

SISTEMAS PEDOGEOMORFOLÓGICOS NA INTERPRETAÇÃO DA EVOLUÇÃO DE PAISAGENS QUATERNÁRIAS EM CLIMAS TROPICAIS ÚMIDOS

<https://doi.org/10.4215/rm2019.e18020>

Felipe Gomes Rubira ^{a*} - André Mateus Barreiros ^b - Fernando Nadal Junqueira Villela ^c
Archimedes Perez Filho ^d

(a) Doutor em Geografia. Professor Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB), Barreiras (BA), Brasil.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6594-8228>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/5268670455730660>.

(b) Doutor em Geografia. Universidade de São Paulo (USP), São Paulo (SP), Brasil.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0691-8811>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/9221810181715372>.

(c) Doutor em Geografia. Professor Universidade de São Paulo (USP), São Paulo (SP) Brasil.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7804-6565>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/7784362002921788>.

(d) Doutor em Geografia. Professor Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas (SP) Brasil.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6675-3740>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/4244941712717032>.

Article history:

Received 28 July, 2019

Accepted 12 August, 2019

Published 15 September, 2019

(*) CORRESPONDING AUTHOR

Address: Universidade Federal do Oeste da Bahia, Campus Reitor Edgard Santos, Rua Bertioga, 892, Morada Nobre I, Barreiras - BA, CEP: 47810-059.

E-mail: felipe.rubira@ufob.edu.br

Resumo

As relações entre solo e relevo são constantes em paisagens de climas tropicais e subtropicais úmidos, devido aos espessos mantos regolíticos resultantes de acelerado intemperismo físico, químico e biológico. A investigação dos sistemas pedogeomorfológicos merece destaque em análises sistêmicas, que objetivam o estudo da gênese e dos processos modeladores da superfície terrestre. Este artigo objetiva estabelecer as principais relações entre a Geomorfologia e Pedologia, e a importância dos sistemas pedogeomorfológicos para a interpretação evolutiva de paisagens quaternárias em climas tropicais úmidos. Deste modo, são realizadas discussões sobre as influências do relevo na formação e espacialização dos solos, influências pedológicas na modificação das formas de relevo e subsídios metodológicos da Pedologia para a Geomorfologia em relação à interpretação evolutiva das paisagens tropicais. Evidencia-se, portanto, a necessidade de aproximação entre os estudos de sistemas geomorfológicos e pedológicos na interpretação das paisagens tropicais.

Palavras-chave: Geomorfologia, Pedologia, Morfogênese, Pedogênese, Análise Estrutural da Cobertura Pedológica.

Abstract / Resumen

PEDOGEOLOGICAL SYSTEMS IN THE INTERPRETATION OF THE EVOLUTION OF QUATERNARY LANDSCAPES IN HUMID TROPICAL CLIMATES

Relations between soil and relief are constant in landscapes of humid tropical and subtropical climates, due to the thick regolithic mantles resulting from accelerated physical, chemical and biological weathering. The investigation of pedogeomorphological systems deserves attention in systemic analyzes, which aim to study the genesis and modeling processes of the terrestrial surface. This paper aims to establish the main relationships between Geomorphology and Pedology, and the importance of pedogeomorphological systems for the evolutionary interpretation of Quaternary landscapes in humid tropical climates. Thus, discussions are held on the influence of relief on soil formation and spatialization, pedological influences on the modification of relief forms and methodological support from Pedology to Geomorphology in relation to the evolutionary interpretation of tropical landscapes. Therefore, the need for approximation between the studies of geomorphological and pedological systems in the interpretation of tropical landscapes is evidenced.

Keywords: Geomorphology, Pedology, Morphogenesis, Pedogenesis, Structural analysis of the pedological coverage.

SISTEMAS PEDOGEOLOGÍAS EN LA INTERPRETACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE PAISAJES CUATERNARIAS EN CLIMAS TROPICALES HÚMEDOS

Las relaciones entre el suelo y el relieve son constantes en paisajes de climas húmedos tropicales y subtropicales, debido a los gruesos mantos regolíticos resultantes de la meteorización física, química y biológica acelerada. La investigación de los sistemas pedogeomorfológicos merece atención en los análisis sistémicos, cuyo objetivo es estudiar la génesis y los procesos de modelado de la superficie terrestre. Este artículo tiene como objetivo establecer las principales relaciones entre la geomorfología y la pedología, y la importancia de los sistemas pedogeomorfológicos para la interpretación evolutiva de los paisajes cuaternarios en climas tropicales húmedos. Por lo tanto, se mantienen debates sobre la influencia del relieve en la formación y la espacialización del suelo, las influencias pedológicas en la modificación de las formas de relieve y el apoyo metodológico de la pedología a la geomorfología en relación con la interpretación evolutiva de los paisajes tropicales. Por lo tanto, la necesidad de aproximación entre los estudios de sistemas geomorfológicos y pedológicos en la interpretación de paisajes tropicales es evidente.

Palabras-clave: Geomorfología, Pedología, Morfogénesis, Pedogénesis, Análisis Estructural de la Cobertura Pedológica

INTRODUÇÃO

Mediante revisão conceitual, Queiroz Neto (2011) evidencia a relação entre Pedologia e Geomorfologia, ciências interdependentes, com comprovada importância a partir de trabalhos científicos como os de Milne (1935 e 1936), Jenny (1941), Tricart (1968) e Boulet (1982a; 1982b; 1982c). Para Tricart (1968), a proximidade entre as disciplinas surge desde a alteração das rochas, na qual a pedogênese subsidiaria a morfogênese. A morfogênese seria mais atuante em declividades acentuadas e a pedogênese em áreas com declividades suaves onde se localizam os mantos pedológicos mais profundos. Por meio destas perspectivas, Tricart (1968) evidencia de diversas maneiras a interdependência entre morfogênese, pedogênese e ação dos fluxos hídricos, estabelecendo que a dinâmica da vertente se apresenta como excelente instrumento na compreensão da gênese dos solos.

Todavia, as relações pedogeomorfológicas observadas atualmente em pesquisas científicas nem sempre foram explicitadas de forma clara. Os estudos entre as ciências supracitadas eram realizados de maneira fragmentada, não existindo pesquisas multidisciplinares que evidenciassem a interdependência entre ambas (abordagem sistêmica), ou que fossem capazes de revelar as influências do relevo na formação e espacialização dos solos, ou as influências da pedogênese na alteração morfológica e disposição das formas de relevo.

Com base nesta abordagem teórica, este artigo objetiva estabelecer as principais relações entre a Geomorfologia e Pedologia. Busca-se, de modo geral, evidenciar a importância dos sistemas pedogeomorfológicos para a interpretação evolutiva de paisagens quaternárias em climas tropicais úmidos, em uma tentativa de diminuir a dicotomia histórica entre as duas ciências que por vezes ainda persiste.

Para tanto, discussões sobre as influências do relevo na formação e espacialização dos solos, influências pedológicas na modificação das formas de relevo e subsídios metodológicos da Pedologia para a Geomorfologia, em relação à interpretação evolutiva das paisagens tropicais, serão evidenciados ao longo do trabalho.

METODOLOGIA

A análise foi conduzida de modo a evidenciar as influências do relevo na formação e espacialização dos solos, abordando as seguintes relações: declividade do relevo e tipo de solo; declividade do relevo e erosão do solo; forma do relevo e distribuição dos fluxos hídricos; declividade do relevo e matéria orgânica do solo; declividade do relevo e classes texturais do solo; declividade do relevo e fertilidade do solo; declividade do relevo e uso da terra.

Também buscou-se estabelecer as influências pedológicas na modificação das formas de relevo, expondo: relação das ações hídricas/geoquímicas em solos com a modificação da forma de vertentes; relação dos processos de laterização do solo e as influências na morfogênese da paisagem; relação dos movimentos de massa com a elaboração de novas formas do relevo.

Por fim, promovem-se discussões teóricas que elucidam subsídios metodológicos da Pedologia para a Geomorfologia em relação à interpretação evolutiva das paisagens tropicais, evidenciando os conceitos de biostasia, resistasia, formações superficiais e cobertura pedológica. Nesse contexto, discute-se brevemente uma metodologia específica, a Análise Estrutural da Cobertura Pedológica, que avança no estudo integrado (sistêmico) dos solos e relevos, com abordagens variadas e escopo multiescalar. Sobre essa análise, apontam-se seus aspectos gerais e os resultados alcançados após mais de 30 anos de pesquisas no meio tropical.

INFLUÊNCIAS DO RELEVO NA FORMAÇÃO E ESPACIALIZAÇÃO DOS SOLOS

É válido frisar, antes de iniciar a reflexão proposta, o nível de impacto das influências entre as ações pedogenéticas e morfogenéticas em relação à escala de abrangência dos fenômenos analisados. As interferências geomorfológicas na pedogênese atingem recortes espaciais mais extensos, equivalentes ao

segundo e terceiro táxon de Ross (1992). Como exemplo, pode-se apontar as declividades acentuadas de áreas escarpadas, responsáveis por controlar toda a pedogênese, distribuição e espacialização de solos em rebordos planálticos, zona de pedimentos e colúvios adjacentes. Enquanto isso, as influências pedológicas também são responsáveis por interferir na morfogênese e modificar as formas do relevo, entretanto em recortes espaciais menores, correspondentes ao quarto e quinto táxon (ROSS, 1992), associados as menores formas de relevo tais como morros, colinas e vertentes.

Nesse contexto, pode-se indicar como primeiro exemplo a influência da declividade do relevo em relação à formação de determinados tipos de solos e sua respectiva distribuição espacial, fator destacado em pesquisas de âmbito pedogeomorfológico (OLIVEIRA et al., 1992; LACERDA et al., 2005; RESENDE et al., 2005; SOUZA JUNIOR e DEMATTÊ, 2008). Os autores salientam que o conhecimento da distribuição dos solos no relevo é de relevante importância em levantamentos pedológicos, o qual se constitui como provável indicativo para ocorrência de determinado tipo de solo. Entretanto, é válido ressaltar que a Embrapa (1999) não limita uma faixa específica de solo à declividade, ainda que a considere como um indicativo de provável ocorrência. Com base nestes estudos, nota-se que a variação dos solos em diferentes declividades é motivada pela distribuição diferenciada da percolação da água da chuva por ação gravitacional.

Assim, Souza Junior e Demattê (2008) e Queiroz Neto (2010 e 2011), correlacionam relevos planos a maiores taxas de infiltração hídrica (fluxo subsuperficial) em detrimento do escoamento superficial, responsáveis por intensificar a atuação de processos geoquímicos de hidrólise e dissolução em profundidade e potencializar o intemperismo químico. Tal dinâmica é favorável para formação de espessos mantos regolíticos, geralmente pobres em nutrientes, com baixa capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação em bases (V%), com predomínio de óxidos.

Em contrapartida, os autores associam relevos íngremes à maior atuação de escoamentos superficiais em detrimento da quantidade infiltrada. Nesta dinâmica, as coberturas pedológicas são submetidas a constante abrasão por meio da intensificação de processos erosivos lineares, limitando as ações da hidrólise e dissolução. Estes fenômenos ocasionados por relevos escarpados promovem constante rejuvenescimento dos solos, originando solos rasos, geralmente ricos em nutrientes e minerais primários, com alta CTC e V%.

Nesta perspectiva pode-se destacar a pesquisa de Bennema et al. (1962). Os autores observaram que as zonas serranas da América do Sul (relevos acidentados) abrigavam Litossolos (Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos), formações pedológicas pouco desenvolvidas; nas áreas com relevos colinosos (dissecados) predominavam Argissolos Vermelho-Amarelos medianamente desenvolvidos; as regiões com relevos tabulares (planos) eram recobertas predominantemente por Latossolos, solos mais espessos e bem desenvolvidos do ponto de vista pedogenético. A partir destas correlações pedogeomorfológicas, estabeleceram interpretações evolutivas convergentes sobre juventude e maturidade de relevos e solos da América do Sul, pautadas na concepção Davisiana e ciclo vital do relevo. Contudo, cabe evidenciar que não se concebe mais utilizar essa terminologia na atualidade.

Da mesma maneira, pesquisas mais recentes como a de Lacerda et al. (2005), Resende et al. (2005) e Souza Junior e Demattê (2008) apontaram a ocorrência de solos menos profundos e evoluídos em fortes declividades (Cambissolos e Neossolos Litólicos) e em declividades planas e suave-onduladas com solos mais profundos e evoluídos (Latosolos e Argissolos), indo ao encontro das aceções inferidas por Bennema et al. (1962).

A relação da declividade do relevo com o potencial de erosão do solo foi enfatizada por Grossman (1983), Hall e Olson (1991), Souza et al. (2003), Chagas et al. (2013) e Rubira et al. (2016). Para os autores, o processo erosivo em formações pedológicas dispostas sobre relevos íngremes se acentua, pois a atuação da morfogênese se impõe sobre a velocidade das ações pedogenéticas, ocasionando retrabalhamento dos materiais. Em contrapartida, os autores delineiam que em relevos planos as ações pedogenéticas exercem predomínio na configuração da paisagem em detrimento dos processos morfogenéticos, que se apresentam menos eficientes.

Para Galetti (1982), Bertoni e Lombardi Neto (1985) e Bastos (1999), a erosão é diretamente proporcional à declividade e ao comprimento de rampa da vertente, influenciando na velocidade da água. Na medida em que o comprimento da rampa e declividade aumentam, o caminho e velocidade do escoamento superficial também se elevam, intensificando o poder de destacamento e transporte das

partículas de solo; nesse ínterim, o fluxo dos escoamentos hídricos dependem da morfologia da superfície, cujos aspectos em planta e perfil convergem e dispersam os fluxos superficiais e subsuperficiais (TROEH, 1965).

A relação entre relevo e distribuição dos fluxos hídricos é compreendida pelo caráter morfológico e hidrodinâmico; as formas das vertentes, pelos seus contornos (visão em perfil) e radiais (visão em planta), condicionam os escoamentos superficiais e subsuperficiais quando considerados seus aspectos geométricos, gradientes topográficos e a gravidade (RUHE, 1975). As convexidades e concavidades das formas de relevo são fatores que configuram os padrões de dispersão e concentração de drenagem respectivamente, enquanto a retilinearidade das formas induz à neutralidade dos fluxos hídricos nem dispersando nem concentrando (TROEH, 1965; YOUNG, 1972; RUHE, 1975; COLANGELO, 1996; ARANHA, 2011).

A relação entre relevo e distribuição de matéria orgânica do solo ao longo das vertentes foi observada por pesquisas desenvolvidas por Curi e Franzmeier (1984), Lepsch e Buol (1986) e Cunha et al. (2005).

Além desses autores, Silva e Torrado (1999) e Silva et al. (2007) realizaram estudos que objetivaram compreender a gênese dos Latossolos Húmicos do sul de Minas Gerais a partir das relações com a declividade do relevo e evolução das paisagens. Para isso, selecionaram pontos de análise em diferentes segmentos da vertente (ombro, meia encosta e sopé). Os pesquisadores avaliaram quantitativamente a declividade do relevo e o grau de humificação da matéria orgânica. A partir destes procedimentos concluíram que a acumulação e o grau de humificação da matéria orgânica do solo estão intimamente correlacionados com a declividade do relevo, evidenciando que quanto menor for a declividade, maior será a taxa de acúmulo e o grau de humificação.

As relações entre declividades dos relevos e classes texturais dos solos foram objetos das pesquisas de Santos et al. (2002) e Santos (2004), a partir de resultados provenientes de testes aplicados em sub-bacias hidrográficas do Estado da Paraíba.

Santos et al. (2002) coletaram 300 amostras de solo a 0-20cm de profundidade em diferentes segmentos das vertentes da bacia do córrego Vaca Brava (várzea, topo, pedimento e encosta). Os resultados evidenciaram a influência do relevo na distribuição dos sedimentos e textura dos solos ao longo das vertentes analisadas. Nas maiores declividades predominaram texturas mais finas e, de maneira oposta, em declividades mais suaves predominaram texturas grossas, correlacionadas aos maiores teores de areia. Deste modo, os autores conseguiram estabelecer relações entre os compartimentos das vertentes com a distribuição de texturas mais finas nas encostas, em contraste com as áreas de pedimento e várzeas que apresentaram texturas mais grossas em função da redistribuição de sedimentos por erosão.

Resultados similares foram divulgados por Cunha et al. (2005) ao realizarem correlações entre superfícies geomórficas e atributos de Latossolos em topolitossequência realizada em Jaboticabal (SP). Os autores evidenciaram controle da variação textural por fatores topográficos, já que as frações granulométricas aumentaram gradualmente e constantemente da parte mais elevada para o sopé da vertente.

Pesquisas que objetivaram correlacionar a fertilidade do solo em função da declividade do relevo também foram realizadas recentemente. Galvão et al. (2005) e Santos et al. (2008) examinaram a combinação da fertilidade do solo em cinco posições da vertente, analisando como a morfologia pode influenciar nos teores de Ca, Mg, K, P, Na, H+Al e delta pH. Em diferentes posições da vertente (ombro, meia encosta, encosta linear, pedimento e várzea) a fertilidade permaneceu relativamente uniforme em relação aos teores de Ca, K, pH e H+Al. Os teores de P, Mg e Na foram maiores em áreas de várzea em relação à encosta (ombro, meia encosta, encosta linear e pedimento), devido à interferência dos agricultores que utilizaram mais esta posição do relevo para o cultivo agrícola.

Nota-se que tais pesquisas não apresentaram resultados esperados no tocante ao comportamento da fertilidade em função de distintas posições do relevo. Entretanto, apresentaram-se importantes do mesmo modo, pois trouxeram ao debate dos sistemas pedogeomorfológicos nova temática, pouco explorada em pesquisas científicas.

Porém, em oposição, Leão (2004), objetivando avaliar a relação entre atributos de uma vertente com Latossolos e qualidade de frutos cítricos, verificou que o padrão de variação da morfologia é sim

capaz de influenciar no comportamento espacial da fertilidade do solo e qualidade da colheita de plantas cultivadas. De modo similar, Souza et al. (2004) investigaram a variabilidade espacial de atributos físicos do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar, e concluíram que as diferentes posições no relevo interferiram na distribuição espacial de seus atributos físicos, responsáveis por parte da fertilidade dos solos.

Com base nesta problemática, cabe a outros pesquisadores, por meio de testes quantitativos, a aplicação desta relação em novas áreas para fins comparativos, os quais revelarão resultados importantes, capazes de fortalecer a hipótese da não dependência entre a fertilidade do solo em função do relevo (GALVÃO et al., 2005; SANTOS et al., 2008), ou contestar e confirmar que esta relação definitivamente apresenta dependência, como demonstraram as conclusões dos estudos de Leão (2004) e Souza et al. (2004).

A relação da declividade do relevo com o uso da terra foi investigada por Lepsch et al. (1991), Santos et al. (2002), Santos et al. (2008) e Chagas et al. (2013). Os autores determinaram que a caracterização e interpretação do relevo das bacias hidrográficas apresentam-se como chave fundamental para o planejamento e aplicação de manejos sustentáveis e produtivos.

Em referência às variações granulométricas do material, em conjunto com diferentes declividades dos segmentos de vertentes, Santos et al. (2002) apontam, de maneira geral, a escolha de pastagens para áreas com declividades acentuadas e solos com classes texturais finas, além do cultivo de culturas anuais para áreas com declividades suaves e solos com classes texturais grossas, devido à maior taxa de infiltração de água e facilidade para o preparo. Na mesma linha de raciocínio, Santos et al. (2008) nos atenta para o fato da redistribuição de água e sedimentos proporcionada pelo relevo, que conseqüentemente se apresenta determinante na escolha do local do cultivo por parte dos proprietários. Nesse viés, por meio destas pesquisas, torna-se evidente a influência direta e indireta do relevo na determinação do uso da terra.

As correlações pedogeomorfológicas aqui destacadas e as reflexões de Gallant e Wilson (2000) tornam possível afirmar que a declividade pode ser considerada o fator geomorfológico mais importante no tocante ao controle exercido em relação aos processos pedogenéticos, onde as formas do relevo testemunham e oferecem mecanismos que auxiliam na interpretação da evolução dos processos pedogenéticos.

Na figura 1 há a síntese dessas ideias, dando destaque para a declividade como uma característica do relevo que influencia na formação e distribuição espacial dos solos (Figura 1). Demonstrem-se, também, alguns processos e aspectos relacionados aos solos que são influenciados pela declividade. Por fim, há a indicação de que mais elementos naturais e sociais estão interagindo sistemicamente com os solos e relevos, e que esse complexo de relações é responsável pelo estabelecimento da estrutura e funcionamento das paisagens – que se alteram no tempo e espaço, a partir de modificações nos elementos e relações.

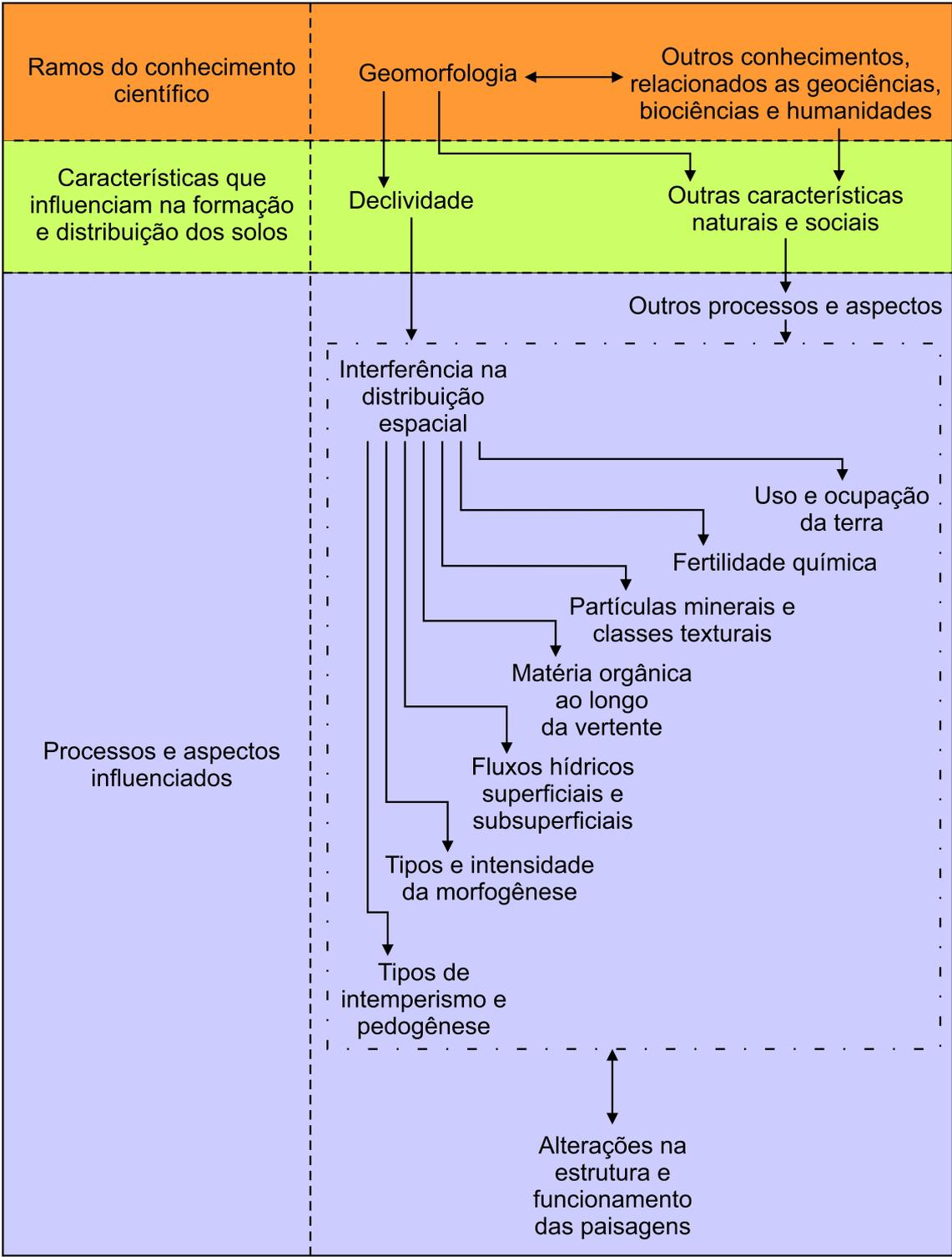


Figura 1: Síntese das influências do relevo na formação e espacialização dos solos.

INFLUÊNCIAS PEDOLÓGICAS NA MODIFICAÇÃO DAS FORMAS DE RELEVO

Como discutido na seção anterior, o relevo, principalmente suas características morfográficas e morfométricas, influencia em vários aspectos na formação e distribuição dos solos. No entanto, cabe evidenciar alguns processos pedogenéticos capazes de alterar a morfologia dos relevos.

Queiroz Neto (2011) afirma que a ação da água internamente exerce influência direta na formação dos solos e na elaboração do modelado do relevo. Para o autor, a ação da água atua na migração de elementos, fenômeno evidenciado no processo de lixiviação.

Neste sentido, Tricart (1968) mostra de diversas maneiras a interdependência entre morfogênese, pedogênese e ação dos fluxos hídricos subsuperficiais. Para o autor, uma parcela da água infiltrada, antes de desaparecer em profundidade, é retomada pelas raízes e recolocada na atmosfera pela transpiração das plantas. Este processo permite colocar em suspensão determinados materiais e posteriormente abandoná-los nos horizontes superiores sob a forma de detritos vegetais.

De acordo com o autor, outra porcentagem de água escapa do processo de evapotranspiração e continua seu caminho subterrâneo interferindo na pedogênese como um agente de lixiviação. Enfim, uma última parte da água infiltrada alimenta o escoamento hipodérmico, sendo mais frequente em meio tropical úmido.

Com base nestas correlações, destacam-se algumas pesquisas que associaram a mudança na forma das vertentes com processos pedogenéticos, impulsionados pela atuação dos fluxos hídricos subsuperficiais: Fernandes Barros (1985) e Castro (1990) em estudos no Planalto Ocidental Paulista, na cidade de Marília (SP); Dias Ferreira (1997) em pesquisa sobre o arenito Piramboia na região de São Pedro (SP); Lucas et al. (1984) no município de Manaus (AM); e Rubira et al. (2017) na Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Maringá (UEM), em Iguatemi (PR).

Tais pesquisas avaliaram a dinâmica evolutiva das vertentes a partir dos horizontes E e Bt dos Argissolos, que estão realizando processo de caráter remontante por intermédio da atuação de fluxos hídricos subsuperficiais. Os autores observaram transformação do horizonte latossólico (Bw), localizado na alta e média vertente, em argílico (Bt), que se inicia na base da vertente e avança para o topo. Esta dinâmica, no caso das pesquisas destacadas, provoca a modificação das formas convexas das vertentes, elaborando concavidades responsáveis por promoverem degraus arenosos no modelado de relevo.

Segundo Fernandes Barros (1985) e Rubira et al. (2017), a intensificação desse processo acumula mais água e faz com que as perdas de argila se acentuem, aprofundando a base das vertentes, tornando-as efetivamente côncavas. Para esses autores, o desencadeamento destes processos provavelmente está relacionado à modificação do nível de base local de rios próximos, que possivelmente aceleraram os fluxos internos das soluções na vertente por meio da atuação de atividades geoquímicas que, ao mesmo tempo, esculpíram novas formas do relevo (concação dos perfis).

Segundo Penteado (1978), esse tipo de pesquisa, direcionada para estudo da relação solo-relevo, é importante, pois podem indicar velocidade da desnudação em relação à velocidade do intemperismo. Portanto, o estudo do balanço morfogenético das encostas para a autora pode fornecer subsídios a respeito das ações paleoclimáticas, essenciais para interpretações geocronológicas da evolução das paisagens quaternárias tropicais úmidas e para reconstituições paleomorfogenéticas, já que a identificação de paleossolos pode indicar retomada erosiva.

Neste contexto, Penteado (1978) dá destaque à relação dos processos de laterização em paisagens tropicais e as influências que podem exercer na configuração morfogenética da paisagem.

O presente artigo adota a terminologia laterização por envolver vários processos em meio tropical úmido que se associam a intemperismos químicos intensos, no qual a concentração de óxidos de ferro e alumínio, em função de processos geoquímicos, origina um produto residual que se desidrata facilmente e endurece quando sofre exposição ao ar. Podem-se mencionar terminologias utilizadas por pesquisas científicas que por vezes obtêm o mesmo significado explicativo: alteração ferralítica, endurecimento ferruginoso, acumulação relativa do ferro, acumulação absoluta do ferro, couraça laterítica, laterita, carapaças lateríticas, carapaças ferruginosas, concreções ferruginosas, laterita, couraça e piçarra (TRICART, 1956; AB'SÁBER, 1957; PENTEADO, 1978; ESPÍNDOLA, 2010; ALVES et al., 2014).

Os processos de laterização responsáveis por elaborar couraças são típicos de climas tropicais onde a lixiviação e intemperismo químico são intensos nas estações úmidas, enquanto nas estações secas ocorre acumulação com óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. Assim, os minerais são atacados, a sílica é dissolvida e a concentração de óxidos de ferro e alumínio é intensificada. Por meio desta dinâmica o solo se desidrata e elabora crostas endurecidas que alteram os processos morfogenéticos da paisagem e configuração morfológica dos relevos.

Tricart (1956), ao estudar couraças na África, Ab'Sáber (1957), ao analisar depósitos lateríticos dos chapadões cristalinos de Goiás e Penteado (1978), ao identificar a existência das couraças alóctones em florestas tropicais, associaram a gênese deste fenômeno a três episódios de alternâncias morfoclimáticas: 1^a) Clima tropical úmido responsável por originar horizonte A argiloso e B concrecionário; 2^a) Clima mais agressivo, seco, que possibilita a intensificação de processos morfogenéticos responsáveis por eliminar o horizonte superficial A, desidratar e endurecer o horizonte diagnóstico B, transformando-o em couraça; 3^a) Clima semiárido responsável pela denudação da superfície, acentuação dos processos morfogenéticos que erodem parte das couraças e transportam materiais para outros locais, os quais posteriormente são novamente cimentados por soluções ferruginosas em novas alternâncias climáticas.

Nota-se, a partir do suporte teórico e metodológico morfoclimático, a importância que estas superfícies geomórficas apresentam em relação às reconstituições de paisagens quaternárias tropicais, representando registros interpretativos de paleoprocessos desenvolvidos no decorrer da sucessão de climas.

Paralelamente, nota-se, com base na literatura, a capacidade dos processos de laterização em alterar a morfologia topográfica da superfície por meio da espessura da couraça (que pode atingir vários metros); da natureza química com resíduos dificilmente imobilizáveis; da natureza física com texturas extremamente compactas, com raras fissuras que dificultam a infiltração e percolação de água.

A partir destas discussões verifica-se a influência que couraças podem exercer na configuração do relevo. Com base em Penteado (1978), podem-se destacar algumas alterações marcantes na topografia: conservação de velhas superfícies de erosão; maior resistência quanto a processos erosivos em função do material concrecionário; aumento da erosão diferencial em relação a rochas mais tenras próximas, alterando a topografia; inversões de relevo ocasionadas pelas couraças resistentes aos desgastes erosivos que permanecem salientes nas paisagens, enquanto as elevações adjacentes com rochas mais friáveis podem ser desgastadas e rebaixadas; favorecimento ao escoamento superficial em detrimento da infiltração; elaboração de paisagens com superfícies aplainadas e demarcação de níveis de paleossolos.

Outra relação pedogeomorfológica pode ser mencionada, a qual se refere à alteração das formas do relevo em função dos movimentos de massa regolíticos. Pesquisas que objetivam estabelecer modificações em compartimentos geomorfológicos aluviais em função dos escorregamentos ainda são escassas. De modo geral, as principais investigações dos movimentos de massa giram em torno de: aplicação de metodologias para previsão de escorregamentos por meio de modelos matemáticos; delimitação de áreas críticas/suscetíveis de risco de ocorrência do processo em questão; fator de segurança de estabilidade de vertentes; correlação dos movimentos de massa com danos causados a municípios e consequências nas esferas sociais, políticas e econômicas dos mesmos.

Neste contexto, Almeida e Carneiro (1998) e Silveira et al. (2012) destacaram algumas alterações marcantes nos fundos de vales, ao darem ênfase às planícies aluviais adjacentes às serras com altas declividades e elevadas altitudes, as quais se apresentam como sítios mais suscetíveis à ocorrência de deslizamentos.

Segundo os autores, as planícies aluviais são completamente alteradas após os deslizamentos, sendo preenchidas de detritos constituídos por blocos e fragmentos de rochas de tamanhos variados, sedimentos arenosos e argilosos desprendidos, e detritos vegetais provenientes de troncos, galhos, raízes e folhas das formações vegetais, remobilizando também depósitos dispostos nos vales.

Por meio deste entulhamento as planícies fluviais são morfologicamente alteradas, ocorrendo o processo de agração de leitos fluviais e por vezes avulsões aluviais. Os materiais grossos originam cones de detritos nas saídas dos canais, enquanto os sedimentos finos se espalham por grandes extensões das planícies aluviais, os quais se espraiam após precipitações torrenciais e consequentes débitos fluviais. Tais fenômenos interferem diretamente na organização e espacialização de terraços fluviais que podem ser recobertos e desaparecer dependendo da magnitude do evento ocorrido.

Observa-se que os compartimentos geomorfológicos aluviais são os mais atingidos em detrimento dos maciços de rocha de áreas serranas, que por sua natureza petrográfica e estrutural tornam-se mais resistentes aos deslizamentos, sustentando suas elevações.

Para Almeida e Carneiro (1998) esses processos fazem parte da gênese evolutiva natural do relevo desses ambientes, capazes de modificar a atuação da morfogênese e pedogênese conjuntamente com os

estados dos sistemas pedogeomorfológicos das planícies aluviais.

Como no item anterior, essas ideias estão sintetizadas na figura 2. Sugere-se a pedogênese como uma característica que influencia na modificação das formas de relevo, pois altera processos e aspectos relacionados aos fluxos hídricos, morfogênese e evolução do modelado, entre outros. Por fim, há a mesma indicação: mais elementos naturais e sociais estão interagindo sistemicamente com solos e relevos, e esse complexo de relações é responsável pelo estabelecimento da organização e dinâmica das paisagens (Figura 2).

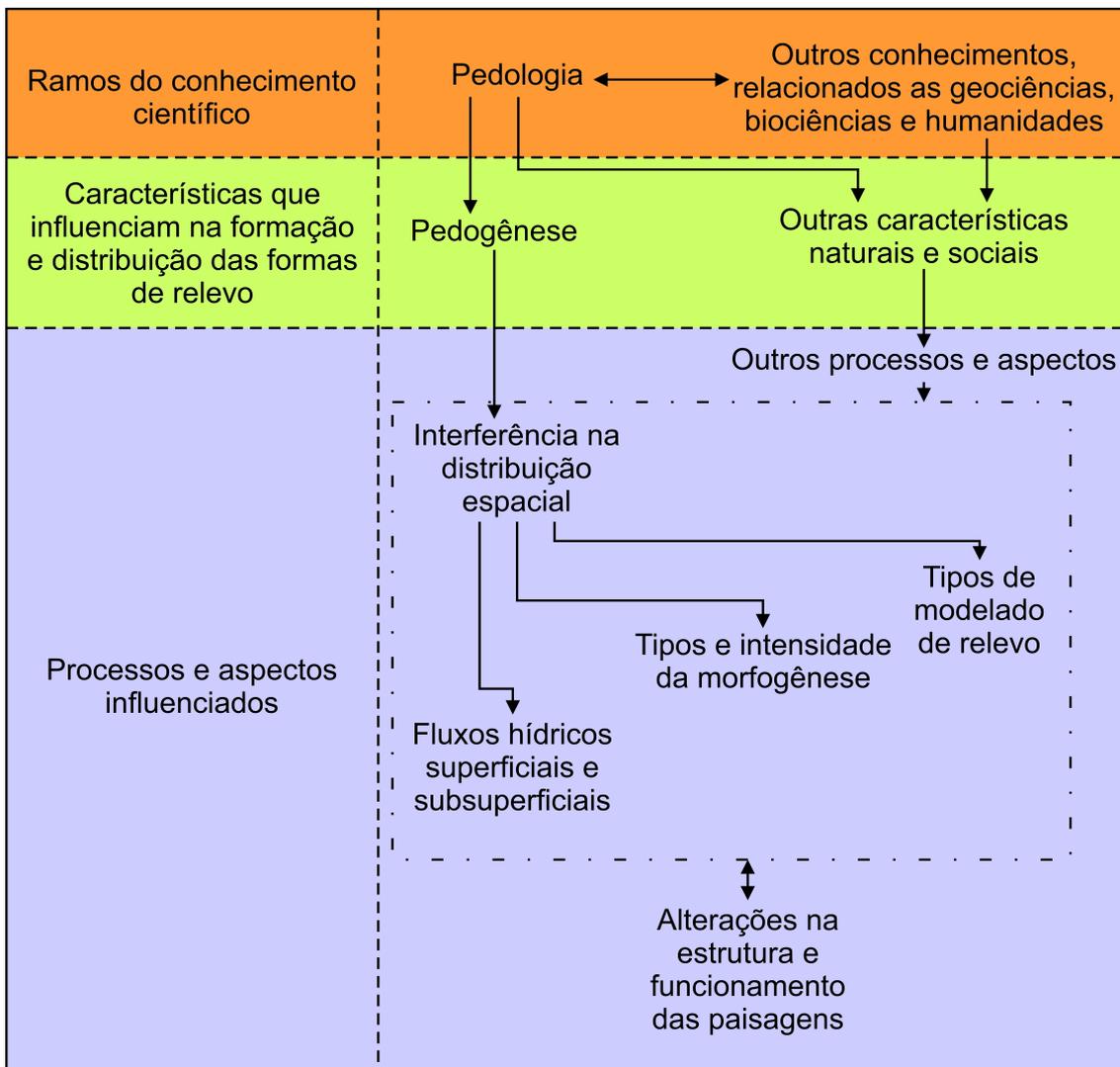


Figura 2: Síntese das influências pedológicas na modificação das formas de relevo.

SUBSÍDIO METODOLÓGICO DA PEDOLOGIA PARA A GEOMORFOLOGIA EM RELAÇÃO À INTERPRETAÇÃO EVOLUTIVA DE PAISAGENS TROPICAIS

Como indicado, não é possível, mediante o encontro entre as ciências geomorfológica e pedológica, acreditar na existência de um antagonismo entre morfogênese e pedogênese, pois a complementaridade entre a dinâmica e gênese do solo e relevo está vinculada ao mesmo suporte de processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no encontro da litosfera com atmosfera. Assim, há

paralelismo e/ou sincronismo não necessariamente contínuos entre a evolução do solo e do relevo numa dada área; se houvesse alternância, eles não poderiam ser coincidentes no tempo e no espaço (Colangelo, 2007).

Uma das teorias evolutivas que apresentam forte caráter dual em relação ao jogo entre morfogênese e pedogênese pode ser atribuída à bioresistasia indicada pelo pesquisador francês Erhart (1956). O autor apontou ser a evolução da paisagem produto da relação simbiótica e funcional de fases ao longo do tempo geológico, fases estas que seriam afetadas, sobretudo, pela presença ou ausência de vegetação influenciadas pela atuação da morfogênese e pedogênese. Na fase biostásica, correspondente à predominância e exuberância da cobertura vegetal, haveria clima úmido e domínio de intemperismo químico na formação dos solos; já nos períodos de resistasia, o clima seco com baixa densidade de vegetação promoveria as ações mecânicas da erosão, intensificadas pela torrencialidade e descontinuidade dos eventos chuvosos. Nesse sentido, as superfícies desmatadas se encontrariam em fase resistásica, sendo paulatinamente depauperadas pelos processos erosivos que tenderiam a intensificar-se, até que se assumisse uma fase biostásica numa retomada de equilíbrio das condições ambientais.

Esse caráter dual quanto ao balanço morfogenético parece ter sido contornado, ainda em meados do século XX, pelos próprios franceses, ao estabelecerem relações entre pedogênese e Geomorfologia através do levantamento das formações superficiais (JOURNAUX, 1973; DEWOLF, 1983; QUEIROZ NETO, 2001). Tais formações seriam materiais que recobrem a parte emersa da crosta, provenientes da alteração das rochas por intemperismo (físico, químico e biológico) e que podem ter sido remanejadas e/ou retrabalhadas sobre vertentes, superfícies de erosão e planícies fluviais (DEWOLF, 1983). Testemunhariam processos pedogenéticos e morfogenéticos responsáveis pela evolução e dinâmica da superfície terrestre (QUEIROZ NETO, 2001).

O estudo das formações superficiais permitiu compreender os materiais inconsolidados que recobriam a superfície como depósitos residuais testemunhos de longos períodos de erosão na formação de uma superfície generalizada, tanto como depósito correlativo como produto de um soerguimento tectônico. Journaux (1973) indica que para a Geomorfologia o estudo das formações superficiais possibilitou inferir informações quanto à gênese do modelado de relevo, datação relativa da cronologia dos depósitos e informações sobre as condições (paleo) climáticas que perduraram durante os processos de acumulação dos materiais inconsolidados.

No Brasil, pesquisas realizadas nas áreas de Pedologia e Geomorfologia considerando formações superficiais buscavam definir autoctonia e aloctonia dos materiais, havendo assim apontamentos da evolução do relevo (FEUER, 1956; BIGARELLA et al., 1961; AB'SÁBER, 1962; BENNEMA et al., 1962; BIGARELLA et al., 1965; CARVALHO et al., 1969; QUEIROZ NETO, 1969; COUTARD et al., 1978; DIAS FERREIRA et al., 1978). Alguns critérios puderam ser sistematizados para definição da aloctonia e autoctonia por meio de estudo que contemplasse as formações superficiais: presença de *stone-lines* com ou sem concreções ferruginosas, cuja natureza seria diferente do substrato geológico e acompanharia o perfil das vertentes; diferenças acentuadas na composição mineralógica ou nas propriedades químicas dos horizontes sucessivos; e a presença de horizontes enterrados, ricos em matéria orgânica e testemunhos da presença de paleossolos (QUEIROZ NETO, 2001).

Porém, a partir da década de 1970 a Análise Estrutural da Cobertura Pedológica possibilitou novas perspectivas na definição da autoctonia e aloctonia dos materiais, além de avaliar a importância dos processos biogeodinâmicos na elaboração das formas de relevo, em paralelo com a disseminação da geomorfologia climato-genética desenvolvida por Büdel (1982) ou os apontamentos da influência do desenvolvimento dos solos nas vertentes estudados por Millot (1977 e 1983). As pesquisas de Delvigne (1965), Bocquier (1973), Chauvel (1977) e Boulet (1978), entre outros, lançaram as bases dessa análise, pois detalharam relações entre a distribuição vertical e lateral dos solos na paisagem, principalmente em escala local ao longo da vertente, e demonstraram que os solos ocorrem como uma cobertura quase contínua sobre a superfície terrestre, em íntima relação com o modelado de relevo.

Essa metodologia busca compreender, de modo multiescalar, a interação de diferentes elementos, como as rochas, clima, vegetação e atividade humana, entre outros, na formação e evolução dos materiais e formas encontradas na superfície terrestre, e suas relações com processos de intemperismo, pedogênese e morfogênese (BOULET et al., 1982a; 1982b; 1982c; BOULET, 1988; RUELLAN e

DOSSO, 1993). De modo geral, a Análise Estrutural tem como objetivo elaborar síntese sobre a estrutura e dinâmica paisagística em escala local e regional, e suas implicações na gênese e evolução da cobertura pedológica e do modelado de relevo.

Desse modo, essa metodologia uniu sugestões generalistas de Dokuchaev (1967), sobre a Lei da Zonalidade Pedogenética, ao procedimento indicado por Milne (1935 e 1936), de estudo em catenas, se configurando como uma abordagem híbrida e uma nova forma de análise sobre mudanças ambientais e interações entre solos e relevo. Em outros termos, a Análise Estrutural é uma metodologia, conjunto de métodos, técnicas e procedimentos, que é gestada dentro da Pedologia, mas se tornou transversal a inúmeros conhecimentos ligados às geociências que estudam as organizações e dinâmicas das paisagens (NAKASHIMA et al., 2017).

Com a difusão e aplicação dessa análise em diferentes locais da zona tropical, a partir de estudos empíricos e experimentais, foram elaboradas algumas conclusões gerais sobre as relações da cobertura pedológica com o modelado de relevo e evolução da paisagem (BOULET et al., 1982a; BOULET et al., 1984; PELLERIN e HELLUIN, 1988; RUELLAN, 1988; BOULET, 1992; QUEIROZ NETO, 2001, 2002 e 2011; ESPÍNDOLA, 2010). Essas conclusões poderiam ser sintetizadas da seguinte maneira:

A cobertura pedológica é um corpo natural dinâmico, com transferências e transformações de matéria e energia em seu interior;

Possui organização multiescalar, onde as formas, materiais e processos se relacionam de modo mais complexo, da escala planetária à local;

A dinâmica intrínseca aos elementos que compõe a cobertura possibilita auto evolução pedológica, onde uma cobertura inicial origina outra com características completamente diferentes, a partir da ocorrência de sistemas de transformação;

As transformações físicas, químicas e mineralógicas que ocorrem na cobertura pedológica modificam sua organização estrutural e volume, implicando em alterações no modelado de relevo, ou seja, a superfície se altera pela ação conjugada dos processos de intemperismo, pedogênese e morfogênese;

A alteração na circulação hídrica das vertentes é o ponto inicial para modificações na cobertura pedológica e no modelado de relevo, pois essa é responsável por diversas formas de remobilização de matéria ao longo da paisagem;

A circulação hídrica se altera a partir de modificações tectônicas, climáticas ou antrópicas no nível de base da rede hidrográfica, implicando em mudança do estado de equilíbrio dinâmico para desequilíbrio pedobioclimático e surgimento de nova cobertura e novo modelado de relevo.

Além desses resultados da Análise Estrutural, seria possível considerar que o maior avanço na associação entre Pedologia e Geomorfologia foi sentido nos conhecimentos físicos, químicos e biológicos adquiridos quanto aos processos pedogenéticos em relação à evolução do relevo, que acabaram por inviabilizar as classificações dos materiais de superfície como formações superficiais, já que eram vistos como variações pedogenéticas *in situ*, implicando em transformações volumétricas a partir da transformação, migração, precipitação e arranjo dos materiais.

Tal constatação pode ser exemplificada em trabalhos realizados nos trópicos úmidos na África, Amazônia brasileira ou no Vale do Paraíba, Sudeste do Brasil. A alteração geoquímica dos minerais da rocha e a consequente transformação dos minerais primários em secundários faz com que haja perda de massa da rocha original, tornando-a saprolito. No entanto, a transformação do saprolito, com o avanço da alteração por mecanismos biogeoquímicos, transforma esse material em solo, com desenvolvimento de perfil organizado em horizontes; tal processo causa a redução de volume do material pedogenizado e do alterado, onde o colapso das ligações ferro-argila, além da lixiviação dos oxi-hidróxidos de Fe e Al, fazem permanecer apenas a fração mais grossa residual (\approx quartzo), com consequente aplainamento da paisagem devido à pedogênese e horizontalização. Além disso, muitas vezes os efeitos desses processos seriam evidenciados na paisagem pelas inflexões ou mudanças de declive nas vertentes (MILLOT, 1977 e 1983; BOULET et al., 1984; CHAUVEL e LUCAS, 1992; THOMAS, 1994; COLTRINARI, 2003 e 2011).

É importante ressaltar que nos trópicos úmidos brasileiros não há necessariamente a regra de que os processos pedogenéticos e a evolução do relevo devem ser cadenciados nos moldes dos autores

anteriormente citados, pois as variações dos sistemas morfo genéticos e domínios morfo climáticos podem, invariavelmente, mudar os mecanismos ocorrentes sob influência climática em regiões diversas (TRICART, 1965; TRICART e CAILLEUX, 1972). Exemplo disso são os relevos na Depressão Periférica Paulista, cujo rebaixamento é atribuído a processos geoquímicos que não possuem evolução inteiramente similar às premissas apontadas, tal qual os trabalhos de Furquim (2002), Furquim et al. (2013) e Villela et al. (2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As discussões evidenciadas, baseadas nas influências do relevo perante a formação e espacialização dos solos, influências pedológicas na modificação das formas de relevo e subsídios metodológicos da Pedologia para a Geomorfologia em relação à interpretação evolutiva das paisagens tropicais, apontaram que a chave para o pleno entendimento desta evolução perpassa pela integração entre os solos e relevos.

Além disso, na atualidade Pedologia e Geomorfologia são enriquecidas por técnicas e análises de outros conhecimentos das Geociências, principalmente aqueles relacionados aos estudos de geocronologia. A possibilidade de se estabelecer idades absolutas para os materiais que constituem o solo abre uma nova frente de atuação dentro da disciplina, pois permite demonstrar a sucessão temporal de eventos climáticos, pedogenéticos ou morfo genéticos, por exemplo, que influenciaram na gênese e evolução dos solos e formas de relevo. As técnicas de análise por Luminescência Opticamente Estimulada (LOE), isótopos cosmogênicos ou traços de fissão em apatita, entre outras, talvez se configurem como a nova fronteira dos conhecimentos pedológicos e geomorfológicos, pois possibilitam avançar de correlações espaciais e inferências temporais a uma análise integrada entre tempo e espaço dos distintos fenômenos sobre a superfície terrestre.

AGRADECIMENTOS

Externamos nossos agradecimentos à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), pelo fomento financeiro da pesquisa por meio dos Processos: 2016/05327-6, 2016/08944-6 e 2016/08722-3.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. Conhecimento sobre as flutuações climáticas do Quaternário no Brasil. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, v.6, p. 41-48, 1957.
- AB'SÁBER, A. N. Revisão dos conhecimentos sobre o horizonte sub-superficial de cascalhos inhumados do Brasil Oriental. Curitiba. **Boletim da Universidade do Paraná, Geografia Física**, 2, 1962, p1-32.
- ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. D. R. Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, n.28, v.2, p.135-155, 1998.
- ALVES, G. B.; QUEIROZ NETO, J. P.; NAKASHIMA, M. R.; SILVA, J. P. As couças e seu papel no estudo da evolução do relevo, em Maracá/SP. **Revista Geonorte**, Edição Especial 4, v.10, n.1, p.34-39, 2014.
- ARANHA, R. D. **Estudo morfológico da bacia do Ribeirão do Baú São Bento do Sapucaí- SP**. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- BASTOS, C. A. B. **Estudo geotécnico sobre a erodibilidade de solos residuais não saturados**. 1999. 251f. Tese de Doutorado em Engenharia Civil apresentada a Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.
- BENNEMA, J.; CAMARGO, M. N.; WRIGHT, A. C. S. Regional contrasts in South American soil

formation in relation to soil classification and soil fertility. In: INTERNATIONAL SOIL CONFERENCE, New Zealand, **Transactions**, p.2-15, 1962.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 1. ed. Piracicaba: Livroceres, 1985. 392p.

BIGARELLA, J. J.; MARQUES FILHO, P. L.; AB'SÁBER, A. N. Ocorrência de Pedimentos Remanescentes nas Fraldas da Serra do Iquererim (Garuva, SC). **Boletim Paranaense de Geografia**, Curitiba, n. 4 e 5, p. 82-93, 1961.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M.R.; SILVA, J. X. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos no Brasil. **Boletim Paranaense de Geografia**, v. 16/17, p.117-151, 1965.

BOQUIER, G. Genèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad: interprétation biogéodynamique. **Mém. ORSTOM**, vol. 62, 1973. 351 p.

BOULET, R. Toposéquences de sols tropicaux en Haute Volta: équilibres et déséquilibres pédobioclimatiques. **Mém. ORSTOM**, vol. 85, 1978. 272 p.

BOULET, R. Análise Estrutural da Cobertura Pedológica e Cartografia. In: **Anais do XXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo: A responsabilidade social da ciência do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 79-90, 1988.

BOULET, R. Uma evolução recente da pedologia e suas implicações no conhecimento da gênese do relevo. In: **Anais do III Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário**. Belo Horizonte: ABEQUA, 1992.

BOULET, R.; CHAUVEL, A.; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. Analyse structurale et cartographie en pédologie I. Prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique: les études de toposéquences et leurs principaux apports à la connaissance des sols. **Cahiers ORSTOM**, v. 19, n. 4, p. 309-322, 1982a.

BOULET, R.; CHAUVEL, A.; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. Analyse structurale et cartographie en pédologie II. Une méthode d'analyse prenant en compte l'organisation tridimensionnelle des couvertures pédologiques. **Cahiers ORSTOM**, v. 19, n. 4, p. 323-339, 1982b.

BOULET, R.; CHAUVEL, A.; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. Analyse structurale et cartographie en pédologie III. Passage de la phase analytique à une cartographie générale synthétique. **Cahiers ORSTOM**, v. 19, n. 4, p. 341-351, 1982c.

BOULET, R.; CHAUVEL, R.; LUCAS, Y. Les Systèmes de Transformation en Pédologie. **Libre Jubilaire du Cinquantenaire**. Paris: AFES, 1984. p. 167-179.

BÜDEL, J. **Climatic Geomorphology**. New Jersey: Princeton University Press, 1982. 443p

CARVALHO, A.; MELFI, A.; BITTENCOURT, L; QUEIROZ NETO, J. P.; NAKASHIMA, P. Sedimentos néo-cenozóicos da área de Campinas, est. S. Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 21, 1969, p. 58-70.

CASTRO, S. S. **Sistemas de transformação pedológica em Marília: B latossólicos e B texturais**. 1990. 274f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - FF C H, USP, São Paulo.

CHAGAS, S. S.; FERNANDES FILHO, E. I.; BHERING, S. B. Relação entre atributos do terreno, material de origem e solos em uma área no noroeste do Estado do Rio de Janeiro. **Soc. & Nat.**, Uberlândia, v. 25, n.1, p.147-162, 2013

CHAUVEL, A. Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées. **Mém. ORSTOM**, n°. 62, 1977. 532 p.

CHAUVEL, A.; LUCAS, Y. Soil formation in tropically weathered terrains. In: GOVETT, C. J. S. (ed). **Handbook of Exploration Geochemistry**. NY, Elsevier., 1992, p. 57-77.

COLANGELO, A. C. O modelo de feições mínimas ou das unidades elementares de relevo: um suporte cartográfico para mapeamentos geoecológicos. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, São Paulo, v. 10, p. 29-40, 1996.

COLANGELO, A. C. **Geomorfossíntese e Geomorfocinemática aplicadas à evolução e estabilidade de vertentes**. 2007. 228 f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

COLTRINARI, L. **Evolução geomorfológica do Planalto de São José dos Campos (SP)**. 2003. 114 f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

COLTRINARI, L. Paleosurfaces in southeastern Brazil: São José dos Campos plateau landform evolution. **Geociências**, São Paulo, v. 30, n.1, p. 113-120, 2011.

COUTARD, J. P.; PELLERIN, J.; AGUIAR, M. B.; COLTRINARI, L. Carta do Modelado e das Formações Superficiais do Médio Vale do Parateí – SP: Memorial Explicativo. São Paulo: **Sedimentologia e Pedologia**, IGEOG-USP, n. 9, p. 1-18, 1978. Escala 1 : 25.000.

CUNHA, P.; MARQUES JÚNIOR, J.; C. N.; PEREIRA, G. T.; LEPSCH, I. F. Superfícies geomórficas e atributos de Latossolos em uma sequência areníticobasáltica da região de Jaboticabal (SP). **R. Bras. Ci. Solo**, v.29, p.81-90, 2005.

CURI, N.; FRANZMEIER, D. P. Toposequence of oxisols from the Central plateau of Brazil. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.48, p.341-346, 1984.

DELVIGNE, J. E. Pédogenèse en zone tropicale: la formation des minéraux secondaires en milieu ferralitique. **Mém. ORSTOM**, vol. 13, 1965. 117 p.

DEWOLF, Y. Proposition pour une définition, une typologie et une cartographie des formations superficielles. USP, Dep. Geogr., **Col. Est. Cart. Form. Sup. e Aplic. Reg. Trop.**, vol. 1: p. 433-445, 1983.

DIAS FERREIRA, R. P.; COUTARD, J. P.; PELLERIN, J. Q.; QUEIROZ NETO, J. P. Carta Geomorfológica de São Pedro, SP (1:50.000) - Memorial Explicativo. **Sedimentologia e Pedologia**, São Paulo, v. 12, 1978.

DIAS FERREIRA, R. P. **Solos e morfogênese em São Pedro, SP**. 1997. 157. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Dep. Geografia, FFLCH, USP, São Paulo.

DOKUCHAEV, V. V. **Russian Chernozem – Volume I**. Traduzido do russo por N. Kaner. Jerusalem: Israel Program for Scientific Translations, 1967. 439 p. (Selected Works of V. V. Dokuchaev)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Serviço de Produção de Informação, 1999. 412p.

ERHART, H. **La Genèse des Sols en Tant que Phénomène Géologique**: Esquisse d'une Théorie Géologique et Géochimique, Biostasie et Rhexistasie. Paris, Masson, 1956, 90 p.

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

FERNANDES BARROS, O. N. **Análise estrutural e cartografia detalhada de solos em Marília/SP**: ensaio metodológico. 1985. 146f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Dep. Geografia, FFLCH, USP, São Paulo.

FEUER, R. **An Exploratory Investigation of the Soils and Agricultural Potential of the Soils of the Future Federal District in the Central Plateau of Brazil**. Cornell University, 1956, 864 p.

FURQUIM, S. A. C. **Interações Entre Modelado e Solo no Transecto Espreado, São Pedro, SP**. 2002. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FURQUIM, S. A. C.; COLTRINARI, L.; DIAS FERREIRA, R. P.; CASTRO, S. S.; PUGLIESE, G. R. Lamellae Formation Processes in Tropical Soils in Southeastern Brazil. **Catena** (Cremlingen), v. 107, 2013, p. 15-25.

GALETI, P. A. **Conservação do solo, reflorestamento, clima**. 2. ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1982. 286p.

- GALLANT, J. C.; WILSON, J. P. Primary topographic attributes. In: WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. (Eds.). **Terrain Analysis: Principles and applications**. New York: John Wiley & Sons, 2000. p.51-85.
- GALVÃO, S. R. S.; SALCEDO, I. H.; SANTOS, A. C. Frações de carbono e nitrogênio em função da textura, do relevo e do uso do solo na microbacia do agreste em Vaca Brava (PB). **R. Bras. Ci. Solo**, v.29, n.4, p.955-962, 2005.
- GROSSMAN, R. B. Entisols. In: WILDING, L. P.; SMECK, N. E.; HALL, G. F. (Eds.). **Pedogenesis and soil taxonomy**. II. The soil orders. Developments in soil science. New York: Elsevier, 1983. v.11b, p.55-86.
- HALL, G. F.; OLSON, C. G. Predicting variability of soils from landscape models. In: MAUSBACH, M. J.; WILDING, L. P. (Eds.). **Spatial variabilities of soils and landforms**. Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America, 1991. p. 9-24. (SSSA Special Publication; n° 28).
- JENNY, H. **Factors of soil formation**. 1.ed. New York, McGraw- Hill, 1941. 362p.
- JOURNAUX, A. O Estudo das Formações Superficiais na França. **Sedimentologia e Pedologia**, n. 4, Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1973, p. 1-19.
- LACERDA, M. P. C.; BARBOSA, I. O.; MENESES, P. R.; ROSA, J. W. C.; ROIG, H. L. Aplicação de geotecnologias em correlações entre solos, geomorfologia, geologia e vegetação nativa no Distrito Federal, DF. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., Goiânia, 2005. Anais. Goiânia, INPE, 2005. p.2211-2218. CD-ROM.
- LEÃO, M. G. A. 119f. **Relação entre atributos de uma vertente com Latossolos e qualidade de frutos cítricos**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.
- LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4ª aproximação. Campinas: SBCS, 1991, 175p
- LEPSCH, I. F.; BUOL, S. W. Oxisol Landscape relationships in Brazil. In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 13., Campinas, 1986. Papers. Campinas, SNLCS/Embrapa, USDA, University of Puerto Rico, 1986. p.174-189.
- LUCAS, Y.; CHAUVEL, A.; BOULET, R.; RANZANI, G.; SCATOLINI, F. Transição latossolos - podzóis sobre Formação Barreiras na região de Manaus. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 8, p. 325- 335, 1984.
- MILLOT, G. Géochimie de la surface et formes du relief - présentation. **Sci. Géol. Bull.**, Strasbourg, v. 30, n. 4, 1977, p. 229-233.
- MILLOT, G. Planation of Continents by Intertropical Weathering and Pedogenetic Processes. In: International Seminar on Lateritisation Processes, 1983, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: IUGS, UNESCO, IGCP, IAGC, 1983. p. 53-63.
- MILNE, G. Some suggested units of classification and mapping particularly for East African soils. **Soil Research**, v. n.3, p. 183-198, 1935.
- MILNE, G. Normal erosion as a factor in soil profile development. **Nature**, set., 26, p. 548-549, 1936.
- NAKASHIMA, M. R.; ALVES, G. B.; BARREIROS, A. M.; QUEIROZ NETO, J. P. Dos solos à paisagem: uma discussão teórico-metodológica. **Revista da ANPEGE**, v. 13, p. 30-52, 2017.
- OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes Gerais de Solos do Brasil**. Jaboticabal, FUNEP, 1992. 201p.
- PELLERIN, J.; HELLUIN, M. Análise estrutural e organização das paisagens: as pesquisas visando a generalização cartográfica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21, 1998, Campinas. **Anais**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 455-463, 1988.
- PENTEADO, M. M. **Fundamentos de Geomorfologia**. 2ª ed., Rio de Janeiro: IBGE, 1978, 180p.
- QUEIROZ NETO, J. P. **Interpretação dos solos da Serra de Santana para fins de classificação**. USP,

ESALQ, Tese de Doutorado, 1969, 123 p.

QUEIROZ NETO, J. P. O Estudo das Formações Superficiais no Brasil. **Revista do Instituto Geológico** 22 (1/2), São Paulo, 2001, p. 65-78.

QUEIROZ NETO, J. P. Análise Estrutural da Cobertura Pedológica: Uma Experiência de Ensino e Pesquisa. **Revista do Departamento de Geografia**, nº 15, pp. 77 – 90, 2002.

QUEIROZ NETO, J. P. O papel da pedogênese no modelado do relevo: busca de novos paradigmas. In: SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 6 E SEMINÁRIO IBERO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 2, 2010, Coimbra. **Anais**, Coimbra, 2010, p.1-19.

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

RESENDE, M.; CURI, N.; KER, J. C.; REZENDE, S. B. **Mineralogia de solos brasileiros: Interpretação e aplicações**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2005.192p.

ROSS, J. S. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, v.6, p.17-29, 1992.

RUBIRA, F. G.; MELO, G. V.; OLIVEIRA, F. K. S. Proposta de padronização dos conceitos de erosão em ambientes úmidos de encosta. **Revista de Geografia (Recife)**, v.33, n.1, p.168-193, 2016.

RUBIRA, F. G.; PEREZ FILHO, A.; MELO, G. V. Análise macromorfológica da cobertura pedológica e perfil da topossequência realizada em um segmento da vertente da FEI/UEM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA E CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA, 17/1, 2017, Campinas – SP. **Anais**, v.1, p.1-13, 2017.

RUELLAN, A. Contribuição das pesquisas em Zona Tropical ao desenvolvimento da Ciência do Solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21, 1998, Campinas. **Anais**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 405-414, 1988.

RUELLAN, A.; DOSSO, M. **Regards sur le sol**. Paris: Éditions Foucher-AUPELF, Collection Universités francophones, 1993. 192 p.

RUHE, R. V. **Geomorphology: geomorphic processes and surficial geology**. Boston, Massachusetts: Houghton Mifflin, 1975, 246 p.

SANTOS, A. C. **Fertilidade do solo e redistribuição de ¹³⁷Cs em função da cobertura vegetal, relevo e classes texturais, em uma microbacia hidrográfica do Estado da Paraíba**. 67f. Tese (Doutorado em Tecnologias nucleares e energéticas). Centro de Tecnologias e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 2004.

SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H.; CANDEIAS, A. L. B. Relação entre o relevo e as classes texturais do solo na microbacia hidrográfica de Vaca Brava, PB. **Revista Brasileira de Cartografia**, nº 54, p.86-94, 2002.

SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H.; GALVÃO, S. R. S. Relações entre uso do solo, relevo e fertilidade do solo em escala de microbacia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.12, n.5, p.458-464, 2008.

SILVA, A. C.; TORRADO, P. V. Gênese dos Latossolos húmicos e sua relação com a evolução da paisagem numa área cratônica do Sul de Minas Gerais. **R. Bras. Ci. Solo**, v.23, p.329-341, 1999.

SILVA, A. C.; TORRADO, P. V.; PÉREZ, M. G.; MARTIN NETO, L.; VASQUEZ, F. M. Relações entre matéria orgânica do solo e declividade de vertentes em topossequência de Latossolos do sul de Minas Gerais. **R. Bras. Ci. Solo**, v.31, p.1059-1068, 2007.

SILVEIRA, C. T.; FIORI, A. P.; FERREIRA, A. M.; FELIPE, R. S.; KEPEL FILHO, J. L.; FOLADOR, R. M.; COSTA, L. C. Análise do fator de segurança da estabilidade das vertentes na bacia do rio Jacareí, serra do mar paranaense. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.13, n.3, p.287-297, 2012.

SOUZA JUNIOR, J. G. A.; DEMATTÊ, J. A. M. Modelo digital de elevação na caracterização de solos desenvolvidos de basalto e material arenítico. **R. Bras. Ci. Solo**, n.32, p. 449-456, 2008.

SOUZA, C. K.; MARQUES JUNIOR, J.; MARTINS FILHO, M. V.; G. T. PEREIRA. Influência do relevo e erosão na variabilidade espacial de um Latossolo em Jaboticabal (SP). **R. Bras. Ci. Solo**, n.27, p.1067-1074, 2003.

SOUZA, Z.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **R. Bras. Ci. Solo**, v.28, p.937-944, 2004.

THOMAS, M. F. **Geomorphology in the Tropics: A Study of Weathering and Denudation in Low Latitudes**. Chichester: Wiley, 1994. 460 p.

TRICART, J. Tentative de corrélation des périodes pluviales africaines et des périodes glaciaires. **C. R. Somm des Séances Soe. Geol. de France**, Paris, n.9, p. 164-167, 1956.

TRICART, J. Observation des Phénomènes et des Faits Géomorphologiques. In: TRICART, J. La Cartographie Géomorphologique Détaillée. **Principes et Méthodes de la Géomorphologie**. Paris: Masson e Cie Editeurs, 1965. p. 183-233.

TRICART, J. As relações entre a morfogênese e a pedogênese. **Notícia Geomorfológica**, v. 8, n. 15, p. 5-18, 1968.

TRICART, J.; CAILLEUX, A. Morphoclimatic Mechanisms. In: TRICART, J.; CAILLEUX, A. **Introduction to Climatic Geomorphology**. Longman, 1972, p. 47-65.

TROEH, F. R. Landform equations fitted to contour maps. **American Journal of Science**, v.263, p. 616 - 627, 1965.

VILLELA, F. N. J.; ROSS, J. L. S.; MANFREDINI, S. Análise Geomorfopedológica na Borda Leste da Bacia Sedimentar do Paraná, Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, 2015, p. 669-682.

YOUNG, A. **Slopes**. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1972, 288p.