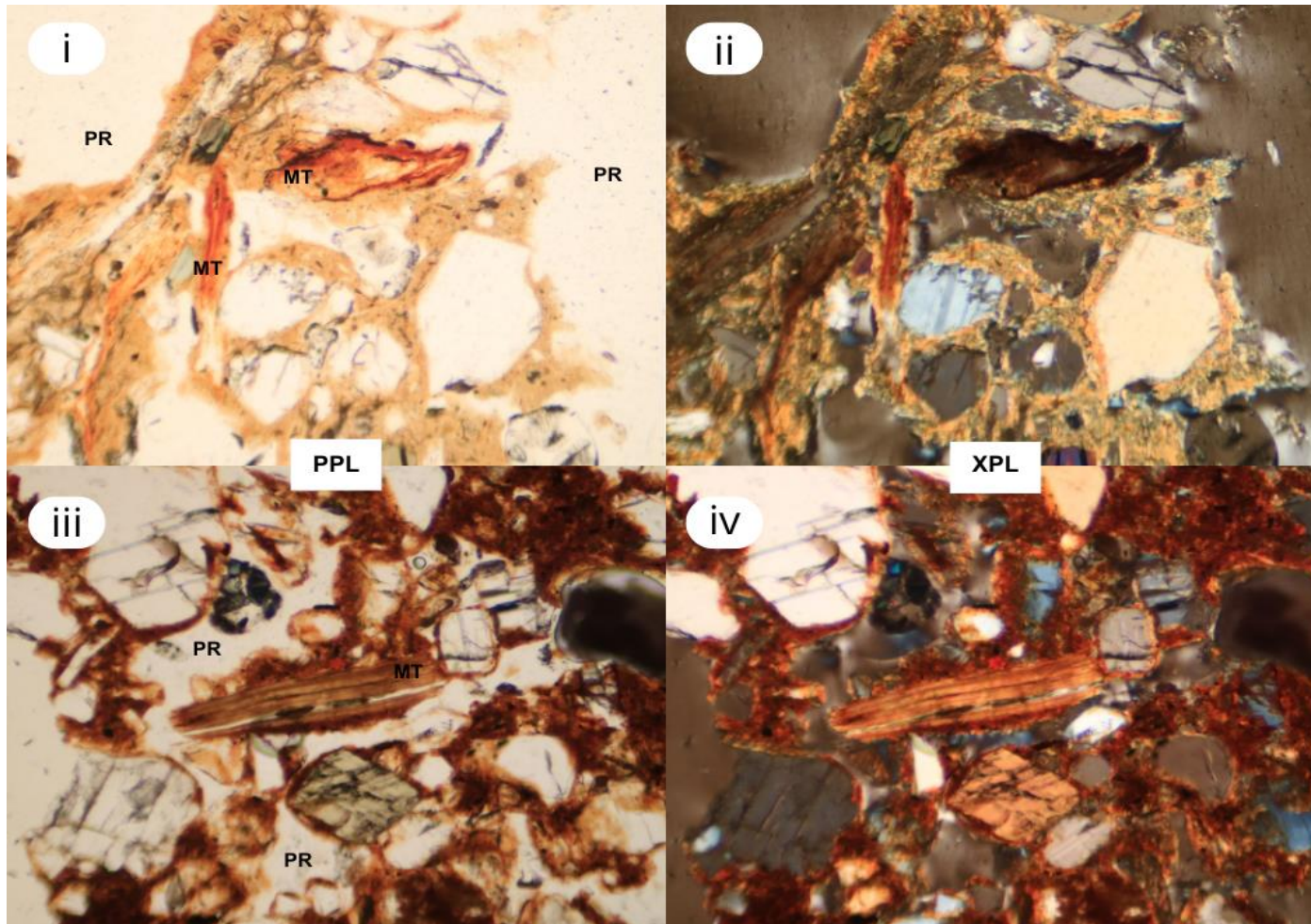
i e iii) → PPL: luz plana polarizada. PR: poro. GR: grão ii e iv) → XPL: luz cruzada polarizada.

Figura 7: Revestimento de grãos



i e iii) → PPL: luz plana polarizada. PR: poro, QZ: quartzo, GR: grão. ii e iv) → XPL: luz cruzada polariza.

Figura 8: Material fino incorporado ao fundo matricial



i e iii) → PPL: luz plana polarizada. PR: poro, MT: material fino. ii e iv) → XPL: luz cruzada polariza.

5 DISCUSSÃO

A razão G/F distinta entre o horizonte AB e os demais horizontes adjacentes é indicativa de migração de argila dentro do perfil do solo. Além disso, a presença de *b* fábrica birrefringente do tipo granoestriada e poroestriada é indicativa da deposição orientada de partículas de argila nestas superfícies. Este contexto é comum em solos argilosos que passam intensa sazonalidade climática e por processos de migração de argila do tipo iluvial (Castro e Cooper, 2019).

A presença de preenchimentos densos incompletos e completos, compostos por material fino e com *b* fábrica birrefringente podem indicar a deposição de sedimentos num período em que o fluxo de água foi lento e duradouro no horizonte (Silva *et al.*, 2015). A formação deste tipo de pedofeição provavelmente foi ocasionada num período em que o clima da região era mais úmido, favorecendo maior taxa de infiltração no solo e de forma constante ao longo do tempo.

Já a presença de preenchimentos compostos por material fino+grosso e com *b* fábrica sem birrefringência é indicativo que o fluxo de água ao longo do perfil foi mais vigoroso, arrastando consigo, ao longo dos poros, sedimentos de tamanhos variados. Este tipo de pedofeição pode estar relacionada a climas mais secos, cujo período de precipitação é mais curto, porém intenso. Portanto, os preenchimentos possivelmente foram originados gradualmente a partir da alternância entre clima mais úmido e clima mais seco. Além disso, foram observados revestimentos associados aos poros condutores, outra característica proveniente da migração da argila ao longo do perfil (Brewer 1964; Castro e Cooper, 2019).

Os revestimentos que possuem acamamento com variação de cor são indicativos de alternância na deposição dos materiais que recobrem os grãos e os poros. Provavelmente estão relacionados com a alternância de climas pretéritos, entre seco e úmido, e consequente alternância de estágios dos processos pedogenéticos que ocorreram nestes solos.

Os revestimentos com birrefringência poroestriada/granoestriada, possuindo limites claros em relação ao fundo matricial são indicativos de deposição orientada da argila sobre a superfície. Além disso, essas feições recobrem todos os grãos e poros sem direção específica em relação à superfície do perfil (Kühn, 2003; Stoops *et al.*, 2010). Revestimentos com estas características são indicativos de que o solo passou por fases de alagamento nos períodos mais úmidos do clima, favorecendo o acúmulo e deposição de argila ao redor de toda a superfície dos agregados e partículas.

A presença de revestimentos e preenchimentos de ferro e manganês são indicativos de processos de redoxmorfismo e acúmulo desses elementos em pontos específicos do solo

(Stoops *et al.*, 2010). Estas pedofeições também são indicativas de que o solo passou por fases mais úmidas em que os minerais presentes nestas feições reduziram e posteriormente com a mudança do clima para um período mais seco, oxidaram.

Também foram observadas a presença de nódulos de tamanhos variados e que se destacam do fundo matricial. Isto indica que provavelmente esses nódulos foram transportados de locais adjacentes ao perfil de solo (Bullok, 1985). Além disso, foram observadas pedofeições de material fino incorporado ao fundo matricial indicando a depleção ou impregnação de elementos químicos como o ferro oxidado.

Alguns estudos micromorfológicos de solos com horizonte Bt sob o bioma da Caatinga não observaram a presença de pedofeições relacionadas a migração de argila e sim de processos de formação *in situ* de argila nos horizontes. Tais observações indicaram que o Bt dos solos foi originado a partir de processos como elutriação e/ou destruição da argila no horizonte superficial (Oliveira *et al.*, 2004; Ibraimo *et al.*, 2004; Oliveira, Paulo e Fontes, 2008). Isto indica que solos semelhantes, até mesmo da mesma classe, localizados num mesmo bioma, sofrem processos pedogenéticos distintos a depender da intensidade dos fatores de formação do solo como o tipo de relevo (altitude, localização da vertente), tempo de desenvolvimento, material de origem (composição química) além de outros elementos como a drenagem, disponibilidade de água no perfil associado a velocidade das reações químicas entre outros.

Uma vez que o semiárido brasileiro é uma região de grande variabilidade espacial de solos, os mesmos provavelmente estão em distintas fases de desenvolvimento pedogenético. Portanto, uma mesma classe de solo pode ser originada por meio de processos distintos, conferindo ao solo características peculiares. Diante do exposto, todas as feições citadas e discutidas são indicativas de que os horizontes B texturais dos Luvisolos estudados foram originados pela migração da argila do horizonte superficial para o subsuperficial. Presume-se que o Bt destes solos foi originado por meio do processo de lessivagem, especificamente.

Presume-se que estes Luvisolos têm as pedofeições relacionadas a migração de argila como evidência do paleoclima da região e que, provavelmente, ainda não desenvolveram pedofeições relacionadas a formação de argila *in situ* (Bronger *et al.*, 1994; Ribeiro *et al.* 1991). Tais características provavelmente foram moldadas pelas variações climáticas ocorridas na região da Caatinga nos últimos 10.000 anos, já no Holoceno, onde foram contabilizadas pelo menos 12 fases climáticas mais úmidas neste período (Stríkis *et al.*, 2011; Rubira e Filho, 2021).

6 CONCLUSÃO

Pedofeições relacionadas a argila (preenchimentos, revestimentos e de fundo matricial) e nódulos de ferro e manganês podem ser utilizadas como um meio de discriminar processos pedogenéticos relacionados à formação de horizontes B texturais.

Revestimentos e preenchimentos com presença de camadas, alternância de granulometria e a alternância entre a presença e ausência de birrefringência observadas nos revestimentos e preenchimentos são indicativos de variação climática pretérita ocorrida no solo, entre fase úmida e fase seca.

A presença de nódulos de ferro e manganês na análise micromorfológica são indicativos de processos de redoxmorfismo ocorridos no solo que atualmente não ocorrem, pois não foram observados presença de plintitas e petroplintitas na abertura dos perfis.

Processos pedogenéticos, como a lessivagem, não são comuns, no entanto estão presentes da formação de horizontes de gradiente textural.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO FILHO, J.C. et al. **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco**, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000.

AIDE, M. T., & AIDE, C. (2012). Rare Earth Elements: Their Importance in Understanding Soil Genesis. **ISRN Soil Science**, 2012, 1–11. <https://doi.org/10.5402/2012/783876>

BULLOCK, P., N. FEDOROFF, A. JONGERIUS, G. STOOPS, T. TURSINA, and U. BABEL. Handbook for soil thin section description. **Waine Research Publications, Wolverhampton, U.K.** 1985.

BREWER, R., SLEMANN, J. R. Glaebules; their definition, classification and interpretation. **J Soil Scient.** 15:66-78, 1964.

BRONGER, A.; BRUHN-LOBIN, N. & HEINKELE, TH. Micromorphology of paleosols - genetic and paleoenvironmental deductions: case studies from central China, south India, NW Morocco and the Great Plains of the USA. In: RINGROSE-VOASE, A.J. & HUMPHREYS, G.S., eds. Soil micromorphology: studies in management and genesis. Amsterdam, **Elsevier**, p.187-206, 1994.

BRUNGARD, C.W., BOETTINGER, J.L., DUNIWAY, M.C., WILLS, S.A., EDWARDS, T.C., 2015. Machine learning for predicting soil classes in three semi-arid landscapes. **Geoderma** 239, 68–83. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.09.019>.

CASTRO, S. S., COOPER, M. **Fundamentos de micromorfologia de solos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Acesso em: 14 set. 2023., 2019

DAVRANCHE, M., GRYBOS, M., GRUAU, G., Pédrot, M., Dia, A., Marsac, R. Padrões de elementos de terras raras: uma ferramenta para identificar fontes de vestígios de metais durante a redução de solos de áreas úmidas. **Química. Geol.**, 284 (2011), pp. 127–137

FITZPATRICK, E. A. **Soil microscopy and micromorphology**. New York, 1993.

FILIZOLA, H. F.; GOMES, M. A. F. Introdução à Descrição Micromorfológica de Lâminas Delgadas de Solos PARTE 1. **Comunicado Técnico 41 EMBRAPA Meio Ambiente**, p. 8, 2006.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; LIMA, E. R. V. de L. **Potencial Pedológico das Terras do Estado da Paraíba para as Principais Culturas Agrícolas 1.a Aproximação**. [s.l: s.n.].

HENGL, T., HEUVELINK, G.B.M., KEMPEN, B., LEENAARS, J.G.B., WALSH, M.G., SHEPHERD, K.D., SILA, A., MACMILLAN, R.A., DE JESUS, J.M., TAMENE, L., TONDOH, J.E. Mapping soil properties of Africa at 250 m resolution: Random forests significantly improve current predictions. **PLoS One** 10, 1–26. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125814>. 2015

IBRAIMO M. M, SCHAEFER C. E, KER J. C, LANI J. L, ROLIM-NETO F. C, ALBUQUERQUE M. A, MIRANDA VJ. Gênese E Micromorfologia De Solos Sob Vegetação

Xeromórfica (Caatinga) Na Região Dos Lagos (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**.28(4):695-712, 2004

KÄMPF, N.; CURI, N. Conceito de Solo e sua Evolução Histórica. *In*: KER, J. C.; CURI, N.; SCHAEFER, C. E.; TORRADO, P. V. **Pedologia: Fundamentos**. Viçosa, 2015. 343 p.

KUBIENA, W.L. Micropedology. Ames: Collegiate Press, 1938. 243 p.

KÜHN, P., J. AGUILAR, R. MIEDEMA, and M. BRONNIKOVA. Textural features and related horizons. *In*: G. Stoops, V. Marcelino, and F. Mees, editors, **Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths**. 2nd ed. Elsevier, Amsterdam, 2018. p. 377–423. doi:10.1016/B978044463522 8.000140

JACOMINE, P. K. T. Solos sob Caatinga: características e uso agrícola. *In*: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: SBCS, 1996. p. 95-133.

JACOMINE, P. K. T.; SILVA, F. B. R.; FORMIGA, R. A. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte. Recife, 1971. 531 p. **DNPEADPP. Boletim Técnico, 21 – SUDENE-DRN**. Série Pedologia, 9.

LAVEUF, C.; CORNU, S.; JUILLOT, F. Rare earth elements as tracers of pedogenetic processes. **Comptes Rendus - Geoscience**, v. 340, n. 8, p. 523–532, ago. 2008.

JENNY, H. Factors of soil formation – a system of quantitative pedology, **McGrawHil**. ed. New York.1941

MABESOONE, J.M., LOBO, H.R.C. Paleosols as stratigraphic indicators for the cenozoic history of northeastern Brazil. **Catena** 7, 67–78. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(80\)80004-X](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(80)80004-X).1980.

NETO, J. L. de A.; RIBEIRO, M. R.; CORRÊA, M. M.; SOUZA JÚNIOR V. S. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; LIMA, J. F. W.F. Atributos Químicos, Mineralógicos e Micromorfológicos de Horizontes Coesos de Latossolos e Argissolos dos Tabuleiros Costeiros do Estado De Alagoas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 473-486, mar/ abr. 2010

LUCENA, R. L.; PACHECO, C. **O cariri paraibano: aspectos geomorfológicos, climáticos e de vegetação 7-Procesos de la interacción sociedad-naturaleza**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Procesosambientales/Climatologia/25.pdf>>. Acesso em: 4 jun. 2023.

LUZ, L.R.Q.P.; SANTOS, M.C.D. & MERMUT, A.R. Pedogênese em uma topossequência do semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 16:95-102, 1992.

OLIVEIRA, L. B. De; PAULO, M.; FONTES, F. Seção v - gênese , morfologia e classificação do solo. n. 4, p. 2407–2423, 2008.

OLIVEIRA, L. B.; RIBEIRO, M. R.; FERAZ, F. B.; FERREIRA, M. G. V. X.; MERMUT, A. R. Mineralogia, micromorfologia e gênese de solos planossólicos do Sertão do Araripe, estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 4, p. 665–678, 2004.

PARAÍBA. Governo do Estado da Paraíba. Secretária da Educação. **Atlas Geográfico do Estado da Paraíba**. UFPB. Grafset, João Pessoa. 1985. 100p.

POURRET, O.; VAN DER ENT, A.; HURSTHOUSE, A.; IRAWAN, D. E.; LIU, H.; WICHE, O. The ‘europium anomaly’ in plants: facts and fiction. **Plant and Soil**, v. 476, n. 1–2, p. 721–728, 1 jul. 2022.

VERMEIRE, M. L.; CORNU, S.; FEKIACOVA, Z.; DETIENNE, M.; DELVAUX, B.; CORNÉLIS, J. T. Rare earth elements dynamics along pedogenesis in a chronosequence of podzolic soils. **Chemical Geology**, v. 446, p. 163–174, 23 dez. 2016.

RIBEIRO, M.R.; SANTOS, M.C.D. & FERREIRA, M.G.V.X. Caracterização e gênese de Podzólicos Vermelho-Amarelos do sertão de Pernambuco. **R. Bras. Ci. Solo**, 15:75-81, 1991.

RUBIRA, F. G.; FILHO, A. P. Evolution of theoretical and methodological bases for identification of climatic changes, oscillations and pulsations. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 22, n. 4, p. 922–966, 2021.

SAATZ, J., VETTERLEIN, D., MATTUSCH, J., OTTO, M., DAUS, B. The influence of gadolinium and yttrium on biomass production and nutrient balance of maize plants. **Environ. Pollut.** 204, 32–38. 2015.

SILVA, L. F. S., MARINHO, M. A., MATSURA, E. E., COOPER, M., RALISCH, R. Morphological and micromorphological changes in the structure of a rhodic hapludox as a result of agricultural management. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p. 205-21, 2015.

SOIL SURVEY STAFF. Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. **USDA Agric. Handbook N° 436**, Washington, D.C. 1975

SOUZA, J. J. L. L.; DE CASTRO, F. E.; DE AZEVEDO ANDRADE, C. V. P.; KER, J. C.; PEREZ FILHO, A. Brazilian semiarid soils formed during the last glacial maximum. **Catena**, v. 223, n. January, 2023.

SOUZA, J.J.L.L., SOUZA, B.I., XAVIER, R.A., CARDOSO, E.C.M., DE MEDEIROS, J.R., DA FONSECA, C.F., SCHAEFER, C.E.G.R., 2022. Organic carbon rich-soils in the brazilian semiarid region and paleoenvironmental implications. **Catena** 212, 106101. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106101>.

SCARCIGLIA, F.; BARCA, D.; DE ROSA, R.; PULICE, I. Application of laser ablation ICP-MS and traditional micromorphological techniques to the study of an Alfisol (Sardinia, Italy) in thin sections: Insights into trace element distribution. **Geoderma**, v. 152, n. 1–2, p. 113–126, 15 ago. 2009.

SCARCIGLIA, F.; TUCCIMEI, P.; VACCA, A.; BARCA, D.; PULICE, I.; SALZANO, R.; SOLIGO, M. Soil genesis, morphodynamic processes and chronological implications in two soil transects of SE Sardinia, Italy: Traditional pedological study coupled with laser ablation ICP-MS and radionuclide analyses. **Geoderma**, v. 162, n. 1–2, p. 39–64, 15 abr. 2011.

STOOPS G. Guidelines for analysis and description of soils and regolith thin sections. **Madison: Soil Science Society of America**; 2003.

STRÍKIS, N. M.; CRUZ, F. W.; CHENG, H.; KARMANN, I.; EDWARDS, R. L.; VUILLE, M.; WANG, X.; PAULA, M. S.; NOVELLO, V. F.; AULER, A. S. Abrupt variations in South American monsoon rainfall during the Holocene based on a speleothem record from central-eastern Brazil. **Geology**, v.39, n.11, p.1075-1078, 2011.DOI. 10.1130/G32098.1

SR Taylor, SM McLennan. A Crosta Continental: Sua Composição e Evolução. **Científica Blackwell, Oxford** (1985), (312 pp.)

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. [s.l: s.n.]574 p. 2017.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, n. 13, p. 1467–1476, 1 out. 1988.

YUSOFF, Z.M., NGWENYA, B.T., PARSONS, I. Mobility and fractionation of REEs during deep weathering of geochemically contrasting granites in a tropical setting, Malaysia. **Chem. Geol.** 349–350, 71–86. 2011