

ANÁLISE DA COBERTURA PEDOLÓGICA DA CABECEIRA DE DRENAGEM DO Córrego Água Suíça, Município de Munhoz de Melo, Paraná, Brasil

Laiza Geovana ANDREOTTI ¹

Thalia Alves FERREIRA ¹

Gustavo Henrique Andrade da CRUZ²

Hélio SILVEIRA³

Francieli Sant'Ana MARCATTO³

RESUMO

Este trabalho possui como objetivo compreender a estrutura e o funcionamento da cobertura pedológica de uma cabeceira de drenagem no município de Munhoz de Melo-PR, a sua relação com o relevo e com o surgimento de processos erosivos. Para tanto, adotou-se como embasamento metodológico a Análise Estrutural da Cobertura Pedológica para identificar as transformações verticais e laterais dos horizontes pedológicos, juntamente com a análise granulométrica das amostras coletadas em campo. Os resultados demonstram que as variações de declividade influenciam a translocação interna de partículas finas, especialmente a argila, resultando em um sistema pedológico em desequilíbrio, composto por Latossolo-Argissolo-Planossolo. Conclui-se que é sobre o Argissolo e, notadamente, sobre o Planossolo onde se concentra maior densidade de processos erosivos devido ao gradiente textural vertical, mas que ainda é possivelmente potencializado pelo manejo do solo. De tal modo, para que se promova a contenção dos processos degradacionais e a conservação dos solos e da água, faz-se necessário o aumento da Área de Preservação Permanente (APP) que margeia a nascente, que deveria recobrir toda a cobertura planossólica, excedendo o raio de 50 m de vegetação regulamentada pela legislação vigente.

Palavras-chave: Pedogênese. Morfogênese. Processos erosivos.

¹ Graduação em Geografia pela Universidade Estadual de Maringá (UEM).

² Mestrando em geografia pela Universidade Estadual de Maringá (UEM)

³ Docente na Universidade Estadual de Maringá (UEM)

ANALYSIS OF THE PEDOLOGICAL COVERAGE OF THE DRAINAGE HEAD OF THE CÓRREGO ÁGUA SUÍÇA, MUNICIPALITY OF MUNHOZ DE MELO, PARANÁ, BRAZIL

ABSTRACT

This work aims to understand the structure and functioning of the pedological cover of a drainage head in the municipality of Munhoz de Melo-PR, its relationship with the relief and the emergence of erosion processes. To this end, the Structural Analysis of Pedological Coverage was adopted as a methodological basis to identify the vertical and lateral transformations of the pedological horizons, together with the granulometric analysis of samples collected in the field. The results demonstrate that slope variations influence the internal translocation of fine particles, especially clay, resulting in an unbalanced pedological system, composed of Latosol-Argisol-Planosol. It is concluded that it is on the Argisol and, notably, on the Planosol where the greatest density of erosive processes is concentrated due to the vertical textural gradient, but which is possibly enhanced by soil management. Therefore, in order to promote the containment of degradation processes, and the conservation of soil and water, it is necessary to increase the Permanent Preservation Area (AAs) that borders the spring, which should cover the entire planosolic cover, exceeding the 50 m radius of vegetation regulated by current legislation.

Keywords: Pedogenesis. Morphogenesis. Erosive processes.

1 INTRODUÇÃO

O termo “cabeceira de drenagem” pode receber diversas denominações, como “*hollow*”, rampa, concavidade (COELHO NETTO, 2003) bacias de ordem zero, microbacia, vale não canalizado, cabeceira de vale, anfiteatro e dambo (PAISANI; PONTELLI; GEREMIA, 2006). Todavia, em termos de definição, trata-se de áreas com topografias côncavas, situadas à montante dos canais de primeira ordem hierárquica (PAISANI *et al.*, 2016).

Desempenham um papel fundamental para a dinâmica, proteção e conservação das nascentes, já que são responsáveis pela reorganização dos fluxos hídricos e dos sedimentos em superfície, funcionando como pequenas bacias de captação de água (FELIPPE *et al.*, 2009). Entretanto, são áreas naturalmente sujeitas ao surgimento de processos erosivos, uma vez que consistem em zonas de convergência entre os fluxos hídricos superficiais e subterrâneos. Além disso, essa suscetibilidade natural pode ser potencializada com a remoção da floresta nativa para fins de produção agrícola, sobretudo quando apresentam solos de textura arenosa (FILIZOLA *et al.*, 2011).

Embora existam normativas ambientais que visam estabelecer medidas para a proteção das nascentes, como a regulamentação das Áreas de Preservação Permanente (APP) pela Lei Federal 12.651/2012 (Novo Código Florestal) (BRASIL, 2012), levantar e analisar o meio físico das cabeceiras de drenagem são condições básicas para a promoção de um planejamento e gerenciamento ambiental mais acurado desses locais, já que estudos realizados nessas áreas podem apontar as zonas críticas sujeitas ao surgimento de feições erosivas, responsáveis por promoverem, além da degradação dos solos, a degradação das nascentes (LIMA, 2008; PINTO *et al.*, 2004).

De tal modo, além da área de descarga (nascentes) também é necessário a realização de estudos em sua área de recarga (cabeceira de drenagem), uma vez que as características dos solos, como as variações texturais, estruturais e espessura dos horizontes pedológicos, influenciam em sua dinâmica, já que regulam os fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais (CURCIO, 2016), além de que os diversos sistemas pedológicos, orientados pelo grau de equilíbrio e desequilíbrio pedobioclimático, possuem diferentes graus de suscetibilidade erosiva (NAKASHIMA, 1999). Assim, faz-se necessário a realização de estudos ao nível de detalhe dos solos que compõem essas áreas de recarga, a fim de fomentar a conservação do solo e dos recursos hídricos, principalmente

quando situadas sobre domínio de formações areníticas, que derivam sistemas pedológicos naturalmente suscetíveis a ocorrência de processos erosivos.

A utilização da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica (AECp) de forma bi e tridimensional, sistematizada por Boulet, Humbel e Lucas (1982) e Boulet (1988), como embasamento metodológico, permite compreender a relação solo-relevo, bem como entender as variações das transformações pedogenéticas que ocorrem no entorno das nascentes, demonstrando ser um método eficiente no levantamento da estrutura e funcionamento das cabeceiras de drenagem (FRUET, 2021).

Estudos que visam compreender a estrutura e o funcionamento da cobertura pedológica e a sua relação com a degradação de nascentes, face ao surgimento e evolução de feições erosivas em cabeceiras de drenagem, ainda são pouco discutidos na literatura científica. Essas áreas possuem uma complexidade de processos, os quais para serem melhor compreendidos necessitam de um estudo em nível de detalhe.

Frente ao exposto, este trabalho tem como objetivo compreender a estrutura e o funcionamento da cobertura pedológica de uma cabeceira de drenagem no município de Munhoz de Melo-PR, a sua relação com o relevo e com surgimento de processos erosivos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

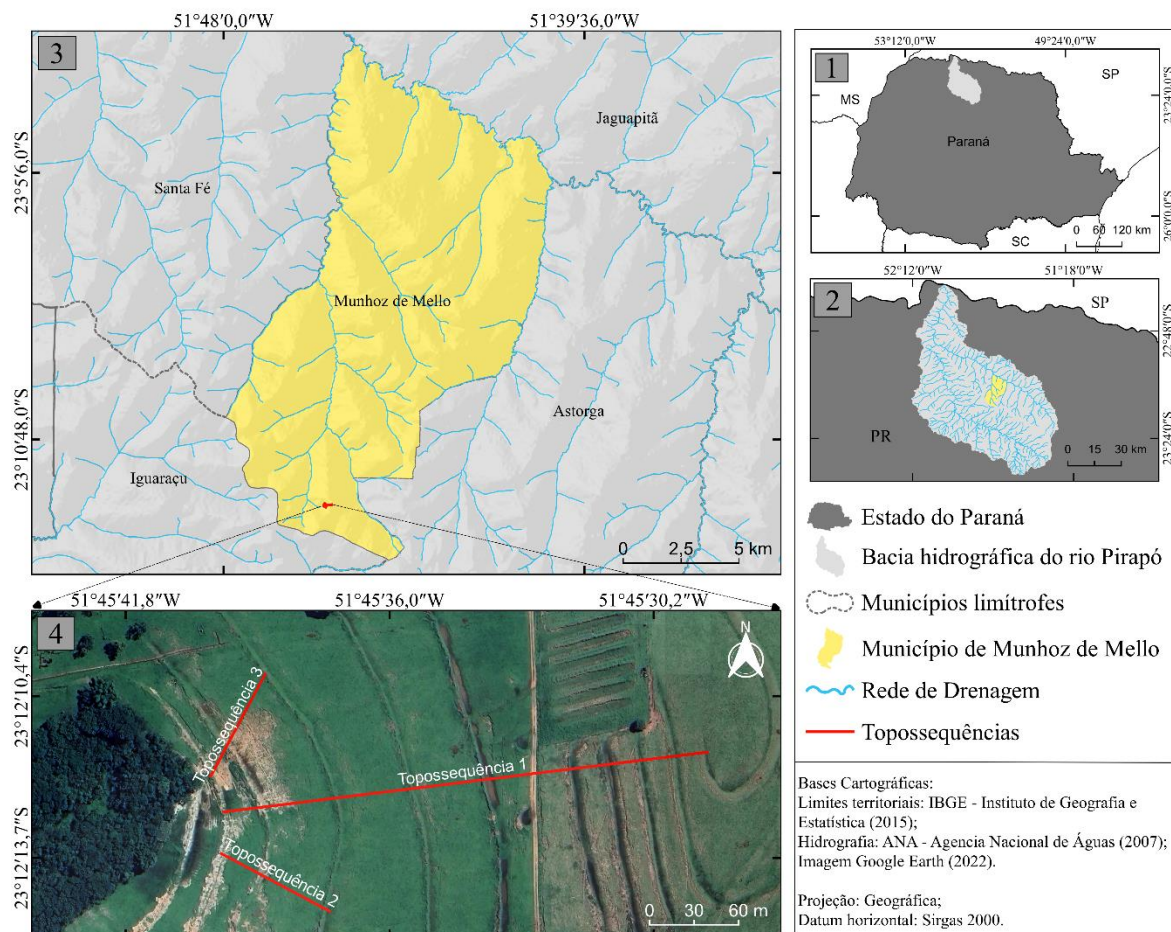
2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo trata-se de uma cabeceira de drenagem de um curso d'água de primeira ordem de ramificação, denominada Água Suíça, nascente que deságua no ribeirão Interventor, afluente do rio Bandeirantes, com exutório no rio Pirapó (Figura 1). Situa-se no compartimento arenítico da bacia hidrográfica do rio Pirapó (NÓBREGA *et al.*, 2015), no município de Munhoz de Melo-PR.

Com a finalidade de compreender a estrutura e o funcionamento da cobertura pedológica que compõem as cabeceiras de drenagem da região, foi selecionado um anfiteatro representativo. Topograficamente se encontra a 590 metros de altitude. Está assentada sobre a Formação Adamantina, pertencente ao Grupo Bauru, depositada em planície aluvial (MINEROPAR, 2001),

composta por arenitos de granulometria fina a muito fina (SOARES *et al.*, 1980) com estratificação cruzada plano paralela (MINEROPAR, 2001). Nessas áreas ocorrem Latossolos Vermelhos nos topos dos interflúvios e Argissolos Vermelhos que se estendem da média a baixa vertente (EMBRAPA, 2008).

Figura 1 - Localização da cabeceira de drenagem Água Suíça, município de Munhoz de Melo-PR



Org.: Os autores, 2023.

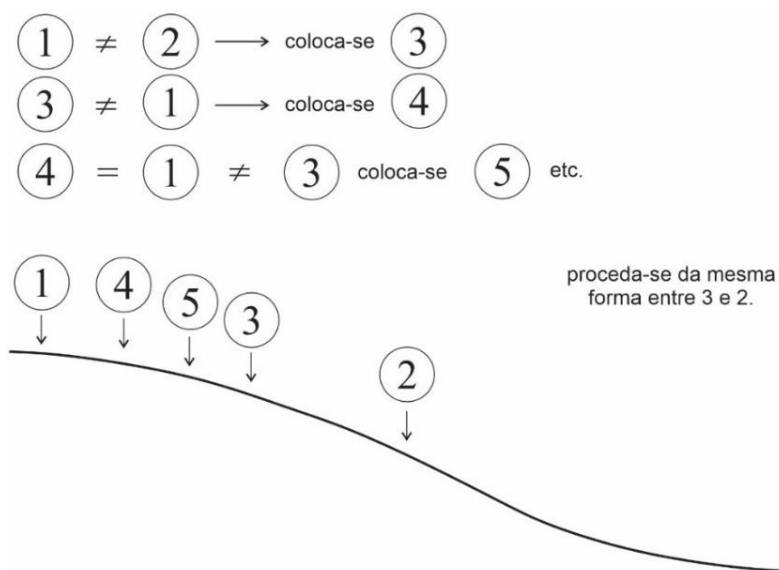
Quanto a formação fitogeográfica, apresenta como formação vegetal original a Floresta Estacional Semidecidual, caracterizada por apresentar flora que perde de 20 a 50% de suas folhas em período desfavorável, em decorrência à eventuais geadas acompanhadas de baixa precipitação pluviométrica, o que são responsáveis por mudar completamente a sua fisionomia (RODERJAN *et al.*, 2002). Contudo, atualmente a área é predominantemente atribuída ao uso de pastagens plantada, e a vegetação original ocorre, eventualmente, em pequenos fragmentos nos fundos de vales e no seu entorno.

2.2 ANÁLISE EM TOPOSSEQUÊNCIA

Para o desenvolvimento do estudo utilizou-se o levantamento prévio de três topossequências diagonais no entorno da nascente do córrego Água Suíça (T1, T2 e T3), realizado por Ferreira (2018). A autora reconstituiu bidimensionalmente os volumes pedológicos dos transectos de acordo com a metodologia proposta por Boulet, Humbel e Lucas (1982). A topossequência 1 (T1), a qual possui maior extensão, foi alocada na área central da cabeceira de drenagem, em área de maior declividade. Enquanto isso, as demais (T2 e T3) foram posicionadas em suas margens internas, da média para a baixa vertente (Figura 1).

Tais levantamentos bidimensionais, realizados do topo até o sopé das topossequências, através de sondagens à trado com 2,00 m de profundidade, permitiram verificar a organização e as transições verticais e laterais dos horizontes pedológicos ao longo dos transectos. As tradagens intermediárias foram realizadas quando necessário, conforme demonstrado na Figura 2.

Figura 2 - Método de implantação das sondagens ao longo das topossequências



Fonte: Boulet, Humbel e Lucas (1982).

Este levantamento resultou em um total de 15 sondagens distribuída nas três topossequências, sendo oito na T1, quatro na T2 e três na T3.

2.3 AMOSTRAGEM E ANÁLISES FÍSICAS

Concomitante ao levantamento dos solos dos recortes topográficos, foram coletadas amostras indeformadas de todos os horizontes pedológicos encontrados ao longo dos transectos. Essas amostras foram submetidas à análise granulométrica pelo método da pipeta, seguindo a metodologia analítica descrita pela Embrapa (2017). Os ensaios foram realizados no Laboratório de Pedologia do Departamento de Geografia (DGE) da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

O procedimento para determinação da granulometria iniciou-se com o preparo das amostras, pesando a 20g de terra fina seca ao ar (TFSA) em um béquer de 250ml e adicionando 40ml de solução dispersante ($\text{NaOH } 1\text{mol L}^{-1}$) e água até completar o volume de 100 ml, mantendo o material em repouso por 16h. Na sequência, o material foi transferido para um agitador mecânico e agitado por 10 minutos. Após a agitação, as amostras foram passadas por uma peneira de 53 μm , sendo que, o material retido consiste na fração areia. A areia foi transferida para um béquer com peso conhecido e levada à estufa a uma temperatura de 105 °C, por 24 horas.

O material que passou pela peneira foi coletado por uma proveta graduada para obtenção das frações silte e argila. A proveta teve seu volume completado até 1.000 ml, procedendo a agitação manual das amostras. Posteriormente, seguindo o tempo de sedimentação das partículas conforme a lei de Stokes, foram coletadas duas alíquotas de 20 ml com o auxílio de uma pipeta, correspondentes às frações silte e argila. O mesmo procedimento foi adotado para uma prova em branco, contendo somente o reagente dispersante.

A análise granulométrica é fundamental para a compreensão da organização e das transformações pedogenéticas que ocorrem no perímetro da cabeceira de drenagem, uma vez que tais transformações são resultantes da mobilização das referidas frações granulométricas, vertical e lateralmente, condicionadas pelos fluxos hídricos.

O levantamento morfopedológico e as análises granulométricas realizadas no presente estudo foram corroboradas pela descrição morfológica e classificação dos solos efetuado em um trabalho precedente, de autoria de Santos, Cruz e Silveira (2023), procedido na mesma área de estudo. Assim, o detalhamento da morfologia dos horizontes pedológicos, bem como a classificação dos solos até o segundo nível categórico, pode ser consultado no trabalho supracitado.

2.4 REPRESENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL DA COBERURA PEDOLÓGICA DA CABECEIRA DE DRENAGEM

Após a reconstituição e a representação bidimensional dos horizontes pedológicos, foi possível cartografar a sua organização espacial por meio da representação tridimensional da cobertura de solos, seguindo a metodologia sintetizada por Boulet (1988). Assim, os levantamentos bidimensionais foram sobrepostos a um bloco diagrama, e interligados os pontos de equivalência diante do surgimento/desaparecimento dos horizontes pedológicos, representados por curvas de isodiferenciação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 TOPOSSEQUÊNCIA 1

A topossequência 1 (T1) apresenta 331 m de extensão, e através da sua morfopedologia foi dividida em quatro segmentos de vertente: alta, média-alta, média-baixa e baixa (Figura 3).

O primeiro segmento, a alta vertente (S1), apresenta morfologia convexa, assim como os dois segmentos adjacentes (média-alta e média-baixa vertente). Com reduzida declividade (0 – 3%), apresenta um Latossolo Vermelho, com a sequência vertical dos horizontes Ap, AB e Bw.

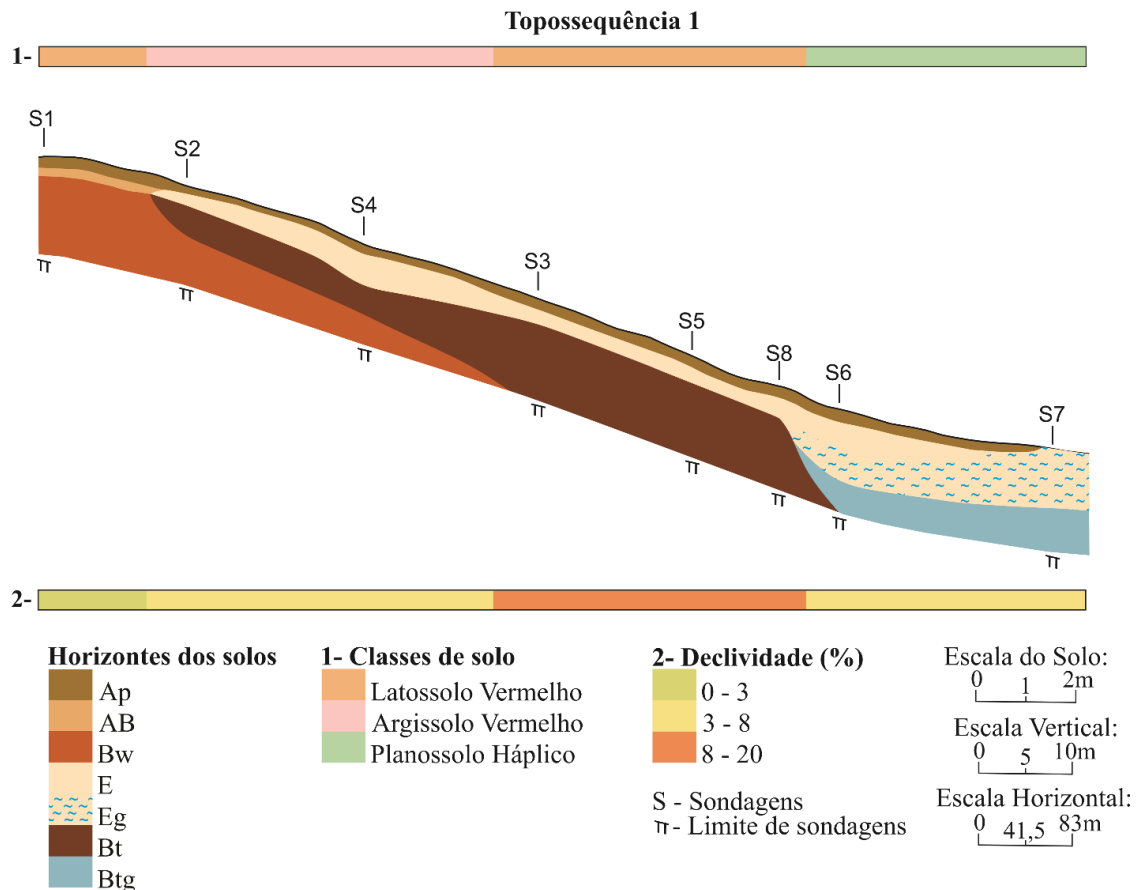
O segundo segmento, a média-alta vertente (S2 e S4), é caracterizado pelo aumento da declividade (3 a 8%), onde o relevo ondulado e a circulação hídrica favorecem para que lateralmente o horizonte AB e parte do B latossólico (Bw) se transformem em um horizonte E e Bt, respectivamente. Diante disso, neste setor surge um Argissolo Vermelho, com a sequência vertical dos horizontes Ap, E, Bt e Bw.

O terceiro segmento, a média-baixa vertente (S3, S5 e S8), assim como o segmento precedente possui cobertura argissólica, com a mesma sequência de horizontes, no entanto, o aumento expressivo da declividade (8 a 20%) favorece para o desaparecimento por completo do horizonte B latossólico sotoposto ao volume Bt.

O quarto segmento, a baixa vertente (S6 e S7), é caracterizada pela mudança da morfologia, passando de convexa para levemente côncava, em um relevo suavemente ondulado. Tais

características topográficas, somado ao processo de hidromorfia, favorecem o surgimento de um Planossolo Háplico, com a sequência vertical dos horizontes Ap, E, Eg, e Btg, com a ausência do Ap na S7, área de maior proximidade com a nascente (Figura 3).

Figura 3 - Organização bidimensional da cobertura pedológica da topossequência 1



Fonte: Adaptado de Ferreira, 2018.

Na T1, os resultados analíticos granulométricos apontam a predominância da fração areia em todos os horizontes analisados, com incremento dos teores de argila em profundidade, associado às coberturas argissólica e planossólica. O silte se apresenta de maneira majoritariamente uniforme, com uma ligeira redução de seus teores no segmento da baixa vertente.

O horizonte Ap foi encontrado ao longo de todo transecto, no entanto, desaparece no sopé da vertente (S7). Nas demais sondagens, onde não houve a sua decapitação, esse horizonte apresenta pouca variação em sua espessura, com valores médios de 20 cm. Como destacado por Cunha (2002), esse truncamento do horizonte superficial no sopé da vertente pode estar associado

ao tipo de uso agrícola da área e à ocorrência de processos erosivos laminares, resultado da concentração do escoamento hídrico superficial.

Quando se correlaciona a declividade da vertente e o comportamento textural do horizonte Ap, é evidente que a possível concentração dos fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais a partir da média-baixa vertente em virtude da ocorrência do relevo ondulado, favorece o processo de lixiviação da fração argila, uma vez que, houve a diminuição gradativa dos teores desta fração sentido jusante. Essa lixiviação é demonstrada pelos resultados granulométricos, onde a alta vertente (S1) apresenta o menor teor de areia (853 g Kg^{-1}) e maior teor de argila (58 g Kg^{-1}), enquanto o sopé (S6) possui valores antagônicos, com o maior teor de areia (920 g Kg^{-1}) e declínio do teor de argila (39 g Kg^{-1}), possuindo a menor concentração de material fino ao longo de toda topossequência (Tabela 1).

Na alta vertente (S1), onde ocorre o Latossolo Vermelho, sotoposto e com características granulométricas semelhantes ao horizonte superficial (Ap), ocorre o horizonte AB, com 20 cm de espessura. Os valores granulométricos obtidos para este volume foram de 859 g Kg^{-1} de areia, enquanto os valores de silte e argila foram de 79 e 52 g Kg^{-1} , respectivamente, permitindo que este horizonte também fosse classificado com textura areia franca (Tabela 1). Como apontado por Calegari (2000), acredita-se que devido à baixa declividade do compartimento em que ocorre essa classe de solo (alta vertente), predomina a infiltração vertical, ocasionando na homogeneidade textural do perfil.

O horizonte diagnóstico do Latossolo (Bw) surge a partir de 40 cm, e se estende da alta (S1) até a média-alta vertente (S2 e S4), onde se encontra sotoposto ao horizonte Bt do Argissolo. Esse horizonte possui textura franco-arenosa à franco-argilo-arenosa, com uma redução lateralmente da fração fina sentido a jusante da vertente, onde os teores de areia variam entre 718 e 802 g Kg^{-1} , acompanhado dos teores de argila de 198 e 122 g Kg^{-1} , para S2 e a S4, respectivamente (Tabela 1). Este comportamento também foi observado por Fontana (2009), onde o autor observou a remoção de material fino na base da cobertura latossólica.

Tabela 1 - Composição granulométrica e classificação textural dos horizontes dos solos da topossequência 1

Sondagem	Profundidade	Horizonte	Granulometria (g Kg ⁻¹)			Classificação textural
			Areia	Silte	Argila	
1	0-20	Ap	853	89	58	Areia franca
	20-40	AB	859	79	62	Areia franca
	40+	Bw	753	75	172	Franco – arenosa
2	0-15	Ap	869	86	45	Areia Franca
	15-40	E	852	91	57	Areia Franca
	40-130	Bt	711	79	210	Franco-argilo-arenosa
	130+	Bw	718	84	198	Franco- argilo-arenosa
3	0-20	Ap	870	82	48	Areia Franca
	20-50	E	866	75	59	Areia Franca
	50+	Bt	799	69	132	Franco- arenosa
4	0-20	Ap	886	58	56	Arenosa
	20-80	E	863	70	67	Areia Franca
	80-130	Bt	749	66	185	Franco-arenosa
	130+	Bw	802	76	122	Franco-arenosa
5	0-20	Ap	870	79	51	Areia Franca
	20-60	E	851	51,5	97,5	Areia Franca
	60+	Bt	808	48	144	Franco-arenosa
6	0-20	Ap	920	41	39	Arenosa
	20-60	E	896	40	64	Arenosa
	60-155	Eg	897	42	61	Arenosa
	155+	Btg	768	52	180	Franco-arenosa
7	-	Ap	-	-	-	-
	5-105	Eg	908	38	54	Arenosa
	105+	Btg	634	76	290	Franco-argilo-arenosa
8	0-25	Ap	901	46	53	Arenosa
	25-50	E	856	65	79	Areia franca
	50+	Bt	712	79	209	Franco-Argilo-Arenosa

Fonte: Os autores, 2023.

A declividade aumenta sentido a jusante, o que intensifica a circulação hídrica, um importante agente condutor das transformações pedogenéticas. Esse comportamento é, portanto, responsável pela transformação lateral dos horizontes AB e Bw da cobertura latossólica, em um horizonte E (eluvial) e Bt (iluvial), originando uma cobertura argissólica a partir da média alta vertente. Esses mesmos horizontes (E e Bt), quando localizados na baixa vertente, adquirem características de gleização e transformam-se em Eg e Btg, devido à má circulação hídrica, levando a formação de uma cobertura planossólica. O surgimento de horizontes com hidromorfismo é comum em solos situados nos sopés das vertentes, conforme demonstrado nos trabalhos de diversos autores, como Gasparetto (1999), Cunha (2002), Zaparoli (2009), Beckhauser (2020), Marcatto (2020) e Barbosa, Marcatto e Silveira (2021).

Os horizontes eluviais (E e Eg) apresentam espessamento no compartimento da baixa vertente, nas quais, quando somados, possuem 135 e 100 cm de espessura para a S6 e S7, respectivamente. Quanto a sua classificação textural, apresentam textura que oscila entre areia franca em sondagens realizadas sobre a cobertura argissólica (segmentos da média vertente) à arenosa, em sondagens sobre a cobertura planossólica (baixa vertente).

Dessa maneira, além de se espessarem em direção ao sopé da vertente, lateralmente ocorre a arenização desses horizontes (E e Eg), principalmente na S7. A intensificação do processo de lixiviação de partículas finas sentido a jusante da vertente leva esta sondagem a apresentar aumento do teor de areia (908 g Kg⁻¹) e considerável declínio dos teores das frações finas, com teor de silte de 38 Kg⁻¹ e argila de 54 g Kg⁻¹ (Tabela 1), originando um pacote arenoso espesso no entorno da nascente. Esse resultado corrobora com o obtido por Beckhauser e Silveira (2020), onde os autores também constataram o aumento de espessura e dos teores de fração grosseira (areia) da alta sentido ao sopé da vertente.

Sotoposto ao horizonte E, se estendendo da média-alta (S2 e S4) até média-baixa vertente (S3, S5 e S8), surge o horizonte iluvial Bt, associado às coberturas argissólicas. Este horizonte (Bt) apresenta classificação textural que oscila entre franco-arenosa e franco-argilo-arenosa, com maior mobilização de material fino à jusante da cabeceira de drenagem, passando de 132 Kg⁻¹ na S3 para 209 g Kg⁻¹ na S8, o que representa um aumento de 78 g Kg⁻¹ da fração argila (Tabela 1).

Em resumo, na alta vertente, em cobertura latossólica, a declividade média é de 2,7%, predominando um sistema em equilíbrio, em decorrência da homogeneidade da circulação hídrica e dos constituintes granulométricos. Em contrapartida, nos compartimentos subsequentes, na média-alta e na média-baixa vertente onde há o surgimento do processo de e-iluviação, a declividade média é de 7,9 e 10,5%, respectivamente, demonstrando um aumento médio de 7,8%. Resultados semelhantes, diante da relação do aumento da declividade com o surgimento do processo de e-iluviação, também foram encontrados por outros autores, como Zaparoli e Gasparetto (2010), Medeiros *et al.*, (2018), Marcatto e Silveira (2023).

No segmento da baixa vertente (S6 e S7), em cobertura planossólica, o horizonte iluvial Bt, devido ao hidromorfismo, se transforma no horizonte Btg. Possui textura que varia entre franco-arenosa e franco-argilo-arenosa, com 290 g Kg⁻¹ de teor de argila na S7, o que representa o maior valor da referida fração granulométrica encontrado ao longo da topossequência. Essa concentração da fração argila foi responsável pelo declínio do teor de areia (634 g Kg⁻¹), uma vez que os valores

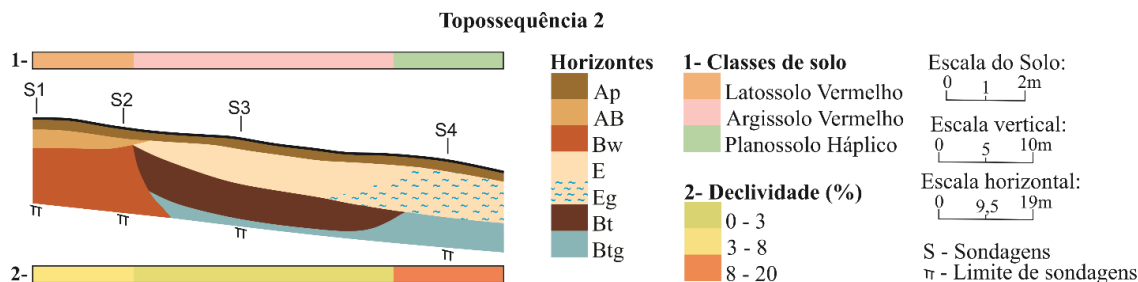
de silte permaneceram com baixa variação, com teores de 52 e 76 g Kg⁻¹ para a S6 e a S7, respectivamente (Tabela 1).

Ainda, observa-se que na S6 o horizonte Btg possui o triplo do teor de argila em comparação ao horizonte sobrejacente (Eg), enquanto na S7 o aumento dessa fração fina foi de cinco vezes, o que permite constatar que esses materiais finos são advindos dos fluxos hídricos que ocorrem tanto horizontal quanto verticalmente. A ruptura da declividade e a mudança na morfologia da vertente, que passa de côncava para levemente convexa, entre a média vertente e o sopé, possivelmente possibilita a deposição dos materiais finos em profundidade na baixa vertente.

O incremento de argila em profundidade, a partir da média-alta vertente, associado ao surgimento dos horizontes Bt e Btg, pode resultar na densificação natural desses horizontes e no selamento do seu sistema de poros, sobretudo dos macroporos, que são responsáveis por conduzir a água no perfil do solo, vertical e lateralmente. Partindo desse pressuposto, corroborado por Sartori, Lombardi Neto e Genovez (2005), em cobertura argissólica e planossólica esse comportamento torna a base do horizonte E/Eg e o topo do horizonte Bt/Btg passível à ocorrência de hidromorfia temporária, desencadeando em alto escoamento subsuperficial, responsável pelo aumento do grau de erodibilidade.

3.2 TOPOSSEQUÊNCIA 2

A topossequência 2 (T2), disposta a partir da média até a baixa vertente, apresenta forma convexa e declividade média de 5,9%. Com 92 m de comprimento, possui menor extensão se comparado à T1. Neste transecto também foram identificadas três classes de solos, com a sequência lateral de Latossolo Vermelho, Argissolo Vermelho e Planossolo Háplico (Figura 4).

Figura 4 - Perfil da distribuição lateral dos horizontes dos solos ao longo da topossequência 2

Fonte: Adaptado de Ferreira, 2018.

Quanto a organização vertical dos horizontes, apresenta sequência semelhante dos solos encontrados na T1. A formação latossólica (S1 e S2) é composta pela sucessão vertical dos horizontes Ap, AB e Bw; seguido da cobertura argissólica (S3), com a sequência dos horizontes Ap, E, Bt e Btg; e a cobertura planossólica (S4), formada pelo conjunto de horizontes Ap, Eg e Btg (Figura 4).

Da mesma forma que na T1, os resultados granulométricos da T2 mostram a predominância da fração areia em todos os horizontes analisados, sobretudo nos horizontes superficiais, com incremento dos teores de argila em profundidade, associado às coberturas argissólicas e planossólicas. Já os valores de silte foram, em sua maioria, homogêneos, com uma ligeira redução na baixa vertente.

O horizonte Ap apresenta 20 cm de espessura e pouca variação em seus constituintes granulométricos, sendo arenoso ao longo de toda a topossequência. Os teores de areia oscilam entre 882 e 924 g Kg⁻¹, enquanto de argila variam entre 57 e 29 g Kg⁻¹ para a S1 e S4, respectivamente (Tabela 2). Todavia, apesar de não ser tão expressivo quanto o observado na T1, devido à menor declividade, ainda se percebe a arenização deste horizonte sentido à jusante. Resultados granulométricos semelhantes foram encontrados por Medeiros *et al.*, (2018).

O horizonte AB ocorre na S1 e na S2, associado a cobertura latossólica, tendo espessura média de 20 cm e pouca variação em seu comportamento granulométrico. A variação do teor de areia é de 860 e 873 g Kg⁻¹, e de silte entre 58 e 63 g Kg⁻¹ para a S1 e S2, respectivamente. Tais valores observados refletem nos teores de argila, que apresentam 82 g Kg⁻¹ e 64 g Kg⁻¹ para a S1 e a S2, respectivamente. Todavia, mesmo que pequena, nota-se que em subsuperfície há a redução da concentração da fração fina à jusante da topossequência (Tabela 2).

Tabela 2 - Composição granulométrica dos horizontes dos solos da topossequência 2

Sondagens	Profundidade	Horizonte	Granulometria (g Kg ⁻¹)			Classificação textural
			Areia	Silte	Argila	
1	0-20	Ap	882	61	57	Arenosa
	20-60	AB	860	58	82	Areia Franca
	60+	Bw	799	59	142	Franco-Arenosa
2	0-20	Ap	921	46	33	Arenosa
	20-60	AB	873	63	64	Areia Franca
	60+	Bw	813	48	139	Franco-Arenosa
3	0-20	Ap	901	49	50	Arenosa
	20-130	E	873	34	93	Areia Franca
	130-185	Bt	792	40	168	Franco-Arenosa
	185+	Btg	832	30	138	Franco-arenosa
4	0-20	Ap	924	47	29	Arenosa
	20-125	Eg	945	40	15	Arenosa
	125+	Btg	779	31	190	Franco-Arenosa

Fonte: Os autores, 2023.

Subsequente ao horizonte AB surge o horizonte B latossólico (Bw), de textura franco-arenosa, uma vez que os teores de areia variam entre 799 e 813 g Kg⁻¹, e silte entre 59 e 48 g Kg⁻¹, enquanto as oscilações de argila ocorrem entre 142 e 139 g Kg⁻¹, para a S1 e S2, respectivamente. Assim como observado na T1, nota-se que em decorrência da baixa declividade (0-3%) prevalece pouca variação entre os constituintes granulométricos verticalmente, com um leve declínio no teor de fração fina lateralmente (Tabela 2).

A partir da S2, devido ao aumento da declividade e a atuação dos fluxos hídricos, os horizontes AB e Bw desaparecem lateralmente, dando origem aos horizontes e-iluviais, o E e o Bt. Da mesma forma que na T1, no sopé da vertente (S4) a má circulação hídrica promove a formação de mosqueamentos nestes horizontes, que passam a ser classificados como Eg e Btg, respectivamente.

O horizonte E, associado a cobertura argissólica, e Eg, associado à planossólica, possuem espessura de 105 e 110 cm entre a S4 e a S3, respectivamente. Em relação ao seu comportamento granulométrico, apresenta maior teor de argila no setor médio da topossequência (93 g Kg⁻¹) com a redução dos valores em direção ao sopé, ao qual obteve-se um teor de 15 g Kg⁻¹ na S4. Já os valores médios encontrados para a areia foram de 873 e 945 g Kg⁻¹, para a S3 e a S4, respectivamente (Tabela 2). Observa-se que o horizonte Eg, no sopé da vertente, apresenta a maior concentração da fração areia e, consequentemente, a perda da fração fina. Este comportamento está

relacionado com a sua posição na vertente, que facilita o transporte de material fino (argila) para o horizonte subjacente (Btg).

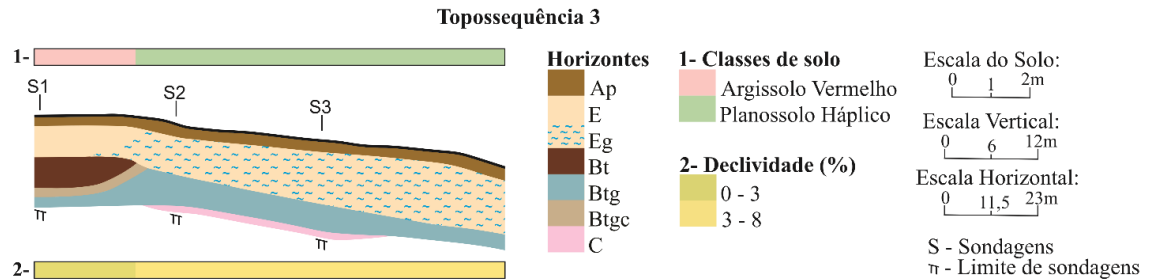
Subjacente aos horizontes E e Eg, forma-se os horizontes iluviais Bt (S3) e Btg (S4), associados as coberturas argissólica e planossólica, respectivamente. A composição granulométrica destes horizontes, assim como em todos os outros, indica maiores concentrações da fração argila no sopé da vertente, onde o horizonte Btg apresentou 190 g Kg⁻¹ (Tabela 2).

Além de tais características, o horizonte em questão possui o maior incremento de argila em relação ao horizonte sobrejacente (Eg). Na S4 o teor da fração fina (argila) para o horizonte Eg foi de 15 g Kg⁻¹, enquanto no Btg foi de 190 g Kg⁻¹, o que representa um aumento de teve treze vezes no teor de argila em profundidade. Esse comportamento, assim como na T1, indica que o Planossolo Háplico está mais sujeito a formação de feições erosivas, potencializando a degradação da cabeceira de drenagem.

3.3 TOPOSSEQUÊNCIA 3

A topossequência 3 (T3) possui 112 m de extensão, morfologia convexa e declividade média de 5,1%, sendo a menor declividade entre as três topossequências analisadas. Além disso, se distingue dos demais transectos por apresentar apenas duas classes de solos, o que constituem um com um sistema formado por Argissolo Vermelho-Planossolo Háplico.

Quanto a organização vertical dos volumes pedológicos, a cobertura argissólica (S1) apresenta a sequência de horizontes Ap, E, Bt, Btgc e Btg, se distinguindo das demais topossequências devido ao surgimento do horizonte Btgc, que além do acúmulo de argila, apresenta concreções de ferro e mosqueamento. Já a cobertura planossólica (S2 e S3) apresenta a sequência de horizontes Ap, Eg, Btg e C (Figura 5).

Figura 5 - Perfil da distribuição lateral dos horizontes dos solos ao longo da topossequência 3

Fonte: Adaptado de Ferreira, 2018.

Os resultados granulométricos apontam que, além do aumento dos teores de areia lateralmente, como evidenciado nas outras duas topossequências analisadas, a T3 apresenta aumento dos teores de silte verticalmente, associados aos horizontes que apresentam características do saprólito (horizonte C), por ser um volume menos evoluído.

O horizonte Ap foi encontrado em todas as sondagens, possui 20 cm de espessura e textura arenosa ao longo de toda a topossequência. Seus teores de areia oscilam entre 885 e 923 g Kg⁻¹ para a S1 e a S3, respectivamente. Os maiores teores de areia são observados a partir da S2, mostrando que assim como nos outros dois transectos analisados, este horizonte apresenta arenização sentido jusante. Já a argila pouco variou, uma vez que seus teores oscilaram entre 27 e 33 g Kg⁻¹ (Tabela 3).

A ausência do horizonte superficial (Ap) no sopé da vertente na T1, e a sua presença na T2 e T3, é um indicativo de que o aumento expressivo da declividade e dos fluxos hídricos a partir da média vertente no eixo central (T1) colabora para a degradação da cabeceira de drenagem, através da remoção deste horizonte pelo desenvolvimento de processos erosivos laminares e em sulcos, facilmente observados na baixa vertente.

Sotoposto ao horizonte Ap surgem os horizontes E e Eg com textura arenosa ao longo de toda a topossequência, onde apresentam o aumento de espessura acompanhado da expressiva redução na quantidade de material fino (argila) em direção à sua jusante. Na S1, em cobertura argissólica, o teor médio da areia é de 907 g Kg⁻¹, o de silte de 55 g Kg⁻¹, enquanto o de argila é de 38 g Kg⁻¹. Em direção a jusante (S2 e S3), em cobertura planossólica, onde este volume pedológico adquire caráter hidromórfico e se transforma em um horizonte Eg, ele passa a apresentar valores de areia que variam entre 928 e 937 g Kg⁻¹, silte entre 55 e 59 g Kg⁻¹ e a argila entre 7 e 38 g Kg⁻¹. O horizonte Eg, observado na S3, mostrou o menor valor da fração argila ao longo do

transecto, demonstrando uma transição abrupta com o horizonte subjacente Btg, o que torna esta área com maior potencial erosivo (Tabela 3).

Tabela 3 - Composição granulométrica dos horizontes dos solos da topossequência 3

Sondagens	Profundidade	Horizonte	Granulometria (g Kg ⁻¹)			Classificação textural
			Areia	Silte	Argila	
1	0-20	Ap	885	88	27	Arenosa
	20-90	E	907	55	38	Arenosa
	90-160	Bt	646	48	306	Franco-argilo-arenosa
	160-180	Btgc	670	101	229	Franco-argilo-arenosa
	180+	Btg	690	76	234	Franco-argilo-arenosa
2	0-20	Ap	901	66	33	Arenosa
	20-125	Eg	928	59	13	Arenosa
	125-195+	Btg	762	63	175	Franco-arenosa
3	0-20	Ap	923	50	27	Arenosa
	20-165	Eg	937	56	7	Arenosa
	165+	Btg	789	101	110	Franco-arenosa

Fonte: Os autores, 2023.

Subsequente ao horizonte E e Eg forma-se o horizonte de acúmulo de material fino (Bt) que muda de característica com o aumento da profundidade e à medida em que se desloca de montante para a jusante do transecto, assim como observado nas outras duas topossequências analisadas. Na S1, a partir dos 160 cm de profundidade, forma-se um horizonte denominado Btgc, que além do acúmulo de material fino, é caracterizado por apresentar mosqueado e concreções de ferro, resultantes da oscilação do lençol freático. No entanto, a quantidade da concreção de ferro (menor que 15%) não foi suficiente para caracterizá-lo como um horizonte plântico, como estabelecido pela Embrapa (2018). A partir dos 185 cm de profundidade, as concreções desaparecem, dando origem ao horizonte Btg (Figura 5).

Se comparado com a S2 e S3, a S1 apresenta o maior teor médio de argila (256 g Kg⁻¹ para os horizontes Bt, Btgc e Btg), com maior teor para o horizonte Bt (306 g Kg⁻¹). O silte também apresentou ampla variação em seus teores, oscilando entre 48 e 101 g Kg⁻¹, enquanto a areia com valores médios entre 646 e 690 g Kg⁻¹ pouco variou.

Na S2 e S3, subsequente ao horizonte Eg surge o horizonte Btg de textura franco-arenosa, com maior teor de argila na S2 e uma diminuição à medida em que chega ao sopé da vertente. A composição granulométrica é de 762 e 789 g Kg⁻¹ para a fração areia, 63 e 101 g Kg⁻¹ para o silte, e 110 e 175 g Kg⁻¹ a argila, na S2 e S3, respectivamente (Tabela 3). O aumento expressivo do teor de silte em profundidade possui relação com a proximidade da rocha alterada, resultando nos

maiores valores observados quando comparados com as demais topossequências analisadas. Segundo Gasparetto (1999), o aumento dos valores de silte na base dos perfis está ligada a proximidade com a rocha alterada, responsável pela renovação contínua dos teores de silte.

A redução dos teores de argila nos horizontes Eg e Btg na S2 e S3 quando comparada a S1, é indicativo da intensificação do processo de lixiviação neste ponto da vertente, onde os horizontes de acúmulo de argila passam a perder material fino e o horizonte Btg começa a se transformar em um horizonte Eg espesso, tornando a cobertura planossólica passível de se transformar em uma cobertura quartzarênica. A diminuição dos teores de argila no horizonte Bt ao longo de uma topossequência também foi observado por Zaparoli (2009), que atribuiu tais condições a presença de lençol suspenso, onde a saturação por água durante um período do ano provocaria a desestabilização das ligações entre os óxidos de ferro e argila, promovendo a sua remoção.

Este mecanismo faz com que quase toda a topossequência se encontre suscetível ao processo de degradação das cabeceiras de drenagem, diante da ocorrência de processos erosivos, principalmente em cobertura planossólica, devido a sua proximidade com a nascente e por apresentar maior contraste textural entre o Eg e o Btg, e horizontes menos evoluídos.

3.4 ORGANIZAÇÃO TRIDIMENSIONAL DA COBERTURA PEDOLÓGICA DA CABECEIRA DE DRENAGEM

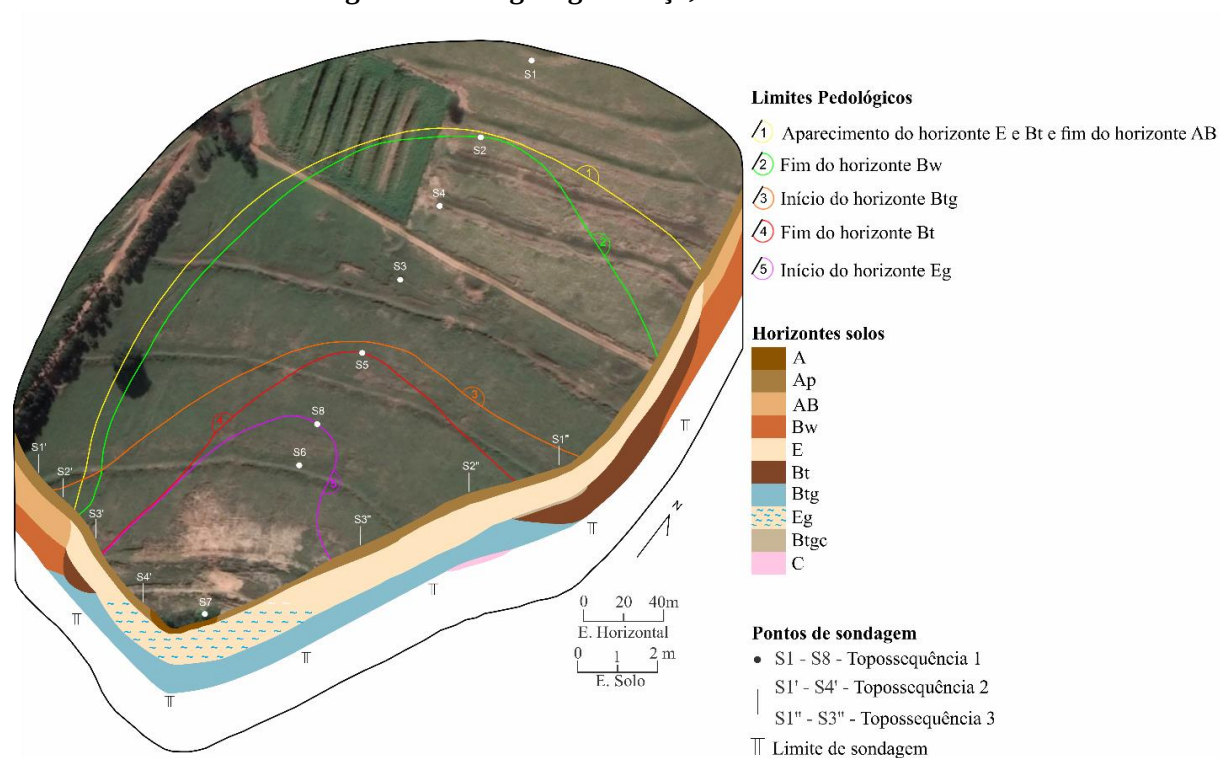
Com o propósito de uma melhor representação espacial do avanço das frentes de transformação lateral dos solos, foram estabelecidas cinco curvas de isodiferenciação, que mostram que o sistema pedológico encontrado na cabeceira de drenagem se comporta de maneira heterogênea (Figura 6).

A curva 1 (amarela), representa o contraste textural vertical entre os horizontes pedológicos diante do surgimento do processo de e-iluviação. Indica, desse modo, a transformação lateral do horizonte AB em um volume E, acompanhado do aparecimento do Bt em subsuperfície. Segue a mudança do relevo de plano para suave ondulado, com exceção de onde foi disposta a T3.

O fim do horizonte B latossólico, o volume Bw, foi simbolizado pela curva 2 (verde), situado, principalmente, na alta vertente, que ainda se sotopõe em parte do horizonte Bt na média-alta vertente, desaparecendo em relevo ondulado. No entanto, na T2 este volume desaparece em

decorrência da mudança do relevo de suave ondulado para plano, que em função da sua proximidade com a baixa vertente possui contato lateral com o horizonte Btg.

Figura 6 - Representação tridimensional da organização da cobertura pedológica na cabeceira de drenagem do córrego Água Suíça, Munhoz de Melo-PR



Fonte: Os autores, 2023.

A concentração de argila em profundidade acompanhada de características hidromórficas, simbolizando o surgimento de uma cobertura planossólica, foi representado pela curva 3 (laranja), que indica o início do volume Btg. Seus limites seguem a mudança de morfologia da vertente, que passa de convexa nos segmentos de alta e média vertente, para levemente côncava na baixa vertente.

O final do horizonte Bt, o qual seu início foi representado pela curva 1, e que se estende até o sopé da cabeceira de drenagem, foi simbolizado pela curva 4 (vermelha). Assim como na curva precedente (3), seu desaparecimento é marcado pela mudança de morfologia do declive, de convexa para levemente côncava.

A curva 5 (roxa), representa a formação de um espesso pacote arenoso e hidromórfico na baixa vertente, que simboliza transformação lateral do horizonte E no volume Eg, de origem coluvial. Essa área ocorre em relevo suave ondulado e ondulado, onde atuam fluxos hídricos advindos da montante da cabeceira de drenagem, que provoca a lixiviação desse horizonte e o seu encharcamento temporário, ocasionando nos mosqueamentos.

Embora em alguns pontos se comporte de maneira heterogênea, a representação tridimensional mostra que a evolução pedogenética e a organização do sistema pedológico da cabeceira de drenagem, estão fortemente ligadas à morfologia e a declividade do terreno, cujo a partir da média vertente prevalece a mobilização de matéria (partículas finas) e soluções, ou seja, a morfogênese atua sobre a pedogênese. Esse processo ocorre mais intensamente no eixo central da cabeceira de drenagem, que apresenta expressiva variação da declividade, e que rege o surgimento de um sistema pedológico com maior grau de transformação pedogenético (Figura 6).

Além da representação do avanço das frentes de transformação pela curva de isodiferenciação, esse comportamento também foi evidenciado pela composição granulométrica dos horizontes pedológicos, onde os volumes superficiais da T1 apresentam maior grau de arenização em direção ao sopé da cabeceira de drenagem, além do maior contraste textural verticalmente, a partir da média vertente, que indica a movimentação de partículas bidimensionalmente.

Com esse processo ocorrendo regressivamente, corrobora com os resultados encontrados por Calegari (2000), que ao utilizar alguns parâmetros, dentre eles a análise bi e tridimensional, para avaliar a cobertura pedológica e o relevo no alto vale do ribeirão Água do São Francisco, no município de Nova Esperança-PR, encontrou duas frentes de transformação, uma entre a média e alta vertente, onde o Argissolo avança sob um Latossolo, e outra em que um Neossolo Quartzarênico (denominada anteriormente como Areia Quartzosa) avança sob o Argissolo no sopé da vertente.

Diante da sua dinâmica, a cobertura planossólica possui maior suscetibilidade erosiva, onde tais processos já são identificáveis na baixa vertente (Figura 6). Esse comportamento se deve a uma mudança abrupta em seu gradiente textural vertical, acompanhada do hidromorfismo, que torna os horizontes superficiais (Ap e Eg) menos coesos, levando a degradação da cabeceira de drenagem. Portanto, para conter tais processos e, conseqüentemente, para que se promova a conservação dos

solos e da nascente, toda a área de abrangência do Planossolo, deveria, ser revegetada, estendendo a área de preservação permanente (APP).

Entretanto, como já apontado anteriormente, assim como a cobertura planossólica a cobertura argissólica também promove a degradação da cabeceira de drenagem, uma vez que este solo também é caracterizado por apresentar contraste textural vertical, possibilitando a formação de fluxos hídricos suspensos sobre o horizonte Bt (mais argiloso), o que torna seus horizontes subsequentes A e E (mais arenosos) passíveis à ocorrência de processos erosivos. Assim, também necessitam de adoção de medidas mitigatórias face ao desenvolvimento desses processos incisivos no solo, como a adoção de manejo sustentável.

Por consequência, o avanço de maneira remontante das coberturas mais vulneráveis (Argissolo e Planossolo) sobre uma cobertura mais estável (Latosolo) (Figura 6), é responsável pelo aumento gradativo das áreas com maior potencial erosivo, ocasionando, para além da área de recarga, a degradação da área de descarga (nascente). Todavia, apesar de se compreender ao nível de detalhe a estrutura e o funcionamento da cobertura pedológica da cabeceira de drenagem, não se deve desconsiderar os efeitos de seu manejo, que podem exercer forças decisivas em seu comportamento hidrofísico, agravando os processos que levam a degradação da cabeceira de drenagem, como o observado por Santos, Cruz e Silveira (2023) em seu trabalho realizado na mesma área de estudo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos, constatou-se que o aumento da declividade, mais expressiva na área central da cabeceira de drenagem, colabora para a intensificação da circulação hídrica em superfície e subsuperfície, que leva, consequentemente, à uma maior translocação vertical e lateral de matéria ao longo desde eixo e ao desenvolvimento de um sistema pedológico com maior grau de transformação pedogenético.

Observou-se ainda, que nos setores de média e baixa vertente, com destaque para o segundo, há uma maior densidade de processos erosivos (ravinas), devido a ocorrência de mudança textural abrupta entre os horizontes E/Bt da cobertura argissólica e Eg/Btg da cobertura planossólica. Esse processo favorece o aumento da percolação da água nos horizontes superficiais arenosos (Ap,

E/Eg), encontrando dificuldade de infiltração nos horizontes com maiores teores de argila (Bt/Btg/Btcg).

O modelo tridimensional, através da espacialização dos limites pedológicos, proporcionou uma melhor observação da distribuição dos solos, bem como do avanço das frentes de transformações que ocorrem de maneira regressiva entre a cobertura latossólica/argissólica e argissólica/planossólica, indicando o aumento das áreas sujeitas à degradação.

Devido a suscetibilidade à erosão do Planossolo, além do seu avanço à montante, a representação tridimensional ainda mostra a necessidade de expansão das áreas de preservação permanente (APP) para a contenção dos processos erosivos, que podem derivar outros problemas ambientais, como no assoreamento e na poluição da água da nascente. Assim, conclui-se que estudos dessa natureza, o levantamento e mapeamento detalhado dos solos, deveriam ser levados em consideração para a determinação das APP's, regulamentadas pela Lei Federal 12.651/2012 (Novo Código Florestal), uma vez que diante da sua heterogeneidade geoambiental, os 50 m de vegetação determinados pela legislação supracitada podem não ser o suficiente para a preservação das nascentes.

Além de orientarem as áreas de abrangência das APP's, contribuindo para a conservação dos recursos hídricos, a aplicação da AECP bi e tridimensional permite uma visão integrada da organização e da dinâmica da cobertura pedológica, apontando os pontos críticos para o desenvolvimento de feições erosivas, o que a torna um método eficaz na otimização da tomada de decisões preventivas e na contenção dos processos que contribuem para a degradação dos solos e da água.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, A. F.; MARCATTO, F. S.; SILVEIRA, H. A relação entre o sistema pedológico e o relevo no município de Iguaçu-PR. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, Uberlândia, v. 174, n. 1, p. 174–186, 2021.

BECKHAUSER, M. C. **Os solos e a dinâmica erosiva ao longo de uma voçoroca no distrito de Sumaré em Paranavaí – PR**. 2020. 105 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, 2020.

BECKHAUSER, M. C.; SILVEIRA, H. Caracterização da cobertura pedológica ao longo de uma topossequência situada no distrito do Sumaré em Paranaíba-PR. **Geofronter**, Campo Grande, v. 6, p.1-17, 2020.

BOULET, R. Análise estrutural da cobertura pedológica e cartografia. In: MONIZ, A.C. *et al.* (Coord.). A responsabilidade social da Ciência do Solo e os simpósios Microbiologia do solo: só simbioses? e A importância do conhecimento da organização da cobertura pedológica: a análise estrutural. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, p.79-90, 1988.

BOULET, R.; HUMBEL, F.X.; LUCAS, Y. Analyse structurale et cartographie en pédologie: II Une méthode d'analyse prenant en compte l'organisation tridimensionnelle des couvertures pédologiques. **Cahiers ORSTOM**, Paris, v. XIX, n.4, p.323-339, 1982.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Diário Oficial da União. 2012.

CALEGARI, M. R. **Distribuição da cobertura pedológica e o relevo no alto vale do ribeirão Água do São Francisco – Nova Esperança**. 2000. 139 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

COELHO NETTO, A. L. Evolução de Cabeceiras de Drenagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): a Formação e o Crescimento da Rede de Canais sob Controle Estrutural (1). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 69–100, 2003.

CUNHA, J. E. **Funcionamento hídrico e suscetibilidade erosiva de um sistema pedológico constituído por Latossolo e Argissolo no município de Cidade Gaúcha-PR**. 2002. 190 f. Tese (Doutorado em Geografia física) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

CURCIO, G. R. As nascentes e sua inserção em paisagens com diferentes potenciais de uso: Uma reflexão. In: XX REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA. 2016, **Anais do XX Reunião brasileira de manejo e conservação do solo e da água**. Foz do Iguaçu, p. 1189 – 1191, 2016.

EMBRAPA. – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Mapa de Solos do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos e Florestas, 2008. 73p.

EMBRAPA. – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de Análise de Solo**. 3.ed. Brasília: EMBRAPA, 2017. 573 p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 5ed. Brasília: Embrapa, 2018. 590p.

FELIPPE, M. *et al.* Espacialização e Caracterização das Nascentes em Unidades de Conservação de Belo Horizonte-MG. In: XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2009, **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Campo Grande, p. 1-18, 2009.

FERREIRA, T. A. **Estudo da cobertura pedológica em cabeceiras de drenagem do córrego Água Suíça, município de Munhoz de Melo-PR**. 2018. 27 f. Relatório (Iniciação Científica) - Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2018.

FILIZOLA, H. F. *et al.* **Controle dos processos erosivos lineares (ravinas e voçorocas) em áreas de solos arenosos**. Jaguariúna – SP: Embrapa Solos, 2011. 7 p.

FONTANA, A. C. **A cobertura pedológica e suas relações com a gênese das depressões no terraço Taquarussu, MS, Brasil**. 2009. 120 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

FRUET, J. G. W. **Análise da estrutura e funcionamento de cabeceiras de drenagem: Subsídios para a conservação de nascentes**. 2021. 369 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2021.

GASPARETTO, N. V. L. **As formações superficiais do Noroeste do Paraná e sua relação com o Arenito Caiuá**. 1999. 209 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Programa de Pós-graduação em Geoquímica e Geotectônica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

LIMA, W. DE P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. 2. ed. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2008. 254 p.

MARCATTO, F. S. **Os principais sistemas pedológicos derivados das formações Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina na bacia hidrográfica do Pirapó-PR: Os efeitos do uso e**

manejo do cultivo de cana-de-açúcar. 2020. 208 f. Tese (Doutorado em geografia) – Programa de Pos-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2020.

MARCATTO, F. S.; SILVEIRA, H. Efeitos do uso e manejo e dinâmica físico-hídrica de um sistema pedológico derivado de arenitos, no Paraná-Brasil. **Cuadernos de Geografia: Revista Colombiana de Geografia**, Bogotá, v. 32, n. 1, p. 140–157, 2023.

MEDEIROS, F. B. *et al.* Avaliação da estabilidade de agregados e a vulnerabilidade à erosão ao longo de uma vertente no município de Araruna, região noroeste do Paraná-Brasil. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 28, n. 55, p. 845-862, 2018.

MINEROPAR. **Atlas Geológico do Estado do Paraná.** 2001. Minerais do Paraná, Curitiba. 2001, 125 p.

NAKASHIMA, P. **Cartografia dos Sistemas Pedológicos do Noroeste do Paraná – distribuição e subsídios para o controle da erosão.** 1999. 162 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

NÓBREGA, M. T. *et al.* Landscape structure in the Pirapó, Paranapanema 3 and 4 Hydrographic Unit, in the state of Paraná, Brazil. **Brazilian Journal of Biology (Online)**, São Carlos, v. 15, p. 107-119, 2015.

PAISANI, J. C. *et al.* Evolução de paleocabeceira de drenagem do rio chopinzinho (sul do Brasil) durante o quaternário superior. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 43–59, 29 mar. 2016.

PAISANI, J. C.; PONTELLI, M. E.; GEREMIA, F. Cabeceiras de drenagem da bacia do rio Quatorze-Formação Serra Geral (SW do Paraná): Distribuição Espacial, Propriedades morfológicas e controle estrutural. **RAÍÇA**, Curitiba, n. 12, p. 211–219, 2006.

PINTO, L. V. A. *et al.* Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 65, p. 197–206, jun. 2004.

RODERJAN, C. V. *et al.* As unidades fitogeográficas do estado do Paraná, Brasil. **Revista Ciências & Ambiente - Fitogeografia da América**, Santa Maria - RS, v. 24, n. 1 (jan/jun) p. 75-92, 2002.

SANTOS, M. C. C.; CRUZ, G. H. A.; SILVEIRA, H. Comportamento físico-hídrico de uma topossequência de solos formados da alteração do arenito da Formação Adamantina na bacia hidrográfica do Rio Pirapó, Paraná, Brasil. **Geographia Opportuno Tempore**, Londrina, v. 9, n. 1, p. 1-24, 2023.

SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A. M. Classificação hidrológica de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 05-18, 2005.

SOARES, P. C. *et al.* Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.10, n.3, 1980.

ZAPAROLI, F. C. M. **As transformações pedológicas identificadas na Topossequência Sítio São José na bacia do córrego Aratu, Floraí-PR.** 2009. 155 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

ZAPAROLI, F. C. M.; GASPARETTO, N. V. L. Distribuição de solos e sua relação com o relevo em uma vertente no município de Floraí-PR. **Boletim de Geografia (Online)**, Maringá, v. 28, p. 49-63, 2010.

Data de recebimento: 15 de julho de 2023.

Data de aceite: 18 de novembro de 2023.