

INVENTÁRIO DO PATRIMÔNIO PEDOLÓGICO BRASILEIRO

BRAZILIAN SOIL HERITAGE INVENTORY

INVENTARIO DEL PATRIMONIO PEDOLÓGICO BRASILEÑO

ROSANGELA GARRIDO MACHADO BOTELHO¹

¹Tecnologista do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/IBGE e Professora Colaboradora no Programa de Pós-Graduação em Análise Ambiental e Gestão do Território da Escola Nacional de Ciências Estatísticas/ENCE.
Email: rgmb2008@hotmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7436-5198>

Recebido: 20/11/2021

Enviado para correção 30/11/2021

Acerto: 10/12/2021

RESUMO

A presente pesquisa teve início quando da constatação da pouca atenção que os solos vêm recebendo no mundo e no Brasil como patrimônio geológico e que, como tal, necessitam ser identificados, valorados e protegidos. Este artigo, portanto, tem por objetivo apresentar o inventário do pedopatrimônio brasileiro, com base em princípios e critérios previamente definidos e aplicados a uma base nacional de dados de solos, de acordo com os aspectos considerados para expressar a pedodiversidade no Brasil. Além disso, foram identificados pedossítios relacionados à história da Pedologia e os lugares do patrimônio pedológico ex-situ brasileiro. Ao todo 604 pedossítios compõem o presente inventário, que representa um esforço do reconhecimento do solo como geopatrimônio no Brasil, constituindo base científica para sua proteção.

Palavras-chave: Pedodiversidade. Pedopatrimônio. Pedossítios. Geopatrimônio.

ABSTRACT

The present research has been initiated due to the fact that soils have received insufficient attention in the world and in Brazil as geological heritage and, as such, they need to be identified, valued and protected. This paper, therefore, aims to present the inventory of the Brazilian soil heritage, based on principles and criteria previously defined and applied to a national database of soils, according to the aspects considered to express pedodiversity in Brazil. In addition, pedosites related to the history of Pedology and the Brazilian ex-situ soil heritage sites were identified. This inventory comprises a total of 604 pedosites and represents an effort to recognize the soil as geoheritage in Brazil, providing a scientific basis for its protection.

Keywords: Soil Diversity. Soil Heritage. Pedosites. Geoheritage.

RESUMEN

La presente investigación se inició ante la poca atención que los suelos vienen recibiendo en el mundo y en Brasil como patrimonio geológico y que, como tal, necesitan ser identificados, valorados y protegidos. Este artículo, por lo tanto, tiene como objetivo presentar el inventario del pedopatrimonio brasileño, a partir de principios y criterios previamente definidos y aplicados a una base de datos nacional de suelos, de acuerdo con los aspectos considerados como expresión de la pedodiversidad en Brasil. Además, se identificaron pedosites relacionados con la historia de la Pedología y lugares del patrimonio pedológico brasileño ex-situ. En total, 604 pedosites componen el presente inventario, que representa un esfuerzo por reconocer el suelo como geopatrimonio en Brasil, constituyendo una base científica para su protección.

Palabras-clave: Diversidad de Suelos. Pedopatrimonio. Lugares de Interés Geológico. Patrimonio Geológico.

INTRODUÇÃO

O inventário e a proteção do patrimônio natural de um país é, sem dúvida, missão a ser considerada por todos aqueles que almejam um desenvolvimento que signifique crescimento econômico e social, mas também cultural e de qualidade de vida, em harmonia com o equilíbrio ambiental. Desde a década de 1980 e, sobretudo, a partir da Conferência Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Eco-92, as questões ambientais ganharam força e a proteção da biodiversidade alcançou lugar de destaque no cenário mundial.

Entretanto, o mesmo ainda não pode ser dito sobre a proteção da geodiversidade, embora vários países tenham reunido esforços para realizar inventários do seu patrimônio geológico (BRILHA, 2010; DE WEVER et al., 2016; IGME, 2019; ISPRA, 2019; JNCC, 2019; JOYCE,

2010; NATIONAL, 2019), buscando assegurar a proteção às gerações futuras de lugares que contribuam para a compreensão da história geológica da Terra, no seu sentido mais abrangente.

Tais inventários, a despeito do elevado número e/ou densidade de geossítios (BOTELHO et al., 2017), reúnem mormente sítios de interesse geológico, geomorfológico e hidrológico, raramente registrando pedossítios ou feições pedológicas, ainda que alguns países apresentem grande variedade de solos.

No Brasil, estão publicados pela Comissão Brasileira dos Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP) 116 geossítios (SCHOBENHAUS et al., 2002; WINGE et al., 2009; 2013), mas nenhum é pedossítio. Mesmo considerando o total de 208 propostas de geossítios recebidas pela SIGEP durante seu período de atuação, nenhum deles é um pedossítio.

Consultando, ainda, pesquisas relacionadas à inventariação de geossítios em escalas locais e estaduais no Brasil, não foram encontrados registros de pedossítios, nem tampouco inventários específicos do pedopatrimônio, como ocorre para o caso de geomorfossítios (ARAÚJO SILVA; AQUINO; NUNES, 2020; LOPES, 2021; MACIEL; LIMA, 2021). O inventário do patrimônio geológico do estado de São Paulo (RIBEIRO; GARCIA; HIGA, 2021), apresenta 137 geossítios de diferentes categorias, incluindo aqueles relacionados a unidades geomorfológicas e sistemas cársticos e cavernas, mas nenhum deles se refere ao patrimônio pedológico.

Além disso, os geoparques propostos, aspirantes e o único oficial existentes no Brasil – Araripe – também não apresentam pedossítios em sua lista de inventários de geossítios, com exceção do Geoparque Costões e Lagunas do Rio de Janeiro, que em 2020 incluiu o sítio “Um solo que fez História – Ponto PRJ-19”, referente a um perfil de Planossolo Háplico da Primeira Reunião Brasileira de Classificação, Correlação e Interpretação de Aptidão Agrícola de Solos – I RCC (EMBRAPA, 1979), realizada no estado do Rio de Janeiro, em 1978, e que está, portanto, relacionado à história da Pedologia no Brasil.

Esse mesmo perfil de solo, vale destacar, está entre os 103 painéis indicativos do geopatrimônio do Projeto Caminho Geológicos, implementado, de forma pioneira, pelo Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro (DRM, 2013) entre 2001 e 2013. Destaca-se também que Mansur (2010) já havia reconhecido os perfis da I RCC como patrimônio geológico e que alguns deles foram selecionados para composição de um roteiro de campo na Região das Baixadas Litorâneas no Estado do Rio de Janeiro para o ensino da Ciência do Solo a alunos da graduação por Silva e Mansur (2011).

Essa escassez de pedossítios no panorama nacional e mundial pode derivar da condição do solo nos sistemas naturais, pois os mesmos não estão propriamente expostos à superfície; e quando estão, é raro que sua importância seja reconhecida, como ocorre, por exemplo, com registros tectônicos ou fósseis (BOTELHO, 2020). Para além das múltiplas funções e serviços prestados (ocupação, agricultura, biodiversidade, regulação hídrica e outros), os solos podem registrar a recente história da Terra e suas mudanças, por meio da sua organização em horizontes/camadas, de seus atributos e feições e de sua posição na paisagem, o que lhe garante potencial valor científico (BOTELHO; BRILHA, 2022), necessário para ser considerado um geopatrimônio (BRILHA, 2016) e, como tal, ser protegido. Em seu artigo, Botelho e Brilha (2022) discutem as distintas visões ou abordagens de valorização do solo, como: 1. bem natural de suporte às plantas e à agricultura (a mais antiga, difundida e defendida junto à sociedade); 2. bem cultural, como nos trabalhos de Costantini (2000), Prinz (2008), Costantini e L’Abatea (2009), Landa e Feller (2009), Struwe e Selter (2010) e Cummins et al. (2018); 3. bem natural e cultural (IBÁÑEZ et al., 2008); e 4. estratégias para o geoturismo e geoeducação, por meio das “Trilhas de Solo” (*Soil Trails*), como nos trabalhos de Conway (2008; 2010), Herzberger et al. (2008), Marx et al. (2010) e Fonseca Filho et al. (2019).

Assim, este trabalho tem como objetivo apresentar o primeiro inventário dedicado ao patrimônio pedológico brasileiro, com suas bases, critérios e processos de construção, em seus diferentes aspectos, visando sua divulgação, valorização e proteção. É apresentado o total de pedossítios e de lugares do patrimônio pedológico e sua distribuição no território nacional.

ASPECTOS DO INVENTÁRIO DO PEDOPATRIMÔNIO

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi inicialmente necessário refletir sobre o objeto a ser inventariado - o solo – e os aspectos envolvidos na sua identificação como geopatrimônio. Assim como outros elementos da geodiversidade, os solos possuem certas especificidades que obrigam a uma adaptação dos critérios que são habitualmente usados na inventariação de patrimônio geológico, tal como feito por Pereira et al. (2007), para aspectos geomorfológicos; Henriques e Pena dos Reis (2015), para fósseis; e Sánchez e Brilha (2017), para crateras de impacto.

Desse modo, foram reconhecidos três grandes aspectos do patrimônio pedológico: a pedodiversidade, a história da pedologia e o pedopatrimônio ex-situ (Figura 1), definidos a seguir.

As ilustrações (fotografias, gráficos, mapas, plantas) devem ser citadas e inseridas o mais próximo possível da seção a que se referem. Veja o exemplo (Figura 1).

Figura 1 - Os três aspectos do patrimônio pedológico.



Fonte: elaborada pela autora. Imagens: (a;b) IBGE (2015; 2019); (c) EMBRAPA (2019); (d) Rosângela Botelho.

a) Pedodiversidade – refere-se à variedade de tipos de solos em uma determinada área (o país no presente caso). A identificação de pedossítios por pedodiversidade está baseada em dois critérios:

- a.1) Representatividade, considerada em termos de:
 - a.1.1) tipo de solo – o mais representativo de determinada classe (Latosolo, Cambissolo, etc.);
 - a.1.2) processo natural em curso – processo natural de formação do solo particularmente evidente;
 - a.1.3) processo natural pretérito – representado por paleossolos;

- a.1.4) processo antrópico pretérito - processo antrópico de (trans)formação de solo particularmente evidente;
- a.2) Raridade – solos raros ou com características pedológicas raras;
- b) História da Pedologia – engloba pedossítios onde tenha sido descrito ou melhor identificado pela primeira vez um determinado tipo de solo ou feição pedológica;
- c) Pedopatrimônio ex-situ – refere-se aos solos que, apesar de terem sido retirados do seu local de origem, mantem seu valor científico, por compor coleções em museus e exposições.

Os princípios que nortearam a definição dos critérios específicos de identificação do pedopatrimônio foram inspirados, em parte, naqueles utilizados para estabelecer o valor científico do geopatrimônio (BRILHA, 2016; 2018) e podem ser aplicados tanto para solos in-situ, quanto para os ex-situ, em analogia com outros elementos da geodiversidade.

Vale ressaltar que cada um desses aspectos representa um conjunto que pode ser inventariado de forma independente, mas que juntos se complementam e enriquecem o inventário a ser realizado.

No presente inventário, o critério de representatividade está focado na distinção dos tipos de solo mais representativos de cada classe (representatividade taxonômica). Para distinção dos solos representativos de processos naturais em curso seria imprescindível trabalhos de campo de verificação, o que não foi contemplado nesta pesquisa, devido à extensão da área de estudo, correspondente a todo o território nacional. Quanto aos solos representativos de processos naturais pretéritos, consideramos que todos os paleossolos, pela baixa frequência da sua ocorrência e relevante informação que disponibilizam, devem ser sempre considerados como pedossítios. Em caso de ocorrências múltiplas e similares dentro da mesma área de trabalho, critérios de seleção podem ser aplicados de modo a identificar aqueles pedossítios mais representativos e íntegros.

No caso dos solos representativos de processos antrópicos pretéritos, estes referem-se aos casos em que esses processos foram responsáveis pela (trans)formação de um atributo, horizonte/camada ou do solo. Como exemplos, no Brasil, podemos citar as chamadas Terras Pretas de Índio, comuns na Amazônia, e classificadas frequentemente como Latossolos ou Argilosos Amarelos com horizonte A antrópico. Da mesma forma que os paleossolos, os sítios onde se pode relacionar atividades antrópicas passadas e (trans)formação do solo devem ser todos considerados pedossítios (BOTELHO; BRILHA, 2022).

A seguir, são apresentados os critérios e procedimentos utilizados na identificação de pedossítios em relação ao aspecto da pedodiversidade do inventário do pedopatrimônio.

PEDODIVERSIDADE

Para o desenvolvimento deste aspecto do inventário do patrimônio pedológico brasileiro, foi utilizado como fonte de dados o Banco de Dados de Informações Ambientais (BDIA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020). O BDIA reúne a coleção de bases temáticas dos recursos naturais do país nas áreas de geologia, geomorfologia, pedologia e vegetação na escala 1:250.000, disponíveis no portal BDIAWeb (<https://bdiaweb.ibge.gov.br>). A informação pedológica que consta do BDIA representa, na escala em questão, a pedodiversidade do território brasileiro e, a partir dela, se procedeu à identificação dos pedossítios com base nos critérios de representatividade, em termos de tipo de solo, e de raridade de ocorrências e atributos pedológicos.

O universo inicial de análise partiu, então, dos 5.970 pontos de identificação de solos do BDIA, supostamente classificados até o quarto nível do Sistema Brasileiro de Classificação de

Solos – SiBCS (EMBRAPA, 2018), com 24.258 horizontes descritos (BDiAWeb, 2020). Destes pontos, 1.746 (aproximadamente 30%) não foram considerados por constituírem amostras extras, nas quais apenas um ou alguns horizontes ou camadas são amostrados, para fins de complementação das informações de campo ou determinações analíticas específicas (IBGE, 2015). Assim, o universo final de análise totalizou 4.236 perfis de solo completos.

Vale destacar que a adoção do perfil de solo como unidade padrão para o inventário do pedopatrimônio reside no fato de que um perfil de solo, embora representado graficamente por um ponto, representa, na verdade, um sítio, uma porção da paisagem onde ocorrem solos semelhantes passíveis de serem enquadrados na mesma classe de solos, de acordo com o nível taxonômico considerado. Ao se apontar um perfil como pedossítio, se pretende indicar um local para proteção do solo no âmbito de uma ação de geoconservação.

Os dados, tanto numéricos quanto gráficos, referentes aos perfis de solo foram exportados do BDIA e trabalhados nos softwares Excel® e QGIS 3.10. Neste último, à camada de pontos foi superposta a camada de áreas urbanas, correspondente ao arquivo vetorial de área densamente edificada da Base Cartográfica Contínua do Brasil na escala de 1:250.000 - BC250, versão 2019 (IBGE, 2020) e verificou-se que 43 perfis de solos estão localizados em áreas cuja urbanização avançou sobre eles, por meio de edificações e/ou pavimentações. Essa informação foi utilizada para verificação da existência de algum pedossítio selecionado estar em área não mais acessível.

Pedossítios com base na representatividade

Do universo de perfis de solo, foi verificado o número total de pontos pertencente a cada Ordem de solo, uma vez que se trata do nível mais abrangente do SiBCS (EMBRAPA, 2018). Foram contabilizadas todas as classes existentes em cada Ordem e selecionado um pedossítio para cada classe. Nos casos em que havia dois ou mais perfis de uma mesma classe de solo, o que ocorreu majoritariamente, foi necessário selecionar o perfil com maior representatividade. Para tal, foram estabelecidos os seguintes sub-critérios, elencados na sequência de aplicação dos mesmos:

1. Maior completude dos dados:
 - 1.1. classificação até o quarto nível taxonômico;
 - 1.2. descrição do horizonte diagnóstico;
 - 1.3. análises morfológicas, físico-químicas e mineralógicas.
2. Presença da camada R (rocha) ou do horizonte ou camada C descrita;
3. Maior número de horizontes no perfil;
4. Menor intensidade de erosão;
5. Localização do perfil, a fim de evitar concentração de pedossítios da mesma classe numa mesma região.
6. Maior profundidade

A partir da aplicação sequencial desses sub-critérios, foram identificados, inicialmente, 300 pedossítios representativos das diferentes classes de solos no Brasil, sendo dois pedossítios com classificações até o terceiro nível, por não haver outros perfis nas classes avaliadas até o quarto nível.

Além disso, cinco pedossítios indicados estavam inseridos em área densamente edificada e, por isso, necessitaram ser substituídos pelos segundos melhores representantes das classes consideradas. Contudo, dois pedossítios eram os únicos em suas classes e precisaram ser retirados do inventário, que passou a contar com 298 pedossítios representativos (Tabela 1).

Tabela 1 – Número de pedossítios representativos das classes de solo no Brasil no primeiro nível taxonômico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018).

Ordem de solo	Pedossítios
Argissolos	46
Latossolos	40
Neossolos	29
Cambissolos	26
Plintossolos	25
Gleissolos	23
Planossolos	21
Nitossolos	22
Chernossolos	17
Luvissolos	9
Espodossolos	18
Vertissolos	15
Organossolos	7
Total	298

Fonte: elaborada pela autora.

Os Latossolos, Argissolos e Neossolos, ordens predominantes em área no Brasil, são aqueles com maior número de perfis de solo no Banco e também maior número de pedossítios indicados. Isto, no entanto, não significa que estas ordens são as mais bem representadas no inventário de pedossítios. Vale lembrar que a diversidade interna dessas classes (número de tipos de solo existentes dentro de determinado nível hierárquico), é bastante alta e os perfis existentes no BDIA ainda não refletem toda essa diversidade. Na verdade, nenhuma das 13 grandes classes de solo (Ordens) tem toda a sua diversidade interna representada no Banco (BDiAWeb, 2020).

Para avaliar as classes com maior diversidade no país, é preciso considerar a área ocupada por cada uma e a sua diversidade interna. Dessa forma, calculou-se o Índice de Diversidade Espacial de Classes de Solos (IDECS), neste caso, do nível hierárquico mais elevado - Ordem, para o território nacional, com base nos dados do BDIA e do SiBCS (Tabela 2). O IDECS é a razão entre o número de classes da ordem considerada e a área do território por ela ocupada.

Tabela 2 - Áreas (absoluta e relativa) e número de classes das Ordens de solo e Índice de Diversidade Espacial das Classes de Solo (IDECS) no Brasil.

Ordens	Área (km²)	Área (%)	Classes	IDECS (x10⁻⁴)
Argissolo	2.390.284	28,10	165	0,69
Cambissolo	437.052	5,14	109	2,49
Chernossolo	27.468	0,32	34	12,38
Espodossolo	144.588	1,70	42	2,90
Gleissolo	369.060	4,34	128	3,47
Latossolo	2.803.725	32,96	99	0,35
Luvissolo	238.410	2,80	33	1,38
Neossolo	1.138.106	13,38	75	0,66
Nitossolo	110.998	1,30	43	3,87
Organossolo	6.747	0,08	42	62,25
Planossolo	196.309	2,31	53	2,70

Plintossolo	426.462	5,01	73	1,71
Vertissolo	19.259	0,23	42	21,81
Outros*	199.211	2,34	-	-
Total	8507679	100,00	938	1,10

Fonte: elaborada pela autora. *Referem-se a tipos de terreno e corpos de água.

Os dados da Tabela 2 mostram que, apesar dos Argissolos serem os que possuem maior diversidade interna de classes, com 165 espécimes até o quarto nível hierárquico, os Organossolos são aqueles que apresentam maior Diversidade Espacial de Classes de Solo (IDESC = 62,25) no território nacional, pois suas 42 classes ocorrem em apenas 0,08% da área do país.

A fim de tentar expressar numericamente a representatividade dos 298 pedossítios, Botelho e Brilha (2022) geraram dois índices que envolvem a pedodiversidade presente no banco de solos: o Índice de Diversidade de Classes de Solos (IDCS), que expressa a relação entre o número de pedossítios e o total de classes de solo do nível hierárquico considerado; e o Índice de Diversidade de Perfis de Solos (IDPS), que expressa a relação entre o número de pedossítios e o total de perfis completos existentes no banco de solos.

Os resultados revelaram, por exemplo, que apenas 32% das classes de solos definidas pelo SiBCS estão representadas nos 298 pedossítios indicados.

Isto significa que é imprescindível que o BDIA, como todo banco de dados, seja constantemente atualizado e que a rede de pontos/perfis de solos seja significativamente ampliada. Isto pode significar aumento dos índices de pedodiversidade, se houver registro de novas classes de solo no BDIA.

Como em qualquer inventário de patrimônio geológico, o fator escala é preponderante. Neste caso, o BDIA é um catálogo de solos do país na escala de 1:250.000, o que significa que representa os solos dominantes e cartograficamente representáveis nesta escala. Assim, os 298 pedossítios identificados nesta pesquisa são representativos dos principais tipos de solo existentes no Brasil (Figura 2).

Figura 2 - Pedossítios representativos das classes de solo no Brasil.



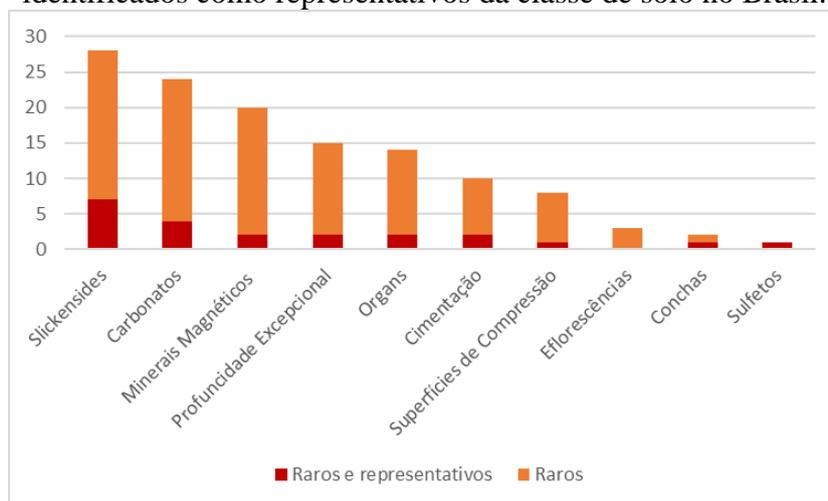
Fonte: elaborada pela autora.

Pedossítios com base na raridade

Raridade refere-se aquilo que é escasso, que não ocorre frequentemente. Para estabelecer o que é raro é preciso, portanto, levar em conta o que se conhece do universo estudado até o momento. Isto significa que a raridade é variável em função do espaço e do tempo, sendo alterada pelo avanço do conhecimento e registro de novas ocorrências do objeto estudado.

Como não foi encontrada referência ao que seriam ocorrências e atributos pedológicos raros no SiBCS (EMBRAPA, 2018), Botelho e Brilha (2022) realizaram uma avaliação das características morfológicas de ocorrência ocasional listadas no Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2015) e, ainda, adicionaram mais três ocorrências, referentes à presença de linhas de pedra, conchas e profundidade excepcional do *solum* (considerada pelos autores como maior ou igual a quatro metros). Para essa avaliação, Botelho e Brilha (2022) contabilizaram esses registros no BDIA e calcularam a taxa de ocorrência de cada um deles, considerando 1% o valor limite desta taxa para determinação de atributos raros nos solos brasileiros. Como resultado, 10 atributos ou ocorrências foram considerados raros e, portanto, os perfis nos quais os mesmos ocorrem foram incluídos no inventário do pedopatrimônio (Figura 3).

Figura 3 - Número de pedossítios com ocorrências e atributos raros e número destes também identificados como representativos da classe de solo no Brasil.



Fonte: elaborada pela autora.

Ao todo, foram identificados 110 pedossítios com presença de um ou mais atributos ou ocorrências raros (Figura 4), dos quais 24 já haviam sido previamente considerados como pedossítios por serem os mais representativos de suas classes de solo. Isto significa que nesta etapa 86 novos pedossítios foram acrescentados por critério de raridade ao presente inventário.

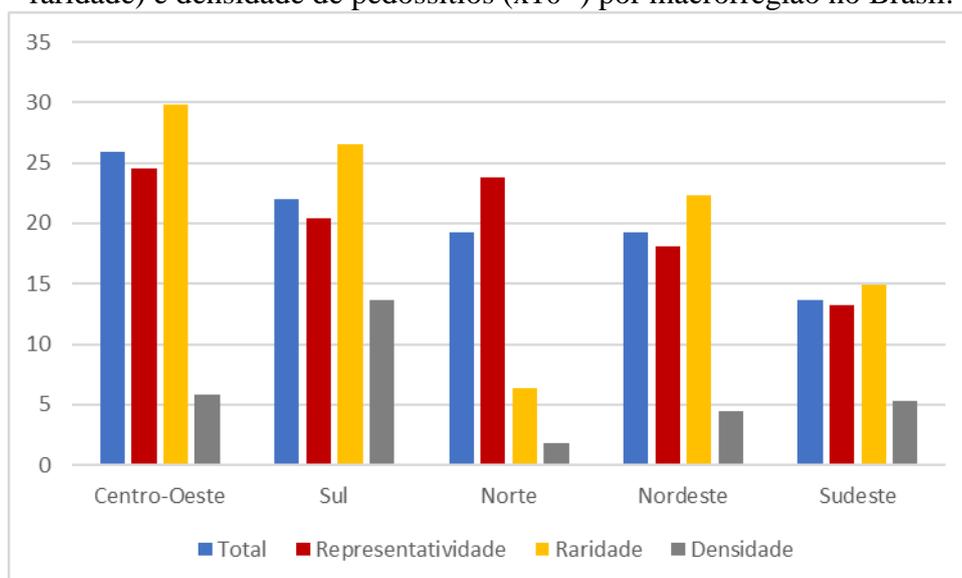
Figura 4 - Pedossítios com ocorrências e atributos raros no Brasil.



Fonte: elaborada pela autora.

Considerando a distribuição do total de pedossítios inventariados no aspecto da pedodiversidade, ou seja, aqueles identificados a partir da avaliação dos perfis de solos do BDIA por representatividade e por raridade, é possível verificar que o Centro-Oeste é a região com maior número de pedossítios, total e por raridade (Figura 5). A Região Norte, por sua vez, apresenta o maior número relativo de pedossítios por representatividade, mas em função da sua grande extensão territorial, possui a menor densidade de pedossítios por área, que é mais expressiva na Região Sul.

Figura 5 – Número percentual de pedossítios inventariados (total, por pedodiversidade, por raridade) e densidade de pedossítios ($\times 10^{-5}$) por macrorregião no Brasil.



Fonte: elaborada pela autora.

HISTÓRIA DA PEDOLOGIA

No que se refere aos pedossítios relacionados à história da Pedologia, Botelho e Brilha (2022) propõem considerar os perfis de solo descritos em publicações científicas nessa área temática. Os exemplos mais significativos estão registrados e descritos nos guias de excursões de campo relativas a eventos científicos especializados. No Brasil, estes são os casos dos Congressos Brasileiros de Ciência do Solo e das edições da Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos (RCC).

No presente inventário, considerou-se como mais relevantes as publicações das RCCs, por apresentarem perfis de solo intensamente estudados, submetidos a ampla gama de análises laboratoriais e interpretados por grupos de peritos em Ciência do Solo, que levam em conta, além das informações pedológicas, as informações dos sítios (paisagens) onde os solos ocorrem. Estes perfis constituem frequentemente sítios onde foi descrito pela primeira vez um determinado tipo de solo ou feição pedológica e/ou contribuem fundamentalmente para as discussões teórico-metodológicas que embasam a estruturação e evolução do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). Representam também situações especiais em termos de ocorrência ou propriedade pedológica, apresentando atributos ainda não conhecidos ou de difícil identificação ou interpretação, que demandam estudos e que podem alterar o SiBCS.

Assim, os 220 perfis de solos das 13 edições da RCC, realizadas em diferentes regiões do Brasil e totalizando 40 anos de história da classificação de solos no país, foram indicados como pedossítios (Tabela 3), devido ao seu grande valor científico. A representação gráfica desses pedossítios não foi possível porque os guias de campo de algumas RCCs ainda não foram publicados.

Tabela 3 - Pedossítios da história da Pedologia no Brasil, segundo as edições da Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos e unidades da federação de sua ocorrência.

Edição	Ano	UF	Pedossítios
I	1978	RJ	21
II	1982	RJ, SP, MG	12
III	1982	MG, RJ, SP, PR	14
IV	1994	RJ, ES, BA	21
V	1998	PE, PB, RN, CE, BA	19
VI	2000	RS, SC, PR	22
VII	2005	MG	21
VIII	2008	SC	13
IX	2010	AC	13
X	2012	MS	18
XI	2015	RR	16
XII	2017; 2018	RO	14
XIII	2019	MA	16
Total	13	17	220

Fonte: elaborada pela autora.

Destaca-se que os perfis de solos (pedossítios) das diversas RCCs são utilizados como sítios de visitação em excursões técnico-científicas e de ensino no Brasil e, por vezes, constituem roteiros de disciplinas na graduação e na pós-graduação. Ressalta-se também que a XIV RCC, programada para ocorrer no ano de 2020 no estado de Goiás, precisou ser adiada devido à pandemia da Covid-19.

PEDOPATRIMÔNIO EX-SITU

Para identificação do pedopatrimônio ex-situ foram levantados os espaços/instituições dedicadas a inventariar, conservar, estudar e expor os solos brasileiros em espaços próprios para

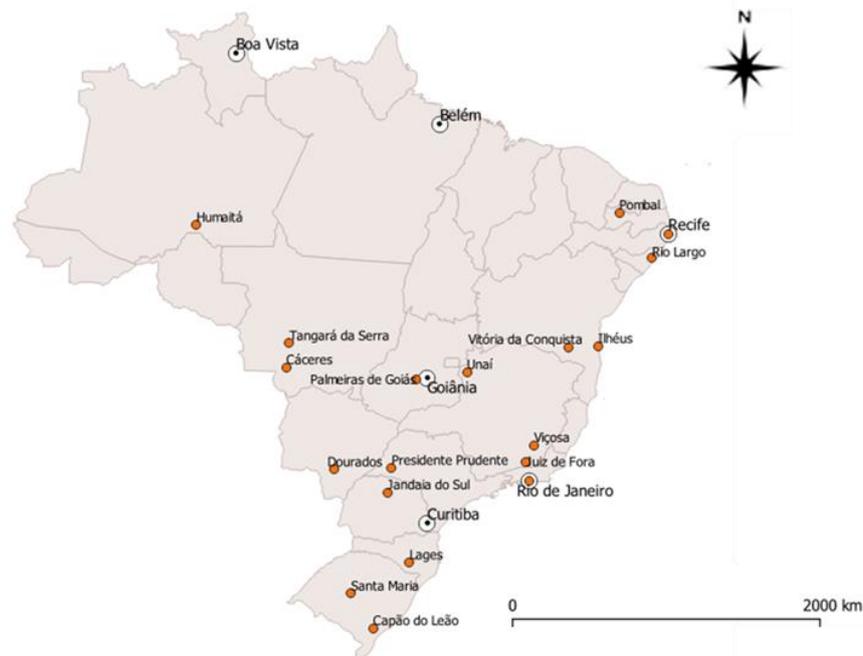
tal e de forma permanente (espaços musealizados). É importante dizer que os elementos musealizados não foram identificados individualmente neste inventário, pois demandaria uma consulta e avaliação, apoiada em critérios específicos, a cada um dos acervos patrimoniais de solo existentes no país.

Como fonte para o presente inventário foram, então, consideradas duas importantes e recentes publicações. Richer-De-Forges et al. (2020) sintetizaram informações referentes a museus dedicados exclusivamente a solos ou que contém exposições permanentes de solos no mundo. Ao todo, os autores identificaram 38 museus, 34 exposições, 32 coleções e três museus virtuais sobre solos. Para este inventário foram considerados apenas aqueles presentes no Brasil. No Brasil, Lima et al. (2020) reuniram informações de várias iniciativas responsáveis por divulgar para a sociedade a importância do solo, incluindo não só museus, exposições permanentes e coleções, mas também projetos e ações de popularização dos solos no país. A publicação reuniu 77 ações que foram cadastradas no “Levantamento de Iniciativas de Educação em Solos”, produto da Divisão 4 – Solos, Ambiente e Sociedade – da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). Deste levantamento, foram considerados os espaços intitulados como museus e/ou que abrigam, minimamente, exposições/coleções permanentes de monólitos de solos em tamanho natural em local próprio.

Vale, ainda, lembrar do pedopatrimônio brasileiro que se encontra em museus, exposições ou coleções fora do país. Este é o caso, por exemplo, dos 29 monólitos e cinco perfis de solos brasileiros expostos no *World Soil Museum* na Holanda (ISRIC, 2020). Alguns desses solos foram, inclusive, identificados como pedossítios no presente inventário e, portanto, sua presença em um museu no exterior pode ser considerada como um aumento do seu valor científico e da sua abrangência, que passa a ser internacional. Esse tema merece atenção e poderá ser abordado em estudos futuros.

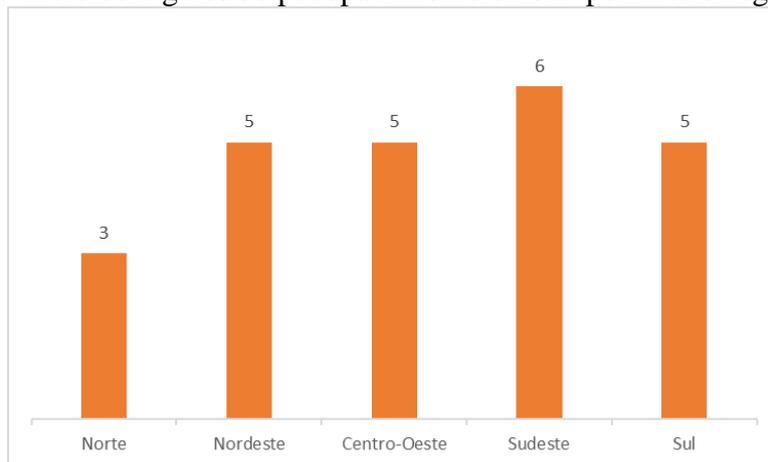
Assim, foram inventariados 24 lugares do pedopatrimônio ex-situ no Brasil, localizados em 24 cidades brasileiras (Figura 6). A quase totalidade deles encontra-se em universidades federais e estaduais, distribuídas nas cinco macrorregiões brasileiras (Figura 7). Interessante registrar que a grande maioria (75%) desses espaços se encontra em cidades relativamente menores e não nas capitais regionais e/ou estaduais.

Figura 6 – Lugares do pedopatrimônio ex-situ no Brasil.



Fonte: elaborada pela autora.

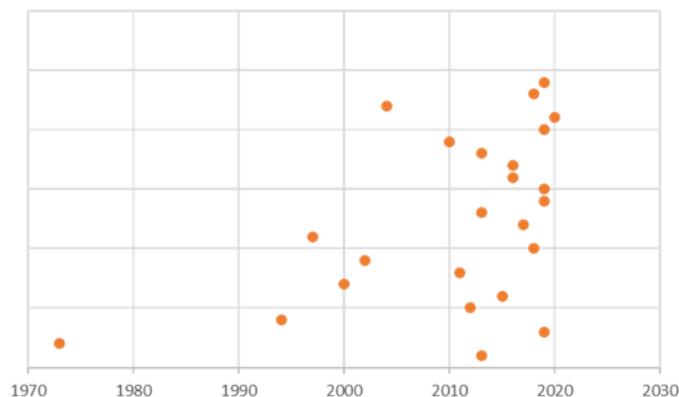
Figura 7 – Número de lugares do pedopatrimônio ex-situ por macrorregiões no Brasil.



Fonte: elaborada pela autora.

Neste sentido, destaca-se a iniciativa pioneira do Museu de Solo do Rio Grande do Sul, inaugurado no ano de 1973, na cidade de Santa Maria. O surgimento de outros lugares do patrimônio pedológico ocorreu apenas na década de 1990, quando foram criados mais dois espaços, um no Recife, na Universidade Federal de Pernambuco e outro na cidade do Rio de Janeiro, na Embrapa. A partir de 2010, tais espaços se multiplicaram pelo país, tendo sido criados 18 (ou 75%) dos espaços contabilizados no presente inventário (Figura 8).

Figura 8 – Distribuição temporal da criação dos lugares do pedopatrimônio ex-situ no Brasil.



Fonte: elaborada pela autora.

Ao reconhecer esses espaços musealizados que abrigam o patrimônio pedológico brasileiro ex-situ, estes passam a constituir potenciais veículos de popularização e valorização da pedodiversidade e de proteção de pedossítios (BOTELHO, 2021). Destaca-se, ainda, que vários desses espaços dispõem de site (BOTELHO; BRILHA, 2022), que facilita o acesso à informação de áreas longínquas e/ou em períodos de restrições às viagens de campo, seja por questões de custos ou de segurança, como no atual momento da pandemia da Covid-19.

CONCLUSÃO

O reconhecimento do valor científico dos solos e, portanto, da sua configuração como patrimônio geológico é eminente e urgente. Este elemento da geodiversidade tem sido pouco explorado como elemento-chave na descoberta e entendimento de processos de formação da

superfície terrestre, de sua configuração, constituição e evolução. Poucos são os registros na literatura de pedossítios inventariados por seu valor científico.

Nesse sentido, este artigo traz à sociedade científica o primeiro inventário do patrimônio pedológico brasileiro, apoiado em aspectos e critérios específicos para identificação de pedossítios. Embora em escala nacional, acredita-se que os procedimentos adotados na elaboração deste inventário possam ser aplicados a qualquer área, seja no Brasil ou no exterior. Sem dúvida, um sólido sistema taxonômico e um banco de dados de perfis de solo foram e são fundamentais nesse processo de elaboração.

O inventário aqui apresentado está fortemente apoiado no inventário de perfis do banco de solos do IBGE, o maior produtor de informação de geodiversidade do Brasil, sendo o único órgão a levantar, mapear e armazenar em um banco de dados únicas informações sobre geologia, geomorfologia e solos de todo o território nacional em escalas compatíveis (BOTELHO; PELECH; SOUZA, 2018). A existência desse banco de solos garantiu a padronização e sistemática dos registros de solos avaliados e a escala de nacional do inventário.

Ao todo foram inventariados 298 pedossítios representativos das diferentes classes de solo no Brasil (até o quarto nível taxonômico) e 110 pedossítios por raridade (com presença de ocorrências e/ou atributos raros). Como 24 destes foram também designados como pedossítios representativos, o inventário do pedopatrimônio a partir do banco de solos totalizou 384 pedossítios nacionais.

Entende-se que eventuais superposições, como a presença de mais de um atributo raro no solo e/ou desta com a representatividade taxonômica, agregam valor aos pedossítios e podem ser utilizadas em estudos futuros para sua avaliação e valoração dentro do inventário.

Somam-se ao total anterior os pedossítios da história da Pedologia, que guardam correspondência com os perfis das RCCs, elevando aquele total para 604 pedossítios.

Foram também identificados 24 lugares do patrimônio pedológico ex-situ no Brasil, cujo número de elementos de valor geocientífico em cada acervo ainda está por ser levantado.

Vale enfatizar o caráter aberto e variável de todo inventário, que pode e deve ser atualizado em função da ampliação e detalhamento das suas fontes, dos seus métodos e de suas concepções. Desse modo, cada inventário produzido reflete um período e um espaço considerado.

Cabe ressaltar que a elaboração do inventário do pedopatrimônio visa fundamentalmente sua proteção e a garantia da sua existência para as atuais e futuras gerações e esta é, ainda, uma meta a ser alcançada. O elevado valor funcional, econômico e comercial de certos solos imprime aos mesmos um elevado grau de ameaças de origem antrópica, o que, segundo Botelho (2017; 2018), pode conduzi-los à geoextinção. E se houver geoextinção de solos reconhecidos como pedopatrimônio, a situação é ainda mais grave e relevante, o que ocorreu com cinco pedossítios propostos neste inventário.

Resta ainda muito a fazer pelos solos como geopatrimônio. O caminho a ser trilhado para seu reconhecimento e inventariação como patrimônio geológico é longo. Mas, acredita-se que importantes passos foram dados nessa direção. O inventário aqui apresentado não deve ser encarado como exaustivo, mas como uma indicação inicial da quantidade, distribuição e diversidade de pedossítios no Brasil. Como todo inventário, este deve ser constantemente atualizado e, espera-se, ampliado. Avanços no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, no banco de solos e nas Reuniões de Classificação e Correlação de Solos podem demandar atualizações nos pedossítios aqui identificados.

Por fim, espera-se que a lista desses pedossítios possa estar em breve disponível à sociedade e que pedólogos, cientistas do solo, geocientistas, institutos, universidades e organizações diversas atuantes nessa área juntem esforços para identificar o valor, os riscos reais e potenciais e defender a proteção do patrimônio pedológico no Brasil e no mundo.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e ao Instituto de Ciências da Terra da Universidade do Minho pelo suporte a esta pesquisa de Pós-Doutorado. A pesquisa recebeu apoio do fundo português por meio da Fundação para Ciência e Tecnologia (FCT) - projeto UIDB/04683/2020. A autora agradece, ainda, ao professor José Brilha da Universidade do Minho, supervisor do estágio pós-doutoral e entusiasta deste inventário; à pesquisadora Marta Minussi Franco do IBGE, pelo apoio no uso do QGIS; e ao pesquisador Dr. José Francisco Lumberras da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, pela ajuda no levantamento dos dados sobre as RCCs.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO SILVA, J. F.; AQUINO, C. M. S.; NUNES, H. K. B. Geodiversidade, geopatrimônio e valores dos geomorfossítios na “capadócica nordestina”, Piauí, Brasil. **William Morris Davis - Revista de Geomorfologia**, v. 1, n. 1, p. 232-250, 2020.
- BDiAWeb. **Banco de Dados de Informações Ambientais**. IBGE. Disponível em <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/pedologia>. Acesso em 16 ago. 2020.
- BOTELHO, R. G. M. Um olhar sobre a geodiversidade no Semiárido brasileiro. **Seminário Regional Verde Urbano no Semiárido**. UNEB. Juazeiro, 2017.
- BOTELHO, R. G. M. Geoextinção: o novo conceito e a valorização da geodiversidade e da geoconservação. In: **XII Simpósio Nacional de Geomorfologia**, Crato, 2018. Disponível em: <https://www.sinageo.org.br/2018/trabalhos/5/5-479-2217.html>. Acesso em 18 dez. 2020.
- BOTELHO, R. G. M. Soils: protecting the most hidden Geoheritage. In: **Oxford Geoheritage Virtual Conference Abstract Volume**, 2020. Disponível em: https://www.oxgvc.co.uk/uploads/2/1/4/8/21486764/oxgvc_abstract_volume_v3.pdf. Acesso em 13 nov. 2021.
- BOTELHO, R. G. M. Lugares do patrimônio pedológico brasileiro ex-situ: caminho para popularização e valorização dos solos. In: **VI Workshop GeoHereditas Boletim de Resumos**, Geohereditas, 2021. Disponível em: https://geohereditas.igc.usp.br/wp-content/uploads/2021/04/VI-Workshop_GeoHereditas_BOLETIM-DE-RESUMOS-compressed.pdf. Acesso em 11 nov. 2021.
- BOTELHO, R. G. M.; BRILHA, J. B. R. Principles for developing a national soil heritage inventory. **Geoheritage**, v.14, n. 7, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12371-021-00643-y>.
- BOTELHO, R. G. M.; LEITE, C. H. C.; EMYGDIO, R. F. Geossítios no Brasil: distribuição, proteção e expressividade. **1º Workshop Arte e Ciência: Reflexão integrada no percurso histórico da paisagem**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://conferencias.ufrj.br/index.php/wac/wap2017/paper/viewPaper/1694>. Acesso em 18 nov. 2021.

BOTELHO, R. G. M.; PELECH, A. S.; SOUZA, R. A. Retrato e valor(iz)ação da geodiversidade brasileira. **7º Seminário de Metodologia do IBGE**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em:

<https://eventos.ibge.gov.br/downloads/smi2018/resumos/apresentacoesorais/OR4%20-%20Rosangela%20Botelho.pdf>. Acesso em 16 nov. 2021.

BRILHA, J. B. R. The national inventory of geosites in Portugal. In: LAMOLDA, M. A. et al. (Eds.) **Geoevents, Geological Heritage and the role of the IGCP**. Caravaca de la Cruz, 2010. Disponível em:

<http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/11810/1/98.pdf>. Acesso em 12 abr. 2017.

BRILHA, J. B. R. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. **Geoheritage**, v. 8, n. 2: p. 119–134, 2016.

BRILHA, J. B. R. Geoheritage: inventories and evaluation. In: REYNARD, E.; BRILHA, J. (Eds.) **Geoheritage: Assessment, Protection and Management**, Elsevier, 2018, p. 13–25.

CONWAY, J. S. Soil trails - raising the profile of soil - a case study from the Anglesey Geopark. In Eschler H, Kluttig T, Meuser H, Mueller K (Eds.) **3rd International UNESCO Conference on Geoparks**, 2008.

CONWAY, J. S. A soil trail? – A case study from Anglesey, Wales, UK. **Geoheritage**, v. 2, n. 1, p.15-24, 2010.

COSTANTINI, E. A. C. The recognition of soils as part of our cultural heritage. In: **The Second International Symposium on the conservation of our geological heritage**. Roma, 1996. *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, LIV*, Ist. Pol. Zecca dello Stato, Roma, pp 175-180, 2000.

COSTANTINI, E. A. C; L'ABATE, G. The soil cultural heritage of Italy: geodatabase, maps and pedodiversity evaluation. **Quart. Int.**, v.209, n.1-2, p. 142-153, 2009.

CUMMINS, T.; LEWIS, H.; NÍ LIONÁIN, C.; DAVIS, S. Soils and Archaeology. In: CREAMER, R.; O'SULLIVAN, L. (Eds.) **The Soils of Ireland**. Springer World Soils Book Series. Switzerland: Springer International Publishing, 2018.

DE WEVER, P. et al. **Geoheritage, a national inventory in France**, Pearl, 2016. Disponível em:

<https://pearl.plymouth.ac.uk/bitstream/handle/10026.1/4995/GeoheritageDW%20etal%202015%20June%20FINALa.pdf?sequence=1>. Acesso em 12 abr. 2017.

DRM. Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro. **Projeto Caminhos Geológicos – PCG**, 2013. Disponível em: <http://www.drm.rj.gov.br/index.php/areas-deatuacao/42-pcg.html>. Acesso em 12 nov. 2020.

EMBRAPA. Publicações. Guia de campo da XII Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos: RCC de Rondônia. 2019. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1112765/guia-de-campo-da-xii->

[reuniao-brasileira-de-classificacao-e-correlacao-de-solos-rcc-de-rondonia](#). Acesso em 16 nov. 2021.

EMBRAPA. Reunião Brasileira de Classificação, Correlação e Interpretação de Aptidão Agrícola de Solos, **Anais**. Rio de Janeiro, SNLCS-SBCS, 1979.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 2018.

FONSECA FILHO, R. E.; VARAJÃO, A. F. D. C; CASTRO, P. T. A. Protocolo de inventário e avaliação de Lugares de Interesse Pedológico (LIPE) para um “pedoturismo”. **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v.12, n.2, p. 189-218, 2019.

HENRIQUES, M. H.; PENA DOS REIS, R. Framing the Palaeontological Heritage Within the Geological Heritage: An Integrative Vision. **Geoheritage**, v.7, n. 3, p. 249-259, 2015.

HERZBERGER, E. et al. (Forest) Soil Education Trail “Taferlklaus”. In BLUM, W. et al. (Eds.) **EUROSOIL 2008 Abstracts**, p. 128, 2008. Disponível em: http://www.ecsss.net/web/MDB/media_folder/39_abstracts.pdf. Acesso em 15 dez. 2020.

IBÁÑEZ, J. J.; SÁNCHEZ-DÍAZ, J.; RODRIGUEZ-RODRIGUEZ, A.; EFFLAND, W. R. Preservation of European Soils: Natural and Cultural Heritage. In: DAZZI, C.; COSTANTIN, E. (Eds.) **The Soils of Tomorrow Soils Changing in a Changing World. Advances in Geocology** v. 39, Catena Verlag, IUSS, p.37-59, 2008.

IBGE. **Manual Técnico de Pedologia: guia prático de campo**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

IBGE. Index of /cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2019/shapefile. Disponível em: https://geofpt.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2019/shapefile/. Acesso em 20 abr. 2020.

IGME. Instituto Geológico y Minero de España. **Inventario de LIGs**. Disponível em: <http://info.igme.es/ielig/ListaLIGs.aspx>. Acesso em 12 abr. 2019.

ISPRA. Instituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. **National inventory of Geosites**. Disponível em: <http://jncc.defra.gov.uk/page-2947>. Acesso em 12 abr. 2019.

ISRIC. **World Soil Information**. World Soil Museum. Disponível em: <https://wsm.isric.org/#mapsMono>. Acesso em 12 abr. 2020.

JNCC. **The Geological Conservation Review (GCR)**. Disponível em: <http://jncc.defra.gov.uk/page-2947>. Acesso em 12 abr. 2019.

JOYCE, E. B. Australia’s Geoheritage: History of Study - A New Inventory of Geosites and Applications to Geotourism and Geoparks. **Geoheritage** V. 2, n. 1, p.39–56, 2010. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12371-010-0011-z>. Acesso em 12 abr. 2017.

LANDA, E. R.; FELLER, C. (Eds.) **Soil and culture**. Amsterdam: Springer, 2009.

LIMA, M. R. de et al. (Orgs.) **Iniciativas de educação em solos no Brasil**. Viçosa: SBCS, 2020. Disponível em: <https://www.sbcs.org.br>. Acesso em 15 dez. 2020.

LOPES, L. S. O. Inventário dos geomorfossítios do litoral do Piauí. **William Morris Davis - Revista de Geomorfologia**, v. 1, n. 2, p. 147-165, 2021.

MACIEL, A. B. C.; LIMA, Z. M. C. Proposta de geomorfossítios e roteiro geoeseducativo para o município de Natal - RN, Nordeste, Brasil. **William Morris Davis - Revista de Geomorfologia**, v. 2, n. 2, p. 1-38, 2021.

MANSUR, K. L. **Diretrizes para Geoconservação do Patrimônio Geológico do Estado do Rio de Janeiro. O caso do Domínio Tectônico Cabo Frio**. Rio de Janeiro. Thesis, Universidade do Rio de Janeiro, 2010.

MARX, U.; BUCH, C., KEIL, P.; SCHEER, U. Field Trip E8: Soil tour – “Mülheimer Bodenschätze” and The Rauen Quarry”. **Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften Heft**, v. 66. p. 197 – 202, 2010.

NATIONAL COMMITTEE OF GEOLOGY. **Geosites in Denmark**, 2019. Disponível em: <http://geosites.dk/lokaliteter/index.html>. Acesso em: 12 abr. 2019.

PEREIRA, P.; PEREIRA, D.; ALVES, M. I. C. Geomorphosite assessment in Montesinho Natural Park (Portugal). **Geographica Helvetica**, v. 62, n. 3, p. 159-168, 2007.

PRINZ, R. Soil and wine - an initiative to enforce soil awareness in Lower Franconia. In: ESCHLER, H.; KLUTTIG, T.; MEUSER, H.; MUELLER, K. (Eds.). **3rd International UNESCO Conference on Geoparks**: p. 92, 2008.

RIBEIRO, L. M. A. L.; GARCIA, M. G. M.; HIGA, K. K. The geological heritage of the state of São Paulo: potential geosites as a contribution to the Brazilian national inventory. **Journal of the Geological Survey of Brazil**, v. 4, Special Issue n. 1, p. 45-54, 2021.

RICHER-DE-FORGES, A. C. et al. A review of the world's soil museums and exhibitions. **Advances in Agronomy**. Elsevier Inc., 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2020.10.003>. Acesso em 15 dez. 2020.

SÁNCHEZ, J.; BRILHA, J. Terrestrial impact structures as geoheritage: an assessment method of the scientific value and its application to Brazil. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, v. 89, n.2, p. 825–834, 2017.

SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. L. C. (Eds.). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), Brasília: CPRM, 2002.

SILVA, A. S.; MANSUR, K. Pedossítios da Região das Baixadas Litorâneas do Estado do Rio de Janeiro. In: **XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. Uberlândia, 2011.

STRUWE, H. G.; SELTER, V. Geosites – Treasures of the soil for the public. **Geotop**, Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften Heft v. 66, 2010.

WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; SOUZA, C. R. G.; FERNANDES, A. C. S.; BERBERT-BORN, M.; SALUN FILHO, W.; QUEIROZ, E. T. (Eds.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília: CPRM, v. 3, 2013.

WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; SOUZA, C. R. G.; FERNANDES, A. C. S.; QUEIROZ, E. T.; BERBERT-BORN, M.; CAMPOS, D. A. (Eds.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília: CPRM, v. 2, p. 515, 2009.