

Artigo de Pesquisa

Interações entre as forças biogenéticas e morfogenéticas nas vertentes: termiteiros e murundus

Interactions between biogenetic and morphogenetic forces on slopes: termite hills and murundus

Roberto Marques Neto ¹, Henrique Carvalho de Oliveira ², Lara Pereira Loures ³ e Luísa Costa Coimbra ⁴

- 1 Universidade Federal de Juiz de Fora, Department of Geosciences, Juiz de Fora, Brazil. E-mail: roberto.marques@ufjf.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6496-789X>
- 2 Universidade Federal do Rio de Janeiro, Post-Graduate Program in Geography, Rio de Janeiro, Brazil.
E-mail: henriquecarvalho123.o@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>
- 3 Universidade Federal de Juiz de Fora, Department of Geosciences, Juiz de Fora, Brazil. E-mail: laraploures@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3461-1764>
- 4 Universidade Federal de Juiz de Fora, Department of Geosciences, Juiz de Fora, Brazil.
E-mail: luisacoimbra2022@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3964-3383>

Recebido: 14/11/2025; Aceito: 02/06/2026; Publicado: 09/09/2026.

Resumo: A evolução e dinâmica de vertentes são essencialmente investigadas a partir dos aspectos morfogenéticos e pedogenéticos intrínsecos, e o presente artigo propõe um enfoque adicional centrado nos aspectos biogenéticos operantes, procurando discutir dialogicamente as influências bióticas e erosivas na geração de microrrelevo (murundus e termiteiros). Para tal, foram abordados aspectos morfométricos, biológicos e pedológicos concernentes a tais morfologias com vistas na investigação acerca de sua gênese, evolução e aspectos morfométricos, apresentando resultados obtidos em duas catenas latossólicas no município de Carrancas (MG) em área de cerrado strictu sensu e campo sujo de cerrado. Os resultados demonstraram ciclos sobrepostos de remonte vertical levados a efeito por invertebrados (essencialmente cupins) consorciados à erosão diferencial na catena sob cerrado strictu sensu, e evidências essencialmente biogênicas na catena sobre campo cerrado. Em ambos os casos, foi verificada uma maior agregação do solo e uma concentração de nutrientes e matéria orgânica sensivelmente maior nos murundus, sugerindo papel dos organismos endopodônicos na ciclagem de nutrientes. Além disso, foi constatado que os processos de bioturbação engendram irregularidades sobre as vertentes a partir de ciclos de remonte, ocupação e abandono, interferindo nos aspectos morfológicos e nas organizações erosivas e deposicionais.

Palavras-chave: remonte vertical; erosão diferencial; catena latossólica; cerrado.

Abstract: The evolution and dynamics of slopes are essentially investigated from the intrinsic morphogenetic and pedogenetic perspectives. This article proposes an additional focus on the operative biogenetic aspects, seeking to discuss dialogically the biotic and erosive influences on the generation of microreliefs (murundus and termite mounds). To this end, morphometric, biological, and pedological aspects of these morphologies were addressed, aiming to investigate their genesis, evolution, and morphometric aspects. Results obtained in two latosolic catenas in the municipality of Carrancas, Minas Gerais, are presented in an area of cerrado strictu sensu and campo cerrado. The results demonstrated overlapping cycles of vertical uplift caused by invertebrates (primarily termites) combined with differential erosion in the catena under cerrado strictu sensu, and essentially biogenic evidence in the catena over campo cerrado. In both cases, greater soil aggregation and a significantly higher

concentration of nutrients and organic matter were observed in the murundus, suggesting a role for endopedonic organisms in nutrient cycling. Furthermore, it was found that bioturbation processes engender irregularities on slopes through cycles of uplift, occupation, and abandonment, interfering with morphological aspects and erosional and depositional organization.

Keywords: vertical uplift; differential erosion; latosolic catena; cerrado.

1. Introdução

Os processos vigentes na evolução e dinâmica de vertentes envolvem forças químicas (dadas pelo intemperismo e neoformação de minerais) físicas (dadas pela ação do tectonismo e pela dinâmica externa promovida pelo escoamento superficial), e biológicas, comandadas pela fauna fossorial com suas escavações e formação de dutos e galerias, bem como pelo pisoteio promovido em superfície. A biota que habita o interior do solo promove alterações químicas e físicas em função do seu metabolismo e dos processos de bioturbação que exercem nas coberturas superficiais, afetando diretamente a morfologia das vertentes e os processos de superfície, interferindo assim na sua evolução e dinâmica (Penteado-Orellana, 1980; Miklos, 2012; Lima et al., 2018).

Entre os principais resultados da ação de organismos no solo estão os termiteiros ou os murundus, microrrelevos circulares a elípticos formados por atividade biogênica e/ou erosiva, levadas a cabo principalmente por cupins e formigas, organismos que realizam remonte vertical das coberturas superficiais, incluindo os solos, resultando em formas de relevo que muitas vezes são copiosas nas vertentes e fundos de vale. Tais morfologias figuram como fatos biogeomorfológicos de superfície dos mais expressivos em ambientes tropicais, sendo recorrentes em diferentes geoambientes e tipos de solo, e muitas vezes assumindo uma profusão capaz de interferir de forma significativa na estrutura e dinâmica da paisagem. Segundo Bignell (2019), os complexos mutualismos que ocorrem entre os invertebrados isópteros e a microbiota do solo também influenciam os aspectos físicos e químicos da cobertura pedológica, dada sua habilidade em abrir dutos e galerias e digerir componentes orgânicos e interferir, por conseguinte, na mineralogia dos solos. O alto potencial ecológico vigente nas faixas tropicais quentes e úmidas favorece a presença de grande quantidade de organismos endopodônicos, que passam, por conseguinte, a interferir nas organizações geomorfológicas nas quais se inserem. Malgrado a recorrência e a importância do papel dos organismos na morfologia e dinâmica de vertentes, trata-se de uma problemática ainda insuficientemente investigada.

A falta de estudos sistemáticos e resultados mais conclusivos é sintomática nas divergências que cercam as interpretações acerca da origem e evolução dos murundus e suas relações com o relevo e a paisagem. Alguns autores são adeptos da hipótese biológica (Furley, 1986; Miklós, 2012; Lima et al., 2025), para os quais os murundus seriam feições resultantes de atividades de térmitas, em especial cupinzeiros, além de formigas, minhocas e minhocuçus. Outros autores, em contraponto, atribuem a origem dos murundus à erosão diferencial (Penteado-Orellana, 1980; Resende et al. 2002; Sales, 2021). De todo modo, ambas as origens não são propriamente excludentes, podendo haver convergência entre processos biogenéticos e morfogenéticos na formação desses modelados (Ponce; Cunha, 1993; Antunes et al. 2012).

Furley (1986) destaca de forma enfática a recorrência dos murundus nas paisagens tropicais, onde formam verdadeiros “campos de murundus”, encontrados em duas situações particulares: (1) áreas afetadas semipermanentemente por água subterrânea e infiltração, formando ilhas discretas de cerrado lenhoso com Latossolo Vermelho Amarelo; (2) áreas afetadas por chuvas sazonais e escoamento que mantém pequeno contato com as águas subterrâneas, formando montículos menos perceptíveis e tendo uma forma mais linear em conformidade com o decaimento das vertentes nas quais ocorrem. Nas duas situações descritas os murundus apresentam ampla variedade em termos de tamanho, orientação, tipo e diversidade de cobertura vegetal, bem como no que se refere às suas associações com os fluxos superficiais e as águas subterrâneas.

Verticalizando nesse interessante campo de contradições, Miklós (2012) assevera que, em função da grandeza, densidade populacional, biomassa e ação transformadora do meio por invertebrados que habitam o solo, fatalmente tais organismos figuram como agentes fundamentais na organização e dinâmica dos solos em paisagens intertropicais. Ainda, o autor salienta o papel do remonte vertical na geração de Latossolos e horizontes B latossólicos, as principais transformações pedológicas do meio tropical, moldando microagregados, cimentando material em superfície onde dominam os processos erosivos e retroalimentando a funcionalidade do solo com a matéria orgânica proveniente de seus dejetos e fenecimento. Ao longo desse movimento epígeo, Lima et al. (2025) demonstram a preferência dos invertebrados por materiais argilosos em detrimento dos arenosos, que tende a figurar como a fração granulométrica dominante nos montículos.

A atividade de remonte vertical que resulta na formação de murundus também tem forte relação com a vegetação. Resende et al. (2004) demonstraram, em pesquisa no Cerrado do Triângulo Mineiro, que as formas de maiores dimensões se mostraram favoráveis para a ocorrência de espécies lenhosas, sobretudo em ambientes hidromórficos, que não são tolerados por muitas espécies; nesses casos, os murundus funcionam como “ilhas” para a ocorrência de tais espécies e atuam, portanto, na manutenção da biodiversidade regional. Em diálogo direto com a referida função de suporte para a vegetação, foi constatado que os trabalhos de triagem que a fauna fossorial executa para edificar murundus repercutem em aumento da matéria orgânica e dos minerais de argila em relação aos solos do entorno (Oliveira et al. 2012), bem como da biomassa microbiana presente no solo (Pinheiro et al. 2013).

Diante do que foi argumentado, é de grande valia a expansão dos estudos acerca do papel da biota na estruturação superficial da paisagem, uma vez que perpassam campos do conhecimento ainda não muito consensuais, acessando searas específicas da geomorfologia, da biogeografia, da pedologia e da geoecologia. Por conseguinte, tais estudos demandam estratégias metodológicas adequadas para melhor entender as importantes funções geoecológicas que ocorrem na interface relevo-solo-biota.

Paisagens tropicais são repletas de térmitas, e mesmo as observações mais gerais revelam o quanto a distribuição espacial do remonte vertical é abrangente. Ocorrendo em todos domínios morfoclimáticos brasileiros, tais fatos geomórficos se distribuem em diferentes compartimentos geomorfológicos e geoquímicos, aparecendo sob variadas dimensões ao longo de faixas interfluviais, vertentes e fundos de vale, perpassando assim ambientes oxidantes e redutores da paisagem. Além dos termiteiros clássicos predominantemente construídos e ocupados por cupins, ocorrem também os murundus típicos de ambientes hidromórficos distribuídos pelos cerrados brasileiros.

O município de Carrancas (MG) localiza-se no sul do estado de Minas Gerais em uma faixa transicional entre o domínio das florestas tropicais atlânticas e o Cerrado, comportando fitofisionomias de cerrado stricto sensu e campo cerrado fortemente ameaçadas pela entrada mais massiva do agronegócio a partir da segunda década do século XXI. Sob os cerrados foram notadas sequências de montículos de tamanho variado em diferentes ambientes geoquímicos, de zonas eluviais a fundos de vale, com morfologia semelhante aos campos de murundus típicos dos ambientes hidromórficos. A partir de tal constatação, expedientes foram abertos para interpretar, com base na investigação em duas catenas latossólicas, aspectos morfológicos, morfométricos, pedológicos, físico-químicos e genético-evolutivos das geoformas em apreço.

2. Metodologia

As bases teóricas do presente trabalho consideram a dialética da natureza (sensu Engels, 1979) existente nas relações entre biogênese e morfogênese, conjugadas em processos dinâmicos que podem ou não funcionar como condões para mudanças de estado (evolução). Consubstancia-se assim um tensionamento que é inerente aos sistemas complexos (sensu Morin, 1977) em que as formas e processos são intermediados pelo orgânico.

Ao longo de duas catenas latossólicas, uma delas recoberta por cerrado stricto sensu e a outra por campo sujo de cerrado, foram executados levantamentos de dados pedológicos, morfológicos, morfométricos e biológicos das

feições visadas que ocorrem ao longo das vertentes, utilizando-se da técnica dos quadrantes (Martins, 1993; Furlan, 2005), amostrando-se três quadrantes para cada catena. Em parcelas de 20 m x 20 m foram mensurados largura, comprimento, altura e perímetro de cada feição com o uso de trena, acompanhados de classificações morfológicas (convexo, cônico ou colunar), da identificação do estado (ativo, inativo, em degradação), do tipo de exploração biológica (formigas, cupins ou ambos) e acerca da ocupação vegetal (herbácea, arbustiva, arbórea ou composta). A gênese foi diferenciada a partir da natureza biótica ou abiótica de acordo com as evidências de campo, e a evolução considerando os processos dominantes: agradacionais (remonte vertical, acreção sobre remonte preexistente) e \ou degradacionais (erosão em lençol e em filetes). Os dados primários coletados para cada geoforma foram anotados em uma ficha de campo e posteriormente representados em gráficos gerados em Excel.

Em cada catena as parcelas foram selecionadas em diferentes ambientes geoquímicos, a saber: eluviais (topos e superfícies de cimeira), transeluviais a transacumulativos (domínio das vertentes) e acumulativos (fundos de vale), em consonância ao modelo apresentado por Ballesteros (1991). Subsequentemente, foram estabelecidos os padrões de conectividade entre tais parcelas, desvelados em representações na forma de perfis geoambientais organizados em ArcGIS. Além das morfologias das vertentes e da distribuição dos murundus, os perfis também trazem informações concernentes à base geológica, aos solos, à vegetação e ao uso antrópico da terra, por sua vez agrupadas em unidades geossistêmicas discernidas segundo as fácies físico-geográficas, em consonância ao sistema hierárquico proposto por Sochava (1971; 1978).

A rotina de avaliação dos montículos em campo foi sistematizada pelos próprios autores. Para cada quadrante, foram realizadas coletas de solo em um montículo amostral, retirando por tradagem amostras no topo, centro e base para a catena em cerrado stricto sensu, com profundidades variando com a altura dos microrrelevos. A opção pela divisão tripartite também foi a mesma adotada por Lima et al. (2018). Para a área de campo cerrado, devido à altura distintamente menor dos montículos, foram feitas retiradas apenas em uma porção superficial (0 a 0,5 m) e outra subsuperficial (0,5 a 1,0 m). Especificamente em relação à base, cumpre informar que a mesma foi estabelecida considerando a superfície geomórfica de referência, que também orientou o posicionamento da barra vertical utilizada para medir a altura. Os esforços de tradagem foram também aproveitados para identificação de variações na coloração dos solos indicativas de possíveis variações no teor de matéria orgânica, bem como para averiguar presença ou ausência de marcas de bioturbação dadas por pequenas galerias ou evidências de revolvimentos dos solos e redistribuição da matéria orgânica. Ainda, foram realizadas coletas de solos do entorno, perfazendo todos os ambientes geoquímicos.

O material coletado foi encaminhado para análise física e química no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Lavras (UFLA) (protocolo Mehlich). Os seguintes parâmetros foram analisados: *pH* medido em água; matéria orgânica (dag/kg); *acidez trocável* (extrator cloreto de potássio); *acidez potencial* ($Al^{3+} + H^+$, em extrator SMP); *bases trocáveis*, sendo o Ca e o Mg também obtidos pelo extrator KCl e o Na e o K pelo extrator Mehlich. A *capacidade de troca catiônica* (CTC), dada pela somatória da acidez potencial e das bases trocáveis, é calculada em condições de pH 7,0, e a *saturação por alumínio* (m) é definida pela divisão do alumínio trocável pela soma desse valor ao de bases multiplicado por 100, além da granulometria.

Os dados morfopedológicos, morfométricos e biológicos obtidos em campo e por meio de ensaios laboratoriais foram tratados dialogicamente para a interpretação de aspectos genético-evolutivos das formas de relevo em questão, confrontando e interagindo as hipóteses biológicas e geomorfológicas que cercam o debate.

3. Área de estudo

Localizado na borda meridional do cráton do São Francisco (figura 1), nas faixas de dobramentos neoproterozoicos, Carrancas se inscreve em interessante faixa transicional na intersecção entre o domínio das florestas tropicais atlânticas e o Cerrado. Tal condição define intercalações entre fragmentos florestais e fitofisionomias de cerrado em setores intermontanos da paisagem, litologicamente compostos por paragneisses

subjacentes às coberturas latossólicas, paisagens estas cada vez mais homogêneas pela entrada do agronegócio que aproveitou as declividades moderadas que vigem na superfície geomorfológica em apreço. Os setores altimontanos, por sua vez, são definidos em extensas cristas emolduradas em quartzitos micáceos, e ocupados por campos rupestres sobre solos imaturos, distintamente arenosos e ricos em minerais primários.

Os aludidos dobramentos neoproterozoicos definem terrenos metassedimentares correspondentes à Bacia Andrelândia (Pacciulo et al. 1993; Ribeiro et al. 1995) ou Megassequência Andrelândia (Heilbron et al. 2004), sistema deposicional de idade mesoproterozoica com metamorfismo de grau variável decorrente de colagem neoproterozoica (Almeida, 1992) vinculada aos eventos termotectônicos relacionados ao Ciclo Brasileiro.

As topossequências estudadas estão adstritas aos domínios intermontanos da paisagem, que compreendem morfologia colinosa e morros com encostas suavizadas, formando extensas rampas latossólicas que ainda resguardam fragmentos de cerrado stricto sensu e campo cerrado, cada vez mais suprimidos pela monocultura da soja que tem se aproveitado desses terrenos de relevo mais suavizado do sul de Minas Gerais, sobre os quais vem incidindo mediante forte mecanização.

Contrastando com o domínio de solos maduros (dominantemente Latossolos) dos terrenos gnáissicos intermontanos, as cristas quartzíticas suportam Cambissolos e Neossolo Litólico com distinta rochosidade na superfície do terreno. Essa tectura geoecológica dá aporte ao mencionado campo rupestre, fitofisionomia tipificada por arbustos, subarbustos, tufos de gramíneas e pequenas árvores esparsas na qual se sobressai a candeia (*Eremanthus sp.*) em notória dominância ecológica. Em baixadas fluviais ocorrem solos hidromórficos, rastreáveis também pela coloração dos termiteiros edificadas nesses geoambientes.

O tipo climático vigente em Carrancas se refere ao clima tropical de altitude (Cwb, segundo o sistema de Köppen), que nos terrenos elevados do Brasil Sudeste é responsável por moderação nas temperaturas do clima tropical típico.

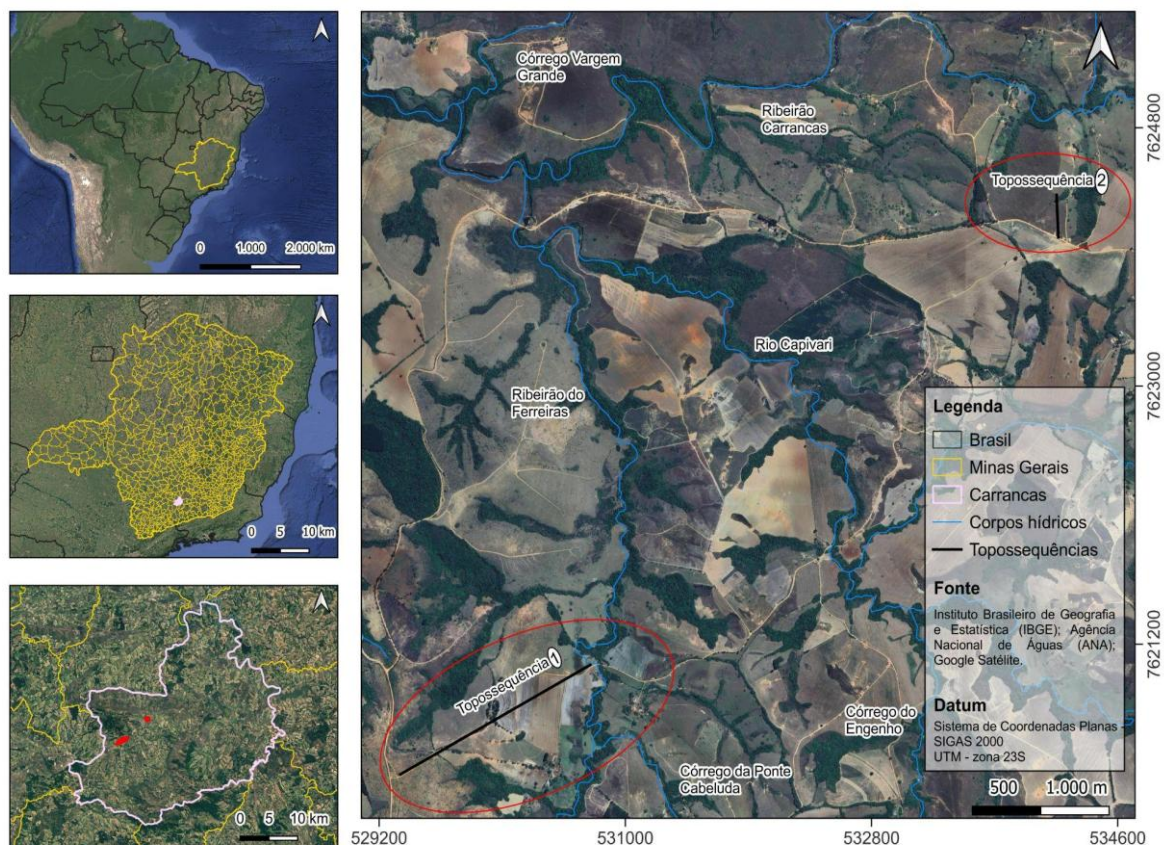


Figura 1. Localização da área de estudo.

4. Resultados

As aplicações levadas a efeito e externadas no presente artigo se detiveram em duas catenas latossólicas localizadas em áreas de cerrado stricto sensu e campo sujo de cerrado, conforme prenunciado. Primeiramente, serão apresentados os resultados para cada uma das catenas, a serem discutidos na seção seguinte.

Catena 1 (C1)

A primeira catena analisada, aqui designada por C1, encontra-se recoberta por cerrado stricto sensu, com vegetação distintamente mais adensada durante a estação chuvosa. Para esta vertente foram trabalhadas parcelas em zonas eluvial, transeluvial e transacumulativa \ acumulativa.

O quadrante amostrado na zona eluvial abrange ambiente oxidante e com pedogênese latossólica profunda que se projeta em faixa interfluvial tipificada por morros com encostas suavizadas e superfície aplainada. Na zona transeluvial ainda impera uma condição deveras oxidante, com semelhanças nas assinaturas geoquímicas típicas dos latossolos tropicais. Quanto à zona transacumulativa, tem-se a passagem para um domínio hidromórfico devido à interação mais intensa com o lençol freático que vai se estabelecer na zona acumulativa, com mudanças significativas na química das coberturas superficiais. A coloração escurecida dos termiteiros na seção mais baixa da zona transacumulativa indica que tal segmento também é afetado pela ascensão sazonal do nível freático.

Ao longo de C1, tanto a faixa eluvial como a transeluvial apresentam sequências de montículos intercalados com depressões bastante semelhantes aos campos de murundus de zonas hidromórficas de fundo de vale, porém posicionados em ambiente oxidante ao longo de toda a vertente. Ocorre uma série de microformas de dimensões variadas e com diferentes padrões de exploração biológica. Nos setores transacumulativo e acumulativo, entretanto, os montículos assumem aspecto muito mais adernados aos termiteiros clássicos tão copiosos em pastos e áreas desmatadas.

As figuras 2, 3 e 4 mostram a distribuição proporcional dos montículos segundo os parâmetros em apreço para os três compartimentos geoquímicos analisados em C1.

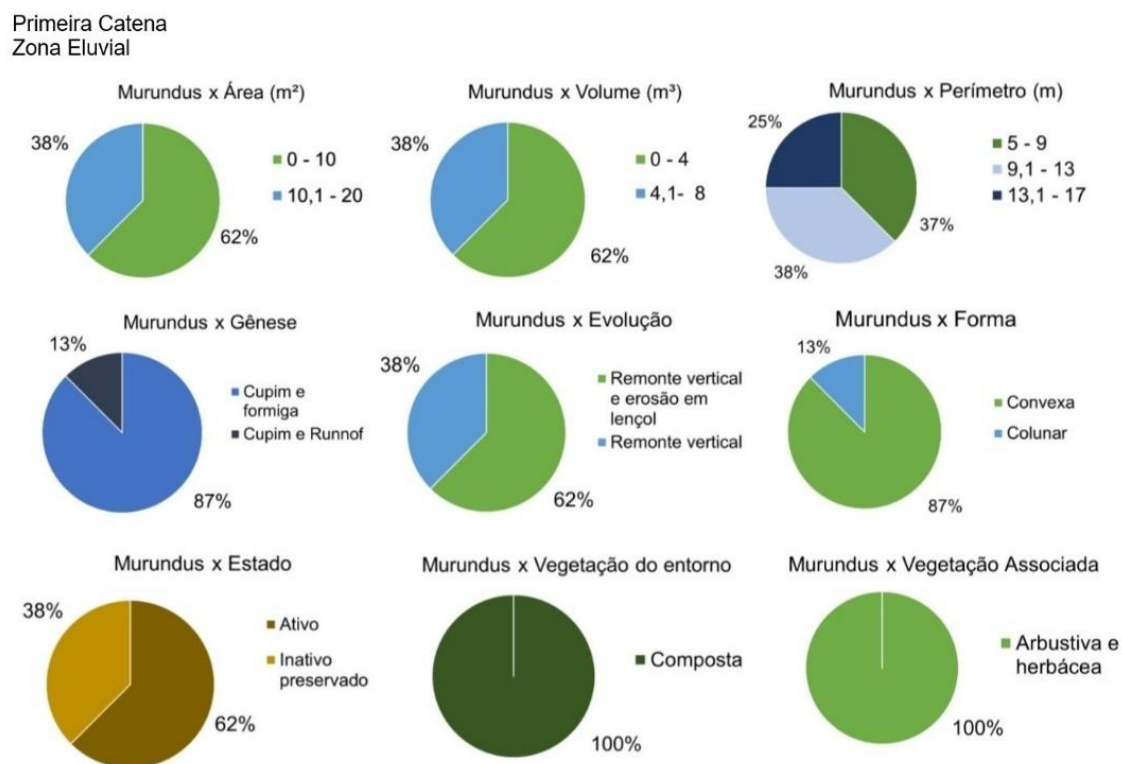


Figura 2. Características dos montículos analisados na zona eluvial de C1.

Primeira Catena
Zona Transeluvial

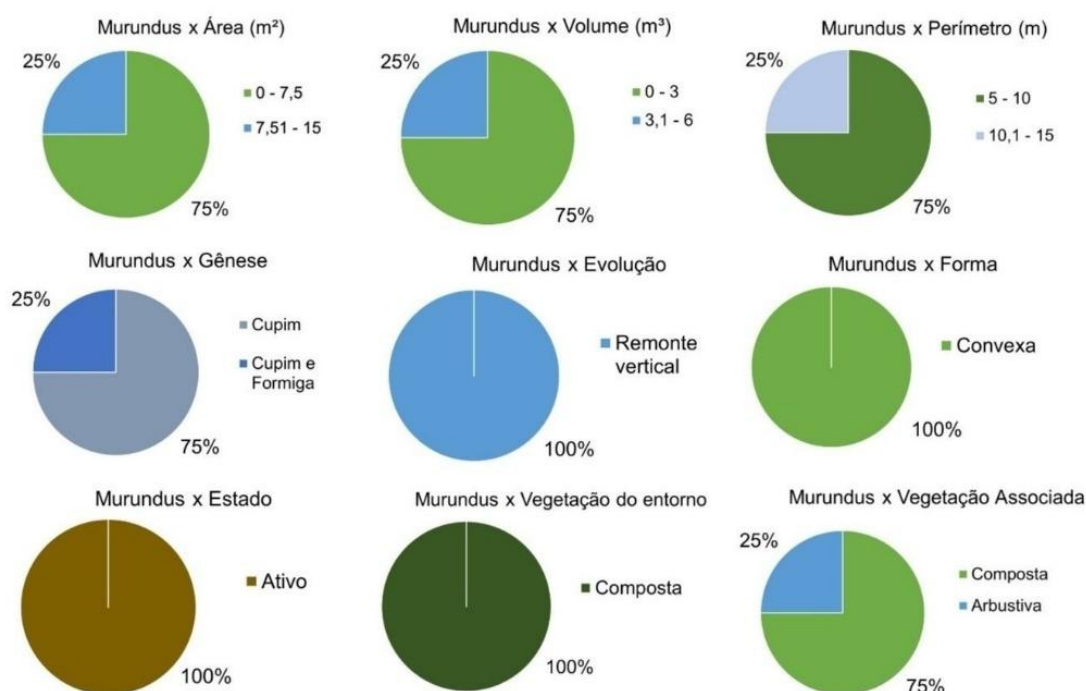


Figura 3. Características dos montículos analisados na zona transeluvial de C1.

Primeira Catena
Zona Transacumulativa

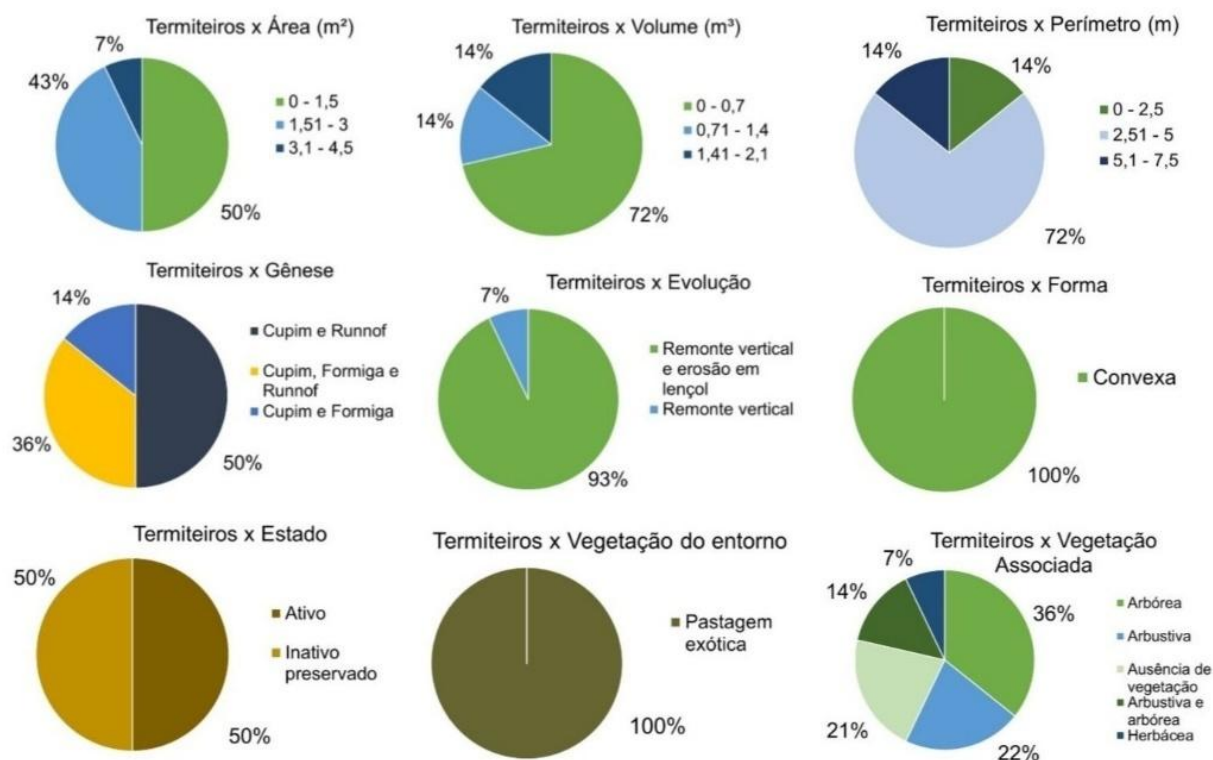


Figura 4. Características dos montículos analisados na zona transacumulativa \ acumulativa de C1.

As dimensões dos morrotes tendem à diminuição de montante para jusante, da maneira que pode ser averiguado pela área e perímetro, fundamentalmente. Ao longo da catena imperam feições de tamanho considerável se sobressaindo na vertente, com significativo desenvolvimento lateral possivelmente ligadas a processos evolutivos policíclicos caracterizados por mais de uma fase de ocupação de isópteros edificadores que coexistiram e coexistem com a erosão hídrica de superfície. No fundo do vale ocorrem as térmitas mais comuns geradas por remonte vertical predominantemente de cupins, assumindo assim dimensões menores, sobretudo em comprimento e largura.

A evolução policíclica pode ser defendida devido à presença de diferentes fases de ocupação, levadas a cabo por cupins, formigas ou consórcio de ambos, com edificação de materiais sobre excrecências mais antigas, cujas porções basais não apresentaram sinais de bioturbação nas amostras que foram retiradas por tradagem. Tal configuração é sugestiva, a princípio, de um papel fundamental da erosão diferencial, caracterizada por uma recorrente e parcial incidência de lençóis erosivos laminares associados a fluxos em filetes mal definidos que se espalham entre os calombos, numa configuração típica de saliências e depressões descritas para os campos de murundus. Algumas das saliências não apresentam colônias ativas, coexistindo murundus ativos e inativos ao longo de toda a conectividade entre a seção eluvial e transeluvial. Na seção transacumulativa \ acumulativa, área de ocorrência de termiteiros mais típicos, foi verificada atividade biológica em todas as amostragens.

Na catena em questão também foi notado um padrão pelo qual as evidências de remonte vertical aumentam no sentido jusante, sendo a totalidade do vínculo genético das saliências de fundo de vale, predominantemente ativas na forma de térmitas de cupins. Nos domínios eluviais e transeluviais as evidências constatadas em campo sugerem uma interação mais intensa entre a erosão superficial e o remonte vertical, majoritariamente levado a cabo por cupins, ainda que as ocupações mútuas sejam conspícuas.

A plena interação entre processos morfogenéticos e biogenéticos operam em coberturas superficiais de forte assinatura tropical, com latossolos tendendo à acidez, saturados em alumínio e restritos em bases trocáveis, conforme pode ser observado na tabela 1.

Tabela 1. Aspectos físico-químicos dos solos relacionados aos montículos na C1.

Setor	pH	K	P	Na	Ca	Mg	Al	m%	MO	CTC	Textura
				-----mg/dm³-----				%	dag/kg	%	
Zona Eluvial											
Apical	4,2	91,83	0,1	2,0	0,85	0,76	0,28	13,15	3,49	7,95	argilosa
Central	4,6	31,16	0,02	1,0	0,36	0,35	0,19	19,39	2,70	4,89	argilosa
Basal	5,1	36,34	0,0	1,0	0,49	0,52	0,23	13,15	3,49	7,95	argilosa
Entorno	4,9	7,94	0,01	1,0	0,23	0,35	0,22	26,83	2,05	7,40	argilosa
Zona Transeluvial											
Apical	4,7	33,86	0,47	0,0	0,44	0,35	0,55	38,43	3,60	3,38	argilosa
Central	4,7	40,70	0,61	0,0	0,53	0,35	0,56	36,36	3,27	4,88	argilosa
Basal	5,0	43,98	0,64	0,0	0,94	0,57	0,40	19,80	3,87	5,92	argilosa
Entorno	4,9	29,52	0,58	0,0	0,60	0,31	0,43	30,28	3,16	4,49	argilosa
Zona Acumulativa/Transacumulativa											
Apical	4,4	13,80	6,81	1,10	0,94	0,88	1,43	8,30	3,21	10,46	média
Central	4,8	75,19	3,26	7,0	1,97	1,91	0,53	11,52	3,84	10,87	média
Basal	4,4	91,09	7,11	5,0	1,87	1,31	0,74	17,83	3,40	10,51	média
Entorno	5,0	46,46	3,46	2,0	0,35	0,47	0,62	39,74	1,42	4,64	média

Ao longo da catena foi aferida tendência de aumento na concentração de elementos químicos de montante para jusante, com níveis mais elevados concentrados na zona transacumulativa de K, P, Ca, Na e Mg, o que resulta num valor mais elevado de soma de bases. O teor de matéria orgânica não sofre modificações consideráveis, mas também é ligeiramente superior na zona transacumulativa.

Os resultados obtidos para a zona eluvial mostraram uma concentração maior de nutrientes e matéria orgânica no murundu em comparação ao entorno, com viés de diminuição da concentração do topo para a base,

sendo os valores encontrados na base os mais semelhantes ao que foi encontrado para a superfície geomórfica definida no entorno.

Na zona transacumulativa dos fundos de vale foi verificada uma concentração maior de cátions alcalinos, incluindo K, P em fase orgânica, Na, Ca e Mg, aumentando também ligeiramente a concentração de Al. Tal padrão assinala a funcionalidade receptora e a condição de barreira geoquímica, diferindo-se geoquimicamente nas zonas eluviais e transeluviais intensamente lixiviadas.

Olhando especificamente para os montículos da zona transacumulativa, as concentrações diminuem do topo para a base dos microrrelevos, ainda que as concentrações de matéria orgânica sejam relativamente uniformes, não havendo assim relação entre o topo dos microrrelevos e antigos horizontes A preservados de erosão diferencial.

A figura 5 consiste em um perfil geoecológico da Catena 1, a fim de mostrar relações entre o padrão de ocorrência dos microrrelevos, os compartimentos geoquímicos, e a estrutura horizontal e vertical da paisagem.

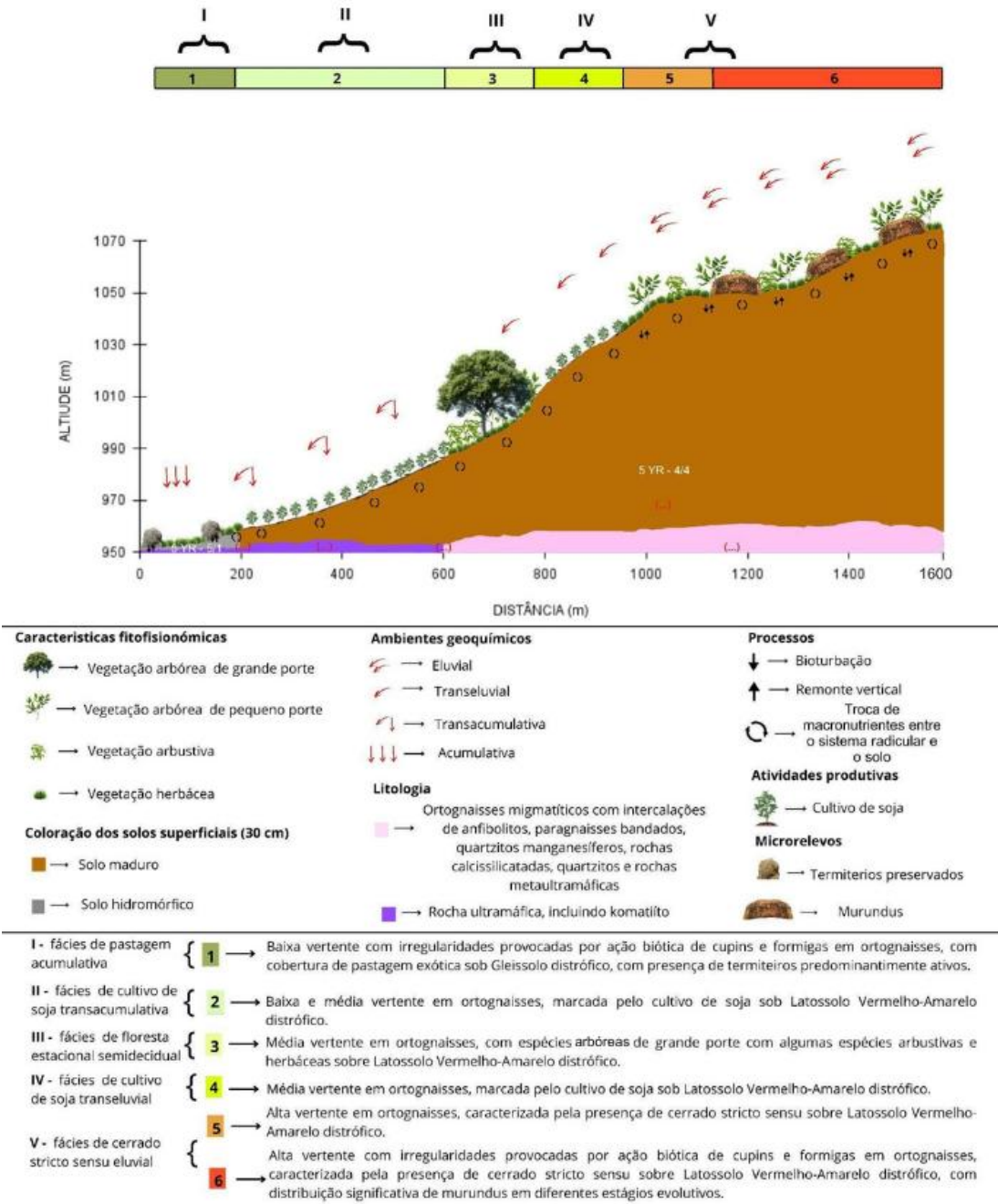


Figura 5. Perfil geoambiental da Catena 1.

Catena 2 (C2)

A C2 se define em vertente latossólica extensa e suavizada, em padrão morfométrico bastante similar a C1, porém recoberta por campo sujo de cerrado, com revestimento contínuo de Poaceae pontuado por árvores mesofanerófitas e arbustos esparsos, diferente do aspecto adensado do cerrado que ocorre na topossequência anteriormente arrolada. As análises granulométricas aplicadas em C2 recaíram invariavelmente em classe textural média, com concentrações expressivas de fração arenosa variando entre 61 e 72 dag/kg tanto em níveis superficiais como subsuperficiais, contrastando com a textura argilosa de C1. Além disso, os solos da catena em questão são mais pobres quimicamente e apresentam teores mais modestos de matéria orgânica.

A evidência mais latente foi uma diminuição significativa na ocorrência de microrrelevos em comparação a C1, além de dissimilaridades métricas, fundamentalmente a altura (figuras 6 e 7). Desse modo, os resultados gráficos refletem comportamentos bem mais regulares em uma densidade de ocorrência por quadrante significativamente menor. Em C2, as ocorrências são mais uniformes em termos de tamanho e forma, tendo sido encontradas apenas morfologias convexas.

Segunda Catena Zona Eluvial

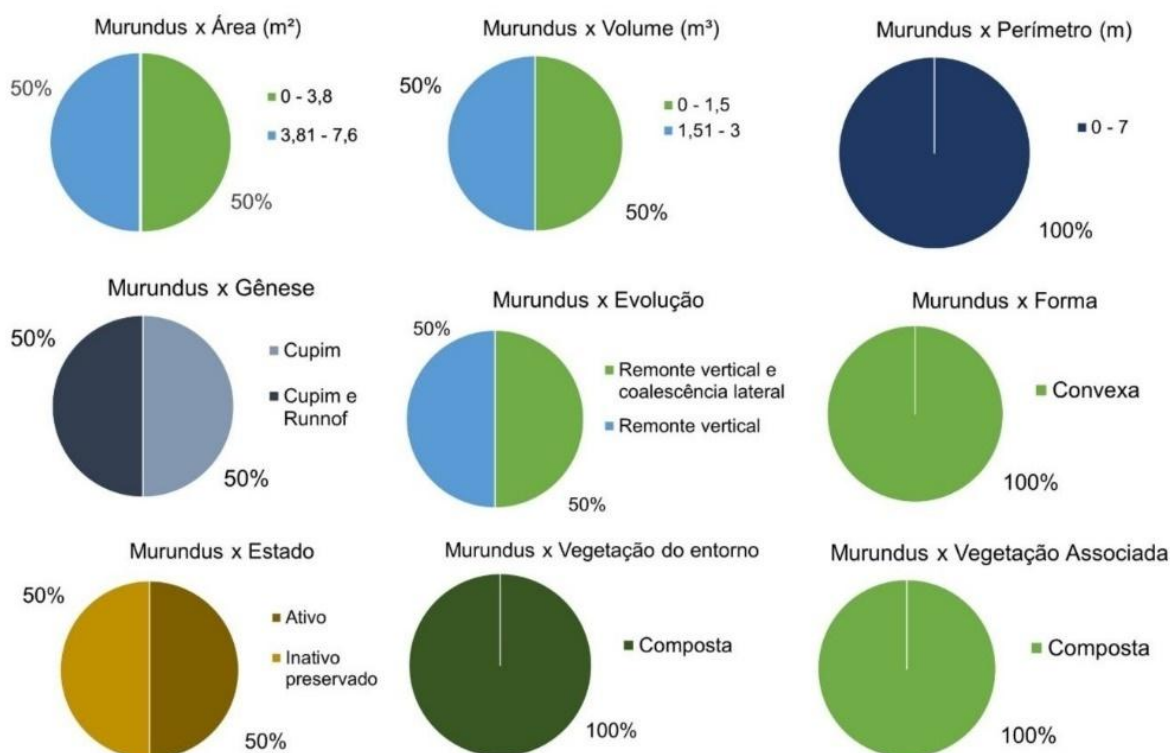


Figura 6. Características dos montículos analisados na zona eluvial de C1.

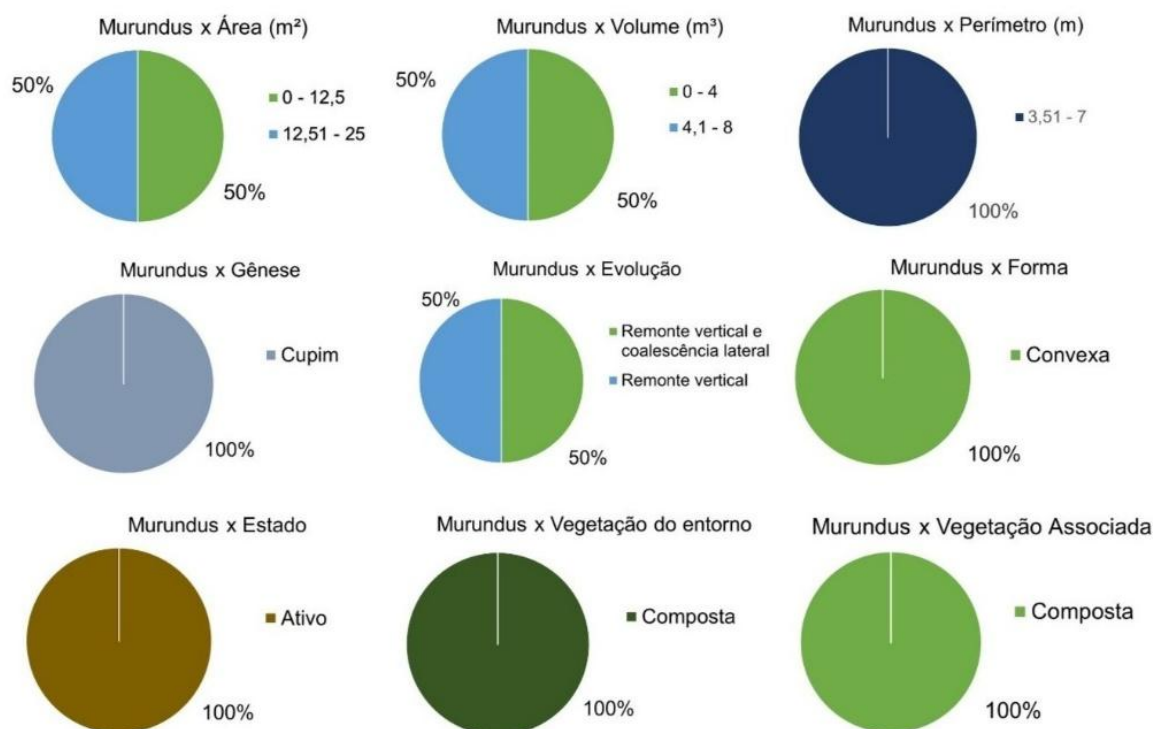
Segunda Catena
Zona Transeluvial

Figura 7. Características dos montículos analisados na zona transeluvial de C1.

A influência biogênica aumenta da zona eluvial para a transeluvial, com incremento da ocorrência de térmitas em direção ao fundo de vale. Distintamente, o que se vê sob campo sujo de cerrado não é uma sequência de morrotes e depressões, mas pequenas saliências que se sobressaem de forma mais pontual sobre a vertente, o que dificulta uma divisão em seções superiores, médias e centrais da maneira que foi feito em C1.

As tradagens foram realizadas em estruturas ativas e inativas, a fim de estabelecer alguns parâmetros de comparação. Em estruturas inativas foram encontradas maiores concentrações de matéria orgânica a partir de 0,5 m de profundidade, faixa a partir da qual o solo apresenta coloração distintamente mais escurecida, ainda que os teores tenham sido baixos. Tal característica também pode ser devida à decomposição de raízes, presumível pelas marcas e restos de material radicular presentes nas coletas. Plantas lenhosas como a lobeira (*Solanum lycocarpum*), o murici (*Byrsonima crassifolia*) e o açoita-cavalo (*Luehea divaricata*) são bastante conspícuas sobre os microrrelevos.

Em algumas estruturas com atividade biológica vigente, as retiradas a trado desvelaram um solo com coloração mais enegrecida devido ao enriquecimento de matéria orgânica ainda retida e bem distribuída ao longo do perfil. Em outros casos, o horizonte mineral típico de Latossolo Vermelho-Amarelo se mostrou uniforme além de 1 m de profundidade.

Tal como em C1, foram encontradas estruturas com ocupação mútua de formigas e cupins, sendo que os termiteiros ocorrem em diferentes estágios. As observações de campo constataram domínio de operários e larvais acessórios, sendo os soldados pouco recorrentes nas estruturas observadas. Também se mostrou comum a ocupação mútua de formigas, com predação recorrente exercida sobre os cupins.

Estruturas de bioturbação também não foram encontradas em C2. A despeito da atividade biológica intensa encontrada em campo, as tradagens permitiram constatar que a ação biogênica vigente é superficial, e também sugerem uma colonização recente sobre uma estrutura preexistente.

A catena 2 apresenta solos com quantidades distintamente maiores de fração areia, conforme mencionado. Dessa forma, os parâmetros químicos encontrados foram também mais reduzidos do que em C1, dada a

diminuição substancial da carga ativa do solo. A tabela 2 traz os resultados obtidos para C2 para as análises individuais e comparativas pertinentes.

Tabela 2. Aspectos físico-químico dos solos relacionados aos montículos na C2.

Setor	pH	K	P	Na	Ca	Mg	Al	m%	MO	CTC	Textura
-----mg/dm ³ -----								%	dag/kg	%	
Zona Eluvial											
Apical - 1	4,3	14,57	0,18	0,0	0,05	0,04	1,47	91,88	0,73	3,03	média
Basal - 1	4,1	10,97	0,27	0,0	0,08	0,06	0,98	85,52	1,11	3,27	argilosa
Apical - 2	3,8	25,62	0,70	0,0	0,06	0,05	1,23	87,23	1,91	5,48	média
Basal - 2	4,4	41,46	0,91	0,0	0,07	0,07	1,28	83,66	1,11	5,25	argilosa
Entorno	4,8	14,67	0,89	0,0	0,41	0,16	0,98	61,64	1,74	3,11	média
Zona Transeluvial											
Apical - 1	5,1	12,36	0,85	0,0	0,05	0,04	0,60	83,33	1,17	2,52	média
Basal - 1	5,2	9,78	0,12	0,0	0,06	0,05	0,33	7,21	1,03	2,34	média
Apical - 2	4,8	18,25	0,50	0,0	0,09	0,06	0,97	84,35	2,70	5,18	média
Basal - 2	4,5	13,37	0,50	0,0	0,09	0,08	0,92	82,14	2,23	3,80	média
Entorno	4,4	40,70	0,78	0,0	0,44	0,23	1,35	63,68	3,53	6,87	média

Na zona eluvial, para os dois microrrelevos amostrados foi constatada uma diminuição do teor de macronutrientes da parte apical para o segmento basal, ainda que sejam bastante reduzidos em todas as faixas, o que faz com que tais variações não sejam significativas. Da parte apical para a basal também diminui a saturação por Al. Por outro lado, foi verificado aumento do teor de matéria orgânica, ainda que em quantidades muito baixas. Exceção feita ao K, a variação dos demais elementos entre os dois montículos amostrados é baixa.

Quanto à granulometria mensurada para a zona eluvial, foi constatada uma distribuição relativamente uniforme, sem variações significativas da superfície para os níveis mais profundos.

O comportamento geoquímico da zona transeluvial guarda fortes similitudes com a zona eluvial posicionada a montante: diminuição do teor de nutrientes e da saturação por alumínio. A variação entre os elementos químicos

entre as amostras também é irrisória, devendo ser assinalada a exceção do K, tal como ocorre na zona eluvial. A diferença encontrada se refere à diminuição no teor de matéria orgânica.

A granulometria e a distribuição das proporções entre as frações granulométricas também sustentam o padrão da zona eluvial, sem grandes variações entre as seções dos microrrelevos, bem como entre os mesmos. Contudo, na zona transeluvial foi constatada uma pequena diminuição da fração arenosa acompanhada do aumento do teor de argila.

Tal como apresentado para C1, a figura 8 consiste em um perfil geoambiental elaborado para C2, que permite visualizar elementos das relações entre os microrrelevos e a estrutura superficial e subsuperficial da paisagem.

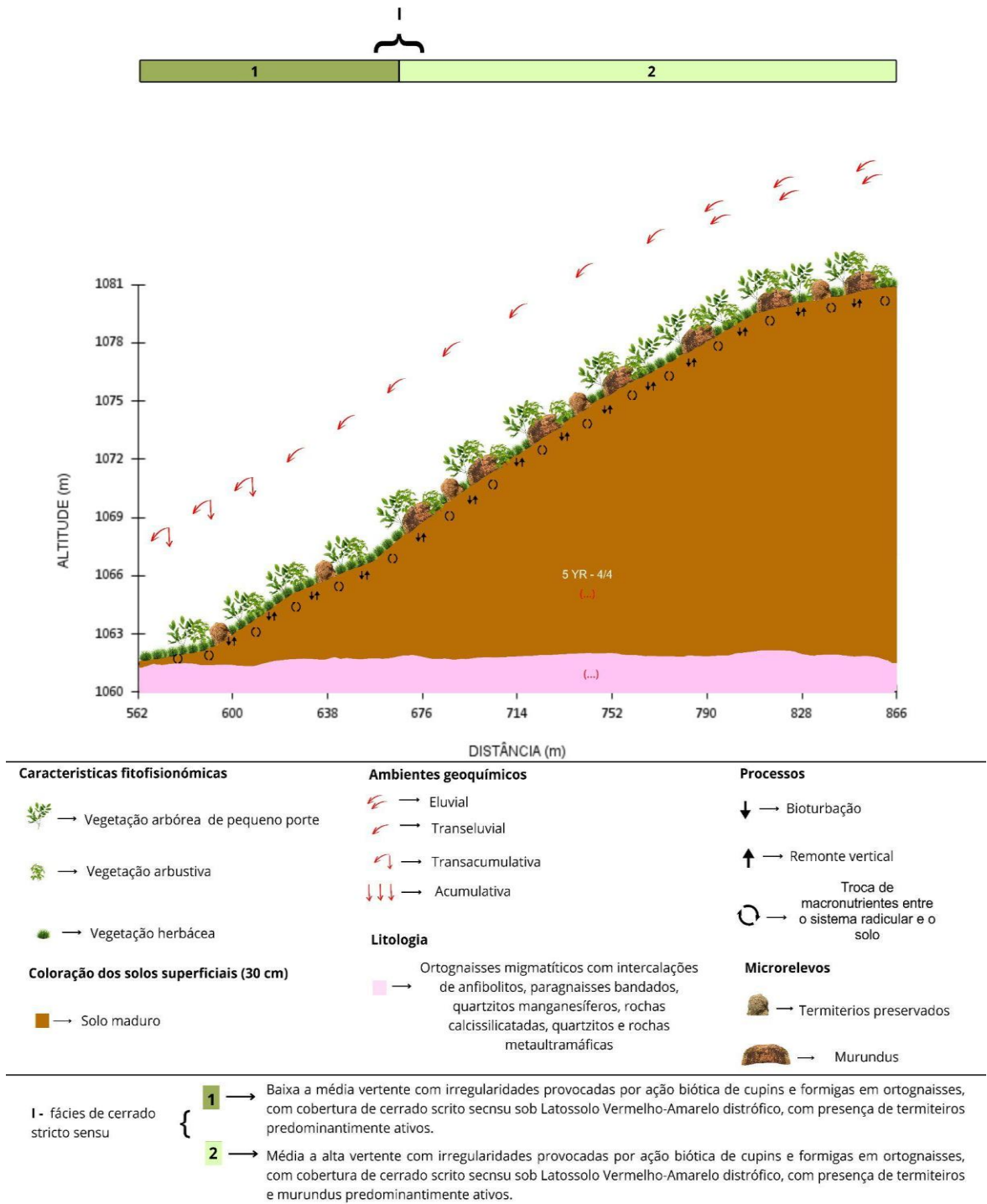


Figura 8. Perfil geoambiental da Catena 2.

5. Discussão

Os solos concernentes às duas catenas latossólicas estudadas diferiram significativamente em seus aspectos físico-químicos, da maneira que fora anteriormente apresentado. Apesar de C1 apresentar concentração de macronutrientes e teor de matéria orgânica relativamente baixos, em C2 as disponibilidades são ainda menores, com o agravante do predomínio da fração arenosa e consequente redução da carga ativa do solo. Tal configuração leva a crer acerca de uma expressiva influência edáfica nas variações fitofisionômicas, diferenciando fisionomias mais abertas de campo sujo de cerrado em solos mais arenosos e cerrado strictu sensu com maior densidade arbórea em solos de textura argilosa, com reflexos nos aspectos biogeomorfológicos das vertentes. A melhor estruturação vigente em solos argilosos parece influenciar diretamente a densidade de murundus na paisagem, bem como sua estabilidade, uma vez que os microrrelevos de C1 apresentam-se distintamente mais agregados e substancialmente mais dificultosos às prospecções pelo trado. A figura 9 ilustra, à guisa de amostragem, os aspectos gerais das duas catenas em apreço.

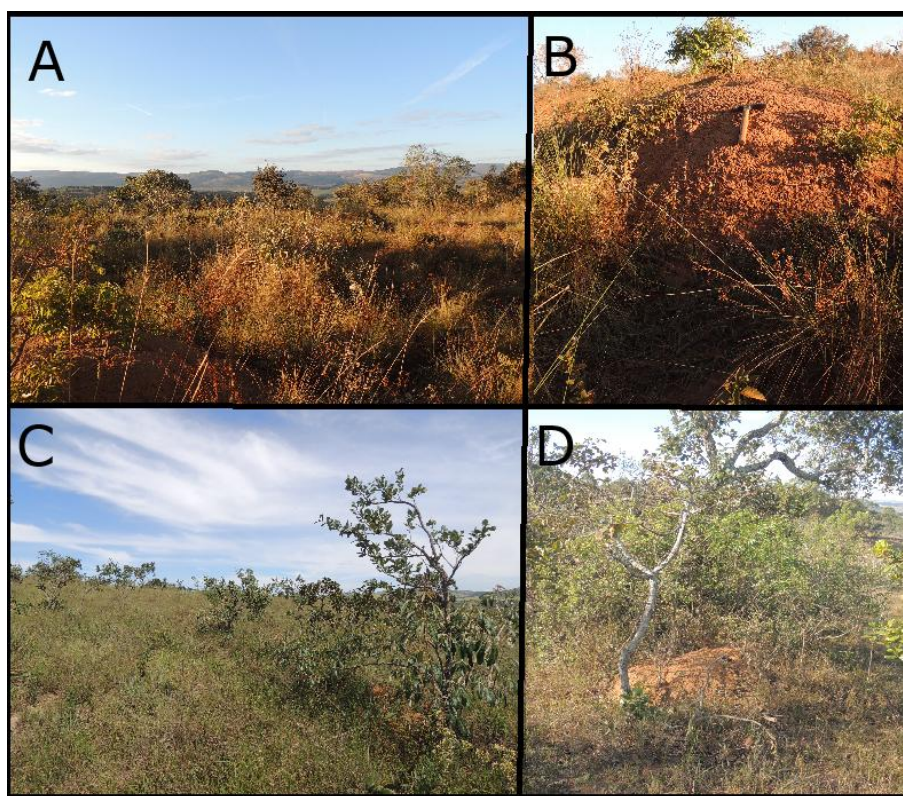


Figura 9. A) Aspecto geral do cerrado strictu sensu em C1. B) Montículo de ocorrência típica em C1. C) Aspecto geral do campo sujo de cerrado em C2. D) Montículo de ocorrência típica em C2.

A partir dessa diferenciação mais abrangente, a interpretação de algumas semelhanças e dissimilaridades entre as catenas estudadas permite algumas constatações, bem como suscita novos questionamentos acerca do papel da biogênese na esculturação das vertentes e do significado genético-evolutivo dos microrrelevos associados.

Para as duas catenas em apreço, foi constatado que os montículos aparecem em todos os ambientes geoquímicos, dos topos aos fundos de vale, mostrando a plasticidade dos isópteros construtores em alterar a estrutura superficial da paisagem em diferentes setores e ambientes geoquímicos. Contudo, foram constatadas diferenças entre os montículos edificados nas zonas eluviais e transeluviais e aqueles ocorrentes nos ambientes redutores das zonas transacumulativas, projetando-se uma biossequência pela qual a atividade biológica varia ao longo da encosta quanto à sua intensidade e seus resultados em superfície.

O estado biologicamente ativo dos microrrelevos foi o dominante nas duas catenas, apresentando, via de regra, atividade biológica mais profusa no envoltório mais externo, ora envolvendo todo o microrrelevo do topo à base, ora restritos a algumas seções reveladoras de ocupação parcial. Para ambas as catenas os insetos dominantes são cupins, muitas vezes dividindo a mesma estrutura com formigas, invasoras contumazes e predadoras daqueles.

Para as duas catenas não foram encontradas evidências diretas de atividade biológica nos níveis subsuperficiais, mas em algumas amostras foi aferido aumento da matéria orgânica no solo a partir de 40 cm, principalmente (o que pode estar relacionado à decomposição de raízes). Contudo, alguns cupinzeiros ativos são estruturados em solos mais enegrecidos pela concentração de matéria orgânica, chegando a contrastar com latossolos intensamente mineralizados posicionados a poucas dezenas de metros e na mesma faixa altimétrica.

Na catena relacionada a cerrado stricto sensu (C1) os microrrelevos se apresentaram maiores, mais numerosos e mais concentrados, sendo distintamente mais minguados e distanciados entre si no contexto de campo sujo de cerrado (C2). Em ambas, contudo, foi constatado que a exploração biológica se aproveitou das estruturas pré-formadas. As forças e os processos responsáveis pela geração de tais estruturas recaem em um dos cerne da questão debatida e evocada no início da presente exposição: a tensão entre as forças biogenéticas e morfogenéticas envolvidas ao longo do tempo. Patentemente, emerge uma relação dialética entre uma biogênese construtiva \ agregadora e uma morfogênese destrutiva \ erosiva que reforça a natureza de sistemas complexos nas superfícies recobertas por murundus e térmitas.

Em C1, os microrrelevos apresentam o mesmo aspecto morfológico dos murundus clássicos citados na literatura e relacionados aos ambientes hidromórficos, porém ocorrendo em setores oxidantes e intensamente lixiviados. Nesse caso a vertente é distintamente irregular, intercalando as elevações e depressões dissecadas por fluxos erosivos em filete, e é justamente nos setores hidromórficos da zona acumulativa, em interação permanente a semipermanente com o nível freático, que a tipicidade dos murundus clássicos é perdida para dar lugar aos termiteiros típicos de áreas desmatadas e pastagens.

Embora associados aos ambientes hidromórficos, as interpretações direcionadas a C1 sinalizam que feições do tipo murundu também podem ser encontradas em outros compartimentos do relevo, tanto em zonas eluviais como em vertentes eminentemente transeluviais, onde o ambiente é distintamente oxidante e a interação com o nível freático é, no máximo, sazonal. Tal como enfatizado por Bignell (2019), tais solos onde os montículos são abundantes caracterizam-se por boa drenagem e estabilidade dada pela agregação incrementada pela atividade biológica.

A configuração em C2, entretanto, é distinta, uma vez que os microrrelevos são em geral mais baixos, tem emergência menos abrupta, e a densidade de ocorrência é menor. O resultado na paisagem pode ser visto nas vertentes extensivamente retilíneas, sem irregularidades ou variações locais nos declives significativas, conforme fica explícito no perfil geoambiental da figura 8. Embora não apresentem semelhança tão bem marcada com os murundus clássicos como verificado para C1, tampouco têm o mesmo aspecto dos termiteiros que tão comumente pontuam vertentes e fundos de vale em áreas desmatadas aproveitadas para pastoreio. Em compensação, o campo sujo de cerrado no qual se encontram estabelece aderência com a fitofisionomia de savana parque (*Parkland*) discriminada na classificação do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE, 2012), normalmente aninhando ilhas discretas de vegetação lenhosa com espécies que também são copiosas nos campos de murundus de fundos de vale, a exemplo do murici (*Byrsonima* sp.), tal como ocorre na área de estudo.

As diferenças encontradas entre os padrões morfológicos e referentes à densidade de ocorrência entre C1 e C2 encontram correspondência quando se observa os arranjos regionais além das sequências amostradas. É crível então sugerir que a erosão diferencial figura como força dominante em C1 e catenas/topossequências congêneres, assinalando, portanto, que tal vínculo genético não se aplicaria apenas aos campos de murundus de fundos de vale, posto que configurações muito similares ocorrem em ambientes geoquimicamente oxidantes. Em C2, por

outro lado, não foi encontrado um arranjo que intercala montículos e depressões, o que sugere gênese essencialmente biológica.

Em ambas as catenas foi possível perceber, nas diferentes condições de densidade, que a atividade biológica interfere diretamente na morfologia das vertentes, engendrando irregularidades geradas pelos diferentes ciclos de remonte vertical muitas vezes sobrepostos, aos quais se seguem o abandono e a progressiva degradação erosiva, ou ainda uma nova ocupação. O resultado é a ocorrência de vertentes irregulares, com ondulações, depressões locais e pequenos degraus formados no sentido do declive pelas construções policíclicas, em arranjo semelhante ao encontrado por Oliveira et al. (2025) em topossequências no domínio tropical atlântico. Tal arranjo se mostrou mais expressivo em C1, onde os solos argilosos providos de reações químicas mais intensas possibilitam uma atividade biológica mais significativa do que aquela vigente sobre as coberturas mais inertes de C2, predominantemente arenosas. Em ambos os casos, entretanto, visualiza um nexos coevolutivo expresso pela convergência entre morfogênese, pedogênese e biogênese.

Paira ainda a dúvida acerca de possível existência de uma atividade biológica pregressa similar à atual, que embora não tenha sido averiguada por marcas de bioturbação, também não pode ser descartada, uma vez que a passagem de água gravitacional no solo pode descaracterizar tais marcas. De todo modo, seja a evolução dada por remonte vertical ou por erosão diferencial, a ocupação recorrente por isópteros aponta para uma evolução policíclica que sobrepõe fases de exploração biológica associadas aos processos físicos que ocorrem sobre as vertentes.

Nessa seara, a análise da literatura associada aos estudos de caso aqui expostos assinala que o entendimento acerca da gênese e evolução dos murundus ainda é deveras incompleto. As hipóteses geomorfológicas que vinculam os campos de murundus à erosão diferencial têm ganhado força, a despeito das evidências de atividade biológica frequentemente encontradas, sugestivas de uma influência biogenética na origem destas formas na paisagem. No continente africano, onde tais feições são estudadas de forma sistemática há mais tempo, sua gênese é frequentemente associada à atividade de cupins, conforme mostra a compilação de estudos elencada por Pullan (1979), que diferencia feições menores (montes de térmitas ou *termite mounds*) e geoformas maiores designadas por colinas de térmitas (*termite hills*), enfatizando sua conspicuidade em toda a África subsaariana, ocupando áreas com florestas semidecíduais e savanas, morfologias estas que podem ser bastante antigas (Moore; Picker, 1991; Erens et al., 2015).

Os murundus encontrados nas faixas tropicais da América do Sul não apresentam as dimensões daqueles encontrados em África, que comumente ostentam alturas superiores a 2 m. Contudo, ocorrem em contextos fitogeográficos e geomorfológicos semelhantes aos descritos para o continente africano, sublinhando o traço de tropicalidade inerente às geoformas em questão, ainda insuficientemente compreendidas em seu significado biogeomorfológico.

6. Conclusões

Alguns dos resultados encontrados no presente estudo dialogam com vários outros estudos de caso sobre murundus e termiteiros, como a ocorrência em diferentes setores da paisagem, a maior concentração de macronutrientes e matéria orgânica em comparação ao entorno e a presença de uma atividade biológica predominantemente ativa. Além de reafirmar tais padrões, o que a presente pesquisa pode afirmar adicionalmente?

As catenas analisadas, embora tenham apresentado distinções nos padrões de ocorrência de térmitas e murundus sob cobertura de cerrado stricto sensu e campo sujo de cerrado, dificilmente podem ter seus resultados estabelecidos como um padrão. Os pressupostos concernentes aos sistemas complexos (sensu Edgard Morin) trazem alento ao assumir que as particularidades podem ser interpretadas segundo uma unidade, fazendo com que cada caso apresente os seus elementos particulares, seja qual for o universo amostral. Por este prisma teórico,

sugestivos padrões gerais devem ser vistos com cautela mesmo em amostragens numerosas, uma vez que certos fenômenos podem apresentar significativa variabilidade.

É crível considerar que variabilidades genéticas e evolutivas de tal monta expliquem o caso específico dos murundus. Conforme discutido, diferentes pesquisas não apenas se baseiam em diferentes hipóteses, mas também têm emitido resultados distintos, tanto em virtude da hipótese considerada, quanto pelo que os dados empíricos sugerem, ora apontando biogênese, ora adernando para méritos morfogenéticos. Os próprios resultados aqui apresentados apontaram para um papel mais contundente da erosão em C1, evidências que não foram encontradas em C2, onde os microrrelevos apresentaram vínculo eminentemente biogenético. Em tese, é isso que se pode afirmar, e que pode não ser afirmativo para outros casos. Contudo, as rotinas metodológicas de laboratório e campo podem ser replicadas em outros estudos versados nesse campo temático, a contribuir para um refinamento no entendimento.

Pode-se afirmar ainda que o tema aqui tratado deve convenientemente ser estudado pelo prisma dos sistemas complexos, na concatenação das forças pedogenéticas, geomorfológicas e biológicas. A evolução do conhecimento sobre os murundus e a observação do estado da arte revelam que seu entendimento sempre esteve atrelado a uma falta de consenso em virtude da existência de diferentes evidências que cercam a gênese e evolução de tais geoformas. Sugere-se assim que seu estudo parta da premissa de que, tratando-se de sistemas complexos, as abordagens nem sempre recairão em um único modelo explicativo, ao mesmo tempo em que os modelos explicativos disponíveis apresentam aderências variantes conforme as diferentes condições de ocorrência.

Contribuições dos Autores: Concepção, Roberto Marques Neto; metodologia, Roberto Marques Neto e Henrique Carvalho de Oliveira; software, Henrique Carvalho de Oliveira e Lara Pereira Loures; validação, Roberto Marques Neto e Henrique Carvalho de Oliveira; análise formal, Roberto Marques Neto; pesquisa, Roberto Marques Neto, Henrique Carvalho de Oliveira, Lara Pereira Loures e Luísa Costa Coimbra; recursos, Roberto Marques Neto; preparação de dados, Roberto Marques Neto, Henrique Carvalho de Oliveira, Lara Pereira Loures e Luisa Costa Coimbra; escrita do artigo, Roberto Marques Neto; revisão, Roberto Marques Neto, Henrique Carvalho de Oliveira, Lara Pereira Loures; supervisão, Roberto Marques Neto.

Financiamento: Esta pesquisa não recebeu nenhum financiamento externo.

Agradecimentos: À Pró-reitoria de Pós-graduação e Pesquisa – PROPP da Universidade Federal de Juiz de Fora pelas bolsas concedidas

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Declaração de uso de Inteligência Artificial: Os autores declaram que nenhuma ferramenta de inteligência artificial generativa foi utilizada em nenhuma fase do desenvolvimento deste manuscrito.

Referências

1. ALMEIDA, J. C. H. **Mapeamento geológico da Folha Luminárias (MG 1\50.000) com ênfase na análise estrutural dos metassedimentos do ciclo deposicional Andrelândia**. 1992, 120p. Dissertação (Mestrado em Ciências), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1992.
2. ANTUNES, P. D.; FIGUEIREDO, L. H. A.; SILVA, J. F.; KONDO, M. K.; SANTOS NETO, J. A. S.; FIGUEIREDO, M. A. P. Caracterização físico-química de micro relevo de montículos “murundus” na região de Janaúba, norte de Minas Gerais. **Geonomos**, v. 20, n. 1, p. 81-85, 2012. DOI: 10.18285/geonomos.v20i1.30
3. BALLESTEROS, E. M. **Geomorfologia y geoquímica del paisaje**. Salamanca: Edocopmes Universidad de Salamanca, 1991. 145p.
4. BIGNELL, D. E. Termite ecology in the first two decades of 21st century: a review of reviews. **Insects**, v. 10, n. 60, p. 1-10, 2019. DOI: 10.3390/insects10030060
5. ENGELS, F. **A dialética da Natureza**. 6ª Ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979. 238p.
6. ERENS, H.; BOUDIN, M.; MEES, F.; MUJINYA, B. B.; BAERT, G.; STRYDONCK, M. V.; BOECKX, P.; RANST, E. V. The age of large termite-mounds – radiocarbon dating Macrotermis falcata mounds of the Miombo woodland of Katanga, DR Congo. **Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology**, v. 435, p. 465-471, 2015.
7. FURLAN, S. A. (2005) Técnicas em Biogeografia. In: VENTURI, L. A. B. (Org.) **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório**. São Paulo: Oficina de Textos: 99-130

8. FURLEY, P. A. Classification and distribution of Murundus in the Cerrado of Central Brazil. **Journal of Biogeography**, v. 13, n. 6, p. 265-268, 1986. DOI: 10.2307/2844925
9. HEILBRON, M *et al.* Província Mantiqueira. In: MANTESSO NETO, V. *et al.* (Org.) **Geologia do continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004. 647p.
10. IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2º ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 272p.
11. LIMA, S. S. F.; FERREIRA, M. G.; PEREIRA, R. N.; PONTE, R. M., ROSSI, C. Q. Termite Mounds Effects on Soil Properties in the Atlantic Forest Biome. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 1, n. 14, p. 1-14, 2018. DOI: 10.1590/18069657rbcs20160564
12. LIMA, S. S. F.; FRUETT, T.; BARRÓN, V.; INDIA, A. V. Termite activity in tropical and subtropical Brazilian soils. **Acta Scientiarum**, v. 47, p. 3-9, 2025. DOI: 10.4025/actasciagron.v47i1.71140
13. MARTINS, F. R. **Estrutura de uma floresta mesófila**. Campinas: Editora da UNICAMP, 1993. 246p.
14. MIKLÓS, A. A. W. Biogênese do solo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. esp., p. 190-229, 2012. DOI: 10.7154/rdg.v0i2012.384
15. MOORE, J. M.; PICKER, M. D. Helweutjies (earth mounds) in the Clanwillian district, Cape Province, South Africa: 4000-year-old termite nests. *Oecologia*, v. 83, p. 424-432, 1991.
16. MORIN, E. **O Método 1: a natureza da natureza**. Lisboa: Publicações Europa-América Ltda. 1977.
17. OLIVEIRA, H. C.; MARQUES NETO, R.; BARROSO, M. E. O.; COIMBRA, L. N. C. Influências biogênicas na morfologia das vertentes e solos associados: aplicações em duas topossequências latossólico-cambissólicas. **Revista Continentes**, v. 13, n. 27, p. 1-29, 2025. DOI: 10.51308/continentes.v1i27.632
18. OLIVEIRA, L. B. T.; SANTOS, A. C.; SILVA NETO, S. P.; SILVA, J. E. C.; PAIVA, J. A. Alterações físicas e químicas do solo em virtude de construções termíticas no norte de Tocantins. **REVENG**, v. 20, n. 2, p. 118-130, 2012. DOI: 10.13083/1414-3984.v20n02a04
19. PACIULLO, F. V. P.; RIBEIRO, A.; ANDREIS, R. R. Reconstrução de uma bacia fragmentada: o caso do ciclo deposicional Andrelândia. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO. **Anais...** Salvador, p. 224-226, 1993.
20. PENTEADO-ORELLANA, M. M. Microrrelevos associados a térmitas no Cerrado. **Notícia Geomorfológica**, v. 20, n. 39/40, p. 61-72. 1980.
21. PINHEIRO, L. B. A.; PEREIRA, M. G.; LIMA, E.; CORREA, M. E. F.; SILVA, C. E.; EVELING, A. G. Atributos edáficos e de termiteiros de cupins-de-montículos (Isoptera: Termitidae) em Pinheiral – RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 4, n. 5, p. 510-520, 2013. DOI: 10.4322/foram.2013.047
22. PONCE, V. M.; CUNHA, C. N. Vegetated earthmounds in tropical savannas of Central Brazil: with special reference to the Pantanal of Mato Grosso. **Journal of Biogeography**, v. 20, n. 2, p. 219-225, 1993. DOI:10.2307/2845673
23. PULLAN, R. A. Termite hills in Africa: their characteristics and evolution. **Catena**, v. 6, p. 267-291, 1979. DOI: 10.1016/0341-8162(79)90025-0
24. RESENDE, I. L. M.; ARAUJO, G. M.; OLIVEIRA, A. P. A.; OLIVEIRA, A. P.; ÁVILA JUNIOR, R. S. A comunidade vegetal e as características abióticas de um campo de murundu em Uberlândia, MG. **Acta bot. bras.** v. 18, n. 1, p. 9-17, 2004. DOI: 10.1590/S0102-33062004000100002
25. RIBEIRO, A. Evolução de bacias proterozoicas e o termo-tectonismo brasileiro na margem sul do cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 25, n. 4, p. 235-248, 1995.
26. SALES, J. C. **Estrutura e funcionamento de um campo de murundus da Savana Brasileira**. 120p Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Estudos Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.
27. SOCHAVA, V. B. Geography and ecology. **Soviet Geography: review and translation**. New York, v. 12, n. 5, p. 277-293, 1971.
28. SOCHAVA, V. B. Por uma Teoria de Classificação dos Geossistemas da Vida Terrestre. **Biogeografia**, n. 14, 1978.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.