



## **A PESQUISA PEDOGEOMORFOLÓGICA NA ANTÁRTICA: UMA BREVE DISCUSSÃO**

PEDOGEOMORPHOLOGICAL RESEARCH IN ANTARCTICA: A BRIEF DISCUSSION

**Viviane Arantes Koch<sup>1</sup>**

**Guilherme Resende Corrêa<sup>2</sup>**

**Flávia Monize Ferreira dos Santos<sup>3</sup>**

**Stéfany do Nascimento Mamede<sup>4</sup>**

### **RESUMO**

Ainda que, no passado, a Pedologia e a Geomorfologia tenham trilhado caminhos diferentes, por vezes excluindo ou secundarizando elementos importantes na análise da paisagem, uma série de trabalhos vêm, mais recentemente, discutindo a relação solo-relevo, constituindo-se, assim, como ferramentas importantes para a compreensão da evolução das paisagens e tornando evidente a importância dos sistemas pedogeomorfológicos no estudo da gênese e dos processos modeladores da superfície terrestre. Uma das regiões alvo de estudos pedogeomorfológicos, mesmo que ainda de forma bem incipiente, é a Antártica. As áreas livres de gelo, onde ocorrem solos, representam 0,35% da região antártica. Apesar de os solos se distribuírem em uma porção muito pequena, é significativa a lacuna no conhecimento pedológico e geomorfológico dos ambientes antárticos. Os sistemas paraglaciais, proglaciais e periglaciais se destacam nesse contexto, com variadas formas e processos geomorfológicos atuantes, associados a diferentes processos pedogenéticos, condicionando variados tipos de solos. Sendo assim, o objetivo deste estudo é apresentar, com base na literatura, um breve cenário das pesquisas a respeito das inter-relações entre solos e

[1] Mestranda em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). E-mail: [viviane.koch@ufu.br](mailto:viviane.koch@ufu.br)

[2] Docente do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). E-mail: [guilhermecorrea@ufu.br](mailto:guilhermecorrea@ufu.br)

[3] Mestranda em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG). E-mail: [flavia.monize@ufu.br](mailto:flavia.monize@ufu.br)

[4] Mestranda em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). E-mail: [stefany.mamede@ufu.br](mailto:stefany.mamede@ufu.br)

relevos realizadas na Antártica. Além disso, esse trabalho pretende apurar, de forma geral, como essas pesquisas têm contribuído para o entendimento de ambientes polares não glaciais. Reitera-se a complexidade das paisagens antárticas, tanto do ponto de vista geomorfológico, quanto pedológico, e a necessidade de continuidade de estudos pedogeomorfológicos no continente gelado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Solo; Paisagem; Pedologia; Geomorfologia; Ambientes Polares.

#### **ABSTRACT**

Although, in the past, Pedology and Geomorphology have followed different paths, sometimes excluding or relegating important elements in landscape analysis, a series of works have, more recently, discussed the soil-relief relationship, thus constituting as important tools for understanding the evolution of landscapes and making evident the importance of pedogeomorphological systems in the study of the genesis and modeling processes of the Earth's surface. One of the target regions of pedogeomorphological studies, even if still incipiently, is Antarctica. The ice-free areas, where soils occur, represent 0.35% of the Antarctic region. Although the soils are distributed in a very small portion, the gap in pedological and geomorphological knowledge of Antarctic environments is significant. Paraglacial, proglacial and periglacial systems stand out in this context, with various forms and active geomorphological processes, associated with different pedogenetic processes, conditioning different types of soils. Therefore, the aim of this study is to present, based on the literature, a brief scenario of research on the interrelationships between soils and reliefs carried out in Antarctica. In addition, this work intends to determine, in general, how these researches have contributed to the understanding of non-glacial polar environments. We reiterate the complexity of Antarctic landscapes, both from a geomorphological and pedological point of view, and the need for continuity of pedogeomorphological studies in the frozen continent.

**KEYWORDS:** Soil; Landscape; Pedology; Geomorphology; Polar Environments.

## INTRODUÇÃO

Os estudos das interações entre solo e relevo, a partir de uma abordagem integradora, abarca os conceitos e métodos das ciências pedológica e geomorfológica. A Pedologia e a Geomorfologia, percorreram, por um tempo, caminhos diferentes. Enquanto os pedólogos consideravam o relevo como um importante fator de formação dos solos, à pedogênese não era dada a mesma importância no âmbito da Geomorfologia. Os solos ocupavam, assim, um papel secundário em relação à evolução do relevo (QUEIROZ NETO, 2000; 2011).

Castro (2021) reconheceu três fases principais em relação ao desenvolvimento de estudos com ênfase nas relações entre solo e paisagem. Na primeira fase, no século XIX, os estudos eram tratados com diferentes abordagens conceituais e metodológicas, pela Pedologia e Geomorfologia, e pela Geografia Física, culminando em uma generalização de termos, utilizados, muitas vezes, erroneamente, de forma superposta ou como sinônimos. Termos como catena (MILNE, 1935), topossequência (JENNY, 1946), pedogeomorfologia (CONACHER; DALRYMPLE, 1977) ou geomorfologia dos solos (DANIELS; HAMMER, 1992), morfopedologia (KILIAN, 1974), e geopedologia (POUQUET, 1966), surgiram nesse contexto.

A segunda fase, no século XX, aproximou a Geomorfologia e a Pedologia, e representou uma inovação conceitual e metodológica, o que englobou alguns pressupostos (CASTRO, 2021), como o reconhecimento da lateralidade dos solos nas paisagens (RUELLAN, 1985). A terceira fase refere-se às pesquisas mais recentes, do final do século XX em diante, as quais, apoiadas nas geotecnologias, como o sensoriamento remoto, Sistema de Informação Geográfica - SIGs e monitoramento via satélite valorizam o mapeamento digital de solos e a pedometria (CASTRO, 2021).

Além disso, as mudanças dos métodos de estudo das relações solo e relevo, a partir da segunda fase, permitiram seu agrupamento, segundo Castro (2021) em três diferentes abordagens: 1) geoespacial, voltada ao mapeamento cartográfico, como a Geopedologia (PRINCIPI, 1953; POUQUET, 1966; ZINCK et al., 2016; MACHADO, 2022); 2) geodinâmica, direcionada ao comportamento morfológico e funcional dos sistemas pedológicos relacionados ao relevo, tal como a Pedogeomorfologia (DANIELS et al., 1971; ); e 3) mista, na qual destaca-se a análise estrutural da cobertura pedológica (RUELLAN et al., 1989; QUEIROZ NETO, 1987; 2002).

Há, até então, o emprego de distintos métodos nas pesquisas desenvolvidas na linha pedogeomorfológica. Fato que demonstra, ainda, um certo distanciamento entre o enfoque dado pela Pedologia, que geralmente utiliza dados geomorfológicos na caracterização regional, ou pela Geomorfologia, que frequentemente considera apenas as características gerais do solo referentes à classificação ou posição na paisagem (SALGADO, 2005).

Uma série de trabalhos têm, atualmente, discutido a relação solo-relevo, constituindo-se em ferramentas importantes para a compreensão da evolução das paisagens. Esses estudos visam discutir sobre as influências do relevo na formação e espacialização dos solos, bem como sobre as influências pedológicas na modificação das formas de relevo. Evidencia-se, portanto, a importância dos sistemas pedogeomorfológicos em análises sistemáticas que objetivam o estudo da gênese e dos processos modeladores da superfície terrestre (RUBIRA et al., 2019), e a indissociabilidade do solo e do relevo na gênese e na interpretação evolutiva das paisagens (ESPINDOLA, 2010).

Uma das regiões alvo de estudos pedogeomorfológicos, mesmo que ainda de forma bem incipiente, é a Antártica. A Antártica é o continente mais austral do planeta, compreende uma área de, aproximadamente, 14 milhões de km<sup>2</sup>, desses apenas 0,35% (cerca de 45 mil km<sup>2</sup>) representam áreas livres de gelo (FOX; COOPER, 1994), onde torna-se possível a ocorrência de solos (BOCKHEIM, 1990). Apesar de os solos se distribuírem em uma porção muito pequena, é significativa a lacuna no conhecimento pedológico e geomorfológico dos ambientes antárticos (GJORUP, 2013).

Sendo assim, o objetivo deste estudo é apresentar, com base na literatura, um breve cenário das pesquisas a respeito das inter-relações entre solos e relevos realizadas na Antártica. Além disso, esse trabalho pretende apurar, de forma geral, como essas pesquisas têm contribuído para o entendimento de ambientes polares não glaciais.

### **SOLO E PAISAGEM: AS PESQUISAS NA REGIÃO ANTÁRTICA**

A Antártica pode ser compartimentada em duas porções, a porção continental e a marítima ou peninsular (BEYER; BÓLTER, 2002) e é conhecida por ser, dentre os continentes, o mais frio, seco, e que mais sofre a ação dos ventos, mesmo que essas condições não sejam homogêneas em todo o ambiente antártico

(LOPES, et al., 2017). A maior parte das áreas livres de gelo são encontradas nas Montanhas Transantárticas (49%) e na Península Antártica (20%) (SIQUEIRA, 2019).

O balanço negativo de massa para a região da península Antártica é produto da resposta das geleiras frente às mudanças climáticas, que alteram significativamente esses ambientes. Retrações e expansões de mantos de gelo têm se tornado frequentes, submetendo ambientes originados por processos glaciais à climas não glaciais (ANDERSON; et al., 2013). A diminuição, ou até mesmo o aumento, da cobertura de gelo ou neve marinha altera o albedo, importante na reflexão de calor e energia, e modifica o balanço radiativo, gerando uma retroalimentação positiva, que amplifica as mudanças climáticas (MACHADO; et al., 2019).

A retração das geleiras tem revelado novas paisagens, como os ambientes proglacial, paraglacial e periglacial (PERONDI; et al., 2019). A análise das feições observadas em áreas livres de gelo é importante na obtenção de informações sobre a dinâmica glacial (HUBBARD; GLASSER, 2005). Ballantyne (2002; 2013) verificou que variadas mudanças geomorfológicas operam e estão associadas às paisagens em estado de adaptação para condições não glaciais. O entendimento das paisagens submetidas a essas condições têm como principal foco o estudo dos complexos ambientes pro, para e periglacial.

Nesse sentido, o mapeamento geomorfológico é um instrumento que torna possível a compreensão dos processos que ocorrem superficialmente, a interpretação de processos deposicionais, e da evolução da paisagem, contribuindo para a modelagem de cenários futuros, através da realização de estudos com a pretensão de comparar ambientes não glaciais e glaciais (ROSA, 2012; OTTO; SMITH, 2013).

Machado et al (2019) esclareceram que as reflexões a respeito dos conceitos de proglacial, paraglacial e periglacial devem ser aprimoradas, buscando a identificação e discussão de suas especificidades e interações. Considerando o fato de que esses conceitos têm sido abordados na literatura de forma confusa, evidencia-se a necessidade de esclarecimento para que avanços na interpretação desses ambientes sejam alcançados. Slaymaker (2011) estabeleceu critérios (Tabela 1), baseados na localização, nos processos, nas formas e no tempo, para distinção dos três ambientes.

A área proglacial (Figura 1) é formada na área livre de cobertura de gelo situada na porção frontal de uma geleira em retração (PERONDI; et al., 2019). A

localização geográfica exerce, portanto, um critério necessário para a definição de um ambiente proglacial (EMBLETON-HAMANN, 2004; MACHADO et al., 2019).

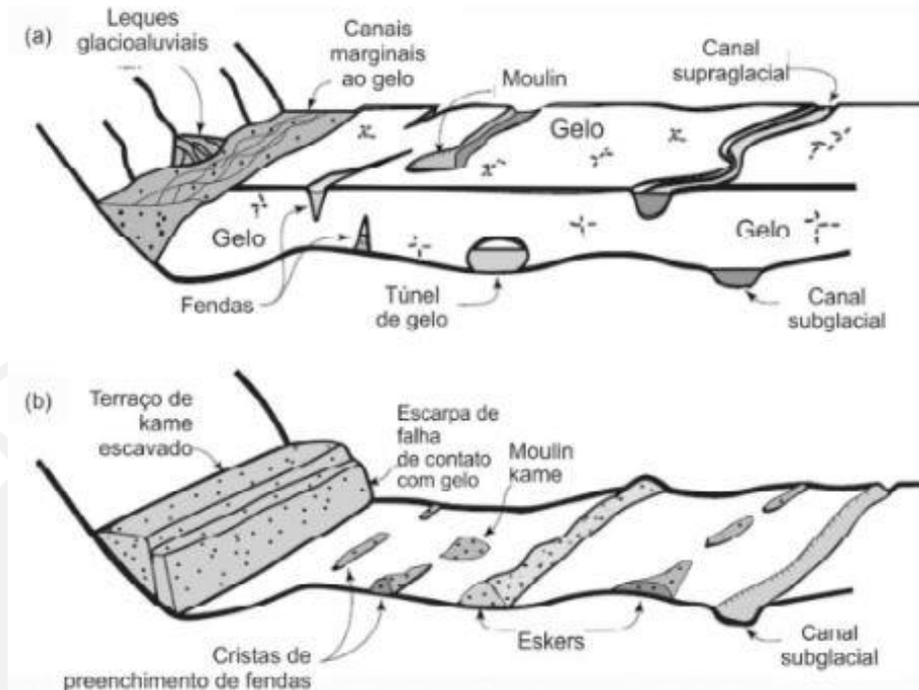
A paisagem proglacial corresponde à área pioneira em receber os produtos da deglaciação e este se revela um ambiente prioritariamente deposicional. É um ambiente complexo totalmente ajustado aos processos fluviais, lacustres e marinhos que ocorrem imediatamente adjacente ao glaciário e consequentemente o domínio proglacial acompanha a movimentação da margem do gelo (MACHADO et al., 2019, p. 604).

Tabela 1 – Critérios para distinção dos ambientes proglacial, paraglacial e periglacial.

Ambientes	Critérios			
	Transição no espaço/tempo	Localização	Processos	Formas
Proglacial		Gelo marginal	Glaciofluviais Glaciomarinhos Glaciolacustres	Deposicional
Paraglacial	Graus de recuperação dos efeitos da glaciação	Áreas montanhosas Vales principais	Não-glacial	Sem depósitos Depósitos dominantes
Periglacial			Ciclos de congelamento e descongelamento Permafrost	Solos com padrão Pingos

Fonte: Modificado de Slaymaker (2011).

Figura 1 – Bloco diagrama do desenvolvimento das formas típicas de ambiente proglacial.

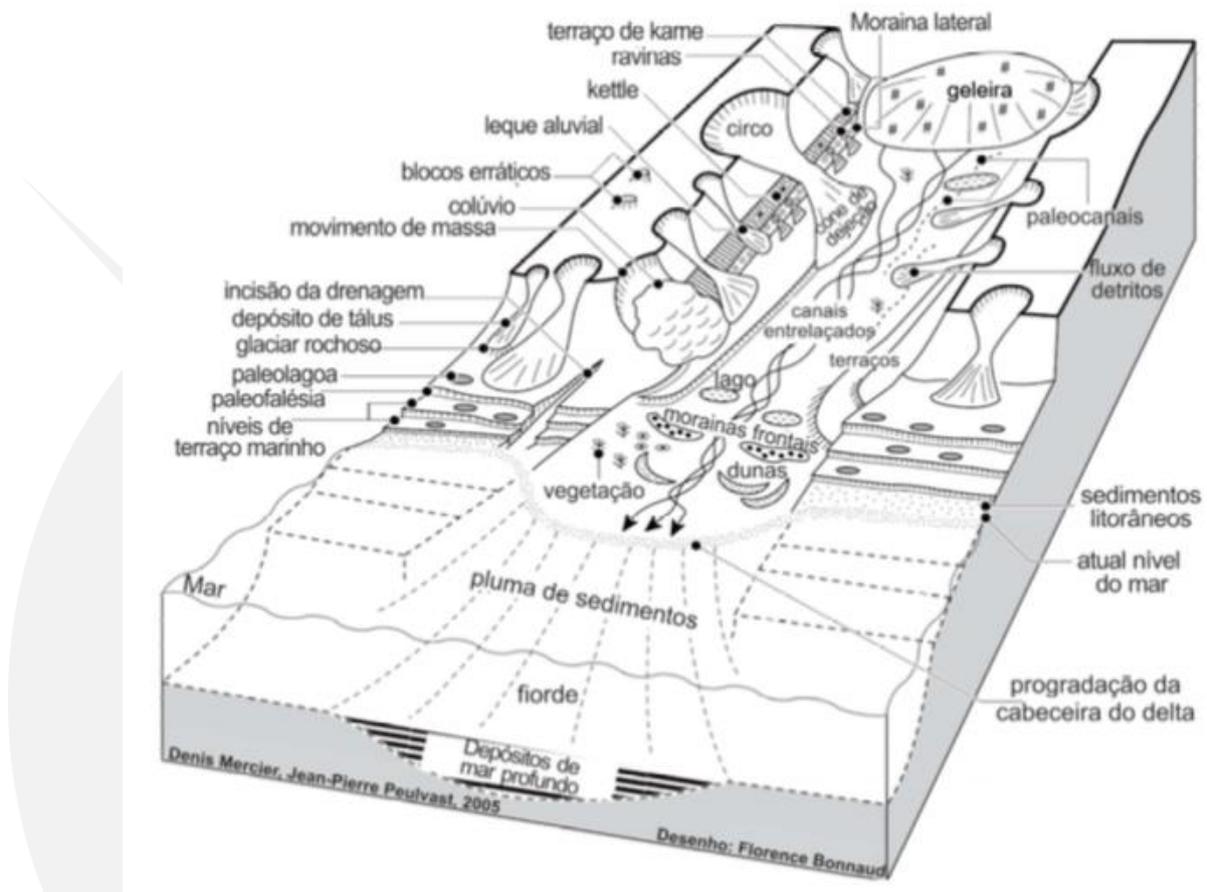


Fonte: Machado et al., 2019, adaptado de BRENNAND, 2004.

O sistema proglacial inclui variados tipos de ambientes, desde ambientes terrestres, até canais, lagos e oceanos, com ação de processos glaciomarinhos, glaciolacustres e glaciofluviais. Os depósitos incluem morainas, leques aluviais e marinhos, deltas e pacote sedimentar espesso. Os sedimentos são, comumente, grosseiros, e apresentam estrutura que indica cisalhamento (BRENNAND, 2004; SLAYMAKER, 2011).

Segundo Machado et al (2019) e Perondi et al (2019) a paisagem paraglacial (Figura 2) não é definida, diferente do sistema proglacial, pela localização, mas sim pelo reajuste de ambiente glacial para não-glacial. Ou seja, é um ambiente que se encontra em processo de transição, recuperando-se dos distúrbios da glaciação (MACHADO et al., 2019). Ballantyne (2002; 2013) demonstrou que os processos que configuram o sistema paraglacial não sofrem, portanto, ações glaciais, são influenciados por processos eólicos e hídricos, e as formas mais comuns, que indicam retrabalhando paraglacial, são os cones de detritos, leques aluviais e vales preenchidos.

Figura 2 - Bloco diagrama das formas típicas de ambiente paraglacial.

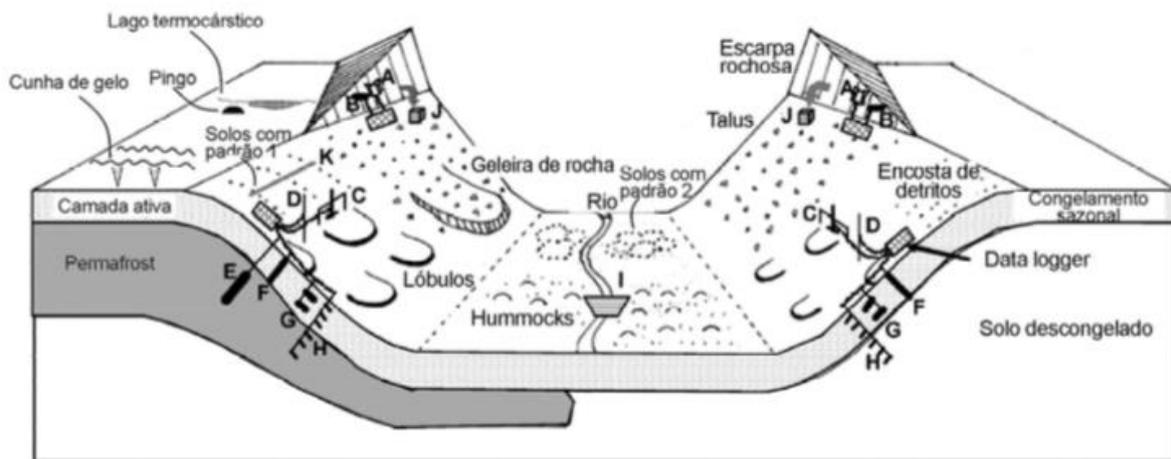


Fonte: MACHADO et al., 2019, adaptado de Mercier, 2007.

Já os ambientes periglaciais (Figura 3) podem ser classificados como uma zona de transição entre o não-glacial e glacial, e são caracterizados pela influência da ação do gelo, denotando a atuação de ciclos de congelamento e descongelamento, e pela presença de permafrost, condição em que os solos permanecem com temperaturas abaixo de 0°C por, no mínimo, 2 anos (SLAYMAKER, 2011).

No primeiro caso, ocorrem campos de blocos, extensas coberturas de fragmentos de rocha de variados tamanhos e bastante quebrados. No caso do permafrost, as formas mais típicas incluem solos com padrão, pingos, cunhas de gelo, e feições de termocarste (MACHADO et al., 2019). Nas áreas periglaciais os processos de crioplanção, nivação e crioclastia são dominantes.

Figura 3 - Bloco diagrama das formas típicas da paisagem periglacial



Observações automáticas		Observações manuais			
A	Abertura de fraturas	F	Solifluxão	J	Queda de blocos
B	Temperatura da rocha	G	Umidade do solo	K	Movimento superficial das rochas
C	Frost Heave	H	Temperatura do solo		
D	Profundidade da neve	I	Vazão, turbidez e condutividade elétrica		
E	Rastejamento do permafrost				

Fonte: MACHADO et al., 2019, modificado de Matsuoka, 2006.

Estudos que abordam a relação entre pedogênese e as superfícies geomórficas constataram que variados tipos de solos ocorrem na porção peninsular da Antártica, com destaque para solos ornitogênicos, solos associados ao permafrost e solos sulfatados (FRANCELINO et al., 2011; MOURA et al., 2012; MICHEL et al., 2012; 2014). O desenvolvimento de solos na Antártica Marítima, bem como os índices mais significativos de intemperismo químico, reflete as condições climáticas menos severas, maiores temperaturas e precipitações, incidentes nessa região, em relação à Antártica Continental (CAMPBELL; CLARIDGE, 1987).

Estudos conduzidos por Simas et al., 2007; 2008; 2015; Pereira et al., 2013; Michel et al., 2014; Lopes et al., 2017; Daher et al., 2019, entre outros, indicaram que os principais processos de formação de solo na península antártica são o tiomorfismo, a podzolização, a fosfatização, e a translocação de argilas. Sendo assim, as principais classes de solo incluem Arenosolos/Neossolos, Criossolos/Gelissolos, Leptossolos, Gleissolos e Cambissolos, todos com propriedades gélicas (orientação vertical de cascalhos, horizontes enterrados, ou solos com padrões), denotando uma diversidade pedológica. Esta pedodiversidade mantém relação estreita com a paisagem,

principalmente devido a dinâmica e recente exposição do material de origem (MACHADO et al., 2019).

Os Criossolos são caracterizados pela presença de permafrost até 1 ou 2 m de profundidade, com estrutura bem desenvolvida e ocorrem, principalmente, em morainas (Francelino et al. 2011). Os Leptossolos são formados a partir da exposição recente e retrabalhamento do material de origem, apresentam estrutura incipiente e ocorrem em plataformas soerguidas. Os Gleissolos se encontram próximos aos canais de degelo (MACHADO et al., 2019).

Os Neossolos caracterizam-se pela ausência de crioturbação e horizonte diagnóstico, e pouca diferenciação entre os horizontes, apresentam pouco ou nenhum desenvolvimento de estrutura, e ocorrem em baixas altitudes - terraços marinhos, vertentes suaves, tills e planícies aluviais - (MACHADO et al., 2019). Os Cambissolos também ocorrem em baixas altitudes, são marcados pela ausência de permafrost ou crioturbação, e apresentam estrutura moderada e textura mais fina (Francelino et al, 2011; Simas et al., 2015).

Segundo Machado et al. (2019), as áreas livres de gelo da Antártica apresentam os três sistemas abordados interagindo e coexistindo espacialmente, evoluindo para uma maior diversidade pedogeomorfológica. Para eles a pedogênese, em conjunto com a atividade biológica (microfauna e avifauna), configura-se, em circunstâncias de transição paraglacial, como possibilitador do estabelecimento periglacial. Deixam claro, ainda, que o soerguimento glacio-isostático, comum na região antártica, intensifica os processos de remoção dos sedimentos recém disponibilizados, acelerando a transição entre os três ambientes.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A revisão apresentada, baseada nos trabalhos que interrelacionam as influências do relevo perante as variações nos atributos do solo, evidencia a necessidade de que as pesquisas acerca de sistemas geomorfológicos e pedológicos se desenvolvam em convergência, para que a dinâmica evolutiva das paisagens, principalmente de ambientes polares, como a Antártica, seja interpretada. Ou seja, o entendimento da gênese, dinâmica e evolução das paisagens passa, necessariamente, pelo desenvolvimento de estudos que abordem de forma integradora a relação solo-relevo.

Reitera-se a complexidade das paisagens antárticas, observada a pluralidade de ambientes e as formas e processos a que estão condicionados, além da ocorrência de diversos tipos de solo, resultado da grande variabilidade de condições pedogenéticas. Ainda, ressalta-se a importância de continuidade e investimentos financeiros em pesquisas na região antártica, sobretudo pesquisas pedogeomorfológicas, para o avanço na compreensão das relações entre solo e relevo do continente gelado.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, D. E.; DOUDIE, A. S.; PARKER, A. G. **Global environments through the Quaternary** – exploring environmental change. United Kingdom: Oxford, Second Edition, 2013, 406p.
- BALLANTYNE, C. K. Paraglacial geomorphology. **Quaternary Science Reviews**, v. 21, 1935-2017, 2002.
- BALLANTYNE, C. K. Paraglacial geomorphology. In: ELLIAS, S. A.; MOCK, C. J. (Eds.) **Encyclopedia of Quaternary Science**. Elsevier, 2 ed., 553-565, 2013.
- BEYER, L.; BÓLTER, M. **Geocology of Antarctic Ice-Free Coastal Landscapes**. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2002. 420 p.
- BRENNAND, T. A. Glacifluvial. In: GOUDIE, A. S. (Ed.). **Encyclopedia of geomorphology**. London: Routledge, v. 1, 459-465, 2004.
- CAMPBELL, I. B.; CLARIDGE, G. G. C. **Antarctica: soils, weathering processes and environment**. Amsterdam: Elsevier, 1987. 367 p.
- CASTRO, S. S. de. Solo e relevo: pontos para um resgate histórico sobre o estudo das interrelações. **William Morris Davis - Revista de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, 2021, 1-36. <https://doi.org/10.48025/wmd.1.1.2020>
- CONACHER, A. J.; DALRYMPLE, J. B. The nine unit land surface model: An approach to pedogeomorphic research. **Geoderma**, 18:1-154, 1977.
- DAHER, M.; et al. Ornithogenic soils on basalts from maritime Antarctica. **Catena**, v. 173, 367-374, 2019.
- DANIELS, R. B.; et al. The relation between Geomorphology and Soil morphology and genesis. **Advances in Agronomy**, v. 23, 51-88, 1971. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60150-9](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60150-9)
- DANIELS, R. B.; HAMMER, R. D. **Soil geomorphology**. New York: John Wiley & Sons Inc., 1992. 236p.
- EMBLETON-HAMANN, C. Proglacial landforms. In: GOUDIE, A. S. (Ed.) **Encyclopedia of geomorphology**. London: Routledge, v. 2, 810-813. 2004.

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

FOX, A. J.; COOPER, P. R. Measured properties of the Antarctic Ice Sheet derived from the SCAR digital database. **Polar Record**, 30, 201, 1994.

FRANCELINO, M. R.; et al. Geomorphology and soils distribution under paraglacial conditions in an ice-free area of Admiralty Bay, King George Island, Antarctic. **Catena**, v. 85, 194-204. 2011.

GJORUP, D. F. **Soils and Geoenvironments of the northern part of Seymour (Marambio) island, Antarctica**. 2013. 117 f. Dissertação (Mestrado em Fertilidade do solo e nutrição de plantas; Gênese, Morfologia e Classificação, Mineralogia, Química,) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

HUBBARD, B.; GLASSER, N. **Field Techniques in Glaciology and Glacial Geomorphology**. Inglaterra: John Wiley & Sons Inc., 2005.

JENNY, H. Arrangement of soil series and types according to functions of soil-forming factors. **Soil Science**, v. 61, n. 5, 1946, 375-392.

KILIAN, J. Étude du milieu physique en vue de son aménagement. Conceptions de travail. Methodes Cartographiques. **Agron. Trop.**, 29(2,3), 1974.

LOPES, D. do V.; et al. Solos e Evolução da Paisagem em Ambiente Periglacial na Península Barton, Antártica Marítima. **Revista Do Departamento De Geografia**, (spe), 2017, 259-267. <https://doi.org/10.11606/rdg.voispe.132721>

MACHADO, M. de R.; et al. Paisagens polares não glaciais (proglacial, paraglacial e periglacial): revisão de conceitos e contribuições da pesquisa pedogeomorfológica brasileira. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, 20(3), 2019. <https://doi.org/10.20502/rbg.v20i3.1639>

MACHADO, D. F. T.; et al. A Geopedologia como abordagem metodológica para o levantamento de solos: uma breve discussão. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 23, n. 4, 1834-1857, 2022.

MATSUOKA, N. Monitoring periglacial processes: towards construction of a global network. **Geomorphology**, v. 80, 20-31, 2006.

MERCIER, D. Le paraglaciaire, évolution d'un concept. In: ANDRÉ, M. F.; et al. (Eds.). **Du continent au bassin versant** – théories et pratiques en géographie physique (Hommage au Professeur Alain Godard). Presses Universitaires Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, Collection 'Nature & Sociétés', v. 4, 341-353, 2007.

MICHEL, R. F. M.; et al. Active layer temperature in two Cryosols from King George Island, Maritime Antarctica. **Geomorphology**, v. 155-156, 12-19, 2012.

MICHEL, R. F. M.; et al. Soils and landforms from Fildes Peninsula and Ardley Island, Maritime Antarctica. **Geomorphology**, v. 225, 76-86, 2014.

MILNE, G. Some suggested units of classification and mapping particularly for East African soils. **Soil Research**, v. 4, 1935, 183-198.

- MOURA, P. A.; et al. Distribution and characterization of soils and landform relationship in Byers Peninsula, Livingston Island, Maritime Antarctica. **Geomorphology**, v. 155-156, 45-54, 2012.
- OTTO, J. C.; SMITH, M. J. Geomorphological mapping. **British Society for Geomorphology**, v. 6, 1-10. 2013.
- PEREIRA, T. T. C.; et al. Micromorphological and microchemical indicators of pedogenesis in ornithogenic cryosols (gelisols) of Hope Bay, Antarctic Peninsula. **Geoderma**, 193-194, 311-322, 2013.
- PERONDI, C.; et al. Caracterização geomorfológica das áreas livres de gelo na margem leste do campo de gelo Warszawa, Ilha Rei George, Antártica Marítima. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 20, n. 2, 411-426, 2019.
- POUQUET, J. Initiation géopédologique. Les sols et la géographie. SEDES, Paris, 1966.
- PRINCIPI, P. Geopedologia (Geologia Pedologica). **Studio dei terreni naturali ed agrari**. Ramo Editoriale degli Agricoltore, Roma, 1953.
- QUEIROZ NETO, J. P. de. **Análise estrutural da cobertura pedológica no Brasil**. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 21., Campinas: SBCS, Anais, 1987. p. 415-426.
- QUEIROZ NETO, J. P. de. Geomorfologia e Pedologia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 1, n. 1, 2000, 59-67.
- QUEIROZ NETO, J. P. de. Análise Estrutural da Cobertura Pedológica: Uma Experiência de Ensino e Pesquisa. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 15, 77-90, 2002.
- QUEIROZ NETO, J. P. de. Relações entre as vertentes e os solos: revisão de conceitos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 3, 2011, 15-24;
- ROSA, K. K. **Dinâmica Glacial, Sedimentológica e Variações Ambientais em Geleiras na Enseada Martel, Ilha Rei George, Shetlands do Sul**. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2012. 184 p.
- RUBIRA, F. G.; et al. Sistemas pedogeomorfológicos na interpretação da evolução de paisagens quaternárias em climas tropicais úmidos. **Mercator**, Fortaleza, v. 18, 2019. <https://doi.org/10.4215/rm2019.e18020>
- RUELLAN, A. Les apports de la connaissance des sols intertropicaux au développement de la pédologie: la contribution des pédologues français. **Catena**, Braunschweig, v. 12, n. 1, 1985, 87-98.
- RUELLAN, A.; et al. L'analyse structurale de la couverture pédologique. **Science du sol**, v. 27, 4:319-334, 1989.
- SALGADO, C. M. Pedogeomorfologia: uma nova disciplina para a análise ambiental. **Revista Tamoios**, ano II, n. 2, 32-39, 2005.

SIMAS, F. N. B.; et al. Ornithogenic cryosols from Maritime Antarctica: phosphatization as a soil forming process. **Geoderma**, 138: 191-203, 2007.

SIMAS, F. N. B.; et al. Genesis, properties and classification of Cryosols from Admiralty Bay, Maritime Antarctica. **Geoderma**, v. 144, 116-122, 2008.

SIMAS, F. N. B.; et al. Soils of the South Orkney and South Shetland Island, Antarctica. In: BOCKHEIM, J. G. (Ed.). **The soils of Antarctica**. World Soils Book Series, 227-273. 2015.

SIQUEIRA, R. G. **Solos, geoformas e interrelações da paisagem livre de gelo de Cape Lamb, Ilha Vega, Antártica**. 2019. 200 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2019.

SLAYMAKER, O. Criteria to distinguish between periglacial, proglacial and paraglacial environments. **Quaestiones Geographicae**, v. 30, n. 1, 85-94, 2011.

ZINCK, et al. (Ed.) **Geopedology: An integration of geomorphology and pedology for soil and landscape studies**. Springer International Publishing Switzerland, 2016.