

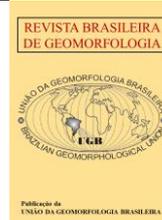


<https://rbgeomorfologia.org.br/>
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 24, nº ESPECIAL (2023)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v24i00.2327>



Artigo de Pesquisa

Morfopedologia: abordagem metodológica para estudos ambientais

Morphopedology: a methodological approach for environmental studies

Daniela Maimoni de Figueiredo ¹, Fernando Ximenes de Tavares Salomão ²

¹ Universidade Federal de Mato Grosso, Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos, Cuiabá, Brasil. E-mail: Dani_figueiredo@uol.com.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2229-0905>

² Universidade Federal de Mato Grosso, Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos, Cuiabá, Brasil. E-mail: Ximenes.salomao@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2356-6843>

Recebido: 07/12/2022; Aceito: 01/11/2023; Publicado: 12/12/2023

Resumo: A morfopedologia é uma abordagem metodológica que integra aspectos da pedologia, litologia e relevo, relacionáveis às dimensões temporal e antrópica. Os objetivos deste artigo são: i) apresentar uma síntese da construção dos conceitos e métodos sobre morfopedologia, por meio de revisão bibliográfica; ii) identificar e analisar as publicações sobre morfopedologia no Brasil com auxílio de bibliometria; iii) testar a metodologia mais recente em uma microbacia rural-urbana. No exemplo apresentado, o roteiro metodológico permitiu identificar cinco compartimentos morfopedológicos homogêneos, de extremamente suscetíveis à não suscetíveis à erosão, e como os resultados vêm subsidiando o planejamento ambiental. A bibliometria foi realizada em três portais de busca, considerando o tipo da publicação, ano, autores, instituições, Estados e tipo de abordagem dada à morfopedologia. No levantamento bibliométrico, foram encontradas 95 publicações, de 2003 a 2022, a maioria nos estados de Mato Grosso, Goiás e Paraná, em formato de artigo; 47,4% abordaram a morfopedologia como ferramenta em diagnósticos para planejamento ambiental. Constatou-se que existem lacunas em estudos morfopedológicos no país, principalmente em áreas agrícolas e urbanas, tendo como unidade as microbacias, que podem se constituir em importantes ferramentas de diagnóstico e subsídio ao planejamento de uso do solo e de recuperação de áreas degradadas.

Palavras-chave: Erosão; Planejamento Ambiental; Paisagem.

Abstract: Morphopedology is a methodological approach that integrates aspects of pedology, lithology, and topography, related to temporal and anthropic dimensions. The objectives of this article are: i) to provide a synthesis of the development of concepts and methods in morphopedology through a literature review; ii) to identify and analyze publications on morphopedology in Brazil using bibliometrics; iii) to test the most recent methodology in a rural-urban watershed. In the example presented, the methodological framework allowed for the identification of five morphopedological compartments, ranging from highly susceptible erosion to non-susceptible, and how the results have been supporting environmental planning. Bibliometrics were conducted in three search platforms, considering the publication type, year, authors, institutions, Brazilian States, and approach taken towards morphopedology. In the bibliometric survey, 95 publications were found from 2003 to 2022, with the majority in the states of Mato Grosso, Goiás, and Paraná, in the form of articles; 47.4% addressed morphopedology as a diagnostic tool for environmental planning. It was observed that there are gaps in morphopedological studies in the country, particularly in agricultural and urban areas, using watersheds as the unit, which can serve as important diagnostic tools and support for the land use planning and restoration of degraded areas.

Keywords: Erosion; Environmental Planning; Landscape.

1. Introdução

Diferentes formas de ocupação da terra para as atividades humanas, tanto no meio urbano como no rural, alteram a natureza dos principais componentes do meio físico e biótico, resultando em fenômenos que podem causar impactos sociais, ambientais e econômicos. Dentre os processos do meio físico, a erosão causada pela água da chuva, a erosão hídrica, constitui preocupação sempre presente em áreas antropizadas. O conhecimento das áreas suscetíveis ou potencialmente favoráveis à manifestação dos processos erosivos é fundamental para o planejamento da ocupação urbana e rural e para a adoção de práticas preventivas e/ou mitigadoras dos impactos e desastres socioambientais, especialmente em tempos de eventos extremos de precipitação em regiões tropicais, como em várias regiões do Brasil.

Este conhecimento pode ser obtido de forma prática e consistente com a adoção da morfopedologia (SALOMÃO, 1994; CASTRO; SALOMÃO, 2000). Conceitualmente, a morfopedologia é um ramo das geociências, que consiste em um método interdisciplinar de identificação e mapeamento de áreas homogêneas, baseado na relação entre a forma e declividade das vertentes, o substrato litológico, e a cobertura pedológica, geralmente aplicada ao posicionamento e a dinâmica dos escoamentos e dos aquíferos, nas quais as variações climáticas ao longo do tempo e as interferências da ocupação humana são fatores transversais revelados pelo uso e cobertura vegetal. Essas áreas relativamente homogêneas, conhecidas como compartimentos morfopedológicos (CMP ou CM), após sua delimitação cartográfica, devem ser analisadas de forma integrada, de maneira a interpretar o funcionamento hídrico, envolvendo as tendências à infiltração e escoamento das águas de chuva e/ou servidas, a relação com o nível freático, com a ocorrência de erosão linear na forma de ravinas e boçorocas (ou voçorocas) e o uso e cobertura vegetal.

Em termos de sua aplicação no estudo da erosão hídrica linear, a análise e interpretação do funcionamento hídrico das vertentes, portanto, constituem uma chave para a compreensão do comportamento dos terrenos em relação ao desenvolvimento dos processos do meio físico, como esse tipo de erosão, visando subsidiar a adoção de medidas que previnam, revertam ou mitiguem os processos erosivos, que comumente resultam em insegurança hídrica e alimentar e impactos e desastres socioambientais em áreas tanto urbanas como rurais. Dessa forma, a morfopedologia se torna uma ferramenta robusta de planejamento de uso e ocupação do solo urbano e rural, subsidiando a compreensão, prevenção, reversão e mitigação dos processos erosivos, que causam grande prejuízo aos solos e aos corpos d'água.

Quanto ao mapeamento das áreas homogêneas, ou seja, a identificação de compartimentos morfopedológicos (CM ou CMP) numa determinada área ou bacia hidrográfica, este é resultante da interação entre o substrato geológico, relevo e solos, que permitem interpretar o funcionamento hídrico de vertentes, constituindo-se em unidades tempo-espaciais e intrínsecas do meio físico (CASTRO; SALOMÃO, 2000). Cada compartimento morfopedológico apresenta, portanto, vertente com forma, declividade, cobertura pedológica, substrato geológico, que, conseqüentemente, condicionam o funcionamento hídrico específico (SALOMÃO, 1994). Dependendo da escala, um mesmo CMP pode apresentar diferentes vertentes, mas obedecendo a um determinado padrão topográfico e de um determinado funcionamento hídrico. Somente escalas de semidetalhe e mesmo detalhe permitem a representação cartográfica de CMP, por exemplo, das pequenas e por vezes médias microbacias hidrográficas.

Com relação à cobertura pedológica, a capacidade de infiltração e tendências de fluxos do escoamento das águas de chuva que atingem a superfície do terreno e infiltram na sua quase totalidade ou menos, dependem fundamentalmente dos atributos físico-hídricos dos horizontes pedológicos que compõem o *continuum* da vertente. Tais atributos físico-hídricos, envolvem principalmente a textura, estrutura e porosidade e apresentam especificidades dependentes da natureza pedológica resultante do material de origem (rocha ou sedimento) e dos processos pedogenéticos instalados. Uma determinada classe pedológica apresenta atributos e capacidade específica de infiltração, que sendo analisada de forma integrada com as características topográficas, do *continuum* da cobertura pedológica e do substrato geológico, permitem interpretar as tendências do funcionamento hídrico da vertente, e, conseqüentemente, de cada compartimento morfopedológico.

A caracterização dos CMP e elaboração do Mapa Morfopedológico envolvem uma série procedimentos metodológicos, descritos e exemplificados no item 2, a seguir, como um dos objetivos do presente artigo, que apresenta ainda um breve histórico da construção da morfopedologia no Brasil (como destaca o item 3). Esse artigo objetivou também identificar e analisar quali-quantitativamente os principais estudos morfopedológicos publicados, entre 2003 e 2022 (item 4), por auxílio de bibliometria, no intuito de mostrar a produção científica sobre

o tema no País, em geral, e em cada Estado, em particular, as lacunas existentes e as diferentes abordagens possíveis em estudos que adotam a morfopedologia.

2. O método morfopedológico

O primeiro roteiro metodológico para a realização de estudos morfopedológicos foi proposto, de maneira simplificada, por Castro e Salomão (2000), no qual eles definem cinco níveis:

- i) compartimentação morfopedológica na escala regional/sub-regional;
- ii) caracterização do sistema pedológico, na escala local, representativo do CMP selecionado, na forma de topossequências;
- iii) estudo do comportamento físico-hídrico de cada sistema na escala local, através de registros físico-hídricos da topossequência;
- iv) generalização dos resultados na escala regional/sub-regional; e
- v) planejamento de uso do solo corretivo/preventivo com especial atenção para as áreas mais sensíveis.

Posteriormente, Salomão (2012) detalhou o proposto acima e definiu procedimentos que permitem a determinação de diferentes classes de suscetibilidade à erosão linear por ravinas e boçorocas (ou voçorocas), que serão, a seguir, resumidamente apresentados, obedecendo uma sequência lógica ideal de atividades.

De acordo com Salomão (2012), inicialmente, deve-se ter à disposição dados topográficos, geológicos, geomorfológicos e pedológicos da área objeto em escalas de maior detalhe possível, idealmente 1:100.000 ou 1:50.000. Em casos excepcionais, pode-se usar 1:250.000 se não houver documentos cartográficos disponíveis nas escalas anteriores. Esses dados devem ser analisados com o apoio da interpretação de imagens de satélite, preferencialmente de alta resolução espacial, e de fotografias aéreas disponíveis, se disponíveis.

Após prévia avaliação desses dados, deverão ser realizados levantamentos em campo visando o reconhecimento dos limites da área de trabalho e a identificação das litologias existentes e respectivas relações com a declividade/forma da vertente, e com os tipos de solo, obtendo-se, dessa maneira, uma visão inicial dos diferentes CMP existentes, bem como sua predisposição à manifestação dos processos erosivos influenciados pelas formas de uso do solo. É possível delimitá-los sobre as imagens ou fotos aéreas e validá-los em campo. Nesse sentido, antecedendo as campanhas de campo, recomenda-se escolher os locais a serem identificados, vistoriados e interpretados. Alguns pontos de referência com coordenadas de sistema de referência (e.g. geográficas, UTM) devem ser definidos por meio da observação de imagem, e, em seguida, lançados no GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite), previamente configurado.

Em seguida, deve-se realizar cuidadoso levantamento em campo, utilizando-se de trado voltado à investigação do solo, com apoio de GNSS de boa precisão para situar com exatidão cada ponto. Recomenda-se para tal, percorrer todas as vertentes da bacia e, para cada porção do terreno, sob o domínio de uma determinada litologia e intervalo de declive previamente determinado, deve-se identificar o tipo de solo existente, as características morfológicas dos seus horizontes e a posição aproximada do nível freático. Essa investigação pedológica deve ser realizada com base na descrição de amostras coletadas por tradagem manual e descrição dos horizontes pedológicos eventualmente expostos em taludes de cortes do terreno, e, se necessário, em trincheiras abertas em locais selecionados. As características morfológicas que tenham relação com a capacidade de infiltração/percolação e escoamento das águas pluviais devem ser criteriosamente descritas, destacando-se a cor, textura, estrutura (esta nos perfis expostos apenas) e porosidade, além de feições pedológicas indicadoras da migração e/ou retenção de água no solo, tais como: gleização, plintita, concreção e couraça ferruginosa (ferricrete).

Concluídas as investigações pedológicas em campo, busca-se, para cada CMP, a definição de critérios seguros voltados à sua delimitação cartográfica final, considerando-se a homogeneidade relativa dos terrenos envolvendo aspectos do meio físico, privilegiando a declividade e forma das vertentes, a cobertura pedológica, as características litológicas do substrato rochoso e a dinâmica do funcionamento hídrico. Pontos de controle, na transição dos CMP, devem ser tomados com as coordenadas armazenadas no GNSS. Esses pontos, após caracterização em campo, devem ser identificados na imagem de satélite, servindo de orientação no ajuste preciso dos contornos dos CMP.

Após elaboração do mapa morfopedológico e interpretação e análise de cada CMP em relação ao funcionamento hídrico, passa-se à determinação da sua suscetibilidade à erosão linear. A suscetibilidade à erosão linear (sulcos, ravinas e boçorocas/voçorocas) deve ser interpretada com base nas características hidráulicas dos materiais da(s) zona(s) de percolação das águas superficiais e subsuperficiais, e nas características do gradiente hidráulico, ou melhor, do comportamento piezométrico do nível freático. Essas características podem ser

interpretadas com base no conhecimento da cobertura pedológica e substrato rochoso, desde que a abordagem se estenda à vertente como um todo, conhecendo-se os diferentes materiais que a constituem e suas características direta e indiretamente relacionadas com a circulação da água. Isto contribui para a determinação de áreas relativamente homogêneas mais precisa, por meio da análise integrada da paisagem, ponderando-se o comportamento das águas no terreno. Esse conhecimento integrado permite ainda a configuração de hipóteses sobre o funcionamento hídrico de vertentes e a determinação de diferentes classes de suscetibilidade ao desenvolvimento de erosões lineares na forma de sulcos, ravinas e boçorocas(voçorocas), segundo Salomão (2012), resumidas a seguir:

- **Classe I (Extremamente Suscetível a Sulcos, Ravinas e Boçorocas):** Áreas favoráveis à instalação de fenômenos de *piping*, onde os processos de boçorocamento se desenvolvem logo após a destruição da cobertura vegetal natural, independentemente das formas de ocupação. Em geral, essas áreas situam-se em continuação de nascentes, fundo de vales, cabeceiras de drenagem, e em setores da vertente que apresentem aquífero freático raso ou mesmo aflorante, com potencial de desenvolver sulcos e ravinas com o simples desmatamento, que, em caso de ocorrência, podem interceptar o lençol e favorecer o fenômeno de *piping*.
- **Classe II (Muito Suscetível a Sulcos e Ravinas e Pouco Suscetível a Boçorocas):** São áreas favoráveis à concentração de fluxos d'água, onde os processos de ravinamento se desenvolvem em função da ocupação do solo, a partir de pequena concentração das águas de escoamento superficial. Fenômenos de *piping* condicionando ou desenvolvimento de boçorocas somente são observados quando as ravinas se aprofundam e interceptam o aquífero freático.
- **Classe III (Moderadamente Suscetível a Sulcos e Ravinas e Pouco Suscetível a Boçorocas):** São áreas bem drenadas, de dispersão dos fluxos d'água, e com elevadas permeabilidades até grandes profundidades, que facilitam a infiltração das águas de chuva. Os processos erosivos por ravinamento ocorrem condicionados a grandes concentrações das águas de escoamento superficial que, devido a determinadas formas de ocupação, favorecem a sua condução, como por exemplo, ruas, caminhos, trilhas, estradas. Fenômenos de *piping*, desenvolvendo boçorocas, somente se manifestam quando o aprofundamento das ravinas interceptar o nível freático.
- **Classe IV (Suscetível a Ravinas e Não Suscetível a Boçorocas):** São áreas favoráveis à concentração dos fluxos d'água, entretanto, a cobertura pedológica apresenta profundidade relativamente pequena, ou presença de camada subsuperficial resistente ao aprofundamento das ravinas impedindo a interceptação de aquífero freático eventualmente presente.
- **Classe V (Não Suscetível a Sulcos, Ravinas e Boçorocas):** São áreas de agradação, constituídas por terrenos aplainados, desfavorecendo o escoamento das águas superficiais, mesmo quando submetidos a diferentes formas de ocupação, e que apresentam gradientes hidráulicos subterrâneos muito baixos, incapazes de gerar fenômeno de *piping*.

3. Breve histórico da morfopedologia no Brasil

Os atuais conceitos de morfopedologia, como expostos partiram da evolução gradativa de pesquisas no campo da Geografia Física, mescladas com o estudo de ecossistemas pela Ecologia de paisagens ou Ecogeografia, como discutido por Tricart e Kilian (1979). Tais conceitos estão relacionados às teorias que procuraram demonstrar a interrelação entre os meios físico e biótico de sistemas naturais apresentados por autores diversos, especialmente a partir do século XIX, em particular com o conceito de *ecossistema*. Este foi proposto pelo britânico Tansley, mas enunciado no final do século XIX por cientistas alemães, americanos e russos com a denominação de *biocenose* (ODUM, 1988).

Os ecossistemas são compreendidos como a unidade funcional básica da Ecologia, ciência que estuda a relação dos seres vivos com seu meio ambiente e entre si. Tansley (1935) conceitua ecossistemas como: “conjunto de seres vivos mutuamente dependentes uns dos outros e do meio em que vivem”. Isto implica em considerar que as unidades morfopedológicas, ou CMP, podem ser abordadas como ecossistemas, a exemplo da abordagem feita por Lopes e Castro (2004) em uma microbacia de Goiás.

Tanto o conceito de ecossistema como de unidade ou sistemas morfopedológicos, como denominado por esses autores, se referem à aplicação de métodos que visam avaliar as relações do meio físico para avaliar suas relações

com o meio biótico. Por incluir a subsuperfície e os aspectos tridimensionais do meio físico, visando a identificação e compreensão da estrutura e funcionamento de compartimentos de relevo e/ou unidades de paisagem, a morfopedologia propõe abordar a relação entre o tipo de solo com as rochas e relevo, visando principalmente analisar o funcionamento hídrico e avaliar o potencial erosivo.

Castro e Salomão (2000) mencionam que a morfopedologia vem sendo pensada, testada e aprimorada há algum tempo, inicialmente por Ab'Sáber (1969), embora sem utilizar essa denominação, ao considerar três níveis sucessivos e diferenciados para a melhor compreensão do meio físico de uma dada área: o primeiro nível está relacionado ao conhecimento dos compartimentos topográficos, que irão revelar a configuração e a distribuição espacial das formas de relevo; o segundo nível refere-se aos estudos das formações superficiais; e o terceiro é referente aos processos que atuaram na elaboração das formas (morfogênese) ao longo do tempo (morfochronologia) (SILVA, 2019). Esses níveis demonstram que, antes da proposição do termo morfopedologia, a abordagem integrada do meio físico já era considerada e contribuiu para fortalecer a gradativa construção do conceito de morfopedologia.

No livro *Ecodinâmica* (TRICART 1977), publicado no Brasil, o autor “fundamenta o conceito de Unidades Ecodinâmicas e propõe a compartimentação da paisagem, enfatizando uma abordagem integrada que ressalte as relações do meio físico/biótico com as atividades antropogênicas”. Dois anos depois, Tricart e Killian (1979), sintetizando os conhecimentos até então, cunharam o conceito de Morfopedologia como “porções do território onde coexistem determinadas unidades geomorfológicas e de solos correspondentes, caracterizados a partir de processos complexos de morfogênese e pedogênese associados uns em relação aos outros”. Os autores propõem uma abordagem que permite estabelecer e delimitar cartograficamente superfícies ou compartimentos, a partir da análise integrada de paisagens, baseada no arcabouço teórico da ecogeografia, visando, em especial, o melhor conhecimento das interações entre solo e relevo para a interpretação da morfogênese e pedogênese.

Na década de 1980, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), em projetos aplicados à Geologia de Engenharia, principalmente na temática de erosão hídrica, inclusive na elaboração de cartas geotécnicas, adotou o conceito de Geopedologia, diferente do conceito original) que deriva de Geomorfopedologia (IPOLITTI, 1956), elaborando cartas geopedológicas cujas unidades eram entendidas como “unidades relativamente homogêneas que integram o substrato geológico, formas e feições do relevo e tipos pedológicos” (SALOMÃO, 1994), as quais viriam posteriormente a ser denominadas como unidades morfopedológicas.

Baseado nos estudos anteriormente citados, foi Salomão (1994), em seu trabalho voltado aos processos erosivos lineares em São Paulo, que acrescentou um quarto nível ao entendimento do meio físico (SILVA, 2019). Tal categoria está relacionada à generalização cartográfica, sendo considerada instrumento básico para as ações de controle dos processos erosivos, como resultado da superposição de dados morfológicos do relevo, litológicos (substrato rochoso) e pedológicos (solos) (SILVA, 2019). Salomão (1994) adaptou a já citada proposta de Ab'Sáber à pesquisa sobre os fenômenos erosivos lineares que ocorriam no platô de Bauru (SP), tanto na área com uso urbano como rural, produzindo, de forma inédita, um mapa morfopedológico aplicado a estudos dos processos do meio físico, especialmente erosão, e sua utilização a projetos voltados ao planejamento urbano e rural.

Castro e Caseti (1997) realizaram estudo adaptado a uma pesquisa sobre comportamento de compartimentos morfopedológicos face à erosão linear (sulcos, ravinas e voçorocas) em áreas urbanas e rurais. Esses autores buscaram identificar indicadores diagnósticos e prognósticos do meio físico da bacia do Alto Rio Araguaia, em Mato Grosso.

Castro e Salomão (2000) traçaram um histórico da construção da morfopedologia no Brasil, demonstrando a influência da escola francesa, em particular do trabalho de Baize (1980) nos estudos geomorfológicos realizados no estado de São Paulo, por Ross (1997) e Ross e Moroz (1997), e da relação entre pedologia e geomorfologia, como no trabalho de Nakashima (1999) no Paraná. Os autores utilizam ainda o conceito de compartimentos morfopedológicos como fisionomias (externalidade) do meio físico biótico e abiótico que revelam um tipo reconhecível e delimitável de porções do relevo, suportado por organizações/estruturas litológicas e pedológicas (internalidade), cujos atributos e funcionamentos refletem consonância histórico-evolutiva, no tempo e no espaço (FARIA et al., 2013).

Vários estudos se seguiram com base na morfopedologia. Dentre eles vale destacar o estudo desenvolvido por Lopes (2001) na área periurbana de Goiânia (GO), em duas sub-bacias. Através da petrografia das rochas, bem como do estudo morfopedológico em escala de detalhe e da ênfase na caracterização macro e micromorfológica, mineralógica, física e química dos solos, a autora pode compreender sua gênese e evolução, sua filiação com as

diversas litologias e suas suscetibilidades erosivas, o que se revelou particularmente útil como subsídio ao planejamento do uso e ocupação periurbanas da região metropolitana de Goiânia. Este trabalho, entre outros citados por Castro e Salomão (2000), foi sintetizado e analisado quanto aos ganhos metodológicos e novas perspectivas de pesquisas e suas aplicações. Em sua maioria, esses estudos foram desenvolvidos no âmbito do Laboratório de Pedologia do Departamento de Geografia da USP (LABOPED), em parceria com o Agrupamento de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (AGAMA-IPT), e com pesquisadores franceses em convênio CAPES x COFECUB (*Comité Français pour l'Évaluation de la Coopération avec les Universités Brésiliennes*), a exemplo dos trabalhos de Castro (1990), Salomão (1994), Oliveira (1994), entre outros.

Desde então, houve uma disseminação desse método de abordagem morfopedológica no Brasil. Inúmeros estudos foram desenvolvidos até os dias atuais, com diferentes aplicações e abordagens da morfopedologia em diferentes regiões do país e instituições acadêmicas, cuja análise bibliométrica é apresentada a seguir.

4. Bibliometria: panorama quali-quantitativo dos estudos morfopedológicos publicados no Brasil, de janeiro de 2003 a julho de 2022

4.1. Material e Métodos

Com o intuito de apresentar um panorama das publicações científicas brasileiras sobre morfopedologia, foram efetuadas buscas nas plataformas Periódicos Capes, Scielo e Google Acadêmico, com o uso dos termos morfopedologia e morfopedológico, em português e em inglês, de 2003 até julho de 2022. Optou-se por iniciar em 2003, pois praticamente todos os trabalhos se datavam a partir desta data, sendo apenas dois registrados na década de 1990, mas provavelmente não retratam as publicações desse período que, ao que tudo indica, não está devidamente registrado nas plataformas de busca, tendo em vista os estudos mencionados no item 3 e a revisão apresentada por Castro e Salomão (2000) e no item 3 do presente estudo.

Além dessas buscas foi realizado um refinamento, identificando novas referências citadas nos próprios trabalhos encontrados, que não constavam nas três plataformas consultadas no período considerado. As que foram encontradas foram quantificadas e classificadas nas categorias a seguir, juntamente com as demais:

- a- Tipo de publicação: artigo, tese, dissertação ou boletim técnico;
- b- Nome do primeiro autor e da instituição a qual pertence, o nome do primeiro e do segundo autores do trabalho, no caso de apenas dois autores, e o nome do autor, do orientador e do co orientador, no caso de teses/dissertações;
- c- Ano da publicação;
- d- Categoria da publicação com relação à abordagem e/ou aplicação da morfopedologia:
 - d.1. - Identificação de compartimentos morfopedológicos com diagnósticos e aplicação em Planejamento/Prevenção de erosão;
 - d.2. - Diagnóstico da erosão do solo e degradação da vegetação, com identificação de conflitos e como subsídios para recuperação;
 - d.3. - Produção agrícola/extrativista ou de tipos de vegetação em relação aos compartimentos morfopedológicos;
 - d.4. - Zoneamento, avaliação de impactos e planejamento urbano;
 - d.5. - Outros estudos morfopedológicos (morfopedologia como metodologia secundária no trabalho ou como um dos métodos adotados dentre outros).
- e- Estudos que adotaram a bacia hidrográfica como unidade dentre os estudos mencionado acima (d.1-d.4).

Vale destacar que teses/dissertações, mesmo que algumas tenham sido publicadas em artigos, estando disponíveis apenas nos repositórios dos programas de pós-graduação, foram quantificadas como uma publicação, tendo em vista seu acesso público e menção nas plataformas de busca, independente se parte ou todo o trabalho tenha sido publicado em artigo com outros autores (geralmente o orientador).

4.2. Resultados

O levantamento bibliométrico sobre morfopedologia no Brasil resultou em 95 resultados dentre as categorias de artigos, teses/dissertações e boletins técnicos, divididos nas cinco categorias propostas, de acordo com a abordagem adotada para a morfopedologia propostos neste trabalho (Figura 1).

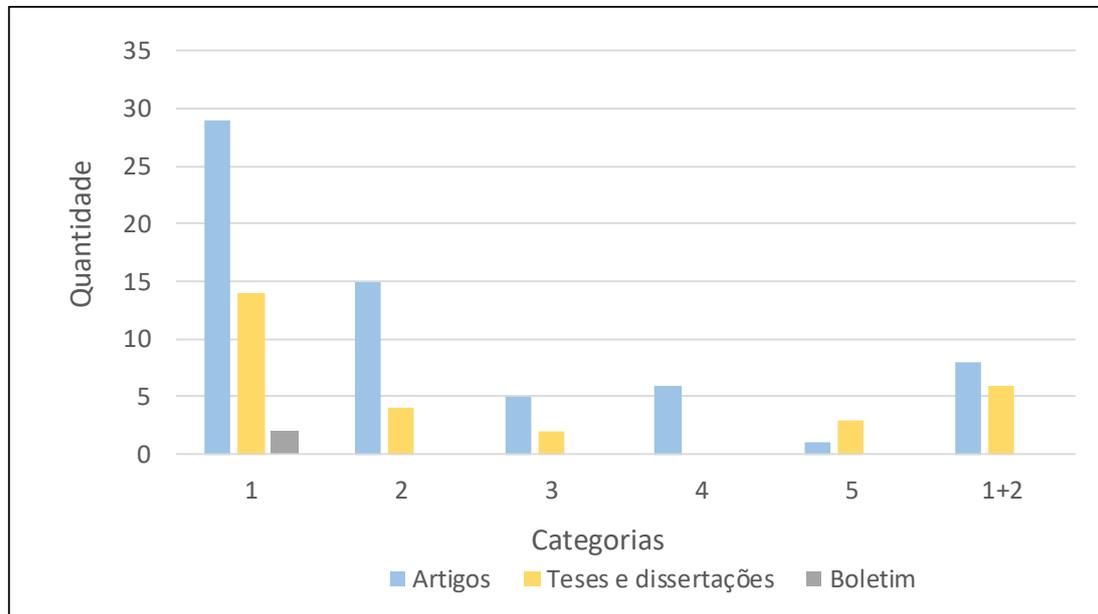


Figura 1. Resultado dos estudos morfo-pedológicos desenvolvidos no Brasil, em forma de artigos, teses/dissertações e boletins, de janeiro de 2003 a julho de 2022. Legenda: categorias dos estudos de acordo com a temática/abordagem: 1. Identificação de compartimentos morfo-pedológicos com diagnósticos e aplicação em planejamento/prevenção de erosão; 2. Diagnóstico da erosão do solo e degradação da vegetação, com identificação de conflitos e como subsídios para recuperação; 3. Produção agrícola/extrativista ou de tipos de vegetação em relação aos compartimentos morfo-pedológicos; 4. Zoneamento, avaliação de impactos e planejamento urbano; 5. Outros estudos morfo-pedológicos (morfo-pedologia como metodologia secundária no trabalho ou como um dos métodos adotados dentre outros).

Os artigos científicos da categoria 1 foram os que mais se destacaram na produção científica da morfopedologia no Brasil (47,4%). Isso indica sua importância na realização de diagnósticos para planejamento ambiental, fundamental na prevenção de processos erosivos e no ordenamento territorial. Em seguida, estão os estudos relacionando o meio físico com a vegetação, tanto para diagnóstico quanto para subsidiar a recuperação ambiental, em grande parte também publicados em artigos científicos (20%). As categorias 1 e 2 também aparecem mescladas em alguns trabalhos (Figura 1), nos quais a identificação dos compartimentos morfo-pedológicos considerou a vegetação como parte dos critérios para o mapeamento (14,7%). Os estudos morfo-pedológicos em áreas agrícolas e urbanas são escassos (categorias 3 e 4; 13,7%), demonstrando uma importante lacuna em áreas geralmente críticas quanto aos processos erosivos resultantes de intensos usos do solo. A atividade agropecuária é o principal uso do solo na maior parte do país, tendo relação direta com o aumento acelerado e descontrolado do desmatamento nos últimos anos, principalmente nos biomas cerrado e floresta amazônica (MAPBIOMAS, 2021). Com relação às áreas urbanas, a grande maioria das cidades brasileiras foi construída com base em um modelo de ocupação desconectado do funcionamento das drenagens e fragilidades do solo.

As vertentes, as nascentes produtoras de água, as matas ciliares protetoras, as áreas úmidas brejosas retentoras de enxurradas e armazenadoras de água, as encostas com vegetação nativa estão sendo continuamente degradadas e alteradas, tanto nas áreas urbanas como rurais, levando à perda da água e processos erosivos. Somados a estes fatores de ocupação antrópica, têm-se as mudanças climáticas, que estão acelerando e amplificando esses processos nessas áreas, causando grandes prejuízos e tragédias socioambientais, fartamente noticiadas na mídia nos períodos de chuva, que geralmente afetam a população de baixa renda, que vive em áreas de risco de desmoronamento, deslizamento e alagamento.

Com relação às publicações técnicas, o único boletim técnico disponível nas plataformas de busca foi publicado pelo Centro de Pesquisas de Solo da Embrapa, realizado no Rio de Janeiro (FERRAZ et al., 2003). No entanto, vários estudos técnicos adotando a morfopedologia como ferramenta de planejamento ambiental em políticas públicas foram desenvolvidos por pesquisadores da área, nem sempre disponíveis para acesso público ou nas plataformas acadêmicas de busca, a exemplo dos seguintes estudos técnicos, entre muitos outros:

- Caracterização morfopedológica, interpretação do funcionamento hídrico da cobertura pedológica e avaliação hidrogeológica para implantação de aterro sanitário no município de Alta Floresta (MT) (CUTRIM et al., 2011).
- Caracterização e delimitação cartográfica de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e de Zonas de Interesse Ambiental (ZIAs) na área urbana de Cuiabá (IPEM/Prefeitura Municipal de Cuiabá, 2008);
- Diagnóstico e prognóstico dos processos do meio físico e dos impactos ambientais nos recursos hídricos das Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos Alto Paraguai Médio (P2), Alto Paraguai Superior (P3) e Alto e Médio Cuiabá (P4), como parte dos Planos de Recursos Hídricos, um dos instrumentos de gestão definidos pela Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433 de 1997 (em fases de aprovação/construção).

Quanto aos estudos acadêmicos que adotaram a bacia hidrográfica ou microbacia como unidade, foram contabilizados 33 artigos e 14 teses/dissertações, ou seja, 49,5% do total, a grande maioria nas categorias 1 e 2, como especificado na Figura 1. As bacias hidrográficas são unidades funcionais e naturalmente delimitadas na paisagem, que podem ser conceituadas e abordadas com diferentes enfoques, de acordo com a área do conhecimento, mas sua compreensão requer, quase sempre, a integração dos aspectos do meio físico, biótico e socioeconômico. São ainda unidades de planejamento e gestão dos recursos hídricos, conforme estabelecido pela Lei nº 9.433 de 1997 (BRASIL, 1997). Nas bacias hidrográficas, a aplicação da morfopedologia como método de diagnóstico e de planejamento é uma poderosa ferramenta de gestão dos usos do solo e da água, como citado anteriormente e no estudo de caso no item 5 deste artigo.

Com relação à espacialização dos estudos no país, cerca de 64,2% foram realizados nos estados de Mato Grosso, Goiás, Ceará e Paraná (Figura 2). Observa-se que, além da lacuna espacial de estudos em áreas agrícolas e urbanas, há também uma lacuna em relação aos estados brasileiros. De acordo com Pronasolos (2020) a suscetibilidade e vulnerabilidade à erosão hídrica é de média à alta em quase todas regiões e Estados do país, com destaque ao Rio Grande do Norte, Pernambuco, Alagoas, Bahia, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul, onde estudos com abordagem morfopedológica poderiam contribuir para a identificação e proteção das áreas mais suscetíveis e recuperação das áreas mais alteradas pelos processos erosivos.

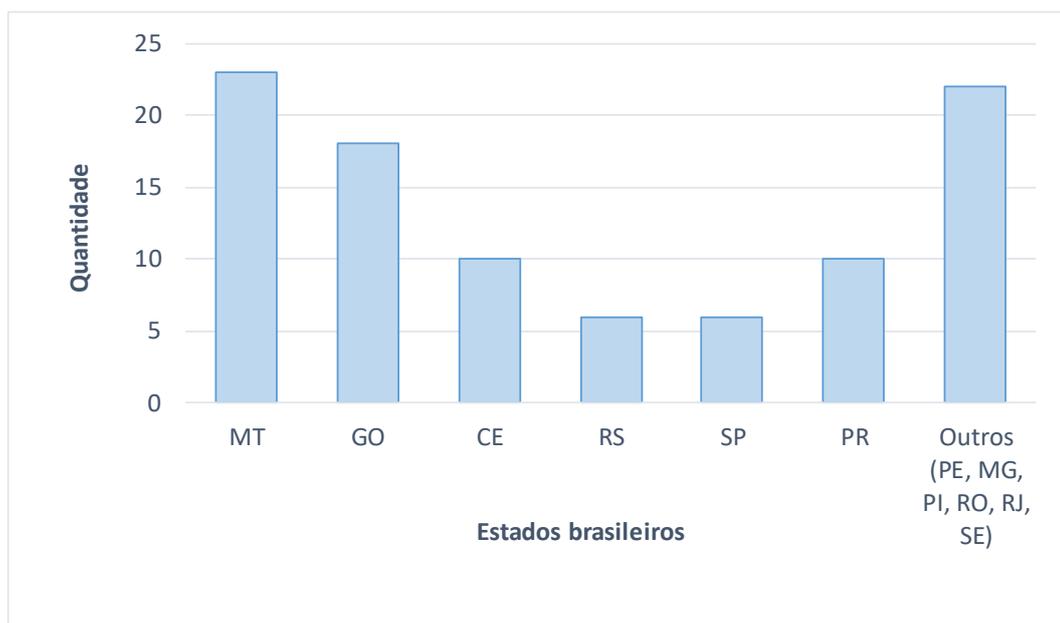


Figura 2. Distribuição dos estudos morfopedológicos realizados em diferentes Estados brasileiros, de janeiro de 2003 a julho de 2022.

A distribuição dos estudos ao longo do período avaliado, de 2003 a 2022, está representada na Figura 3. O aumento nas publicações de 2011 até 2015, observado também em outras áreas do conhecimento, coincidem com o aumento do orçamento e investimento públicos na ciência (JORNAL DA USP, 2021).

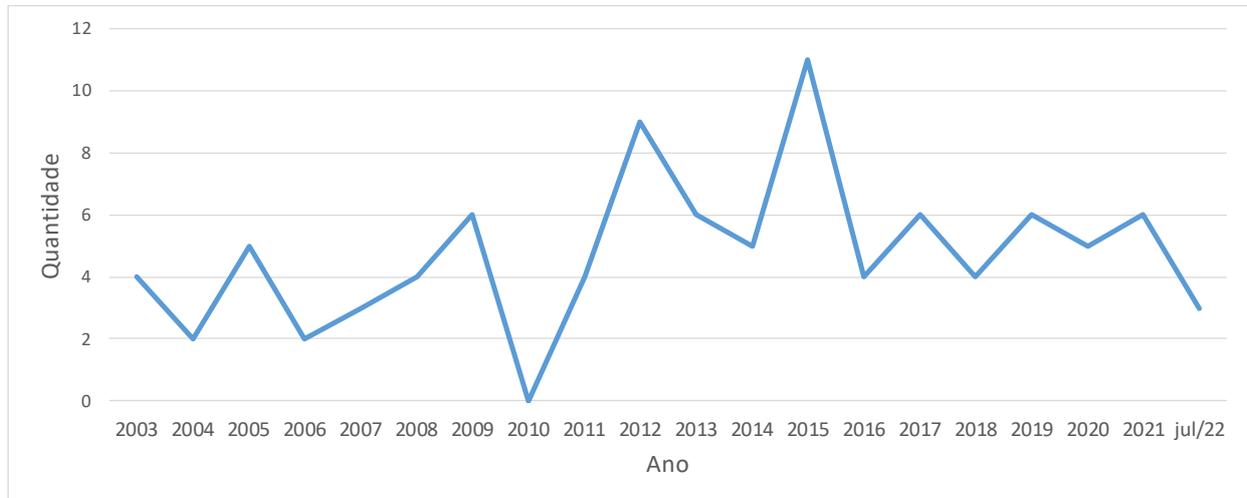


Figura 3. Quantidade de estudos morfoopedológicos publicados anualmente no Brasil, de janeiro de 2003 a julho de 2022.

No Quadro 1 é apresentado o nome dos principais autores com mais publicações em morfoopedologia e as instituições às quais pertencem. A quantidade de estudos desenvolvidos nessas instituições corrobora com a quantidade de estudos realizados nos Estados em que estão localizadas (Figura 2). Dentre os autores, destacam-se F.X.T Salomão e S.S. Castro, pioneiros nos estudos morfoopedológicos no Brasil. Isso revela que os investimentos e políticas públicas, mesclados com pesquisadores que representam pontos focais numa determinada região, são fatores importantes para o desenvolvimento e descentralização da produção científica no país, para além do eixo sul-sudeste, em geral, e da morfoopedologia, em particular.

A grande maioria dos autores que mais publicaram atua em programas de pós-graduação em universidades públicas, onde se concentra grande parte da produção científica do país e onde são formados novos pesquisadores e professores, com potencial para adotar a morfoopedologia como embasamento teórico-técnico em geociências, como prática de ensino e como ferramenta para a realização de novas pesquisas. Isto ficou evidenciado na quantidade de publicações de 11 pesquisadores, que atuam nas mesmas universidades ou no mesmo Estado de atuação dos cinco primeiros, em particular em Mato Grosso, Goiás e Paraná.

Quadro 1. Nome dos autores, instituições da qual fazem parte e número de publicações em artigos (autor principal ou coautor) ou como orientadores e co orientadores de teses/dissertações.

Nome do autor	Instituição	Nº de publicações/orientação/coorientação
Salomão, F.X.T.	Universidade Federal de Mato Grosso	9
Castro, S.S.	Universidade Federal de Goiás	6
Cunha, J.E.	Universidade Estadual do Oeste do Paraná	5
Rocha, A.S.	Universidade Estadual de Maringá	4
Souza, J.C.	Universidade Federal de Goiás	
Jesuz, C.R.	Universidade Federal de Mato Grosso	3
Machetto, M.		
Peulvast, J.P.	Universidade Federal do Ceará	
Nóbrega, M.T.	Universidade Estadual de Maringá	
Cabral, I.L.L.	Universidade de São Paulo	

Nakashima, P.	Universidade Estadual de Maringá	
Silva, I.B.	Universidade Estadual do Ceará	
Lopes, L.M.	Universidade Federal de Goiás	
Oliveira, M.G.		2
Fernandes, E.	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	
Suertegaray, D.M.		
Bétard, F.	Sorbonne	
Pinheiro, F.S.A.		
Silva, I.B.	Universidade Federal do Ceará	
Lourenço, R.W.	Universidade Estadual Paulista	
Sales, J.C.A.		
Lima, J.A.		
Ribeiro, J.C.	Universidade Federal de Mato Grosso	
Faria, T.O.		
Bayer, M.		
Carvalho, T.M.	Universidade Federal de Goiás	
Sousa, M.P.		
Amorim, R.F.	Universidade Federal do Rio Grande do Norte	
Mendes, L.M.		
Demais autores	Universidade Estadual do Ceará	

5. Exemplo da aplicação do método morfopedológico em uma microbacia rural-urbana

Visando exemplificar o roteiro metodológico descrito anteriormente, é apresentado a seguir um estudo da aplicação da morfopedologia em uma microbacia rural-urbana, para a identificação e mapeamento de compartimentos morfopedológicos, demonstrando a homogeneidade dessas unidades e a importância da dessa aplicação como ferramenta de diagnóstico e subsídio ao planejamento e recuperação ambiental.

A abordagem morfopedológica em microbacias reveste-se de importância, pois permite a identificação de compartimentos morfopedológicos praticamente homogêneos em seu interior, tendo em vista a escala de detalhe adotada. Alguns estudos morfopedológicos em microbacias já foram realizados no Brasil com sucesso, a exemplo dos trabalhos de Turini et al. (2022), Benincá e Martins (2019), Luz et al. (2015), Laet e Salomão (2009), Silva e Corrêa (2007), Lopes e Castro (2004), dentre outros.

A microbacia escolhida como exemplo é a do córrego do Meio (Figura 4), localizada no município de Reserva do Cabaçal (MT), com área de drenagem de cerca de 5.655 km². Esse córrego é afluente do rio Cabaçal, que por sua vez deságua pela margem direita do rio Paraguai, principal rio formador da planície do Pantanal Mato-grossense em Mato Grosso.

A vegetação nativa do município de Reserva do Cabaçal caracteriza-se por Cerradão com Floresta Estacional e com ocorrência de elementos de Floresta Ombrófila, em ambientes preservados; em áreas modificadas pelo uso e ocupação, há vestígios de Cerrado, Campo sujo, Campo limpo e áreas de pastagens (BARROS, 2009). Atualmente, a vegetação original foi praticamente suprimida ou está em recuperação, principalmente nas áreas de cabeceira de drenagem com maior declividade, que são mananciais de abastecimento público da cidade. A vegetação primária foi substituída por pastagens, com o predomínio de cobertura vegetal rasteira e pequenos arbustos, que tem como principal objetivo o pastoreio do gado. Os solos são profundos, bem drenados, de média e baixa fertilidade, ligeiramente ácidos, com médio teor de matéria orgânica nos horizontes superficiais e recebem um incremento anual de resíduos orgânicos provenientes da deposição de folhas durante a estação seca (CARVALHO, 2003).

A região onde está localizada a microbacia do Córrego do Meio foi colonizada a partir da década de 1960, sem nenhum planejamento ambiental para uso do solo, resultando em pura supressão da vegetação, inclusive em Áreas de Preservação Permanente (matas ciliares, encostas íngremes e nascentes) e intensos processos erosivos lineares. Atualmente, o município de Reserva do Cabaçal-MT, cuja sede está localizada nas coordenadas geográficas

Latitude 15°04'47" sul e Longitude 58°27'59" oeste, possui uma população de cerca de 2.300 habitantes, caracterizada por pequenos produtores que trabalham no regime de agricultura de subsistência com pequenas plantações (milho, feijão, banana) e exploram a pecuária de leite e corte, além da suinocultura e avicultura (CURVO, 2008), sendo que na microbacia estão localizadas partes da zona rural e urbana.

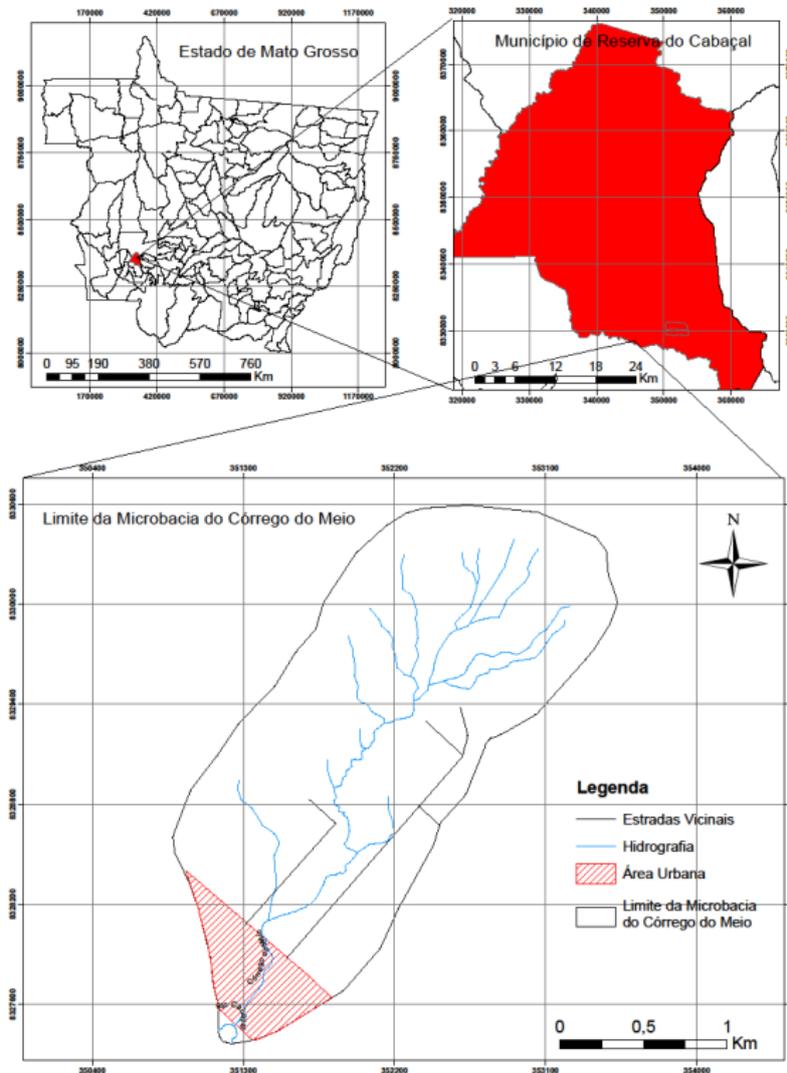


Figura 4. Localização da microbacia do Córrego do Meio, município de Reserva do Cabaçal (MT). Fonte: Araújo (2014).

Na bacia foi possível identificar em campo rochas do embasamento Paleoproterozóico (Tonalito Cabaçal), sobrepostas por sedimentos da Formação Utariti, pertencentes ao Grupo Parecis e depósitos aluviais nas vertentes do córrego do Meio (PCBAP, 1997). Ocorrem duas unidades geomorfológicas: Planalto dos Parecis e Depressão do Alto Paraguai. O Planalto dos Parecis é sustentado por rochas cristalinas, vulcânicas e sedimentares Paleozoicas e Mesozoicas, que permitem a compartimentação do planalto em duas subunidades: a mais elevada, Chapada dos Parecis, englobando principalmente as áreas pediplanadas, amplas superfícies tabulares erosivas e interflúvios tabulares com altitude em torno de 600 m, e o Planalto Dissecado dos Parecis que reúne porções mais erodidas e em posição altimétrica inferior, variando entre 200 m a 400 m de altitude (RADAM BRASIL, 1982). A Depressão do Alto Paraguai compreende a extensa área de drenagem do alto curso do Rio Paraguai e seus afluentes, bordejando de forma descontínua os planaltos Jauru, Rio Branco e dos Parecis (RADAM BRASIL, 1982). Ocorrem cinco tipos de solos na área da microbacia, quais sejam: Cambissolo, Neossolo Regolítico, Argissolo, Plintossolo e Gleissolo (SILVA; PAEZANO Jr. 2013).

5.1. Roteiro metodológico

A metodologia aplicada na microbacia do córrego do Meio baseia-se no roteiro descrito no item 2 do presente artigo. Inicialmente, foi construído um Mapa Base da microbacia, nesse caso com o programa de imagens de satélite de alta resolução Google Earth, permitindo identificar algumas ocorrências erosivas, vias de acesso e a delimitação hidrográfica, posteriormente melhoradas e georreferenciadas com uso do ArcGIS 10.

Nos trabalhos de campo utilizou-se trado manual de um metro para a investigação do solo, GPS Garmin Extrem, máquina fotográfica e uma Carta Munsell de cores de solos. As vertentes da microbacia foram percorridas do topo para a base, onde foram estimados, por meio de sondagens com uso do trado, os tipos de solo, as características morfológicas de seus horizontes (cor, textura, estrutura quando possível, porosidade e espessura) e a posição do nível freático. Estes dados foram posteriormente relacionados aos usos do solo, vegetação e canais de drenagem, com base em levantamentos e campo e de dados secundários, para o mapeamento e identificação dos compartimentos morfopedológicos.

O roteiro metodológico permitiu identificar na microbacia estudada cinco Compartimentos Morfopedológicos, que se caracterizam por apresentar áreas relativamente homogêneas quanto à integração de processos erosivos, comportamento físico-hídrico, os tipos de solos, as formas de relevo e os substratos geológicos, relacionando-os com uso e cobertura do solo, como ilustrado na Figura 5 e descritos na Tabela 1.

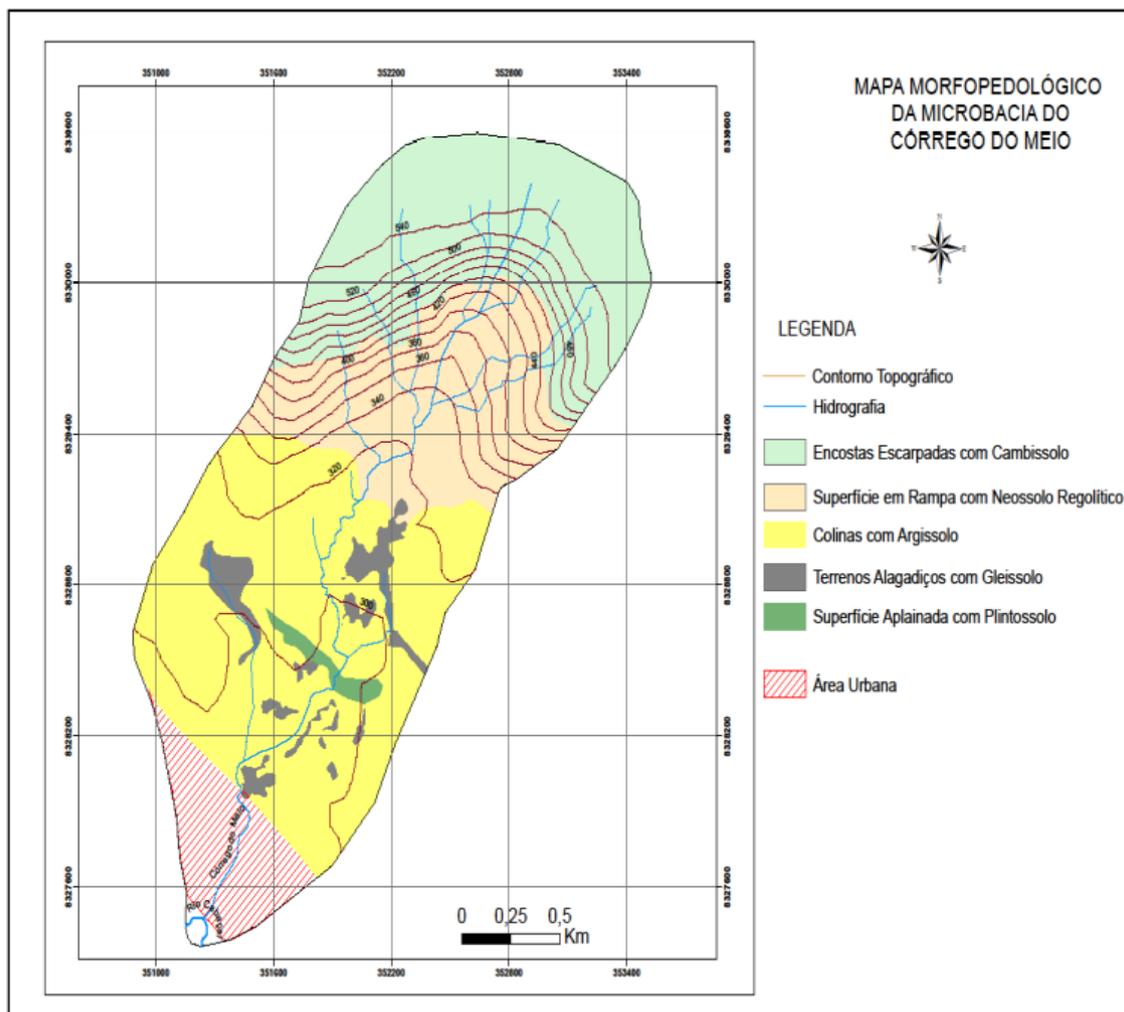


Figura 2. Mapa dos compartimentos morfopedológicos identificados na microbacia do Córrego Meio, Reserva do Cabaçal (MT). Fonte: Araújo (2014).

Tabela 1. Descrição dos cinco compartimentos morfopedológicos identificados na microbacia do Córrego Meio, Reserva do Cabaçal (MT), com indicação de algumas ações propostas, de acordo com a unidade morfopedológica. Fonte: modificado de Araújo (2014).

Compartimento Morfopedológico	Formas de Relevo	Cotas (m)	Classes Pedológicas	Unidade Geológica	Classe de suscetibilidade à erosão linear	Vegetação e uso do solo	Algumas ações propostas
I	Encostas e escarpas, borda do Planalto do Parecis	420-540	Cambissolo e Neossolo Quartzarênico	Formação Utiariti	Classe I- Extremamente Suscetível, ocorrência de Sulcos, Ravinas e Boçorocas	Secundária, matas de galeria alteradas e pastagens	Cercamento contra a entrada do gado; monitoramento e reversão dos processos erosivos; recuperação das matas ciliares
II	Superfície em rampa	340-440	Neossolo Regolítico	Formação Utiariti	Classe II- Muito Suscetível a Sulcos e Ravinas e Pouco Suscetível a Boçorocas	Arbustiva, pequenas manchas de vegetação arbórea secundária e pastagem	Recuperação de áreas degradadas, principalmente matas ciliares e encostas
III	Colinas	300-340	Argissolo	Tonalito Cabaçal	Classe IV- Suscetível a Ravinas e Não Suscetível a Boçorocas	Arbustiva, pequenas manchas de vegetação arbórea secundária e pastagem	Descompactação do solo, recuperação de áreas degradadas
IV	Superfície Aplainada	320-330	Plintossolo	Tonalito Cabaçal	Classe V- Não Suscetível a Sulcos, Ravinas e Boçorocas	Pastagem	Melhoria da produtividade das pastagens
V	Terrenos alagadiços aluvionares	290-300	Gleissolo	Tonalito Cabaçal	Classe V- Não Suscetível a Sulcos, Ravinas e Boçorocas	Pastagem e urbanização	Recuperação das matas ciliares; desassoreamento do córrego.

5.1. Conclusões

Tendo em vista a escala de detalhe necessária para o estudo da microbacia do Córrego do Meio, pode-se considerar os seguintes aspectos quanto ao método e aos resultados obtidos:

- i) foi possível identificar unidades homogêneas (compartimentos morfopedológicos) na escala de detalhe adotada;
- ii) a ocorrência dos processos erosivos lineares observados em campo corroboraram com as características dessas unidades e com a classificação de suscetibilidade à erosão adotada (SALOMÃO, 2012);
- iii) o escoamento superficial, juntamente com o regime de chuvas intensas em alguns meses do ano e com o uso da terra predominantemente na atividade pecuária, também influenciou nos processos erosivos na microbacia e aluvionares a jusante, na área urbana, como resultado dos processos erosivos à montante, resultando em aporte de sedimentos e assoreamento do rio Cabaçal e, por conseguinte, ao Pantanal Mato-grossense;
- iv) a localização das nascentes (MP I) nas encostas do Planalto do Parecis, onde ocorrem intensos processos erosivos e maior produção de sedimento, da parte média, em colinas e superfície aplanada, e da parte baixa (MP II e III), na área urbana, em terrenos de sedimentação aluvionar (MP V) demonstram o gradiente físico-hídrico da microbacia, que correspondem aos tipos de solo, embasamento geológico, vegetação e uso da terra;
- v) as ações propostas podem ser implementadas pelo poder público local, com a participação da sociedade, e são específicas para o contexto morfopedológico identificado em cada compartimento.

Os cinco compartimentos apresentaram condições de média a elevada degradação ambiental, com grande parte da vegetação nativa alterada (MP I) a quase completamente suprimida e substituída por pastagens, atualmente com baixa produtividade, e área urbana (MP II-V), com alguns pequenos remanescentes florestais. A

descrição detalhada dos resultados obtidos e dos compartimentos identificados estão disponíveis em Araújo (2014).

Recentemente, toda a bacia do Cabaçal foi contemplada nos estudos do Plano de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos - UPG P2-Alto Paraguai Médio, da qual faz parte, aprovado pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Mato Grosso. Nos estudos do diagnóstico do meio físico, a morfopedologia foi aplicada, contribuindo para subsidiar a gestão integrada da bacia hidrográfica, conforme preconizado pela Lei nº 9.433 (Política Nacional de Recursos Hídricos). Os planos e programas previstos a serem executados contemplam ações de recuperação de mananciais hídricos e de áreas degradadas, com base na compartimentação morfopedológica dessa UPG, incluindo a microbacia do Córrego do Meio, demonstrando, assim, a importância da morfopedologia para o planejamento e gestão ambiental e dos recursos hídricos.

6. Considerações finais

O presente artigo apresentou uma descrição do método e abordagens morfopedológicas, o histórico da construção dos conceitos e dos primeiros estudos de morfopedologia no Brasil, enquanto ferramenta de diagnóstico ambiental, exemplificado por meio de sua aplicação em uma microbacia rural-urbana, a microbacia do Córrego do Meio, MT.

A morfopedologia em estudos de diagnóstico ambiental permite a identificação e delimitação de unidades relativamente homogêneas da paisagem, especialmente em microbacias, por meio da integração e relação sinérgica entre as características geológicas, morfológicas, pedológicas e do comportamento hídrico, relacionando-os com os usos e cobertura do solo, considerando as alterações causadas pelas atividades antrópicas de uso do solo. Com essa integração, foi possível classificar as unidades quanto à suscetibilidade à erosão linear, embasando assim o planejamento de uso e ordenamento do solo e ações de proteção, prevenção e recuperação ambiental, como vem ocorrendo na microbacia do Córrego do Meio.

A adoção de microbacias para a aplicação do roteiro metodológico da morfopedologia mostrou-se adequada enquanto unidade de estudo local e para o planejamento e a tomada de decisão, cujos estudos podem subsidiar a elaboração e implementação do Plano de Recursos Hídricos aplicável na área.

A adoção de uma escala de detalhe permite a identificação de unidades praticamente homogêneas e, portanto, a proposição de planos e ações específicas para cada contexto morfopedológico, desde que se considere a conexão entre as unidades, que ocorre por meio do escoamento superficial de água e sedimentos.

A morfopedologia, como ferramenta de diagnóstico e planejamento e gestão ambiental, representa a maior parte de aplicação dos estudos realizados no país, entre 2003 e 2022, realizados principalmente nos Estados de Mato Grosso, Goiás e Paraná. Entretanto, verificou-se que há uma grande lacuna espacial de estudos morfopedológicos, em relação aos outros Estados brasileiros, além desses citados, onde também há elevado potencial erosivo dos solos e intensa ocupação por atividade agropecuária, como das regiões Norte e Nordeste. Outra lacuna observada refere-se aos estudos em áreas urbanas, onde os processos erosivos de origem antrópica são mais intensos e tendem a afetar uma parcela maior da população, sobretudo a que vive em condições precárias, como em áreas de risco e com elevado adensamento populacional.

Mesmo considerando que o foco da morfopedologia está nos aspectos físicos do meio, sua aplicação no meio urbano pode se constituir em importante ferramenta de planejamento, como demonstrado nos seis artigos com essa abordagem, identificados no levantamento bibliométrico.

A intensidade de chuvas em grande parte do Brasil, o aumento do desmatamento para conversão à atividade agropecuária e o crescimento das áreas urbanas, agravados pela maior ocorrência de chuvas extremas, vêm colocando em risco a segurança hídrica, alimentar e de moradias, indicando a necessidade de ampliação do procedimento morfopedológico para subsidiar políticas públicas de planejamento e programas de prevenção e recuperação ambiental.

Contribuição dos autores: D.M. Figueiredo: Metodologia, Análise formal, Investigação, Curadoria dos dados, Redação: versão inicial, Visualização; F.X.T. Salomão: Concepção, Metodologia, Redação: revisão e edição, Supervisão.

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

1. AB'SÁBER, A. N. Um conceito de geomorfologia à serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**, v. 18, p.2-8, 1969.
2. ARAÚJO, M.B. **Diagnóstico ambiental voltado a subsidiar ações de recuperação e conservação dos recursos hídricos, região da microbacia do córrego do Meio, Reserva do Cabaçal-MT**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos). Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT. 2014.
3. BAIZE, D. Convértures pédologiques, cartographie et taxonomie. **Science du Sol**. 24 (3): 227-243, Paisir, 1986.
4. BARROS, L. T. L. P.; SALOMÃO, F. X. T. **Subsídios Técnicos voltados ao controle dos processos erosivos na Bacia do Córrego Dracena, município de Reserva do Cabaçal (MT)**. Reserva do Cabaçal/MT: WWF BRASIL/ UNEMAT/UFMT, 2009, 93 p.
5. BENINCÁ, C.G.; MARTINS, V.M. A Morfopedologia das Vertentes e as Dimensões das Áreas de Preservação Permanentes Fluviais na Bacia do Córrego Peroba-PR. **Revista Perspectiva Geográfica**, v. 14, no . 20, p. 59-71., 2019.
6. BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm. Acesso em: outubro de 2022.
7. CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Colombo/PR: Embrapa Florestas, v.1, 1039p, 2003.
8. CASTRO, S.S. **Sistemas de transformação pedológica em Marília, SP: B latossólicos e B texturais**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.
9. CASTRO, S.S.; CASSETI, V. (coord.) Programa de Pesquisa e Desenvolvimento da Bacia do Alto Araguaia. UFG/IESA, 1997.
10. CASTRO, S.S.; SALOMÃO, F.X.T Compartimentação morfopedológica e sua aplicação: considerações metodológicas. **Geosp Espaço e Tempo**, 7: 29-25, São Paulo, 2000.
11. CURVO, G. A. G. **Caracterização Física por meio de abordagem morfopedológica da sub bacia do Córrego Dracena na Bacia do Alto Paraguai, município de Reserva do Cabaçal – MT**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade do Estado de Mato Grosso. Cáceres, 2008.
12. CUTRIM, A.O.; CASTRO JR., P.R.; SALOMÃO, F.X.T.; PIEZOVAN, L. Caracterização morfopedológica, interpretação do funcionamento hídrico da cobertura pedológica e avaliação hidrogeológica para implantação de aterro sanitário no município de Alta Floresta (MT). **Relatório Técnico**. Cuiabá, 2011.
13. FARIA, T.O.; VECCHIATO, A.B.; SALOMÃO, F.X.T.; SANTOS, W.A. Abordagem morfopedológica para diagnóstico e controle de processos erosivos. **Revista Ambiente & Água**, v. 8, n.2, 2013.
14. FERRAZ, R.P.D. et al. Diagnóstico do meio físico da bacia hidrográfica do rio Imbé-RJ. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. n.29. Embrapa, Rio de Janeiro, 2003.
15. JORNAL DA USP. Orçamento 2021 condena ciência brasileira a estado “vegetativo”. 2021. Disponível em: <https://jornal.usp.br/universidade/politicas-cientificas/orcamento-2021-coloca-ciencia-brasileira-em-estado-vegetativo/>. Acesso em: 10 de novembro de 2022.
16. LAET, S.M.; SALOMÃO, F.X.T. Contribuição ao entendimento do funcionamento hídrico e de ambientes alterados em microbacia degradada pela exploração garimpeira. **Geociências**, v. 28, p. 377-386, 2009.
17. LOPES, L. M. **Caracterização Morfopedológica e Suscetibilidade Erosiva dos Solos de Sub-Bacias Hidrográficas em Áreas de Expansão Urbana de Goiânia, GO**. 2001. 190 p. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
18. LOPES, L.L.M.; CASTRO, S.S. Compartimentação morfopedológica da microbacia do córrego Carapina, município de Goianápolis, GO. **Geografia**, v. 29, n. 2, p. 169-188, 2004.
19. LUZ, T.E.; LIMA, E.B.N.R.; SALOMÃO, F.X.T.; LIMA, Z.M. Morfopedologia aplicada à concepção de obras em microbacia do perímetro urbano de Várzea Grande-MT. **Rev. Ambient. Água** vol. 10 n. 3., 2015
20. MAPBIOMAS. **Desmatamento e vegetação secundária**. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 10 de novembro de 2022.
21. NAKASHIMA, P. **Cartografia dos sistemas pedológicos do noroeste do Paraná: distribuição e subsídios para o controle da erosão**. Tese (Doutorado em Geociências) FFLCH-DG, São Paulo, 1999.
22. ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1988. 434 p.
23. OLIVEIRA, A.M.S. **Depósitos tecnogênicos e assoreamento de reservatórios. Exemplo do Reservatório de Capivara, Rio Paranapanema, SP/PR**. Tese (Doutorado em Geografia Física) Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.
24. PCBAP-Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai. **Diagnóstico dos Meios Físico e Biótico. Meio Físico**. Vol. II, Tomo I. Brasília: PNMA, 1997.

25. PREFEITURA MUNICIPAL DE CUIABÁ/IPEM-INSTITUTO DE PESQUISA MATOGROSSENSE. Caracterização e delimitação cartográfica das áreas de preservação permanente (APPs) e de zonas de interesse ambiental (ZIAs) na área urbana de Cuiabá. **Relatório Técnico**. Cuiabá, Universidade Federal de Mato Grosso, 2008.
26. PRONASOLOS. Programa Nacional de Solos do Brasil. Geoportal CPRM (2020). Disponível em <https://geoportal.cprm.gov.br/pronasolos/>. Acesso em: 15 de novembro de 2022.
27. RADAMBRASIL. **Folha SD-21 Cuiabá Vol.26 – Geologia; Geomorfologia; Pedologia e Vegetação** – Rio de Janeiro/RJ. 470p. 1982.
28. ROSS, J.L.S. Geomorfologia, ambiente a planejamento. Col. **Repensando a Geografia**. São Paulo, 1997.
29. ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. Escala 1:500.000. 2 vol. USP/FFLCH/IPT/FAPESP. São Paulo, 1997.
30. SALOMÃO, F.X.T. Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. In: GUERRA, A.T., SILVA, A. S., B., BOTELHO, R.G.M. (org). **Erosão e Conservação dos Solos** – Conceitos, Temas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.
31. SALOMÃO, F. X. de T. **Processos erosivos lineares em Bauru (SP): regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural**. Tese (Doutorado em Geografia Física) Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.
32. SILVA, I.B. **Compartimentação morfoopedológica aplicada ao potencial de erosão laminar: uma análise da bacia hidrográfica do Alto Banabuiú-CE**. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE. 2019.
33. SILVA, F.L.M.; CORRÊA, A.C.B. Relações entre geossistemas e usos da terra em microbacia hidrográfica semi-árida: o caso do Riacho Gravatá/ Pesqueira – PE. **Revista de Geografia**. v. 24, no 1, 2007.
34. SILVA, L.N.G.; PAEZANO JUNIOR, S.J. **Caracterização Morfoopedológica voltada ao conhecimento dos processos erosivos em Reserva do Cabaçal – MT**. Monografia (Graduação em Geologia). Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.
35. TANSLEY, A.G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. **Ecology** 16:284-307. 1935.
36. TARIFA, J.R. Clima. In: CAMARGO, L. (org.) **Atlas de Mato Grosso: abordagem socioeconômica-ecológica**. Cuiabá: Entrelinhas/Seplan/Sema, p. 52-57, 2011.
37. TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica. SUPREN. (Recursos Naturais e Meio Ambiente). 1977. 97p.
38. TRICART, J.; KILIAN, J. **L'éco-Geografie et l'aménagement du Milieu Naturel**. Paris: Maspero, 1979. 325p.
39. TURINI, L.R.; CÂNDIDO, E.; ABREU, V.H.S.; MARTINS, B. Determinação dos parâmetros fisiográficos da microbacia do Córrego Buritizinho – Mato Grosso – Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.15, n.02, 2022.



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