

Morfodinâmica e Etchplanação de Vertente no Sul da Amazônia

Morphodynamics and Slope Etchplanation in the Southern Amazon

Morfodinámica y Grabado de Pendientes en la Amazonía Meridional

Salem Leandro Moura dos Santos¹

 <https://orcid.org/0000-0003-2511-8964>

Eliomar Pereira da Silva Filho²

 <https://orcid.org/0000-0002-6271-8435>

Paulo Sérgio Mendes dos Santos Júnior³

 <https://orcid.org/0000-0003-2868-6588>

RESUMO: Este estudo tem o objetivo de compreender a dinâmica evolutiva pedogeomorfológica de uma vertente convexa na Bacia do Igarapé Belmont em Porto Velho – Rondônia. Por meio de avaliações de potencialidades de erosão em diferentes topografias ao longo do curso desta vertente e aberturas de trincheiras de 1,5 metro de profundidade e retiradas de amostras para análises granulométricas, floculação e ataque sulfúrico visando a Análise Estrutural da Cobertura Pedológica da vertente, com fins de emprego da Teoria de Etchplanação de evolução da paisagem. A tendência futura desta vertente tenderá a retilinizar-se, com o sopé mais côncavo e o meio mais retilíneo (com pequena declividade). No sopé desta, há o aparecimento de “saltos” de descontinuidade de elevação, devido ao colapso estrutural das camadas mais superficiais do solo por maior movimentação e exfiltração de partículas suspensas em água, principalmente argila.

PALAVRAS-CHAVES: Belmont; toposequência; solo.

ABSTRACT: *This paper aims to understand the pedogeomorphological evolutionary dynamics of a convex slope in the Belmont Basin stream in Porto Velho city – RO, Brazil. Through assessments of erosion potential in different topography along the course of this slope and opening 1.5m deep trenches and taking samples for granulometric analysis, flocculation and sulfuric attack aiming at the Structural Analysis of the Pedological Coverage of the slope, with purposes of employing the Etchplanning Theory of landscape evolution. The future trend of this slope will tend to straighten, with the foothills more concave, the middle more rectilinear (with a small slope). At the foot of this, there is the appearance of*

¹ Doutor em Geografia, pela Universidade Federal de Rondônia - UNIR. Geógrafo na Secretaria Estadual de Desenvolvimento Ambiental do Estado de Rondônia - SEDAM. E-mail: salem santos@yahoo.com.br.

² Doutor em Geociência e Meio Ambiente pela UNESP. Professor Titular do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Rondônia - UNIR. E-mail: eliomar@unir.br.

³ Mestre em Geologia pela Universidade de Brasília - Unb. Geólogo da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental do Estado de Rondônia - SEDAM. E-mail: paulo.sjunior@sedam.ro.gov.br.

“jumps” of elevation discontinuity, due to the structural collapse of the most superficial layers of the soil due to greater movement and exfiltration of particles suspended in water, mainly clay.

KEYWORDS: Belmont; topossequence; soil.

RESUMEN: *Este estudio tiene como objetivo comprender la dinámica evolutiva pedogeomorfológica de una pendiente convexa en la Cuenca arroyo Belmont en la ciudad de Porto Velho –RO, Brasil. Mediante evaluaciones del potencial de erosión en diferentes topografías a lo largo del curso de este talud y apertura de zanjas de 1.5m de profundidad y toma de muestras para análisis granulométricos, floculación y ataque sulfúrico con miras al Análisis Estructural de la Cobertura Pedológica del talud, con fines de emplear el Etchplanning. Teoría de la evolución del paisaje. La tendencia futura de esta vertiente tenderá a enderezarse, siendo las estribaciones más cóncavas, las medias más rectilíneas (con poca pendiente). Al pie de este, aparecen “saltos” de discontinuidad de elevación, debido al colapso estructural de las capas más superficiales del suelo por mayor movimiento y exfiltración de partículas suspendidas en el agua, principalmente arcilla.*

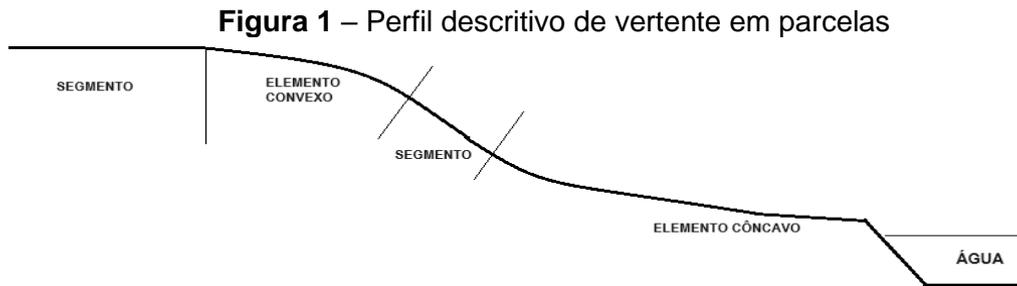
PALABRAS-CLAVE: Belmont; toposecuencia; suelo.

INTRODUÇÃO

As vertentes são as áreas mais dinâmicas do relevo, pois nelas verificam-se grande parte das alterabilidade que o terreno sofre, sejam elas de origem natural ou antrópica. Ao se analisar uma vertente é importante estar consciente de que ela está muitas vezes condicionada a um tipo de relevo originado pela morfogênese e que este modelado desenvolve solos que podem sofrer variados tipos de erosão, como superficial e sub-superficial, com agentes desencadeantes físicos e químicos.

Silveira e Cunha (2018) e Silva (2005) informam que a erosão que ocorre numa vertente é o resultado de processos físicos como salpicamento, escoamento superficial difuso e acanalados e de processos químicos, como hidrólise e oxidação que, por sua vez, dependem das características morfológicas da vertente e da vegetação existente. As propriedades químicas e físicas do solo impossibilitam a generalização de um processo erosivo na vertente, como um todo (Araújo; Almeida; Guerra, 2010), necessitando de um estudo detalhado das distintas formas, declividades e comprimentos de rampa, que fomentam diferentes dinâmicas de erosão em cada trecho de superfície considerada (Pereira *et al.*, 2019; Stabile; Vieira, 2009).

Segundo Bigarella, Mousinho e Silva (2021), a descrição de uma vertente pode ser feita em parcelas (podendo ser em terços), que abrigam as formas topográficas em: a) **segmento**, que é uma porção do perfil da vertente no qual os ângulos permanecem aproximadamente constantes, o que lhe dá o caráter retilíneo; b) **elemento** é a porção da vertente na qual a curvatura permanece aproximadamente constante, podendo ser dividido e elemento côncavo e elemento convexo. (Fig. 1).



Fonte: Os autores.

Campos *et al.* (2007) e Silva *et al.* (2023) destacam que as vertentes no formato convexo apresentam elevados valores de variação de texturas, matéria orgânica e de taxa de erosão em relação aos formatos côncavo e retilíneo. Um indicativo dessa variação de textura e erosão é mencionada por Queiroz Neto (2011), com base nos estudos de Análise Estrutural da Cobertura Pedológica de Boulet (1988) que defende que há transformação do horizonte latossólico a partir da base da vertente que avança para o topo, com perdas progressivas de argila nos horizontes superficiais. Esta ação, segundo Queiroz Neto (2011), causa a convexação da vertente em sua base, porém o meio da vertente apresenta maiores índices de infiltração e maior flocculação das argilas, restando partículas mais grossas na superfície que são tragadas a jusante, causando modificações na forma da vertente, com início de uma concavidade que avança remontante e que aumenta sua declividade em referência à crista, influenciando na força de cisalhamento do fluxo superficial d'água.

Observa-se que os formatos diferentes de parcelas ao longo da vertente tendem a aumentar a erosão conforme a dinâmica pedogenética que o solo destas superfícies está exposto. Para tanto, deve ser observado uma maior variabilidade dos atributos físicos, químicos e mecânicos em vertentes com solos mais evoluídos pedogeneticamente, cabendo à morfologia convexa ser a superfície mais recente, por apresentar maiores variações de valores de atributos do solo por seguimentos e elementos de vertente (Queiroz Neto, 2011).

Este estudo tem o objetivo de avaliar a associação existente entre a forma topográfica de parcelas de uma vertente convexa com os valores de parâmetros físico, químico e mecânico da sua cobertura superficial em topossequências, que vise o entendimento da dinâmica evolutiva pedogeomorfológica desta vertente, na Bacia do Igarapé Belmont em Porto Velho – Rondônia.

CONCEITO DE ETCHPLANAÇÃO

O conceito de etchplanação foi popularizado na obra de Büdel (1982), como o conceito de *dupla superfície de aplainamento*. Na sua concepção existe uma dualidade simultânea entre a alteração geoquímica das rochas e a erosão superficial, sendo que os processos de lixiviação e eluviação promovem a disjunção nas ligações ferro-argila, instabilizando os horizontes superficiais do solo, preparando-os para o processo erosivo nas encostas.

Quanto à ocorrência do desenvolvimento dos *etchplains*, Büdel (1982) considerou que eles estariam apenas nos trópicos sazonais situados em áreas tectonicamente estáveis, sendo esta teoria incompatível com a teoria de Neotectônica. Posteriormente, o autor admitiu a existência dos *etchplains* nos trópicos úmidos, onde, além da alteração das rochas, participariam também as sazonalidades climáticas, alternadas entre secas e úmidas, por um período mínimo, segundo Vitte (2005), de 3.000 anos, neste regime de alternância sazonal, para haver algum desenvolvimento da superfície de etchplanação. Assim, para a ocorrência de *etchplains* nos trópicos úmidos são necessárias quatro circunstâncias: 1) a existência de latossolos, 2) o perfil do solo deve ser homogêneo, indicando que ele possui evolução dinâmica, 3) uma transição delgada entre a rocha e o material alterado, regolito, 4) uma zona de decomposição rochosa profunda e generalizada, situada aproximadamente a 100 metros ou mais de espessura.

Nos horizontes superficiais, Vitte (2005) e Ávila e Carvalho (2012) indicam que ficam predispostos à erosão mecânica, por causa das influências sazonais da atmosfera e dos ácidos da matéria orgânica. Estes mecanismos levam à eluviação do fundo matricial por meio da quebra nas ligações ferro-argila, promovendo gradativamente a liberação de finos e solutos pela ação do escoamento superficial pluvial. Esta ação resulta no rebaixamento da paisagem, ao mesmo tempo em que o lençol freático é enriquecido com moléculas iônicas que passam a circular no topo do *front* de alteração viabilizando a destruição do embasamento rochoso.

Em área de Latossolos, surgem depressões (recalques) na superfície e o aprofundamento destes é dependente da intensidade do intemperismo e da ação do lençol freático e do fluxo hídrico (Ávila; Carvalho, 2012; Büdel, 1982).

Uma condição fundamental para a ocorrência da etchplanação, segundo Twidale (1981) é a existência de regime cratônico passivo, uma vez que é necessária estabilidade para a ocorrência e o aprofundamento do *front* de intemperismo, com as conseqüentes transformações mineralógicas e estruturais no interior do perfil intempérico. Fairbridge e Finkl (1980) mencionam que há um regime cratônico quando uma plataforma ou crosta continental é estável e com um núcleo de idade Arqueana com indicativos de flutuações climáticas, isostática e de reativação de lineamentos.

Neste caso, segundo CPRM (2007) a bacia do Igarapé Belmont, onde se situa a vertente amostral, está inserida no Cráton Amazonas, de idade de formação nuclear Arquenana, entre 1,4 - 1,1 Ga, na Província Rondoniense. CPRM (2007) e Alves e Maniesi (2018), ao estudarem esta Província, mais especificamente ao sul da bacia do Belmont, diagnosticaram por meio de inspeções de poços profundos a existência de um manto de intemperismo (regolito) com aprofundamento maior que 85 metros para atingir a rocha intemperizada (saprolito), indicando uma expressa zona de decomposição mineral.

Com a ação do intemperismo, o solo se torna mais espesso e novas condições físicas e químicas são impostas ao perfil pedológico, principalmente na parte superior e média das vertentes. O avanço da frente pedogenética sobre o saprolito e a consequente transformação deste em solos desenvolvidos causa a perda de volume do material original, que segundo Chauvel (1983) estaria próximo de 70%. De acordo com Nahon (1991), esta redução ocorre em função do colapso da estrutura ferro-argila, com a lixiviação dos oxi-hidróxidos de ferro e alumínio do horizonte superficial, permanecendo apenas o esqueleto residual representado pelo quartzo, conduzindo assim a um aplainamento da paisagem na parte superior das vertentes.

Essa compreensão do processo de remodelação do relevo das vertentes, pela teoria de Etchplanação de Büdel (1982), elucida o comportamento evolutivo destas vertentes e suas formas. Conforme esta teoria, nas vertentes há um mecanismo de dupla planação do relevo: na camada subsuperficial atua a desnudação geoquímica, com a perda de coesão e da densidade aparente pela redução de minerais sensíveis ao intemperismo químico; já na camada superficial (superfície exumada por lavagem) há uma exposição deste material por ações mecânicas hídricas, como lixiviação e percolação hídrica a jusante, que carregam partículas do solo solúveis em água para o sopé da vertente. Esses dois processos atuam simultaneamente no mesmo sentido, que é a planificação do relevo, com objetivo de rebaixar a superfície inclinada (Thomas, 1994).

Segundo Chauvel (1983), Mafra *et al.* (2002) e Vitte (2005) a erosão geoquímica, diferente da erosão mecânica (lixiviação) é isovolumétrica, retira matéria (massa) do solo subsuperficial sem alterar seu volume. Para isso a *lessivagem* causa a desorganização da estrutura de materiais mais friáveis do solo.

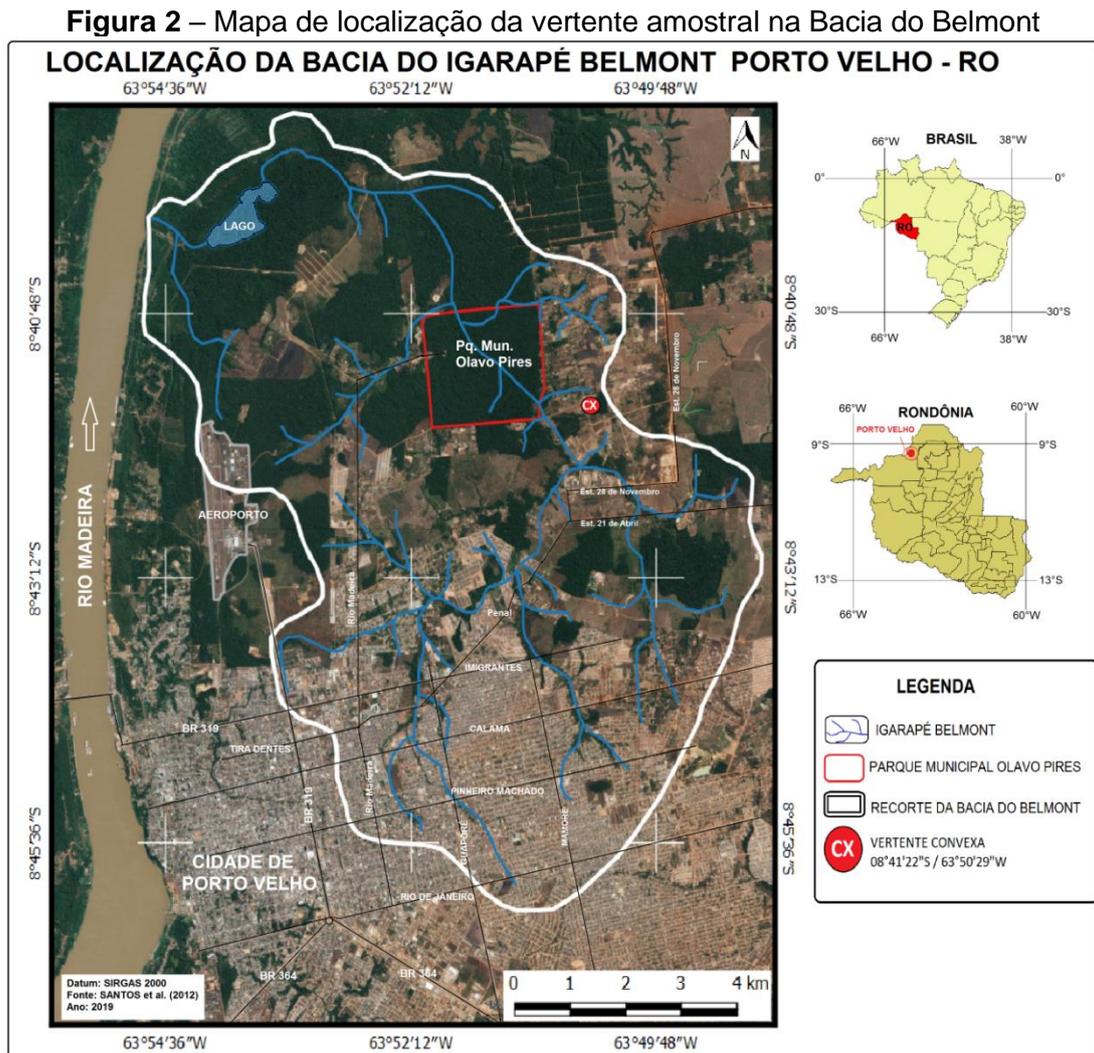
Essa desorganização causa a separação do plasma argiloso do solo de seu esqueleto arenoso remanescente. Uma vez separado, o plasma migra verticalmente para camadas mais inferiores, ação denominada de floculação (Embrapa Solos, 2013) ou tangencialmente para a jusante da vertente, a depender da inclinação da rampa, chamado de fluxo paralelo. Segundo Mafra *et al.* (2002) e Pereira *et al.* (2019) a zona de eluviação tangencial do plasma só ocorre em superfícies com inclinação a partir de 3° que a princípio se inicia no topo das vertentes. Já a zona de iluviação necessita de uma inclinação máxima de 1° em subsuperfície, para causar

a precipitação e estabilização do plasma argiloso para subsuperfícies. Dessa forma o plasma do solo, que é segregado pela erosão geoquímica, é posteriormente translocado para a jusante da vertente restando apenas o esqueleto arenoso.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA AMOSTRAL

A bacia do Igarapé Belmont apresenta uma extensão de 126,5 quilômetros quadrados e está localizada nas coordenadas: Lat. 08°39'02" S e 08°46'12" S; Long. 63°48'41" W e 63°54'48" W. A cidade de Porto Velho (RO) localiza-se ao sul da bacia. O médio e baixo curso do igarapé encontra-se em zona rural, de acordo com Santos, Della-Justina e Ferreira (2012) (Fig. 2). A área da vertente amostral situa-se no médio curso da Bacia do Belmont, onde o relevo intra-bacia apresenta sua maior declividade, com o modelado de relevo, segundo o método do IBGE (2009), Denudacional Tabular de Fraco entalhamento dos vales e pequena dimensão interfluvial – DEt-24, com o entalhamento dos vales, nesta vertente, que abrange uma dimensão entre 10 a 30 metros de profundidade e a dimensão interfluvial que varia entre 400 a 730 metros.

A vertente amostral localiza-se em mancha de solo do tipo Latossolo vermelho-amarelo Distrófico. De acordo com CPRM (2007), o solo se caracteriza por ser bem desenvolvido (profundo) com horizonte Bw espesso em mais de 1 metro. Segundo o IBGE (2017), este solo é classificado como álico, plíntico e de baixa atividade de argilas, identificado como solo caulínico oxidico, de textura silto-argilos. Rondônia (2002), caracteriza-o como solo bem desenvolvido, de origem autóctone de rocha ígnea metamórfica, distrófico com horizonte A proeminente.



Fonte: os autores.

MATERIAIS E MÉTODO

Para o reconhecimento do perfil topográfico da vertente, utilizou-se um pantômetro com base em Pitty (1968) com escala de 1 metro e transferidor graduado (Fig. 3). Os valores de declividade e distância das vertentes obtidos pelo pantômetro foram plotados no programa AutoCAD Map, com o objetivo de construir o perfil esquemático superficial.

O reconhecimento topográfico visa classificar e confirmar se a vertente apresenta o formato Convexo (CX), segundo Silva *et al.* (2023) como também dividir cada formato da vertente em parcelas, de acordo com Martins *et al.* (2013), objetivando a análise detalhada espacial das frentes de erosão instala ao longo da rampa.

Em cada parcela de vertente foram realizadas tradagens, em um espaço amostral padrão de 20 centímetros de distância entre os furos a uma profundidade de 50centímetros, com furos de distâncias menores e em partes iguais quando encontrados diferenças de camadas de solos das parcelas da vertente, obedecendo aos preceitos de IBGE (2017) e

Santos *et al.* (2015), com destaque nas observações da cor e textura tátil, com finalidade de localizar a área mais peculiar de cada parcela para a abertura da trincheira de análises, obedecendo ao limite de coesão imposto pelo solo, de acordo com a NBR 9603 (ABNT, 1986).

Figura 3 – Pantômetro com base em Pitty (1968) e sua aplicação em campo



Fonte: Os autores.

Para as trincheiras, foram obedecidos os padrões do IBGE (2015) e de Santos *et al.* (2015) para a abertura destas, para ensaios no local e obtenção de amostras deformadas dos solos de acordo com Embrapa Solos (2017), IBGE (2017) e Sousa (2019) a uma profundidade de 150 centímetros.

O período de ensaios de campo e coletas de amostras de solo compreendeu os meses de junho, julho, agosto, setembro e início de outubro do ano de 2018, quando o déficit hídrico anual é maior, de acordo com a Embrapa Solos (2017).

A classificação granulométrica dos solos foi realizada seguindo o padrão da Embrapa Solos (2013), que segue os mesmos parâmetros de diâmetros e denominações das frações granulométricas da NBR 6502 (ABNT, 1995) e NBR 7181 (ABNT, 1984). Para a classificação da textura dos solos seguiu-se o uso do método do triângulo textural, conforme o IBGE (2017).

Para o Grau de Flocculação do solo foi utilizada a norma NBR 6502 (ABNT, 1995) e os padrões do IBGE (2017), com o objetivo de distinção de Latossolos e demais solos intemperizados. Por ser um indicativo de estágio de intemperismo, visto que solos com maior grau de flocculação têm baixos teores de silte e de argila de elevada atividade, atividade na relação 2:1 de silicatos-aluminosos.

Para o cálculo do Grau de Flocculação das amostras, foi utilizado o percentual do teor de argila total e de argila natural na Equação 01.

$$GF(\%) = (1.000) \frac{ARG_{tot} - ARG_{nat}}{ARG_{tot}} \quad (\text{g/kg}) \quad (01)$$

A Determinação de elementos químico por Ataque Sulfúrico foi utilizado a técnica de relação molecular, que calcula em função dos valores expressos em % de elementos: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e TiO_2 divididos pelos seus respectivos pesos moleculares (Embrapa Solos, 2017).

A determinação do pH das amostras de solo foi realizada seguindo os preceitos da Embrapa Solos (2017), que separam os valores de pH em H_2O e em KCl, que objetiva calcular o nível de acidez do solo. Conforme Rondônia (2002), toda área da desta vertente amostral encontra-se em solo Distrófico. A subtração dos valores do pH em água e em KCl, resultam no ΔpH (Equação 02) (Embrapa Solos, 2013).

$$\Delta pH = H_2O - KCl \quad (02)$$

Solos superficiais e subsuperficiais com valores de pH em água inferior a 5,0 serão considerados, segundo Embrapa Solos (2017) e IBGE (2017) como solos muito ácidos e de elevado potencial para a dissolução mineral de sílica e de destruição dos oxi-hidróxidos de ferro, indicando, segundo Mafra *et al.* (2002); Ávila e Carvalho (2012) e Pereira *et al.* (2019) ação de processo erosivo geoquímico de Acidólise.

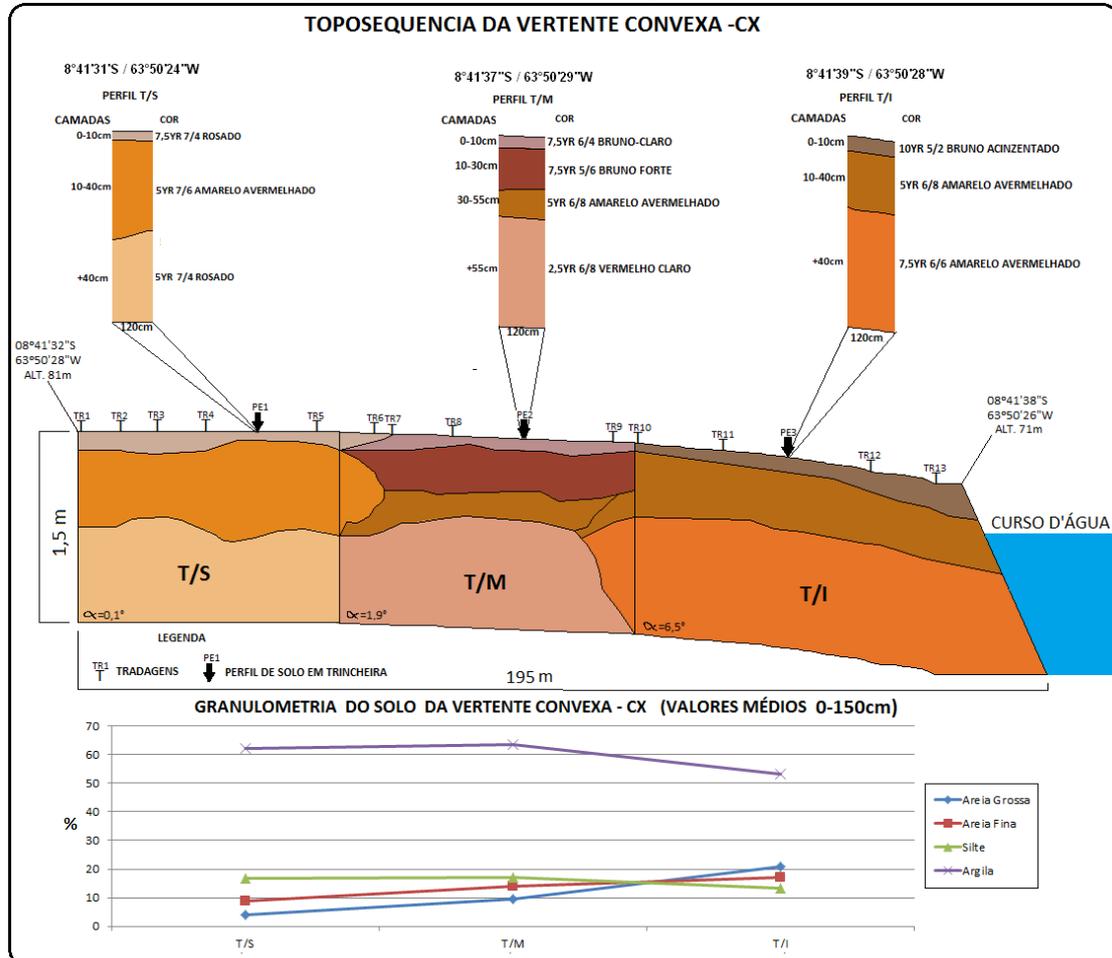
Com base no potencial direto e indireto de erodibilidade das camadas superficiais e subsuperficiais do solo da vertente convexa, apresentados em estudos anteriores por Santos e Silva Filho (2023a) e Santos e Silva Filho (2024), e de valores físicos e químicos das amostras de solo foi aplicado o conceito de dupla superfície de aplainamento (Büdel, 1982; Thomas, 1994; e Vitte, 2005), visando a compreensão da morfodinâmica da vertente, com ênfase na topografia e sua tendência futura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A vertente amostral apresentou as características morfométricas de grande dimensão da rampa, de 195 metros de comprimento e pequena declividade média, de apenas 3,02°. Para tal, compartimentou-se a vertente conforme sua declividade média ao longo do seu curso, partindo do segmento de 0,1° de inclinação do interflúvio, de comprimento de 51 metros sentido jusante, nomeado de Terço Superior - T/S, até o próximo segmento de maior declividade, de 1,9°, de comprimento 60 metros, nomeado de Terço Médio – T/M, para o sopé da vertente em elemento convexo de declividade de 6,5°, de comprimento 84 metros, nomeado de Terço Inferior – T/I. Os T/S e T/M apresentaram pouca declividade entre si, porém

o T/I apresentou mais do que o triplo da declividade em relação aos terços a montantes, o que condiciona a topografia da vertente em um formato convexo a iniciar do T/M (Fig. 4).

Figura 4 – Perfil longitudinal morfométrico e toposequente da vertente amostral



Fonte: Os autores

O T/S localiza-se a uma altitude de 80 metros de uma superfície plana, com declividade média de apenas 0,1°, declividade esta que contribui para o processo de infiltração seja maior do que o fluxo superficial, conforme Carvalho *et al.* (2019). O T/M que apresenta uma declividade maior de 1,9° sem características erosivas superficiais (laminar e linear), com ampla camada de serrapilheira sobreposta. Já o T/I com uma altitude final no sopé da vertente de 71 metros demonstrou a maior declividade da superfície inclinada com 6,5°, apresentando potencial erosivo pela declividade mais elevada em relação ao topo.

A granulometria média desta vertente revelou um predomínio da textura argilosa ao longo de toda a vertente, acima dos 50%. Contudo, nota-se uma diminuição neste teor argiloso com o aumento no teor de areias no sentido a jusante, a partir do meio da vertente em sua média (0-150 centímetros), (Quadro 1).

Quadro 01 – Granulometria, Textura e Floculação dos solos dos terços da vertente

CAMADAS (prof. cm)	GRANULOMETRIA (%)				SILTE/ ARGILA	TEXTURA	FLOCULAÇÃO (%)
	AREIA GROSSA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA			
PERFIL 1 - TERÇO SUPERIOR (T/S)							
0-10	1,80	24,00	17,50	56,70	0,30	Argilosa	35
10-40	2,30	1,40	16,20	63,80	0,25	Muito argilosa	39
40-100	7,70	1,40	16,50	65,50	0,25	Muito argilosa	97
100-150	12,58	3,45	16,50	67,40	0,24	Muito argilosa	100
PERFIL 2 - TERÇO MÉDIO (T/M)							
0-10	6,30	13,90	18,80	61,00	0,30	Muito argilosa	27
10-30	7,00	14,00	16,20	63,80	0,25	Muito argilosa	43
30-55	7,90	12,20	16,50	64,50	0,25	Muito argilosa	94
55-120	8,70	10,80	16,50	65,00	0,25	Muito argilosa	97
120-150	9,30	8,60	16,40	65,70	0,24	Muito argilosa	100
PERFIL 3 - TERÇO INFERIOR (T/I)							
0-10	27,75	18,25	11,00	43,00	0,25	Argilosa	30
10-40	19,50	17,20	13,20	51,30	0,25	Argilosa	60
40-100	15,70	16,10	16,10	61,50	0,26	Muito argilosa	97
100-150	8,50	13,80	17,00	60,70	0,28	Muito argilosa	100

Fonte: Os autores.

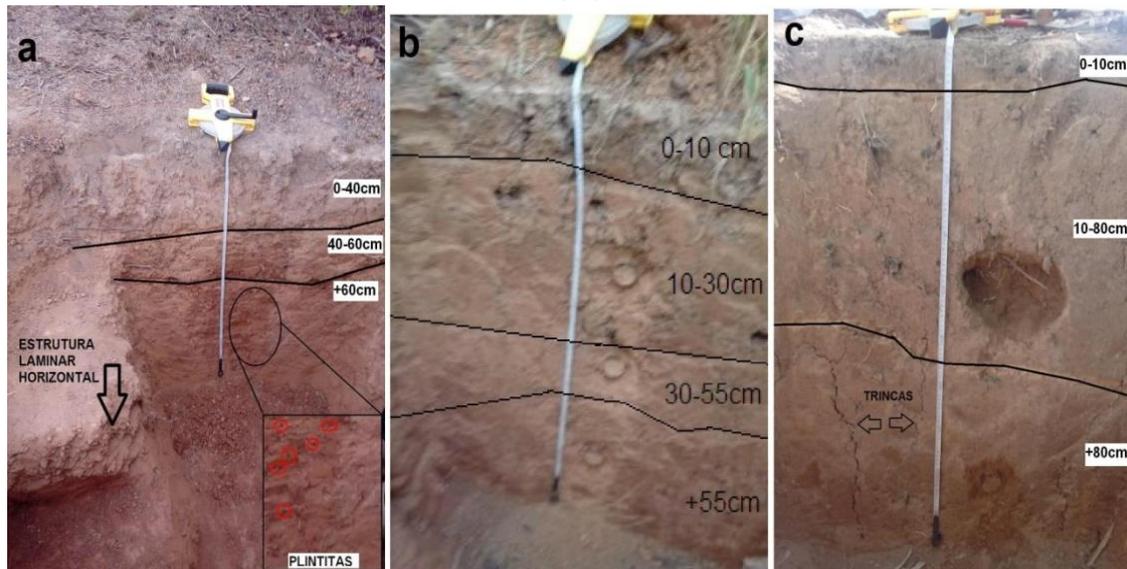
Nas análises granulométricas observa-se que toda a vertente é de textura argilosaa muito argilosa, com destaque para a textura muito argilosa em todas as camadas do T/M. Em toda a vertente percebe-se a variação regressiva do percentual de areia fina e silte na superfície (com exceção do T/I em que o silte aumenta conforme a profundidade).

A floculação das argilas em superfície ficou abaixo dos 35%, indicando elevada dissolução em água destas. Já na camada mais inferior nota-se o máximo teor de floculação (100%).

A análise da cobertura pedológica apresentou variações da coloração do solo em suas respectivas camadas nos perfis de trincheira e das 13 tradagens necessárias para a delimitação de cada camada de solo (Fig. 4).

Observa-se uma coloração mais escura na superfície do solo da vertente e que tende a aumentar de intensidade para o sopé, indicando pela tonalidade da cor forte influência de matéria orgânica na camada superficial, com coloração entre rosado a bruno acinzentado, segundo Embrapa Solos (2017). Com o aumento da profundidade, se nota uma tonalidade mais amarelada e/ou avermelhada do solo com camadas mais espessas para a jusante da vertente. Esta vertente apresentou cores de solo predominantemente rosado (5YR 7/4 e 7,5YR 7/4) no topo a amarelo avermelhado (7,5 6/6 e 5YR 6/8) no sopé (Fig.5).

Figura 5 – Perfis de solo nas trincheiras: a – Terço Superior; b – Terço Médio; c – Terço Inferior



Fonte: Os autores.

Ao verificar os elementos químicos do solo na vertente, observa-se um predomínio de sílica (quartzo) em estado amorfo em todas as camadas de análise (Quadro 2), indicando ser um Latossolo caulínico, conforme Embrapa Solos (2018). Esse domínio mineral da sílica, de acordo com Couto *et al.* (2020), indica solos com elevada resistência à erodibilidade, dado que a sílica amorfa é um agente cimentante que, em clima tropical, contribui para o selamento superficial do solo.

Nota-se que justamente o Terço Inferior da vertente apresentou os menores percentuais de sílica (Quadro 2) e registrou, também, os maiores valores de potencial à erodibilidade pelos métodos diretos e indiretos de erodibilidade apresentados por Santos e Silva Filho (2023a) e Santos e Silva Filho (2024), com os valores de erodibilidade pelo método direto de erosão de Heidemann a 3,00 L/min. de 16,03%, também classificado como elevado potencial erodível e pelos métodos indiretos de erosão pela granulometria, com 54% indicando elevada erodibilidade e pelo Índice de Plasticidade do solo que ficou em 2,1%, um solo extremamente erodível pela perda plástica dos agregados, além de que, neste T/I, se observaram os mais elevados valores de infiltração da vertente com valores que excedem os 60 mm/h, indicando uma rápida condutividade hidráulica em todo o Terço Inferior, conforme Santos e Silva Filho (2023b), condizente com o pouco selamento do solo, proposto por Couto *et al.* (2020).

No Quadro 2 observa-se o empobrecimento dos elementos químicos mais móveis do solo desta vertente ao longo de seu curso para a jusante. Se nota o empobrecimento dos elementos mais hidreativos deste solo superficial em relação às camadas mais inferiores. Segundo Mafra *et al.* (2002) e Ávila e Carvalho (2012) a ação erosiva geoquímica de acidólise (Quadro 2) atuante na superfície, que é observada pelos valores de pH inferiores a 4,2 em

todas as amostras, é causada principalmente pelo ácido húmico, que atinge seu ápice a 10 centímetros de profundidade, o que é condizente com o elevado percentual de matéria orgânica na camada superficial (0-20cm) desta vertente com valores acima dos 6,5%, conforme Santos e Silva Filho, (2023b). O ácido orgânico causa intensa solubilização dos óxi-hidróxidos que são tragados para o interior do solo, dado ao baixo grau de flocculação, de apenas 35% na camada superficial, tendendo a estabilizar-se em maior profundidade (+100cm), revelando elevado grau de flocculação (100%) (Quadro 1). A ação de eluviação das argilas oxídicas causa a mudança na textura das camadas de solo desta vertente, de argilosa na superfície para muito argilosa na camada inferior.

Quadro 2 – Dados de elementos químicos das camadas de solo da vertente amostral

CAMADAS (prof. Cm)	ATAQUE SULFÚRICO (%) Método EMBRAPA (2017)				pH	pH	
	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	H_2O	KCl	
PERFIL 1 – TERÇO SUPERIOR (T/S)							
0-20	11,10	6,50	0,88	2,20	3,9	3,6	
120-140	22,5	13,79	1,06	6,83	3,8	3,8	
PERFIL 2 – TERÇO MÉDIO (T/M)							
0-20	10,55	6,80	0,95	2,18	3,9	3,6	
120-140	19,30	12,98	1,20	5,25	3,8	3,8	
PERFIL 3 – TERÇO INFERIOR (T/I)							
0-10	10,00	7,04	1	2,16	4,1	4,0	
120-140	16,20	12,12	1,38	3,74	3,8	3,9	
SiO_2 (Sílica) Al_2O_3 (Alumina) TiO_2 (Rutilo) Fe_2O_3 (Hematita/ Goethita)							

Fonte: Os autores.

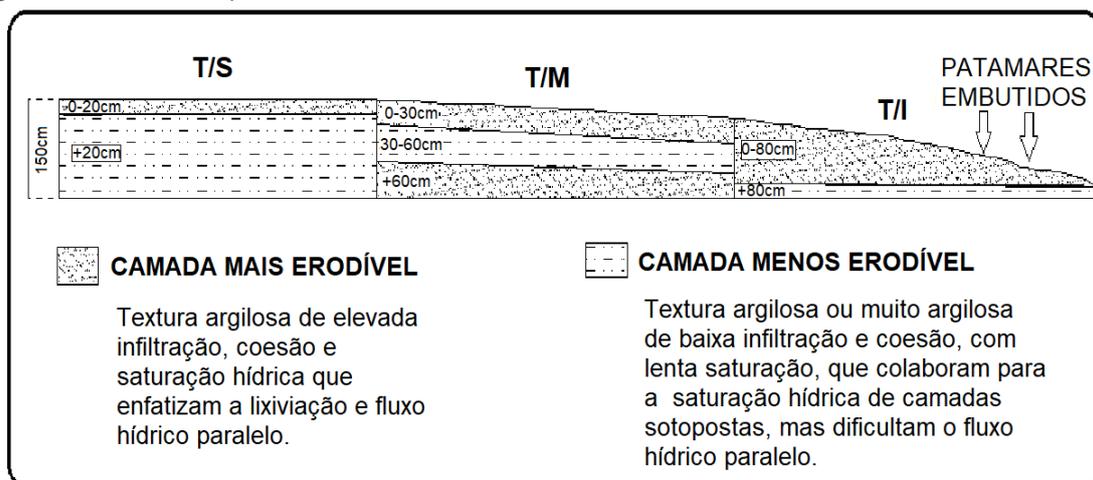
Destaca-se o maior empobrecimento dos elementos analisados no Terço Inferior desta vertente, com vistas à maior condutividade hidráulica das camadas de solo deste terço do que dos terços a montante (Santos; Silva Filho, 2023b). A maior facilidade da saturação hídrica deste terço inferior tende a causar a expulsão das argilas que é revelado pelo baixo percentual de flocculação (30%) (Quadro 1), ocasionando o maior acúmulo de areias em subsuperfície. Esta perda de argila é condizente com as conclusões de Santos *et al.* (2015). Conforme Alves e Maniesi (2018), já citado anteriormente, na bacia do Belmont a profundidade média para atingir o horizonte saprolítico é de 85 metros, não enquadrando este resultado de aumento de areias, apenas 1,5 metro de profundidade com o horizonte de rocha podre.

A perda de argila dessas camadas causa uma redução da plasticidade do solo, o que é verificável na análise do Potencial Erodível do IP que apresentou baixos valores plásticos para a superfície, em especial para o T/I com IP de apenas 2,1%, conforme Santos e Silva Filho (2024), tendendo à diminuição da resistência ao cisalhamento hídrico da estrutura destas camadas de solo e ao elevado potencial erodível.

MORFODINÂMICA DA VERTENTE AMOSTRAL

Seguindo o conceito de dupla superfície de aplainamento da teoria de Etchplanação (Büdel, 1982), dada a maior pobreza mineral no sopé da Vertente Amostral, há indicações de que a erosão geoquímica mais intensa provocou a formação de degraus ou pequenos patamares arenosos embutidos na superfície do T/I (Setas, Fig. 6). Devido ao colapso estrutural da subsuperfície, por fluxos hídricos paralelos da ação d'água que, segundo Espindola (2010) e Queiroz Neto (2011), são responsáveis por erosões geoquímicas que redistribuem (segregação) ou eliminam (solubilização) os elementos na vertente, promovendo modificações em sua forma. Nota-se que há uma perda de densidade do solo no sentido jusante da vertente, que é de $1,56\text{g/cm}^3$ no topo para $1,40\text{g/cm}^3$ para a jusante, conforme Santos e Silva Filho (2023b), indicando perda de constituintes do solo. Essas novas morfologias são mais visíveis no Terço Inferior por se tratar de um processo de transformação remontante, o que é verificável nos dois patamares detectáveis pela medição topográfica realizada na vertente (Fig. 6).

Figura 6 – Perfil esquemático das camadas mais e menos erodíveis da Vertente Amostral



Fonte: Os autores.

A superfície do T/S (0-20cm), dada a maior condutividade hidráulica de 28mm/h^1 (Santos; Silva Filho, 2023b), facilita o saturamento hídrico, causada pela textura mais arenosa

de 25% do solo, que apresenta um potencial erodível maior que a camada inferior (+20cm), como apontado nos parâmetros indiretos de erodibilidade de Santos; Silva Filho (2023a). Já a camada inferior apresenta-se mais resistente à erodibilidade hídrica, por ser menos impermeável do que em relação à superfície 12mm/h^1 (Santos; Silva Filho, 2023b), dificultando a percolação hídrica.

No T/M a camada superficial (0-30cm) e a mais inferior (+60cm), apresentaram maior coesão (5,5MPa e 6,2MPa respectivamente) e infiltração (86mm/h^1 e 33mm/h^1), enquanto que a camada intermediária (30-60 cm) revelou uma menor coesão (4,4MPa) e infiltração (22mm/h^1) (Santos; Silva Filho, 2023b). Pela análise Indireta do Potencial da Erodibilidade Pela Granulometria (Santos; Silva Filho, 2024) a camada superficial apresentou ser a mais erodível em relação à camada intermediária, dada a maior condutividade hidráulica e menor coesão desta.

Já no T/I nota-se que desde a superfície até os 80 centímetros de profundidade o solo comporta-se mais erodível como apontado na análise Indireta do Potencial a Erosão (Santos; Silva Filho, 2024) pela Granulometria (Santos; Silva Filho, 2023b) com valor menor que 55%, assim como os valores do Potencial Direto de Erodibilidade de Heidemann apontaram valores acima dos 15% (Santos; Silva Filho, 2023a) indicando, também, elevado potencial erodível desta camada de solo.

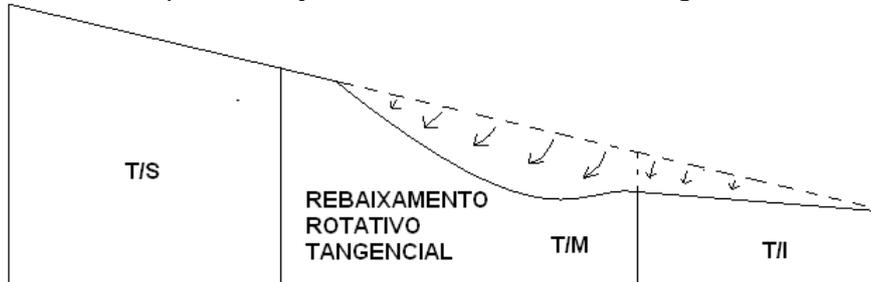
Com relação à morfodinâmica do Terço Médio da Vertente, observa-se que a camada intermediária (30-60cm), apresentou menor coesão e condutividade hidráulica tornando-se um enclave entre as duas camadas, superior e inferior, que são mais permeáveis e coesas. Desta forma, a tendência do T/M desta Vertente é erodir a camada superficial pela lixiviação, exumando a camada intermediária, que tenderá a aumentar a força do fluxo superficial hídrico neste terço, dado ao aumento do gradiente topográfico, predispondo a uma superfície plana inclinada (rampa).

A camada mais inferior (+60cm) deste T/M apresentou a maior variação da coesão saturada do solo, $\Delta C=1,56\%$, conforme Santos (2021), indicando ser a camada com o maior potencial à colapsibilidade das estruturas do solo em água, que tenderá a causar um recalque, fato observável na menor espessura desta camada, realizada por observações em trincheira de análise e tradagens (TR6 à TR9), (Fig. 4). Por ser o alicerce, as camadas superiores também colapsarão no sentido a montante, seguindo Mafra *et al.* (2002) e Queiroz Neto (2011). Essa erosão neste terço, que é remontante, tenderá causar um movimento tangencial com a vertical, como um hemigráben. Essa ação poderá aumentar a declividade do T/M em relação ao Terço Superior (Fig. 7).

No Terço Superior, há tendência de um lento rebaixamento da superfície, dado ao elevado potencial erodível da superfície (0-20), conforme Santos e Silva Filho (2024). Já na camada sotoposta (+20cm), por apresentar maior resistência à erodibilidade, como também

à infiltração (Santos; Silva Filho, 2023b), esta comportar-se-á como um “enrocamento terroso”, impedindo que haja um fluxo subsuperficial paralelo no sentido do Terço Médio, dificultando a infiltração para as camadas de solo mais a jusante da vertente.

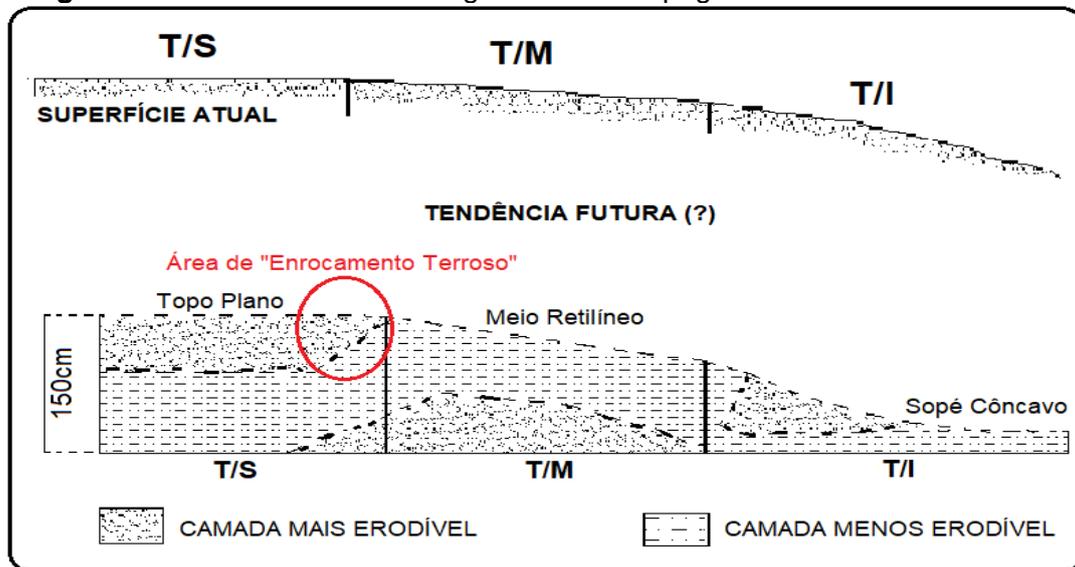
Figura 07 - Recalque do Terço Médio em formato de hemigráben da Vertente Amostral



Fonte: Os autores.

A tendência desta Vertente Amostral é de se transformar em uma superfície retilínea mais rebaixada, com início do processo de transformação morfológica no sopé em um formato côncavo, conforme o modelo de evolução de vertente de Büdel (1982) e Queiroz Neto (2011) e retilinearizar-se no Terço Médio que também reflete, no topo da vertente, esta ação morfológica imposta (Fig. 8).

Figura 8 – Tendência da morfologia do solo e topografia da Vertente Amostral



Fonte: Os autores.

Destaca-se que este modelo de evolução de vertente somente é aplicável para esta superfície inclinada analisada. A particularidade que cada camada de solo apresenta ao longo de seu curso na vertente, com suas condições físicas, químicas e mecânicas únicas, impõe que este tipo de estudo seja idiográfico ao objeto analisado.

APLICABILIDADE DE PARÂMETROS DE MECÂNICA DE SOLOS COMO INDICATIVO DE EROÇÃO GEOQUÍMICA

A análise química do solo da vertente revelou que o empobrecimento mineral das camadas de solo comporta-se como um eficiente indicativo de erosão geoquímica destas que é identificável, também, pelos parâmetros da mecânica dos solos, que sofrem alterações em seus valores quando comparados às camadas com maior quantidade mineral (Quadro 3).

Quadro 3 – Parâmetros de mecânica dos solos que sofrem maiores alterações pela erosão geoquímica

PARÂMETROS	ALTERAÇÃO DO PARÂMETRO
Densidade Aparente (γ)	é diminuída, dada à separação do plasma argiloso do esqueleto arenoso do solo.
Índice de Plasticidade (IP)	é diminuído, por haver menos argila no solo.
Coesão (C)	é diminuída, por haver mais espaços vazios no solo.
Condutividade Hidráulica (K_{sat})	é aumentada, dada à segregação do plasma do solo, deixando-o mais poroso.

Fonte: Os autores.

Estes parâmetros foram os que apresentaram as melhores respostas da análise do comportamento erodível dos solos em subsuperfície desta vertente em comparação com a superfície e no sentido a montante desta, conforme Santos e Silva Filho (2023a, 2024).

Nota-se que estes parâmetros apresentam variáveis dependentes da textura argilosa do solo que é segregada quimicamente, solubilizada e translocada (lessivagem) fisicamente, condizente com Büdel (1982), que indicam que é necessário solo desenvolvido para haver Etchplanação.

CONCLUSÃO

Neste estudo, procurou-se dar ênfase às análises da associação existente entre a forma da vertente e a sua cobertura superficial em topossequências, objetivando a dinâmica evolutiva pedogeomorfológica, utilizando valores físicos, químicos e mecânicos de solo, apoiado na quantificação de erodibilidade do solo na vertente. O empobrecimento de elementos minerais das camadas de solo comporta-se como um eficiente indicativo de erosão geoquímica destas, que é identificável pelos parâmetros da mecânica dos solos: densidade aparente, índice de plasticidade, coesão e condutividade hidráulica que sofrem alterações em seus valores quando comparados às camadas com maior quantidade mineral.

A tendência futura da morfologia desta vertente analisada indicou que tenderá a retilinizar-se, com o sopé mais côncavo, o meio mais retilíneo (com pequena declividade) e

no topo plano e rebaixado. No sopé desta vertente há o aparecimento de “saltos” de descontinuidade de elevação, devido ao colapso estrutural das camadas mais superficiais do solo por maior movimentação e exfiltração de partículas suspensas em água, principalmente argila, formato condizente com os preceitos de Vitte (2005) e Queiroz Neto (2011).

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502 Rochas e Solos**: Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181 Solo – Análise Granulométrica**: método de ensaio: método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9603 Sondagem a Trado**. Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- ALVES, Maíra H.; MANIESI, Vanderlei. Subdomínios hidrogeológicos do Aquífero Poroso de Porto Velho, Rondônia, Brasil. **Geociências**, Rio Claro, v. 37, n. 3, p. 611-626, 2018.
- ÁVILA, Frederico Fernandes; CARVALHO, Vilma Lúcia Macagnan. Morfogênese, Pedogênese e Etchplanação: análise integrada dos aspectos geoquímicos, mineralógicos e micromorfológicos do solo de uma toposequência na depressão de Gouveia – Serra do Espinhaço – Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.13, n. 2, p. 223-233, abr./jun. 2012.
- ARAÚJO, Gustavo Henrique Sousa; ALMEIDA, Josimar Ribeiro; GUERRA, Antonio José Teixeira. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.
- BIGARELLA, João José; MOUSINHO, Maria Regina; SILVA, Jorge Xavier. Considerações a respeito da evolução das vertentes. **Espaço Aberto**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 181-209, 2021. DOI: 10.36403/espacoaberto.2021.48162.
- BOULET, René. Análise estrutural da cobertura pedológica e cartografia. *In*: MONIZ, Antonio Carlos; FURLANI, Angela Maria; FURLANI, Pedro; FREITAS, Sérgio (coord.). **Responsabilidade social da ciência do solo: e os simpósios Microbiologia do solo: só simbioses? e A importância do conhecimento da cobertura pedológica: a análise estrutural**. Campinas: SBCS, 1988. p. 79-90.
- BÜDEL, Julius. **Climatic geomorphology**. Princeton: Princeton University Press, 1982.
- CAMPOS, Milton César Costa; MARQUES JÚNIOR, José; PEREIRA, Gener Tadeu; MONTARANI, Rafael; CAMARGO, Livia Arantes. Relações solo-paisagem em uma litossequência arenito-basalto na região de Pereira Barreto – SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo – RBCS**, Viçosa, v. 31, p. 519-529, 2007.
- CARVALHO, Tarcianeane C.; VIEIRA, Elaine; GONÇALVES, José Augusto; VITERBO, Gabriel. Análise das classes de vertentes e sua relação com o processo erosivo: uma visão integrada da bacia hidrográfica do Rio Piracicaba – MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 12, n. 4, p. 1619-1634, 2019.
- CHAUVEL, Arthur. Aluminium and iron oxi-hydroxide segregation in nodule of latossols developed on tertiary sediments (barreiras group), near Manaus (Amazon Basin) Brazil. *In*: MELFI, Adolph José, CARVALHO, Arthur (ed.). **Laterisation Processes**. São Paulo: IG-USP, 1983. p. 505-526.
- CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Serviço Geológico do Brasil. **Mapa geológico de Rondônia 1:1.000.000**. Porto Velho: CPRM, 2007.

COUTO, Charlismilã A.; FLORES, Rilner; CARLOS NETO, José; SOUZA JÚNIOR, Jonas P.; PRADO, Renato; MESQUITA, Márcio; DAMIN, Virginia. Crescimento, biomassa e qualidade fisiológica do arroz em função da aplicação foliar de silício. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 4, p.18997-19014, 2020.

EMBRAPA SOLOS. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. ampl. Brasília – DF: Embrapa Solos, 2017.

EMBRAPA SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2013.

EMBRAPA SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. ampl. Brasília – DF: Embrapa Solos, 2018.

ESPINDOLA, Carlos Roberto. A pedologia e a evolução das paisagens. **Revista do Instituto Geológico de São Paulo**, São Paulo, v. 31, n. 1 e 2, p. 67-92, 2010.

FAIRBRIDGE, Rhodes W.; FINKL, Charles W. Anatomic erosional unconformities and peneplains. **Journal of Geology**, Chicago, v. 88, p. 69-89, 1980.

IBGE. **Manuais técnicos em geociências – Pedologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

IBGE. **Manual técnico de geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

IBGE. **Manual técnico de pedologia - guia prático de campo**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

MAFRA, Alvaro Luiz; MIKLÓS, Andreas Attila W.; VOLKOFF, Bruno; MELFI, Adolph José. Pedogênese numa seqüência latossolo-espodosolo na região Alto Rio Negro, Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 381-394, 2002.

MARTINS, Ramom Messias; AMORIM, Maurício Anderson; AUGUSTIN, Cristina Helena Rocha; AZEVEDO, Pedro A. Amorim. Relação entre forma da vertente, cobertura superficial e sítios geomorfológicos na bacia do Ribeirão do Chiqueiro, Depressão de Gouveia, Serra do Espinhaço Meridional – MG. **Geonomos: Revista de Geociências**, Belo Horizonte, v. 21, n. 2, p. p. 38-45, 2013.

NAHON, Daniel B. **Introduction to the petrology of soils and chemical weathering**. New York: John Wiley & Sons Edtors, 1991.

PEREIRA, Marcos G.; ANJOS, Lúcia Helena C.; PINHEIRO JUNIOR, Carlos Roberto; PINTO, Luiz Alberto S. R.; SILVA NETO, Eduardo Carvalho; FONTANA, Ademir. Formação, classificação e cartografia dos solos. In: TULLIO, Leonardo (org.). **Formação, classificação e cartografia dos solos**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. cap. 1, p. 1-20. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/202369/1/Formacao-e-caracterizacao-de-solos-2019.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2019.

PITTY, Antony. F. A simple device for the field measurement of hillslopes. **Journal of Geology**, Chicago, v. 76, p. 717-720. 1968.

QUEIROZ NETO, José Pereira. Relações entre as vertentes e os solos: revisão de conceitos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 15-24, 2011.

RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Planejamento. **Plano agroflorestal e pecuário de Rondônia – PLANAFLORO**. Porto Velho: SEPLAN, 2002. (Banco de Dados Geográfico Vetorial).

SANTOS, Salem Leandro Moura; DELLA-JUSTINA, Eloiza Elena; FERREIRA, Maria. Madalena. Mapeamento geomorfológico da bacia do Igarapé Belmont Porto Velho – RO. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 255-266, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v13i3.184>. Acesso em: 21 jan. 2018.

SANTOS, Salem Leandro M. **Potencial erodível da cobertura pedológica em face à dinâmica morfológica de vertentes suavizadas na Bacia do Igarapé Belmont em Porto Velho – Rondônia**. 2021. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de

Rondônia. Porto Velho, 2021. Disponível em:

https://posgeografia.unir.br/uploads/99999999/TESES/TURMA%202016/TESE_SALEM_2021.pdf. Acesso em: 28 jun. 2023.

SANTOS, Salem Leandro M.; SILVA FILHO, Eliomar Pereira. Direct determination of erodibility in different forms of slopes in the Belmont Stream Basin in Porto Velho - Rondônia – Brazil. **Revista Foco**, Curitiba, v.16, n. 1, p. 1-26, 2023a. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/670/544>. Acesso em: 10 out. 2023.

SANTOS, Salem Leandro M.; SILVA FILHO, Eliomar Pereira. Spatialization of physical, mechanical and chemical characteristics of soils in different models of slopes in Porto Velho – Brazilian Amazon. **Revista Foco**, Curitiba, v. 16, n. 8, p.1-45, 2023b. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/2819/1818>. Acesso em: 30 abr. 2024.

SANTOS, Salem Leandro M.; SILVA FILHO, Eliomar Pereira. Determinação de potencial erodível em diferentes morfologias de vertentes na Amazônia por métodos físico, químico e mecânico de solos. **Revista Geografia**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 229-247, jan. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/2447-1747.2024v33n1p229>. Acesso em: 30 abr. 2024.

SANTOS, Raphael David; SANTOS, Humberto; KER, João Carlos; ANJOS, Lúcia Cunha; SHIMIZU, Sérgio Hiditi. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7. Ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

SILVA, Antonio Soares. Análise morfológica dos solos e erosão. *In*: GUERRA, Antonio José Teixeira; SILVA, Antonio Soares; BOTELHO, Rosângela Garrido Machado (org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p. 101-124.

SILVA, Joalison Brito; MELO, João Henrique; SANTOS, Luiz Fernando; CAVALCANTE, Emanuel Costa; SANTOS, Robson; CAMPOS, Milton; LIMA, Alan; OLIVEIRA, Flávio. Impactos nos atributos do solo sob conversão de floresta para área de pastagens em áreas de Mata Atlântica, Areia, PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 16, n 3, p. 1407-1418, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/256285>. Acesso em: 1 maio 2024.

SILVEIRA, Araken; CUNHA, Carlos. Mensuração da capacidade de infiltração em sistemas vertentes e sua relação na dinâmica erosiva. *In*: SINAGEO - SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 12., Crato, 2018. **Anais [...]**. Crato: [s. n.], 2018. p. 1 -11.

SOUSA, Fabio A. Metodologia para avaliação do escoamento subsuperficial em vertentes. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 39, p. 1-22, 2019.

STABILE, Rodrigo Augusto; VIEIRA, Bianca Carvalho. O Papel do ângulo da encosta e da forma das vertentes na distribuição das feições erosivas da bacia Água da Faca, Piratininga – SP. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., Viçosa. **Anais [...]**. Viçosa: UFV, 2009. p. 1-12.

THOMAS, Michael F. **Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes**. Chichester: John Wiley, 1994.

TWIDALE, Charles Rowland. Pediments, peneplains and ultiplains. **Magazine Geomorphological Dynamics**, [S. l.], v. 32, p. 1-35, 1981.

VITTE, Antonio Carlos. Etchplanação dinâmica e episódica nos trópicos quentes úmidos. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 16, p. 105-118, 2005.

Recebido: maio de 2024.

Aceito: agosto de 2024.