

COLÚVIOS DO PLANALTO DA BORBOREMA COMO GEOARQUIVOS DO QUATERNÁRIO TARDIO

Colluvio of the Borborema Highlands as Late Quaternary Geoarchives

Antonio Carlos de Barros Corrêa

Professor Titular da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Brasil

antonio.correa@ufpe.br

José Danilo da Conceição Santos

Doutorando do Programa de Pós-graduação da Universidade Federal de Pernambuco – PPGeo, Brasil

jose.danilo@ufpe.br

Resumo

Os depósitos colúviais constituem registros relevantes para a interpretação da evolução geomorfológica e paleoclimática, sendo amplamente utilizados na análise da configuração das paisagens. No semiárido brasileiro, sob o ponto de vista morfológico, ou seja, no domínio das encostas, os colúvios no Planalto da Borborema se encontram nas cabeceiras de drenagem, hollows e sobre as encostas, preenchendo integralmente ou parcialmente as concavidades topográficas. Por outro lado, processualmente, os depósitos colúviais podem atingir o domínio fluvial, dando origem a rampas de colúvio-alúvio, nas quais as inundações periódicas mascaram a inclinação original do depósito, incorporando os colúvios a terraços erosivos, que só podem ser distinguidos do material aluvial pela estrutura dos sedimentos originais. Na atualidade, há um consenso de que em ambientes áridos e semiáridos os fatores meteorológicos responsáveis pelo início de fluxos de detritos associados aos depósitos colúviais dependem de eventos extremos de precipitação ocorrendo em intervalos curtos, os quais devem ser precedidos por uma fase de umedecimento do solo, caracterizada por pelo menos 10 mm de chuva distribuídos entre três e cinco dias após um período seco prolongado. Por outro lado, nas encostas úmidas do Sudeste do Brasil, esses depósitos são controlados por talvegues que se encontram sob a topografia atual, os quais condicionam o direcionamento do transporte sedimentar. Nesse contexto, o deslocamento de uma massa colúvial geralmente se inicia sob a forma de fluxo, evoluindo para um movimento translacional, no qual a zona de fluxo é sucedida por uma massa deslizante que se movimenta sobre uma superfície de ruptura bem delimitada. Dessa forma, o presente estudo estabelece uma correlação entre os processos de colúvionamento em setores úmidos do Planalto Atlântico do Sudeste e as encostas semiáridas do Planalto da Borborema, testando parâmetros de desencadeamento de fluxos de detritos. No Sudeste, os depósitos colúviais evidenciam continuidade entre os processos pretéritos e os atuais. Em contrapartida, no Planalto da Borborema, observou-se uma descontinuidade na formação colúvial, com redução significativa a partir do Holoceno Superior, não havendo evidências expressivas desse processo no período histórico.

Palavras-chave: Depósitos colúviais, Fluxo de detrito, Planalto da Borborema, Semiárido, Nordeste do Brasil.

Astract

Colluvial deposits represent significant records for interpreting geomorphological and paleoclimatic evolution and are widely employed in landscape configuration analyses. In Brazil's semi-arid region, particularly within the all-slopes topography of the Borborema Highlands, colluvial deposits are typically found at drainage headwaters, hollows, and along hillslopes, where they fill topographic concavities. From a processual perspective, these deposits may extend into fluvial domains, forming colluvial-alluvial ramps. In such settings, periodic flooding obscures the original slope of the deposits, integrating colluvium into erosional terraces that can only be distinguished from alluvial material by the structure of the original sediments. Currently, there is consensus that, in arid and semi-arid environments, meteorological conditions that trigger debris flows associated with colluvial deposits depend on short-duration extreme rainfall events. These must be preceded by a soil-moistening phase, characterised by at least 10 mm of rainfall distributed over three to five days following a prolonged dry period. Conversely, on the humid slopes of southeastern Brazil, colluvial deposits are influenced by talwegs embedded within the present-day topography, which guide sediment transport pathways. In this context, colluvial mass movement typically begins as a flow, transitioning into a translational slide, where the flow zone is followed by a sliding mass moving along a well-defined rupture surface. This study establishes a correlation between colluvial processes in the humid sectors of the Southeastern Atlantic Highlands and on the semi-arid slopes of the Borborema Highlands, testing parameters related to debris-flow initiation. In southeastern Brazil, colluvial deposits exhibit continuity between past and present processes. In contrast, the Borborema Highlands shows a discontinuity in colluvial formation, with a marked decline since the Late Holocene and no significant evidence of such processes in the historical period.

Keywords: Colluvial deposits, Debris Flow, Borborema Highlands, Semi-arid, Northeast Brazil.

1. INTRODUÇÃO

Na escala temporal atual, conforme apontado por Wang *et al.* (2025), há consenso na literatura especializada de que, em regiões áridas e semiáridas, os gatilhos meteorológicos para o desencadeamento de fluxos de detritos estão associados a eventos extremos de precipitação em curto intervalo de tempo, precedidos por uma fase de umidificação do solo. Essa fase é caracterizada por pelo menos 10 mm de chuva distribuídos ao longo de três a cinco dias, após um período prolongado de seca. Os principais elementos deflagradores desses fluxos são classificados em: *chuva desencadeadora*, *chuva antecedente* e *célula precipitante*.

Em Israel, por exemplo, a ausência de eventos pluviométricos antecedentes, mesmo diante de chuvas intensas isoladas, não resulta na formação de fluxos de detritos (Simantov e Marra, 2023), mas pode ocasionar enchentes relâmpago (*flash floods*), fenômeno também observado no semiárido brasileiro. Nos setores semiáridos dos Andes chilenos, os limiares críticos variam entre 120 mm em 72 horas, sob influência de chuvas convectivas

de verão a leste da cordilheira, e 90 mm em 12 horas, associados a chuvas frontais persistentes a oeste (Moreiras *et al.*, 2021). Em ambos os contextos, a ocorrência de dias chuvosos antecedentes é considerada essencial, variando entre 3 e 25 dias, conforme as características fisiográficas locais. Já nas regiões semiáridas da China, os fluxos de detritos são deflagrados quando se atingem limiares de 130 mm em 24 horas, com picos de pelo menos 50 mm/h (Wang *et al.*, 2025). A compreensão desses parâmetros é fundamental para inferir os tipos de sistemas que atuaram sobre as encostas em períodos pretéritos.

Nesse contexto, os depósitos coluviais do semiárido nordestino constituem registros valiosos para a reconstrução da evolução geomorfológica e paleoclimática da paisagem, sendo amplamente utilizados em estudos de configuração territorial (Corrêa, 2001; Corrêa *et al.*, 2008; Mutzenberg, 2010; Lira, 2014; Galvão, 2019; Lima *et al.*, 2023; Fonsêca *et al.*, 2024). Esses depósitos resultam de processos complexos de transporte e deposição de sedimentos, mediados por movimentos de massa, escoamento superficial e pela interação entre fatores naturais e ações antrópicas (Leopold; Völkel, 2007; Miller; Juilleret, 2020). Na escala do quaternário, revelam evidências de alterações ambientais e climáticas pretéritas que influenciam significativamente a dinâmica geomorfológica regional, modulada por eventos climáticos de longa duração (Corrêa; Monteiro, 2020; Fonsêca *et al.*, 2020).

Do ponto de vista morfológico, os colúvios no Planalto da Borborema ocorrem nas cabeceiras de drenagem, *hollows* e encostas, preenchendo, total ou parcialmente, concavidades topográficas. Essas cabeceiras, frequentemente preenchidas por sedimentos coluviais, não apresentam canais definidos e podem estar suspensas, desconectadas do nível de base, separadas por segmentos de encosta rochosos. Os depósitos também se distribuem sobre superfícies convexas, formando aventais coluviais, por vezes compostos por cascalheiras grossas, isolados das drenagens por rampas de pedimentos rochosos, tanto sobre o embasamento cristalino quanto sobre os sedimentos fanerozóicos das bacias interiores.

Sob a perspectiva processual, os colúvios podem ser transportados até o domínio fluvial, originando rampas de colúvio-alúvio, nas quais inundações periódicas mascaram a inclinação original dos depósitos. Em alguns casos, esses materiais são incorporados a terraços erosivos, distinguíveis dos depósitos aluviais apenas pela estrutura sedimentar herdada. Nos pedimentos, os fluxos oriundos das encostas podem preencher depressões saprolíticas, como marmitas de dissolução, formando depósitos conhecidos como tanques ou cacimbas. Na região, as marmitas preenchidas por fluxos gravitacionais constituem importantes geoarquivos paleontológicos do Pleistoceno e arqueológicos do Holoceno. As

rampas colúvio-aluviais são mais comuns em vales estreitos, estruturalmente condicionados, no interior do planalto (Santos, 2024). Além dos fluxos gravitacionais, destacam-se os movimentos de massa rápidos, como quedas de blocos, e o escoamento superficial difuso, que se manifesta por espraiamentos sobre rampas de pedimento e em áreas de baixa declividade na transição para o domínio fluvial.

Em contraste com o semiárido, os depósitos coluviais das encostas da Serra do Mar são controlados por paleotalvegues subjacentes à topografia atual, que orientam o transporte de sedimentos. O deslocamento coluvial inicia-se como fluxo, evoluindo para movimento translacional sobre uma superfície de ruptura bem definida. Esse processo tende a se propagar encosta acima, com comportamento semelhante ao de um fluido viscoso, apresentando velocidades maiores no centro da massa. Na região, tais movimentos são típicos de encostas planálticas e ocorrem sazonalmente, com reativação frequente de superfícies de deslizamento preexistentes, localizadas entre o colúvio e o solo residual *in situ*, ou entre o colúvio e a rocha-mãe previamente denudada.

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo correlacionar os processos de coluvionamento observados no centro-sul do Brasil tropical com os do Nordeste brasileiro, com foco no Planalto da Borborema. Adicionalmente, buscou-se testar os parâmetros propostos por Wang *et al.* (2025) para o desencadeamento de fluxos de detritos, aplicando-os ao contexto semiárido do Planalto da Borborema.

2. METODOLOGIA

Para atender ao primeiro objetivo deste estudo — correlacionar os processos de coluvionamento observados em setores tropicais úmidos do Planalto Atlântico do Sudeste com os registrados no Planalto da Borborema, no Nordeste brasileiro — foi conduzida uma pesquisa bibliográfica sistemática, com foco em artigos que abordam a datação de sedimentos coluviais na região centro-sul. A partir dos trabalhos selecionados, foram extraídas informações relativas à localização dos depósitos, à quantidade de idades obtidas, ao intervalo cronológico dessas idades e à ocorrência temporal dos processos de coluvionamento, abrangendo o período do Pleistoceno Superior até os dias atuais.

No caso do Nordeste brasileiro, foram analisadas 105 idades de depósitos coluviais provenientes do Planalto da Borborema. Esses dados foram obtidos a partir do banco de dados do Laboratório de Geomorfologia do Quaternário (LABGEQUA), vinculado à Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Aplicou-se a mesma abordagem metodológica utilizada no centro-sul, identificando-se a localização dos depósitos, a

quantidade de idades disponíveis, o intervalo cronológico e a distribuição temporal dos eventos de coluvionamento.

Para o segundo objetivo — aplicar os parâmetros propostos por Wang *et al.* (2025) na análise dos gatilhos meteorológicos para fluxos de detritos no semiárido brasileiro — utilizou-se a climatologia dos últimos 25 anos registrada no posto meteorológico de Arcoverde, situado entre os divisores regionais e a encosta ocidental do Planalto da Borborema (Figura 1).

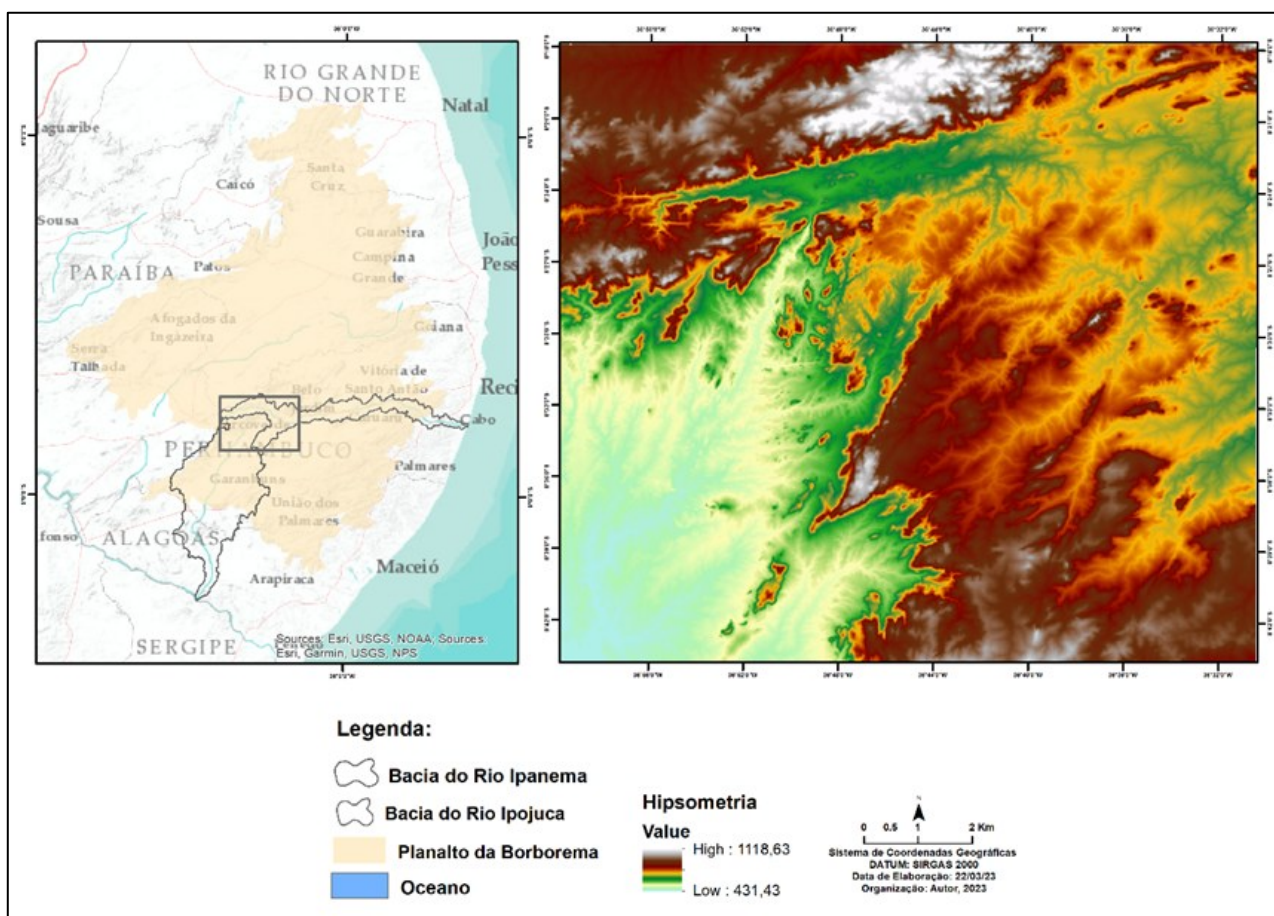


Figura 1: Mapa de Localização dos divisores regionais e a encosta ocidental da Borborema.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Os dados climatológicos foram extraídos da plataforma HidroWeb da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2025). Os parâmetros definidos por Wang *et al.* (2025) consideram três elementos principais como desencadeadores de fluxos de detritos: o período de chuva desencadeadora, a chuva antecedente e a célula precipitante (Figura 2).

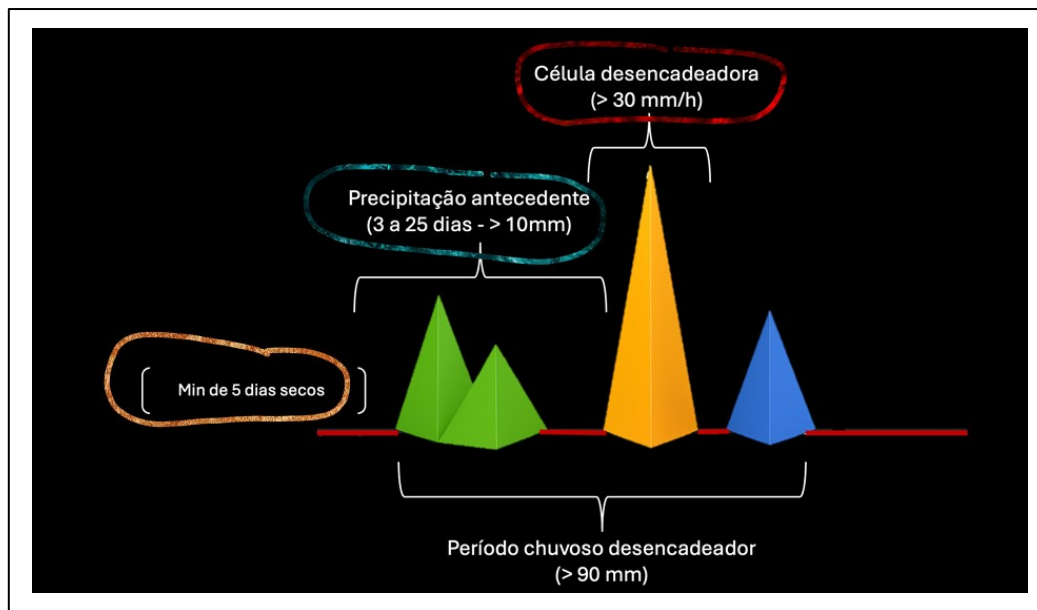


Figura 2: Modelo de Wang *et al.*, (2025) para o desenvolvimento de fluxos de detritos em regiões áridas e semiáridas.

Fonte: Wang *et al.* (2025).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em diversos contextos geomorfológicos planálticos do Sudeste do Brasil, o coluvionamento holocênico é reportado em múltiplos períodos, evidenciando uma quase continuidade com os processos atuais (Figura 3). Na cuesta da Bacia do Paraná, Pinton *et al.* (2021) identificaram episódios de coluvionamento ativo desde o Holoceno Inferior até o presente, com idades variando entre $9,13 \pm 1,2 - 7,09 \pm 0,96$ ka, $5,66 \pm 0,86 - 4,5 \pm 0,75$ ka, $3,94 \pm 0,605 - 3,45 \pm 0,6$ ka e $2,66 \pm 0,315 - 2,3 \pm 0,4$ ka. Na Serra da Bocaina e no Planalto de Campos do Jordão, segundo Hiruma *et al.* (2012), os processos coluviais se estendem desde o último interestadial do Pleistoceno até aproximadamente 650 anos AP.

Estudos como os de Pessenda *et al.* (2009) e Behling *et al.* (2008) corroboram a persistência dos processos de coluvionamento em resposta ao aumento da umidade regional durante o Holoceno Superior, com continuidade até os dias atuais. Em uma escala temporal contemporânea, Calvello *et al.* (2015) documentaram 714 eventos potencialmente acumuladores de sedimentos coluviais no município do Rio de Janeiro, registrados ao longo de apenas quatro anos de observação, entre 2010 e 2013. No setor centro-leste do estado de São Paulo, Santoro *et al.* (2010) reportaram 175 ocorrências de deslizamentos atendidas pela Defesa Civil entre 2000 e 2010.

Em contraste, os depósitos coluviais das encostas do centro-leste do Nordeste brasileiro, especialmente no Planalto da Borborema, apresentam uma história genética e uma representatividade geomorfológica significativamente distintas. Nessa região, os

processos coluviais não demonstram a mesma continuidade temporal observada no Sudeste, sendo marcados por descontinuidades e por uma dinâmica sedimentar condicionada a fatores climáticos e estruturais específicos da paisagem semiárida.

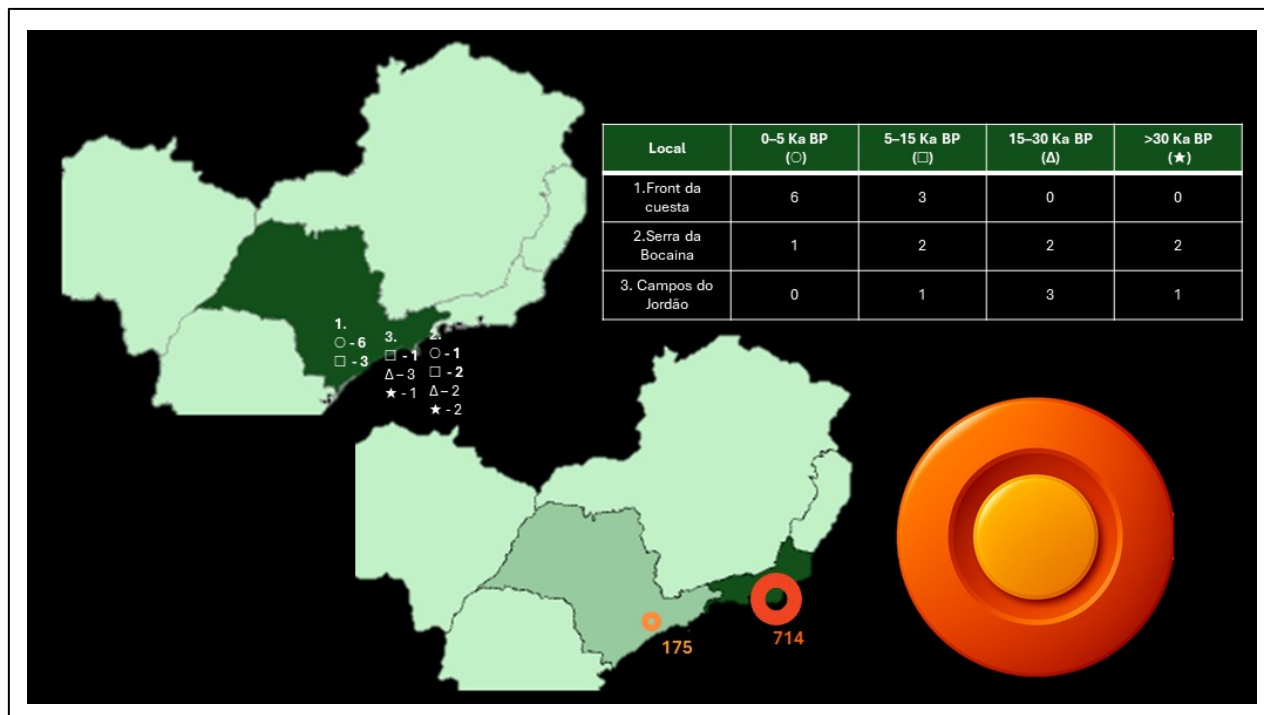


Figura 3: Dinâmica dos Depósitos Coluviais do Brasil Tropical Úmido.

Fonte: Behling *et al.* (2008); Passenda *et al.* (2009); Santoro *et al.* (2010); Hiruma *et al.* (2012); Cavello *et al.* (2015); Pinton *et al.* (2021).

A análise das 105 idades obtidas para depósitos coluviais no Planalto da Borborema e áreas adjacentes revela que os episódios de deposição estão restritos ao Quaternário Superior e ao Holoceno, evidenciando forte correlação com eventos paleoclimáticos de escala regional e global. Esses eventos se manifestam por meio de pulsos climáticos milenares, cuja teleconexão com o Hemisfério Norte é particularmente evidente.

Os colúvios pleistocênicos apresentam sincronia com eventos frios milenares registrados durante o Estágio Isotópico 3 (MIS3), como os eventos Heinrich 3, 5 e 5a, conforme indicado pela presença de depósitos mais antigos nos setores oriental e de Piemonte do Planalto (Fonseca *et al.*, 2024). De forma semelhante, ao longo do MIS2 observa-se uma concentração de idades que se correlacionam com os eventos Heinrich 1 (H1) e Younger Dryas (YD), além de uma distribuição comparável àquela associada ao Heinrich 2 (H2) e ao Último Máximo Glacial (UMG) (Figura 4).

No Holoceno, os forçantes climáticos sobre a dinâmica coluvial da Borborema e de seu entorno permitem a delimitação de três fases distintas, cada uma associada a gatilhos

específicos. A transição Pleistoceno-Holoceno é marcada por uma rápida reumidificação da região, com a descida da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) até os setores centrais do Planalto, o que promove chuvas convectivas intensas. Essa mudança favorece a transição dos fluxos de detritos para fluxos de lama e de cascalheiras finas. É importante destacar que o setor meridional do Planalto não apresenta registros cronológicos desse evento.

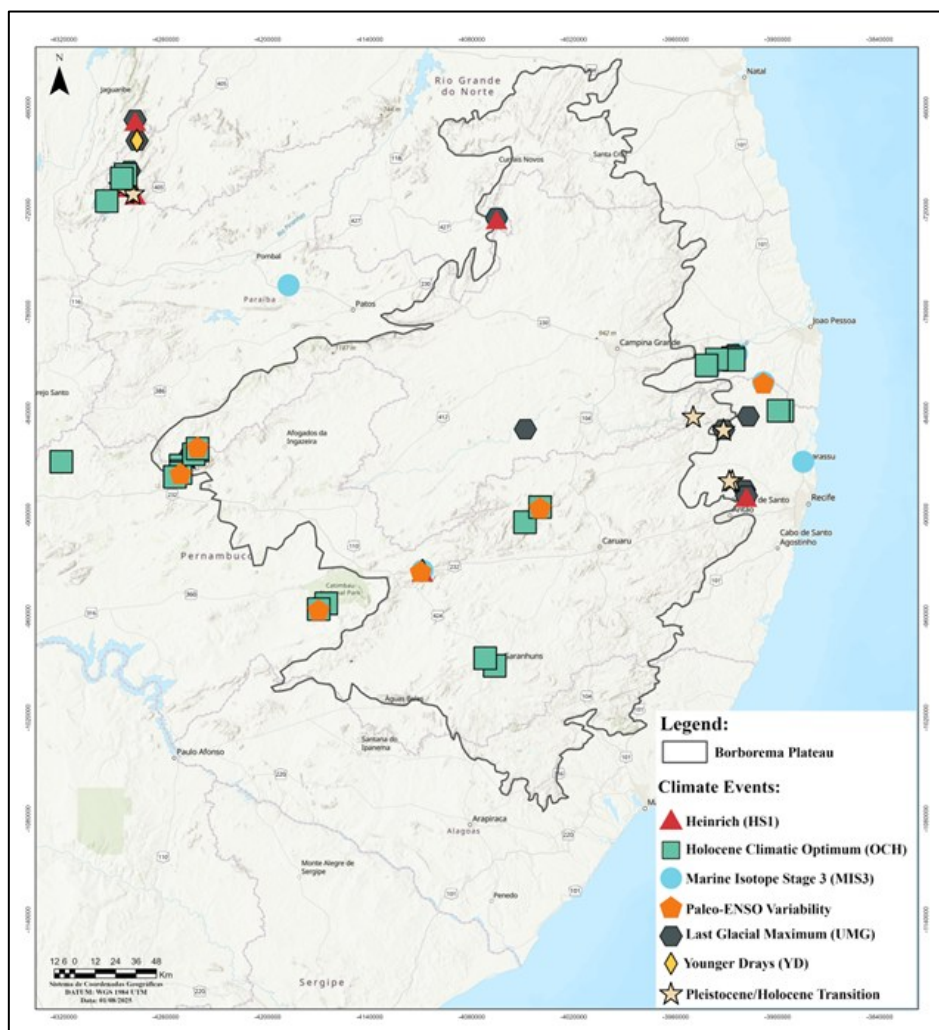


Figura 4: Eventos Paleoclimáticos e Sedimentação Coluvial na Borborema.

Fonte: Laboratório de Geomorfologia do Quaternário – LABGEQUA

Durante o Ótimo Climático do Holoceno, observa-se o maior e mais prolongado incremento na precipitação, resultando em um pico generalizado da sedimentação coluvial que abrange todos os setores do Planalto (Figura 4). A partir de aproximadamente 4.700 anos AP, com a estabilização da atual configuração da circulação de Walker, passam a ocorrer variações seculares e interdecadais na distribuição das chuvas. Essas oscilações

se inserem em um regime climático em que a semiaridez pode atingir níveis elevados de severidade, favorecendo a formação de carbonatos autigênicos nas coberturas superficiais.

Nesse intervalo, verifica-se uma redução significativa na atividade coluvial, com os processos de formação de depósitos condicionados à variabilidade dos eventos ENSO. A deposição passa a ocorrer em teleconexão com fases alternadas de seca e umidade, especialmente no setor sul do Planalto, onde se observa maior influência dos sistemas oceânicos de leste associados à Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) (Figura 4).

A análise do processo de coluvionamento em escala temporal atual para o Planalto da Borborema, com base na aplicação dos parâmetros propostos por Wang *et al.* (2025), revelou que, ao longo dos últimos 25 anos, foram registrados 56 episódios de precipitação distribuída por cinco ou mais dias consecutivos (Figura 5), o que corresponde a uma média inferior a três eventos por ano. Dentre esses, aproximadamente 50% ocorreram durante o inverno, estação caracterizada pela atuação de sistemas meteorológicos de baixa energia, como as brisas e os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs), que raramente produzem tempestades intensas.

No outono, foram identificados 24 eventos, período em que as chuvas estão climatologicamente associadas à atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e à transição para sistemas atmosféricos oriundos do Atlântico Sul, a partir de maio. Importante destacar que todos os episódios com acumulados superiores a 120 mm em pelo menos cinco dias ocorreram exclusivamente no outono, evidenciando a relevância dessa estação para a geração de eventos pluviométricos mais persistentes.

Durante o verão e a primavera, foram registrados apenas quatro episódios com duração igual ou superior a cinco dias. No entanto, o maior evento de precipitação em 24 horas ocorreu na primavera, totalizando 152 mm, associado à atuação de um Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM). No que se refere à intensidade pluviométrica, apenas oito eventos apresentaram taxas iguais ou superiores a 30 mm/h, dos quais sete ocorreram no outono e um na primavera. Nenhum desses eventos intensos esteve associado a uma sequência de dias chuvosos prolongados.

Esses resultados indicam que, atualmente, os episódios de chuva intensa no Planalto da Borborema têm potencial para desencadear enchentes relâmpago (flash floods), mas não são suficientes para gerar fluxos de detritos nas encostas que promovam o transporte significativo de material das porções superiores para os sopés das vertentes. Tal padrão sugere uma limitação dos gatilhos meteorológicos contemporâneos à ativação de processos coluviais expressivos na região.

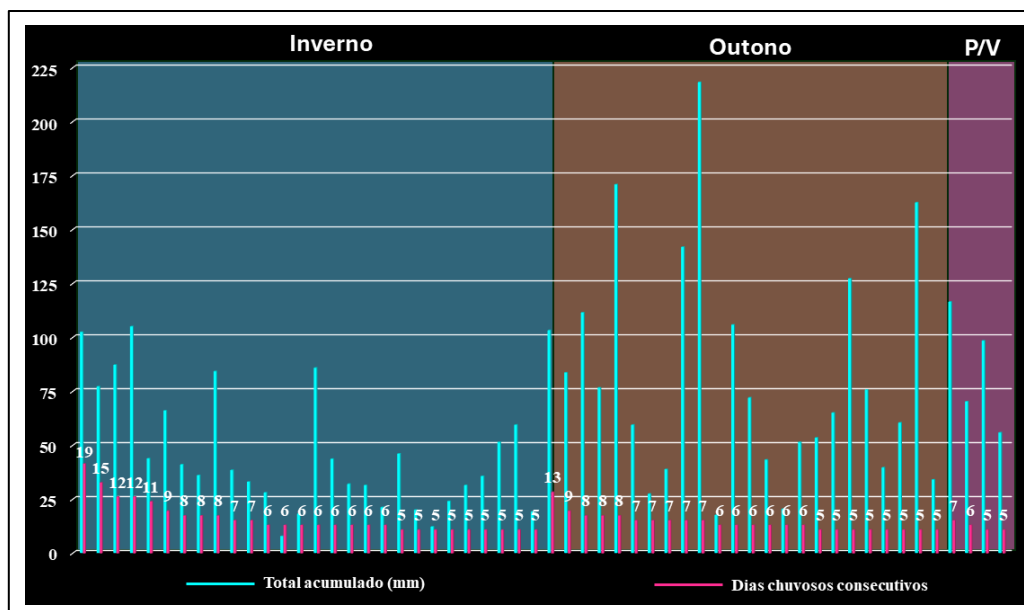


Figura 5: Climatologia do posto meteorológico de Arcoverde-PE dos últimos 25 anos.

Fonte: ANA, 2025.

4. CONCLUSÃO

O desencadeamento da deposição coluvial em ambientes de encosta no Planalto da Borborema está subordinado a gatilhos meteorológicos de intensidades variáveis ao longo do Quaternário Superior, ocorrendo de forma sincrônica com eventos climáticos de escala regional e global, tais como os Eventos Heinrich, o Último Máximo Glacial, o Ótimo Climático do Holoceno Médio e os Paleo-ENSO (Fonsêca *et al.*, 2020; Lima *et al.*, 2023; Santos, 2024; Fonsêca *et al.*, 2024). Esses episódios paleoclimáticos atuaram como forçantes externos capazes de modular a dinâmica sedimentar das encostas, promovendo pulsos de coluvionamento em diferentes setores do planalto.

Entretanto, diferentemente dos depósitos coluviais observados na região centro-sul do Brasil tropical — os quais evidenciam uma quase continuidade entre os processos pretéritos e os atuais (Behling *et al.*, 2008; Passenda *et al.*, 2009; Santoro *et al.*, 2010; Calvello *et al.*, 2015; Pinton *et al.*, 2021) — os registros coluviais no semiárido brasileiro indicam uma descontinuidade na formação desses depósitos, com redução significativa a partir do Holoceno Superior. Tal padrão sugere uma mudança nos controles ambientais e climáticos que regem os processos de erosão em massa na região.

O coluvionamento, entendido como forma de erosão em massa, não é historicamente reportado no Planalto da Borborema, mesmo diante da ocorrência de eventos extremos de precipitação concentrada, como evidenciado pelo registro automatizado da precipitação nas últimas três décadas. Essa ausência contrasta com o

comportamento observado nos setores planálticos do Brasil tropical atlântico, onde tais eventos frequentemente resultam na mobilização de sedimentos em encostas.

No contexto da Borborema, os sedimentos tendem a se acumular parcialmente em bacias temporárias e concavidades ao longo das vertentes, cuja gênese pode estar associada à erosão diferencial, criando zonas de acomodação em áreas de fraqueza estrutural. Adicionalmente, essas concavidades podem ser condicionadas por reativações tectônicas, que influenciam a morfodinâmica local e a distribuição dos depósitos colúviais (Santos, 2024; Fonsêca *et al.*, 2024).

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Hidroweb: Sistema de Informações Hidrológicas. Brasília: ANA, 2025. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/>. Acesso em: 25 julho. 2025.

BEHLING, H., DUPONT, L., SAFFORD, H.D., WEFER, G. Late Quaternary vegetation and climate dynamics in the Serra da Boaina, southeastern Brazil. **Quaternary International**, v.161, p.22–31. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2006.10.021>.

CALVELLO, M.; D'ORSI, R. N.; PICIULLO, L.; PAES, N.; MAGALHÃES, M.; LACERDA, W. A. The Rio de Janeiro early warning system for rainfall-induced landslides: analysis of performance for the years 2010–2013. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 12, p. 3-15, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2014.10.005>.

CORRÊA, A. C. B. **Dinâmica geomorfológica dos compartimentos elevados do Planalto da Borborema, Nordeste do Brasil**. 2001, 386f. Tese de Doutorado (Geografia). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro-SP, 2001.

CORRÊA, A. C. B.; SILVA, D. G.; MELO, J. S. Utilização dos depósitos de encostas dos brejos pernambucanos como marcadores paleoclimáticos do Quaternário. **Revista Geonorte**, v.3, n.9, p.44–55, 2008.

FONSECA, D. N.; CORRÊA, A. C. B.; TAVARES, B. A. C.; LIRA, D. R.; BARROS, A. C. M.; MÜTZENBERG, D. S. Coupling of tectonic factors and precipitation variability as a driver of Late Quaternary aggradation in Northeast Brazil. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.45, n.14, p.1–15, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/esp.4982>.

FONSECA, D. N.; CORRÊA, A. C.; LIRA, D. R.; TAVARES, B. A. C.; TORRES, B. A.; GONÇALVES, R. B.; SILVA, W. F. Climatically driven quaternary sedimentation in a passive margin tropical context: insights into the geomorphological evolution in Northeastern Brazil. **Geomorphology**, v.461, p.109316, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2024.109316>.

GALVÃO, D. C. **Evolução do paleoambiente e da paisagem quaternária no sudeste do Piauí**. 2019, 145 f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

HIRUMA, S. T.; MODENESI-GAUTTIERI, M. C.; RICCOMINI, C. Late Quaternary colluvial deposits in the Bocaina Plateau, Southeastern Brazil highlands: age and palaeoenvironmental consequences. **Boreas**, v. 42, p. 306–316, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2012.00272.x>.

LEOPOLD, M.; VÖLKE, J. Colluvium: definition, differentiation and possible suitability for reconstructing Holocene climate data. **Quaternary International**, v.162-163, p.133-140, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.QUAINT.2006.10.030>.

LIMA, F. J.; CORRÊA, A. C. B.; LIMA, G. G.; MARÇAL, M. S.; PAISANI, J. C.; PONTELLI, M. E. Late Quaternary Geomorphological evolutionary dynamics of the Araripe sedimentary Plateau, Northeast of Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v.124, p.1-13, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104244>.

LIRA, D. R. **Evolução geomorfológica e paleoambiental das bacias do Riacho do Pontal e GI-8 no sub-médio São Francisco/PE**. 2014. 234f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

MILLER, B. A.; JUILLERET, J. The colluvium and alluvium problem: Historical review and current state of definitions. **Earth-Science Reviews**, v. 209, 103316, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103316>.

MONTEIRO, K. A.; CORRÊA, A. C. B. Application of morphometric techniques for the delimitation of Borborema Highlands, northeast of Brazil, eastern escarpment from drainage knick-points. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 103, p. 1–28, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102729>.

MOREIRAS, S. M. *et al.* Debris Flows Occurrence in the Semiarid Central Andes under Climate Change Scenario. **Geosciences**, Basel, v. 11, n. 2, p. 43, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/geosciences11020043>.

MUTZENBERG, D. S. **Ambientes de ocupação pré-histórica no Boqueirão da Pedra Furada, Parque Nacional Serra da Capivara – PI**. 2010, 256 p. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

PESSENDA, L.C.R. *et al.* The evolution of a tropical rainforest/grassland mosaic in southeastern Brazil since 28,000 14C yr BP based on carbon isotopes and pollen records. **Quaternary Research**, v. 71, n. 3, p. 437-452, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2009.01.008>.

PINTON, G. L.; LUPINACCI, C. M. Geochronological and paleoenvironmental reconstruction of colluvial deposits in a cuesta landscape in south-eastern Brazil. **Journal of Quaternary Science**, v. 37, p. 489-502, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/jqs.3395>.

SANTORO, J.; MENDES, R.; PRESSINOTTI, M.; MANOEL, G. Correlação entre chuvas e deslizamentos ocorridos durante a operação do Plano Preventivo de Defesa Civil em São Paulo, SP. 2010.

SANTOS, J. D. C. **Evolução geomorfológica da paisagem da Bacia Hidrográfica do Riacho do Meio, afluente do Rio Ipanema, Pesqueira PE.** 2024, 132f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2024.

SIMAN-TOV, S.; MARRA, F. Antecedent rainfall as a critical factor for the triggering of debris flows in arid regions. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v.23, p.1079-1093, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-23-1079-2023>.

WANG, H.; WANG, G.; HU, Z.; HE, X.; GONG, Y.; ZHANG, G.; HE, Z.; YAN, J.; ZHANG, Y. Formation mechanism and risk assessment of debris flow geological disasters in Lihong Road, Litong District, Wuzhong City, Ningxia. **Frontiers in Earth Science**, v.13, p.1550360, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/feart.2025.1550360>.