

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC**

**CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV**

**PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**BEATRIZ MACÊDO MEDEIROS**

**DADOS LEGADOS DE SOLOS: ASPECTOS BIBLIOMÉTRICOS E UTILIZAÇÃO  
PARA O MAPEAMENTO DIGITAL DE CARBONO ORGÂNICO**

**LAGES**

**2020**

**BEATRIZ MACÊDO MEDEIROS**

**DADOS LEGADOS DE SOLOS: ASPECTOS BIBLIOMÉTRICOS E UTILIZAÇÃO  
PARA O MAPEAMENTO DIGITAL DE CARBONO ORGÂNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Letícia Sequinatto

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre ten Caten

**LAGES**

**2020**

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da  
Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Medeiros, Beatriz Macêdo

Dados Legados de Solos : Aspectos Bibliométricos e  
utilização para o Mapeamento Digital de Carbono Orgânico /  
Beatriz Macêdo Medeiros. -- 2021.

156 p.

Orientadora: Leticia Sequinatto

Coorientador: Alexandre ten Caten

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de  
Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,  
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages,  
2021.

1. Bibliometria. 2. Mapeamento digital de solos. 3.  
Pedometria. 4. Soil legacy data. I. Sequinatto, Leticia. II. ten  
Caten, Alexandre. III. Universidade do Estado de Santa  
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de  
Pós-Graduação em Ciência do Solo. IV. Título.

**BEATRIZ MACÊDO MEDEIROS**

**DADOS LEGADOS DE SOLOS: ASPECTOS BIBLIOMÉTRICOS E UTILIZAÇÃO  
PARA O MAPEAMENTO DIGITAL DE CARBONO ORGÂNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

**BANCA EXAMINADORA**

Dra. Letícia Sequinatto

Universidade do Estado de Santa Catarina

Membros:

Dra. Mari Lúcia Campos

Universidade do Estado de Santa Catarina

Dr. Ricardo Simão Diniz Dalmolin

Universidade Federal de Santa Maria

Dra. Elisângela Benedet da Silva

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

Lages, 09 de outubro de 2020.

Aos meus pais, Francisco e Lúcia, meus maiores e melhores orientadores na vida.

Às minhas sobrinhas Ana Claire, Laís e Luísa, para que lutem como garotas.

Dedico.

## AGRADECIMENTOS

Começo os agradecimentos parafraseando o autor Antoine de Saint-Exupéry: “Aqueles que passam por nós, não vão sós, não nos deixam sós. Deixam um pouco de si, levam um pouco de nós.”

Agradeço a todos que, de forma direta ou indiretamente, contribuíram para a construção deste trabalho, o desenvolvimento deste só foi possível graças à colaboração de diversas pessoas e instituições, as quais não devo deixar de agradecer. Agradeço:

Aos meus pais Francisco e Lúcia, por todo amor, incentivo e apoio ao longo dessa jornada, às minhas irmãs Marília e Camila, as quais divido laços de amor e carinho, a vocês agradeço por todos os conselhos e por serem meus exemplos de coragem e dedicação, me considero sortuda por tê-los como família. Aos meus familiares Macêdo e Medeiros, por todo incentivo, compreensão e amor mesmo distante.

A Universidade do Estado de Santa Catarina pela oportunidade de realizar o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo e a todos os seus professores e servidores técnicos que de alguma forma contribuíram em minha trajetória acadêmica e que tornaram os dias mais fáceis.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento com a bolsa de pesquisa.

A minha orientadora Letícia Sequinatto pela paciência, por me aceitar em seu grupo de pesquisa, pela amizade, por todo “toca ficha” dito e orientação ao longo dessa odisséia, que muito contribuiu no meu crescimento pessoal e profissional. Ao meu coorientador Alexandre ten Caten por repassar seus ensinamentos, por acreditar em mim, por todas as contribuições e palavras de incentivo.

Aos membros da banca examinadora, Dra. Elisângela Benedet, Profa. Dra. Mari Lúcia Campos e Prof. Dr. Ricardo Dalmolin pelos pertinentes apontamentos que engrandeceram esse estudo.

A todos os professores do PPGCS e também a todos aqueles que ao longo de anos tive o privilégio em receber seus ensinamentos, aqueles que com empenho se dedicaram a orientar, formar, educar e ensinar toda a beleza que é o universo. Em

especial, aos meus professores, orientadores e amigos que não medem esforços para contribuir com a Pedologia na Paraíba, Raphael Beirigo e Rodrigo Macedo.

Aos amigos que fiz no Laboratório de Pedologia e Museu de Solos de Santa Catarina: Suelen Müller, Lucas Rauber, Josie Motta, Gustavo Pereira, Schayanne Matos, Matheus Ferreira, Grazy, Marconi, Isabela, Kelly, Léo, Daniele, Rodrigo e Taina, por todo auxílio, conversas e contribuições, também por todo chimarrão compartilhado.

A todos os colegas, e em especial os amigos do PPGCS: Luiza Erdmann, Camila Wuaden, Giu Momm, Jéssica Stringari, Fernando Brignoli, Fernanda Cantoni, Ana Larissa, Thuanne Hennig e a todos que contribuíram que de uma forma ou de outra, auxiliaram no desenvolvimento do trabalho, que compartilharam gargalhadas, experiências, *cafézinhos* e acima de tudo companheirismo.

Agradeço aos amigos, sem vocês não teria sido possível a realização deste projeto: Ingrid Duarte, Beatriz Torres, Sofia Fontes, Flaviano, Mayara, Lucas Ribeiro, Thiane Kist, Eduardo e tantos outros, não menos importantes que de uma forma ou de outra, às vezes mesmo de longe, deram apoio e suporte durante esta jornada.

A quem tenho o privilégio em compartilhar as aventuras nessa caminhada, meu companheiro e namorado Angelo, e a toda sua família, Jussara, Jaqueline, Anita, por todo carinho e zelo que sempre expressaram por mim, por serem minha família catarinense.

A minha *cãopanheira* de todas as horas Sol, por ter sido minha luz, minha melhor companhia, por todo amor e *lambeijos*.

Por fim, agradeço aqueles que em certo momento passaram pela minha vida e contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

Muito obrigada!

“Meu quintal é maior do que o mundo.”

(BARROS, 2018, p. 25)



## RESUMO

Dados Legados de Solos são informações pretéritas sobre solos disponíveis em, por exemplo, relatórios de levantamentos e mapas. Os dados obtidos pelo resgate histórico, além de informativos, quando compilados e organizados, podem ser utilizados como dados básicos de entrada ou de validação para o mapeamento digital de solos. O objetivo foi caracterizar a produção científica mundial sobre Dados Legados de Solos e resgatar dados de perfis de solos descritos no Planalto Serrano de Santa Catarina e realizar a predição e validação do carbono orgânico total do solo. Para analisar a produção científica sobre Dados Legados de Solos a nível mundial foram utilizados os periódicos que tem relação com a Ciência do Solo e áreas afins. Os resultados foram submetidos a análise bibliométrica na linguagem R. Para o levantamento de Dados Legados de Solos da região Serrana buscou-se informações de 123 perfis de solos e organizou-se em um banco de dados. Dos dados, analisou-se os teores de carbono orgânico total para estudo de predição. Os dados de carbono orgânico foram processados no ambiente de desenvolvimento integrado RStudio juntamente a dez covariáveis ambientais do terreno utilizadas para ajuste do modelo. Para fins de validação dos teores de carbono orgânico foi utilizado o método hipercubo-latino condicionado para a indicação dos 50 pontos representativos da região para coleta de solos e validação. Após a coleta, os solos foram analisados obtendo-se os teores de carbono orgânico total utilizando o analisador elementar TOC. Para a predição do carbono orgânico, inicialmente analisou-se a sua correlação com as variáveis ambientais, do terreno, clima e solo, seguido de uma análise de regressão linear múltipla. A análise bibliométrica mundial de Dados Legados de Solos mostrou que nos últimos 25 anos houve a publicação de 226 artigos científicos, derivados de 88 periódicos, 867 autores e com frequência média de 14,98 citações por artigo. Nos países Austrália, Estados Unidos e Brasil, respectivamente, encontraram-se as maiores produções. Os estudos mais citados são referentes a banco de dados, demonstrando que a facilidade de acesso as informações contribuem significativamente para novos estudos locais. Na região Serrana as variáveis do terreno, atributos de solos e clima foram as que melhor se correlacionaram com a predição do conteúdo de carbono orgânico total dos solos. Os dois primeiros componentes principais explicaram 35,7% da variabilidade dos dados, de forma que

a modelagem por regressão linear múltipla explicou 38,87% das variâncias para a camada de 0 a 20 cm e 9,22% para 20 a 40 cm. Com a validação da modelagem por cLHS, verificou-se a influência da metodologia e também da variação espacial de alocação dos pontos. A reutilização de Dados Legados de Solos reduz custos de novos levantamentos, auxilia pesquisas científicas, facilita a visualização da relação solo-paisagem da área de estudo, propicia conhecimento prévio da área a ser estudada sem que seja necessária sua visita in loco, contribui com o desenvolvimento da agricultura local, bem como, torna o mapeamento local menos oneroso em termos de tempo e custos financeiros.

**Palavras-chave:** Bibliometria. Mapeamento digital de solos. Pedometria. Soil legacy data.

## ABSTRACT

Soil Legacy Data are past information upon available soils in, for instance, survey reports and maps. The data obtained by historical rescue, besides being informative, when compiled and organized, can be used as basic input data or validation data for digital soil mapping. The objective was to characterize the world scientific output on Soil Legacy Data and retrieve data from soil profiles described in the Planalto Serrano of Santa Catarina and carry out the prediction and validation of the total organic carbon content of the soil. To analyze the scientific output on Soil Legacy Data worldwide, journals of Soil Science and related areas were used. The results were subjected to bibliometric analysis through the R language. For the Soil Legacy Data survey in the Serrana region, information regarding 123 soil profiles were sought and organized in a database. From the data, the total organic carbon content was analyzed for the prediction study. The organic carbon data were processed in the RStudio Integrated Development Environment (IDE) along with ten environmental covariables from the terrain used to adjust the model. For validation purposes of the organic carbon contents, the conditioned Latin Hypercube Sampling (cLHS) was used in order to indicate the 50 representative points of the region for soil collection and validation. After the collection, the soils were analyzed to obtain the total organic carbon content using an elemental TOC analyzer. For the organic carbon prediction, initially its correlation with the environmental variables, terrain, climate and soil were analyzed, followed by a multiple linear regression analysis. The worldwide bibliometric analysis of Soil Legacy Data showed that in the past 25 years, 226 scientific articles were published, resulting from 88 journals, 867 authors and an average frequency of 14.98 citations per article. In following countries Australia, the United States and Brazil, respectively, the largest productions were found. The most cited researches refers to databases, demonstrating that the access easiness to information contributes significantly to new local studies. In the Serrana region, the terrain variables, soil attributes and climate were the variables that best correlated with the prediction of the total organic carbon content of the soils. The first two main components explained 35.7% of the data variability, so that the multiple linear regression modeling explained 38.87% of the variances for the 0 to 20 cm layer and 9.22% for the 20 to 40 cm layer. By the validation of the modeling using cLHS, it was verified the influence of the

methodology, also the spatial variation of allocation of points. The reuse of legacy soil data reduces the cost of new surveys, assist in scientific researches, facilitates the visualization of the relation between soil-landscape of the study area, provides a previous knowledge of the studied area without the necessity of its on-site visit, contributes to the local agriculture development, as well as makes local mapping less costly in terms of time and financial costs.

**Keywords:** Bibliometric, Digital Soil Mapping, Pedometric, Soil Legacy Data.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Fluxograma metodológico referente ao presente estudo, em cinza constam as etapas realizadas, em preto todos os processos necessários para obtenção dos resultados. Os retângulos abaulados representam o início e fim, os retângulos os processos e em losango as tomadas de decisões .....	26
Figura 2 - Distribuição geográfica referente ao número absoluto por país de artigos publicados. ....	30
Figura 3. Tendência do número de publicações científicas anuais referentes a utilização de Dados Legados de Solos nos anos de 1995 a 2019 no âmbito mundial. ....	39
Figura 4. As 15 palavras-chave utilizadas com maior frequência nos artigos de Dados Legados de Solos.....	42
Figura 5. Mapa de localização da área de estudo, mesorregião Serrana de Santa Catarina no sul brasileiro, abrangendo as microrregiões Campos de Lages e Curitibanos. ....	60
Figura 6. Mapas de caracterização do Planalto Serrano - SC, representados em (A) Tipos de Solos; (B) Vegetação; (C) Geomorfologia e, (D) Geologia. ....	63
Figura 7. Fluxograma metodológico da Formação do Banco de Dados Legados de Solos do Estado de Santa Catarina. ....	67
Figura 8. Diagrama de processos para a modelagem de carbono orgânico do solo, as etapas deste processo estão descritas abaixo.....	70
Figura 11. A esquerda, analisador elementar COT modelo multi/NC 2100; no centro resultado da quantificação do carbono total; na direita, alíquota de solo pesada na capsula de quartzo para posterior análise.....	78
Figura 12. QR Code para link de acesso ao Banco de Dados Legados do Planalto Serrano de Santa Catarina.....	80
Figura 13. Gráfico das médias e medianas em profundidade de teores de carbono orgânico, linha em azul representam os Dados Legados de Solos (123 perfis) e, em verde, os dados de validação a campo (50 amostras); as porcentagens indicam o número de amostras nos determinados centímetros. ....	83
Figura 14. Gráfico Scree-plot da Análise de Componentes Principais (ACP) com as 10 componentes principais de maior peso. ....	90
Figura 15. Gráfico biplot da Análise dos Componentes Principais (ACP) com as covariáveis ambientais e conteúdo de carbono orgânico em duas camadas representados nos vetores.....	91
Figura 16. Gráficos da análise de resíduos do ajuste múltiplo para conteúdo de carbono orgânico na camada superficial do solo de 0 a 20 cm.....	95

Figura 17. Gráficos da análise de resíduos do ajuste múltiplo para conteúdo de carbono orgânico na camada subsuperficial do solo de 20 a 40 cm. ....	96
Figura 18. Mapas de predição de carbono orgânico realizados por regressão linear múltipla para a camada superficial de 0 a 20 cm. ....	98
Figura 19. Mapas de predição de carbono orgânico realizados por regressão linear múltipla para a camada subsuperficial de 20 a 40 cm.....	99
Figura 20. Gráfico de dispersão do conteúdo de carbono orgânico do solo previsto versus observado por regressão linear múltipla nas duas camadas de 0-20 e 20-40 cm. ....	102
Figura 21. Comparação gráfica das duas fontes de dados, representado pelo gráfico da densidade (density) versus comprimento (length).....	103
Figura 22. Matriz de correlação completa da interação entre as variáveis preditoras e sua influência relativa, obtido através do coeficiente de Pearson ( $\rho$ ) na predição de carbono orgânico do solo para as camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm. Espaços em branco não apresentaram significância, valores positivos ou negativos próximos de 1, representam correlação forte enquanto que valores iguais ou próximos de 0 representam correlação fraca.....	156

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparação dos dez países que mais publicaram artigos científicos sobre reutilização de Dados Legados de Solos organizados por número e percentual de artigos, total de citações e citações médias. ....	31
Tabela 2. Revistas Científicas que mais publicaram trabalhos com Dados Legados de Solos e seus respectivos Países, JCR (Journal Citation Reports) 2018, H Index (produtividade e fator de impacto do periódico mundial) e Qualis-Capes (classificação dos periódicos no quadriênio 2013-2016 na área das Ciências Agrárias I no Brasil). ....	43
Tabela 3. Covariáveis ambientais utilizadas para o modelo preditivo, sigla utilizada no estudo e fonte de obtenção das mesmas. ....	71
Tabela 4. Estatística descritiva dos dados de carbono orgânico do solo (%) do banco de dados legados (BDLSolos), nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, da mesorregião Serrana de Santa Catarina. ....	81
Tabela 5. Resumo do correlograma de Pearson (Apêndice C) representando a interação entre as covariáveis preditoras e a sua influência relativa na predição de carbono orgânico do solo para as profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, através do coeficiente de Correlação de Pearson ( $\rho$ ). ....	85
Tabela 6. Análise da variância (ANOVA), incluindo o teste para falta de ajuste, do modelo de regressão linear múltipla. ....	93
Tabela 7. Resumo dos erros de previsão para o método de regressão linear múltipla estudado nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. ....	100

## LISTA DE ABREVIACÕES

BDSolos	Sistema de Informacoes de Solos Brasileiros
DBMS	Database Management System
DSMW	Digital Soil Map of the World
EMBRAPA	Embrapa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ESBN	European Soil Bureau Network
ESDAC	European Soil Data Centre
FAO	Food and Agriculture Organization
Febr	Repositório Brasileiro Livre para Dados Abertos do Solo
GEOS3	Sistema Geospacial de Detecção de Solo
GSDE	Global Soil Dataset for use in Earth System Models
HWSD	Harmonized World Soil Database
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IIASA	International Institute for Applied Systems
ISRIC	International Soil Reference and Information Centre
ISSCAS	Institute of Soil Science Chinese Academy of Sciences
IUSS	International Union of Soil Science
JCR	Journal Citation Reports
JRC	Joint Research Centre of the European Commission
NASIS	National Soil Information System
NCSS	National Cooperative Soil Survey - Soil Characterization Data
PronaSolos	Programa Nacional de Solos do Brasil
SIG	Sistemas de Informacoes Geográficas
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
WISE	World Inventory of Soil Emission Potentials
WoSIS	World Soil Information Service



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>2 CAPÍTULO 1: ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA PARA EXPLORAÇÃO DE PADRÕES EM PUBLICAÇÕES MUNDIAIS DE DADOS LEGADOS DE SOLOS .....</b>	<b>21</b>
2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
2.1.1 Dados Legados de Solos.....	21
2.1.2 Análise Bibliométrica.....	22
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
2.2.1 Origem dos dados.....	27
2.2.2 Pré-processamento dos dados.....	28
2.2.3 Organização dos dados.....	28
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
2.3.1 Evolução histórica dos estudos de Dados Legados de Solos.....	30
2.3.2 Análise dos artigos mais citados.....	37
2.3.3 Visão geral das publicações de Dados Legados de Solos.....	39
2.3.4 Análise de Periódicos que publicam acerca de Dados Legados de Solos.....	43
2.3.5 Cenário nacional acerca de Dados Legados de Solos.....	44
2.4 CONCLUSÕES.....	47
REFERÊNCIAS.....	48
<b>3 CAPÍTULO 2: DADOS LEGADOS E MAPEAMENTO DE CARBONO ORGÂNICO NOS SOLOS DO PLANALTO SERRANO DE SANTA CATARINA .....</b>	<b>54</b>
3.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	54
3.1.1 Relação Solo-paisagem.....	54
3.1.2 Mapeamento Digital de Carbono Orgânico de Solos.....	55
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	60
3.2.1 Área de Estudo.....	60
3.2.1.1 <i>Clima</i> .....	61
3.2.1.2 <i>Geomorfologia</i> .....	61
3.2.1.3 <i>Geologia</i> .....	64
3.2.1.4 <i>Fitofisionomia</i> .....	65
3.2.1.5 <i>Solos</i> .....	65
3.2.2 Base de Dados Legados de Solos.....	66

3.2.2.1 Organização e digitalização dos dados.....	68
3.2.2.2 Padronização e harmonização dos dados.....	68
<b>3.2.3 Modelagem Preditiva.....</b>	<b>69</b>
3.2.3.1 Dados de entrada.....	70
3.2.3.2 Regressão Linear Múltipla (RLM).....	73
<b>3.2.4 Validação da predição dos atributos do solo .....</b>	<b>74</b>
3.2.4.1 Método Hipercubo Latino Condicionado (cLHS) .....	76
3.2.4.2 Amostragem dos pontos representativos .....	76
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	79
<b>3.3.1 Base de Dados do Solo do Planalto Serrano.....</b>	<b>79</b>
<b>3.3.2 Análise da Correlação e Componentes Principais .....</b>	<b>84</b>
<b>3.3.3 Modelagem preditiva de Carbono Orgânico do Solo por Regressão Linear Múltipla no Planalto Serrano de SC.....</b>	<b>92</b>
3.4 CONCLUSÕES .....	104
REFERÊNCIAS.....	106
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	114
APÊNDICE A – REFERÊNCIAS DOS ARTIGOS CIENTÍFICOS UTILIZADOS NA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA .....	116
APÊNDICE B – DOCUMENTOS QUE COMPÕEM O BANCO DE DADOS LEGADOS DO PLANALTO SERRANO DE SANTA CATARINA.....	154
APÊNDICE C – MATRIZ DE CORRELAÇÃO DA INTERAÇÃO DAS COVARIÁVEIS AMBIENTAIS COM O CARBONO ORGÂNICO DO SOLO .....	156

## 1 INTRODUÇÃO

Os Dados Legados de Solos consistem em informações geradas em tempos pretéritos. Um exemplo disso são os levantamentos convencionais de solos que contém a descrição de perfis, classificação dos solos e mapas como o produto final, realizados por inúmeras instituições no mundo inteiro.

As atividades de campo para realização de um levantamento de solos são de maneira geral, bastante onerosas do ponto de vista do tempo, como também dos recursos financeiros envolvidos. Estudos com a utilização de Dados Legados de Solos representa em otimização de tempo e também de custo, bem como expõe os conhecimentos previamente adquiridos em diferentes aplicações.

A bibliometria é uma ferramenta utilizada em várias áreas que permite conhecer e analisar estudos realizados em determinada temática da ciência. Uma análise dos estudos de Dados Legados de Solos permite avaliar que este tema de estudo é foco recorrente devido a possibilidade nas diversas aplicações. Com os resultados da análise bibliométrica é possível, entre outros, entender a dinâmica da produção científica, além de possibilitar agregar conhecimento a novos estudos.

No estado de Santa Catarina há inúmeros trabalhos, de pesquisa e também exploratórios, relacionados a temática da caracterização e classificação de solos, e que podem ser reutilizados como Dados Legados. Muitos estão publicados, enquanto outros são de mais difícil acesso por não terem sido publicados, encontrando-se em arquivos de instituições. É importante destacar que não se tem o conhecimento que exista um material bibliográfico que tenha a compilação dos Dados Legados de Solos das regiões ou de todo o estado.

No intuito de tratar sobre Dados Legados de Solos, a nível mundial e regional – na região do Planalto Serrano de Santa Catarina -, a pesquisa está dividida em dois capítulos. O primeiro capítulo intitulado de “Análise Bibliométrica para Exploração de Padrões em publicações mundiais de Dados Legados de Solos” fundamenta-se na necessidade de conhecer a abordagem do tema mundialmente. E por isso, é dedicado a estudar a produção científica mundial acerca dos Dados Legados de Solos através de uma análise bibliométrica.

O segundo capítulo é intitulado de “Dados legados e mapeamento de carbono orgânico nos solos do Planalto Serrano de Santa Catarina” e fundamenta-se na

necessidade de compilar e organizar em um único banco de dados as informações dos perfis, os metadados e os mapeamentos de solos realizados na região, visando subsidiar outras pesquisas bem como validação de novos estudos.

Diante do exposto, o estudo teve objetivo geral a caracterização da produção científica mundial sobre Dados Legados de Solos e o resgate de dados de perfis de solos descritos no Planalto Serrano de Santa Catarina para o mapeamento digital do carbono orgânico total.

A fins de entendimento da estruturação da presente dissertação, em cada um dos capítulos há a fundamentação teórica contendo hipóteses e objetivos específicos. Nos capítulos encontram-se também os itens material e métodos, resultados e discussão, conclusões e referências bibliográficas. Ao final do trabalho, tem-se as considerações finais abordando as implicações gerais da reutilização dos Dados Legados de Solos.

## **2 CAPÍTULO 1: ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA PARA EXPLORAÇÃO DE PADRÕES EM PUBLICAÇÕES MUNDIAIS DE DADOS LEGADOS DE SOLOS**

### **2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **2.1.1 Dados Legados de Solos**

Os Dados Legados de Solos surgem da pesquisa tradicional do solo e consistem nas informações já disponíveis sobre solos, sejam mapas ou perfis, obtidos por levantamentos convencionais prévios (BUI; MORAN, 2001; LAGACHERIE, 2008; ODEH et al., 2012; SARMENTO, 2015). Foram produzidos durante um longo período de tempo por inúmeras instituições usando diferentes métodos, padrões, escalas e sistemas de classificação taxonômica (ARROUAYS et al., 2017). Em sua natureza, são dados amplos e extensos, variando de pesquisas locais a banco de dados nacionais de solos (FILIPPI et al., 2016).

São considerados dados representativos em muitos países, seja como dados básicos de entrada de procedimentos para o mapeamento digital de solos ou como conjunto de validação dos dados (SULAEMAN et al., 2013), essenciais para a calibração de modelos de previsão de propriedades do solo a partir de variáveis ambientais (CARRÉ et al., 2007).

Filippi et al. (2016), em seu estudo, definiu os Dados Legados de Solos como quaisquer observações existentes que possam ser usadas para detectar ou auxiliar na constatação de variações espaço-temporais no solo. De acordo com Omuto; Nachtergaele e Rojas (2013), os Dados Legados de Solos consistem em informações esquecidas, as quais possuem tais características: i) foram coletadas com a tecnologia tradicional da época; ii) a documentação detalhada destes dados, geralmente não são elaboradas; iii) podem apresentar difícil processamento por métodos tecnológicos atuais.

Nos últimos anos tem havido um esforço para armazenar as informações em plataforma digital (base de dados, mapas digitais). Diversas organizações têm

armazenado, codificado e harmonizado informações de dados legados de solo em escala regional a global (OMUTO; NACHTERGAELE e ROJAS, 2013). Estima-se que há cerca de 0,8 milhões de pedons com dados no cenário global (ARROUAYS; LAGACHERIE e HARTEMINK, 2017).

Além do valor intrínseco na utilização desses dados, atribui-se maior destaque às novas informações que esses dados podem produzir (SARMENTO, 2015). A reutilização destes dados e informações juntamente de dados auxiliares se torna cada vez mais promissor no mapeamento digital de solos em escalas intermediárias, especialmente em ambientes com poucos dados ou com pouco recurso para novos levantamentos (HENDRIKS et al., 2019).

Como os Dados Legados de Solos são amplos quanto a sua natureza, assim também são as abordagens para seu uso (FILIPPI et al., 2016). Pode ser utilizado como dados básicos de entrada para as modelagens preditivas, como abordado no estudo de Nowak e Marliac (2020) em que utilizaram de 988 dados de análise de solos de agricultores a fim de adaptar modelos preditivos às condições locais da planície de Limagne na França.

Outra abordagem de utilização de Dados Legados de Solos consiste na compilação dos mesmos em um banco de dados (BATJES, 2009; KEMPEN, et al., 2009; SANCHEZ et al., 2009; SHANGGUAN, et al., 2014; ARROUAYS, et al., 2017). Portanto, há uma necessidade urgente de disponibilizar informações concisas sobre o solo, a fim de auxiliar nas tomadas de decisões nos níveis global e local (ARROUAYS et al., 2018). A propagação e disponibilidade de fontes e recursos de informação favorece o desenvolvimento de indicadores importantes, tais como as pesquisas bibliométricas a fim de mensurar a atividade científica (SANTOS et al., 2019).

Nesta perspectiva, há a escassez de estudos que evidenciem as principais publicações nacionais e internacionais a respeito. Ao realizar comparação da produção dos principais autores e seus respectivos países, podem ser identificadas as características nacionais e globais da pesquisa, ademais prevê cenários futuros (CANCIAN; DALMOLIN e TEN CATEN, 2018).

### **2.1.2 Análise Bibliométrica**

Os estudos bibliométricos constroem indicadores sobre a evolução da informação científica e a sua dinâmica sobre determinadas áreas do conhecimento, examinando a produção de artigos em um determinado campo de saber, mapeando as comunidades acadêmicas e identificando as redes de pesquisadores no cenário mundial (BUFREM; PRATES, 2005; CHUEKE; AMATUCCI, 2015).

A análise bibliométrica consiste na aplicação de métodos quantitativos e estatísticos que medem os índices de produção e disseminação do conhecimento científico, de tal maneira que investiga o número de estudos e permite a avaliação das atividades de produção e comunicação científica (ARAÚJO, 2006), bem como permite acompanhar o desenvolvimento de diversas áreas científicas e os padrões de autoria, publicação e uso dos resultados de investigação (GUEDES; BORSCHIEVER, 2005).

A avaliação da produção científica, importante para o reconhecimento dos investigadores junto da comunidade científica, é feita através da aplicação de diversos indicadores bibliométricos, que se dividem em indicadores de qualidade, importância e impactos científicos (LOPES et al., 2012). A fim de representar o estágio atual das pesquisas realizadas, as análises dos dados são embasadas por leis e princípios bibliométricos do âmbito da ciência da informação, tais como a lei de Lotka, leis de Zipf, lei de Bradford e o Fator de Impacto.

A Lei de Lotka é fundamentada na premissa de que pesquisadores de maior prestígio em determinada área do conhecimento produzem muito quando comparados com pesquisadores de menor reconhecimento que produzem pouco (GUEDES; BORSCHIEVER, 2005). As Leis de Zipf foram regidas para a análise de conteúdo das palavras-chave, permitindo estimar as frequências de ocorrência e a região de concentração de termos de indexação nos textos científicos. Essa análise é baseada na premissa de que se as palavras se repetem em diversos documentos, implica dizer que os conceitos a elas estão relacionados. Desta forma é possível inferir estudos, técnicas, áreas do conhecimento e metodologias associados ao tema estudado (GUEDES; BORSCHIEVER, 2005).

A Lei de Bradford e o Fator de Impacto foram as leis e princípios utilizados para analisar os periódicos, pois, uma vez que permitem estimar o grau de relevância de periódicos em uma dada área do conhecimento. Na análise de citações utiliza a mesma como uma medida de influência, isto é, possibilita a identificação da frente de pesquisa de determinada área científica, permitindo também examinar o aspecto social

da pesquisa utilizando como medida de colaboração, formando os colégios virtuais<sup>1</sup> (GUEDES; BORSCHIEVER, 2005; MOREIRA, 2005).

Realizar análise da produção científica com base nas leis e princípios bibliométricos, é possível representar o estágio atual das pesquisas realizadas e identificar características da pesquisa nacional e global. No estudo de Suebsombut et al. (2017), utilizando de índices bibliométricos os autores identificaram e exploraram as tendências de pesquisas referentes a fazendas inteligentes, tema crucial no controle e melhoria da produção e da produtividade de alimentos. No cenário dos trabalhos referentes as *smart farms*, os autores identificaram que os artigos mais citados consistem em publicações referentes aos solos e o ambiente, tendo como tema mais abordado a emissão de carbono do solo proveniente da atividade agrícola.

Ao apresentar as produções científicas mais citadas como um índice bibliométrico para a caracterização de determinada área de conhecimento, deve-se levar em consideração que a mesma representa tendências de pesquisas em tempos pretéritos e não atuais, visto que os novos artigos publicados ainda estão em fase de disseminação do seu conteúdo para posteriormente serem referenciados em estudos futuros. Neste contexto, em um estudo sobre a produtividade em pesquisa em ciência do solo nas Filipinas, Navarrete e Asio (2013) destacaram a necessidade de uma mudança de paradigma nas prioridades de pesquisa. Os autores observaram que há predominância de pesquisas nutricionais da cultura do arroz, embora haja uma necessidade em pesquisas ambientais, principalmente no entendimento da natureza e propriedades de solos degradados a fim de explicar o grande problema agrícola e ambiental que ocorre naquele país.

Arelados a análise de citações, as palavras de indexação mais utilizadas nos artigos científicos podem indicar os tópicos mais estudados e desta forma, caracteriza-se um cenário real e atual da produção científica. Wang et al. (2015) observaram tendências globais ao longo do tempo na pesquisa de monitoramento de solos, além das palavras-chave que caracterizam o estudo, também observaram ascensão de estudos focados em metais pesados, umidade do solo e lençóis freáticos, revelando a importância no monitoramento dos solos no cenário da conservação ambiental.

Para o reconhecimento de investigadores junto da comunidade científica, Lopes et al. (2012) destacam a importância de realizar a avaliação da produção científica por

---

<sup>1</sup> Colégios virtuais: coletivo de pesquisadores que comumente trabalham juntos de instituições diferentes, reservando à internet o meio de comunicação.



meio da aplicação de diversos indicadores bibliométricos, entre eles os indicadores de qualidade, importância e impactos científicos.

Portanto, devido à relevância do assunto, o presente estudo testa a hipótese de que a partir da análise da produção científica dos principais autores, seus respectivos países, estudos de Dados Legados de Solos desenvolvidos no Brasil e no mundo, é possível identificar características da pesquisa nacional e global.

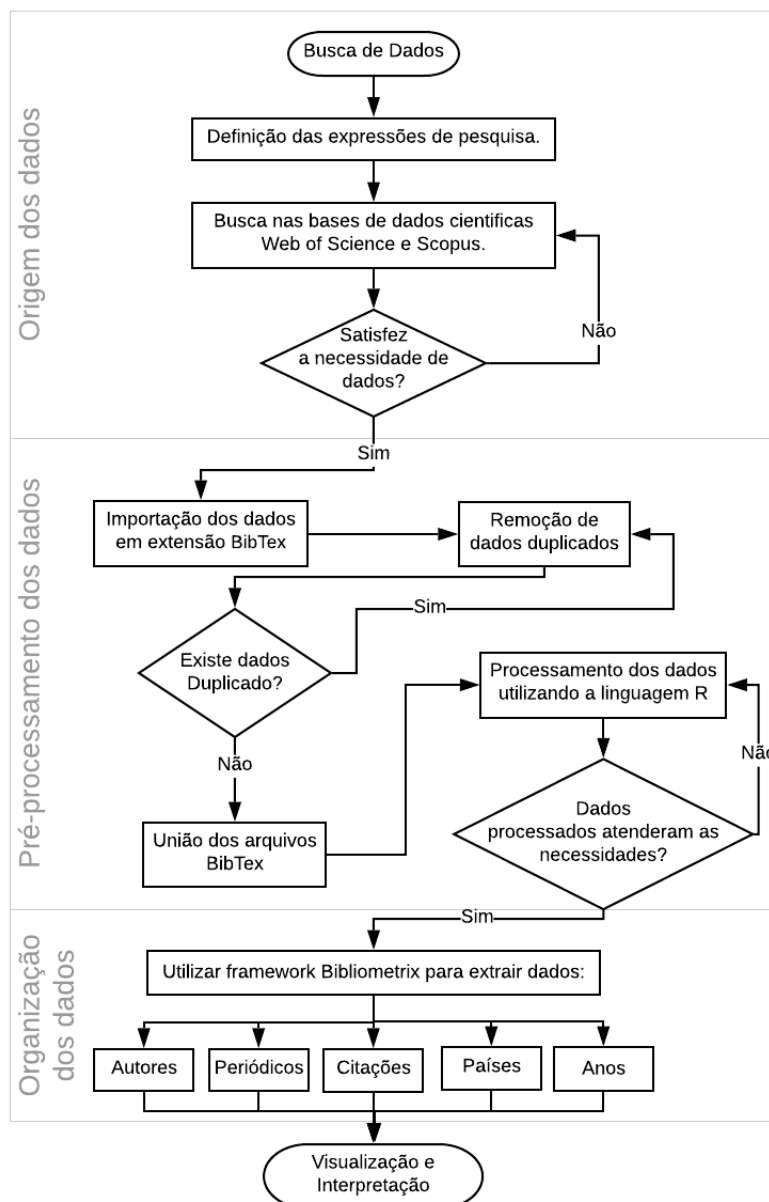
Dessa forma, teve como objetivo caracterizar a produção científica nacional e internacional contendo Dados Legados de Solos, utilizando um conjunto de indicadores bibliométricos afim de possibilitar a previsão de desenvolvimento futuro da pesquisa nesta área de conhecimento.

Os objetivos específicos foram: i. Analisar o cenário mundial e nacional de publicações referentes a dados legados do solo; e, ii. Avaliar a produção bibliométrica de artigos científicos publicados on-line referentes ao tema, utilizando bases de dados científicas.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido através da análise bibliométrica de artigos científicos referentes a utilização de Dados Legados de Solos publicados online, conforme exposto no fluxograma metodológico (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Figura 1. Fluxograma metodológico referente ao presente estudo, em cinza constam as etapas realizadas, em preto todos os processos necessários para obtenção dos resultados. Os retângulos abaulados representam o início e fim, os retângulos os processos e em losango as tomadas de decisões



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

### 2.2.1 Origem dos dados

As buscas de dados tiveram início com a definição das expressões de busca nas bases científicas. Foram definidas as expressões de pesquisa na língua inglesa para obtenção de um cenário global, levando em consideração que a maioria das revistas científicas exigem que os artigos estejam escritos em inglês.

Os termos foram pesquisados do ano de 1995 até março de 2020, sendo que os mesmos deveriam estar contidos no título, resumo ou palavras-chave, bem como a pesquisa foi refinada quanto ao tipo de documento, apresentando apenas artigos publicados em revistas científicas.

As definições das palavras-chave foram baseadas nas leituras dos artigos científicos mais relevantes da área de conhecimento, de maneira que a maioria dos artigos de interesse fosse incluída, sendo encontrados alguns termos semelhantes à “soil legacy data” utilizados como sinônimos.

As palavras-chave utilizadas de busca foram: “soil legacy data\*”, “legacy soil data\*”, “legacy soil map”, “soil legacy” AND map\*\*, “legacy soil” AND map\*\*, “legacy soil”, “soil data recovery”, “legacy soil profile data”, “existing soil data”. Todos os termos de pesquisa incluíram a palavra “soil” bem como “legacy” e o termo “data” e suas variações: “database” e “datum”. O termo “map” e suas variações “mapping” também foram utilizadas como expressão de busca a fim de refinar a pesquisa a trabalhos relacionados ao mapeamento de solos.

Os dados são originados das bases de dados Scopus e Web of Science, onde foram avaliados todos os registros de produção de artigos científicos a partir de consulta nas áreas ligadas a ciências agrárias.

Todos os artigos científicos foram avaliados no gerenciador de referências Mendeley v 1.19.4 (2019) e examinados quanto ao seu escopo, foram verificados os autores, ano e país de publicação, as palavras de indexação utilizadas e os resumos dos referidos artigos foram analisados.

## 2.2.2 Pré-processamento dos dados

Cada busca de documento foi exportada em um arquivo BibTeX [.bib], abrangendo todas as informações desses artigos: informações de citação, informação bibliográfica, resumo e palavras-chave, entre outras. Tais arquivos foram utilizados para tratamento e estudo dos dados.

No cenário global, no total foram obtidas 966 publicações, sendo 541 artigos da *Scopus* e 425 da *Web of Science*. Utilizando as duas bases de dados há a grande possibilidade de mostrarem alguns artigos repetidos, dessa maneira, faz-se necessário a fusão desses dados e exclusão dos arquivos duplicados.

O conjunto de dados obtidos nas duas bases de dados (*Scopus* e *Web of Science*) foi reunido em única planilha de dados (966 publicações), os repetidos foram excluídos (740 publicações repetidas), totalizando em 226 publicações. Posteriormente, os dados foram processados na linguagem R através do software RStudio (versão 1.1.463) (RSTUDIO TEAM, 2020), os dados processados foram posteriormente analisados.

## 2.2.3 Organização dos dados

Os dados foram processados por meio do framework *Bibliometrix comprehensive Science Mapping Analysis* (versão 3.0.2) (Cuccurullo & Aria, 2017) através do ambiente computacional RStudio (RSTUDIO TEAM, 2020), foi necessário a instalação de outros pacotes adicionais para o pleno funcionamento, são eles: *dimensionsR*, *dplyr*, *DT*, *FactoMineR*, *factorextra*, *ggraph*, *ggplot2*, *ggrepel*, *igraph*, *Matrix*, *networkD3*, *RColorBrewer*, *rio*, *rscopus*, *shiny*, *shinycssloaders*, *shinythemes*, *SnowballC*, *stringdist*, *stringr*, *tidyr*, *knitr*, *rmarkdown* e *testthat*.

O pacote *Bibliometrix* permite a análise conjunta dos dados, construindo de maneira clara a bibliometria referente aos resultados, dispondo em tabelas e gráficos. As unidades de análise são representadas pelos focos de estudo, sendo eles os autores, periódicos, países, anos, trabalhos e citações.

A fim de representar o estágio atual das pesquisas realizadas referentes aos Dados Legados de Solos, a análise dos dados fora embasada por leis e princípios bibliométricos. Foi usada a Lei de Lotka para análise dos autores, para análise do conteúdo das palavras-chave foram utilizadas as Leis de Zipf, a Lei de Bradford e o Fator de Impacto foram as leis e princípios utilizados para analisar os periódicos.

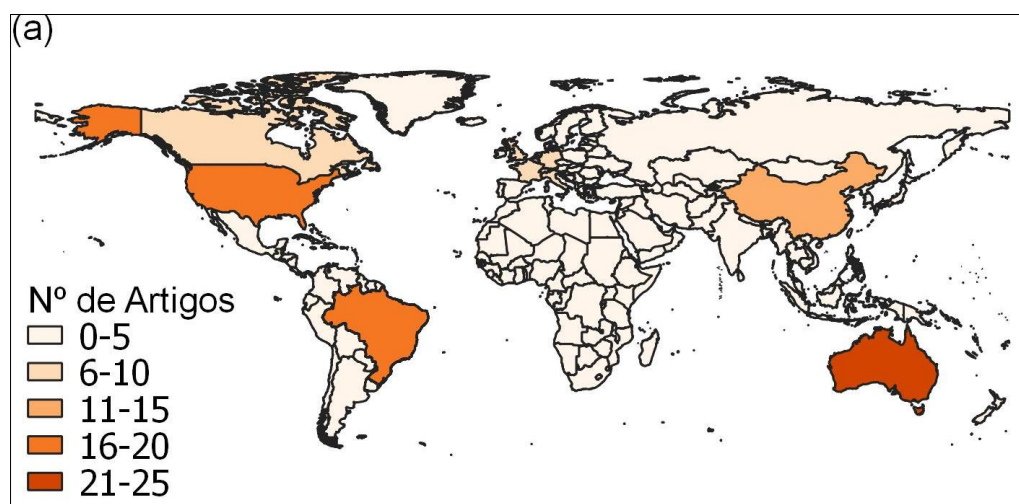
## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.3.1 Evolução histórica dos estudos de Dados Legados de Solos

As publicações na temática nos anos de 1995 e março de 2020 totalizam em 226 documentos publicados. Originados de 88 revistas periódicas, 867 autores, totalizando em uma frequência média de 14,98 citações por artigo. Os estudos foram referenciados e apresentados no Apêndice A.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra a distribuição espacial da publicação dos artigos em diferentes países no período estudado que pode ser utilizado para identificar os países que estão utilizando dados legados em suas pesquisas. Do total de 226 artigos encontrados de acordo com os critérios estabelecidos: 25 deles foram produzidos na Austrália; seguido de 19 nos Estados Unidos; 17 artigos no Brasil; 13 artigos na China; 10 na Alemanha; 7 no Canadá e na Itália; 6 na Bélgica, França, Países Baixos e Reino Unido; 5 na Hungria; 3 na Irlanda; 2 artigos na República Tcheca, Estônia, Romênia e Suíça; e, 1 artigo publicado nos seguintes países: Camarões, República de Chipre, Egito, Gana, Índia, Indonésia, Portugal, África do Sul, Espanha, Sri Lanka, Suécia, Tanzânia e Tailândia.

Figura 2 - Distribuição geográfica referente ao número absoluto por país de artigos publicados.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

A Austrália, país que apresenta maior quantidade de artigos publicados utilizando Dados Legados de Solos e também apresenta elevado número total de citações, tendo sido referenciado na totalidade dos artigos por 686 vezes. Na sequência, os Estados Unidos ficaram em segundo lugar na quantidade de artigos publicados, porém em número total de citações ficaram na terceira posição, dando espaço na segunda posição aos Países Baixos. Embora os estudos realizados por pesquisadores dos Países Baixos serem bastante citados, o número de artigos publicados é menor quando comparado com os demais países avaliados.

Tabela 1. Comparação dos dez países que mais publicaram artigos científicos sobre reutilização de Dados Legados de Solos organizados por número e percentual de artigos, total de citações e citações médias.

<b>Países</b>	<b>Nº Artigos</b>	<b>% Artigos</b>	<b>Total de Citações</b>	<b>Citações Médias</b>
<b>1</b> Austrália	25	11,06	686	27,44
<b>2</b> Estados Unidos	19	8,41	272	14,32
<b>3</b> Brasil	17	7,52	150	8,82
<b>4</b> China	13	5,75	192	27,00
<b>5</b> Alemanha	10	4,42	63	6,30
<b>6</b> Canadá	7	3,10	218	31,14
<b>7</b> Itália	7	3,10	184	26,29
<b>8</b> Bélgica	6	2,65	22	3,67
<b>9</b> França	6	2,65	72	12,00
<b>10</b> Países Baixos	6	2,65	326	54,33

A Austrália liderou o número de publicações e total de citações com diversos estudos desenvolvidos por pesquisadores da Universidade de Sydney, tal fato foi observado na presente análise dos autores mais produtivos que publicaram artigos do gênero. Os autores A. McBratney, B. Minasny, I. Odeh e P. Lagacherie, formam um grande time de professores e pesquisadores qualificados que juntam esforços no desenvolvimento de novas técnicas no âmbito do mapeamento digital de solos (CANCIAN; DALMOLIN e TEN-CATEN, 2018), em que não só possuem a iniciativa de publicação de seus artigos, mas também são autores de livros de referência nos estudos de Pedometria.

A segunda posição do número total de artigos publicados encontra-se os Estados Unidos com 19 estudos relacionados. Em relação ao número de citações e comparações aos demais países, os pesquisadores estadunidenses foram citados 272 vezes, onde obtiveram uma média de citações de 14,32.

Os pesquisadores dos Estados Unidos foram bastante citados e em comparação com os demais, obtiveram o terceiro maior número total de citações. Justificando tal dado, no país referido a National Cooperative Soil Survey (NCSS), organização de pesquisa da UDSA Soil Conservation Service (United States Department of Agriculture - SCS) em meados de 1975 desenvolveram um registro de dados das informações computadorizadas do solo, seis anos após tal iniciativa, em 1981 utilizaram da tecnologia Database Management System (DBMS technology) em que consiste em um sistema de gerenciamento de banco de dados. Já na década de 90, junto ao banco de dados foi implementado também iniciativas a fim de georreferenciar tais dados como uma etapa de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) nacional do solo.

A NCSS tem como foco principal de fornecer um recurso dinâmico de informações do solo. Diante isto, projetaram o sistema de dados gratuito National Soil Information System (NASIS) fim de auxiliar na coleta, armazenamento, manipulação e disseminação das informações dos solos do território nacional. É projetado como um aplicativo de software disponível ao público, em que permite ao cientista do solo o acesso ao banco de dados de solos de todo o território dos Estados Unidos, para recuperar e criar um banco de dados da área de interesse de estudo local. A documentação desejada, é compilada, analisada e agregada a fim de criar informações sobre propriedade, qualidades e interpretações do solo para componentes dentro de uma unidade de mapeamento (U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE, 2017).

Diante disso, os Estados Unidos é um dos países mais citados pelo uso do software NASIS desenvolvido para o território que disponibiliza dados de solos que os pesquisadores de diversas partes do país que os utilizam como dados de entrada dos seus estudos. O software NASIS foi divulgado em todo o território estadunidense com um livro que apresenta todas as orientações e diretrizes de utilização do referido software, o National Soil Survey Handbook de 2017 e ao longo do tempo apresenta diversas edições conforme atualizações do software.

Ainda em território estadunidense, em 2001 os autores J. G. Bockheim, K. M. Hinkel e F. E. Nelson publicaram na revista *Polar Geography* o artigo de título “Soils of the Barrow Region, Alaska”<sup>2</sup> que teve por objetivo principal compilar uma base de

---

<sup>2</sup> Tradução nossa: Solos da Região Barrow, Alaska.



dados de solos legados para a região de Barrow no Alaska como parte de um inventário de recursos naturais da região que foi organizada pelo National Science Foundation's Arctic System Science Program. A organização deste banco de dados de solos legados partiu da necessidade de estudar os recursos naturais desta região uma vez que os solos são estudados por quase 50 anos. Desde 1995 são realizados trabalhos de descrição, amostragem e caracterização de 26 pedons desta região onde possuem diversos tipos de solo com cobertura que vão de seca à úmida ácida devido aos processos de degelo presentes na região.

O estudo de Bockheim et al. (2001) foi possível observar que a compilação dos Dados Legados de Solos permitiu a caracterização geral dos solos da região, a análise da variabilidade espacial destes solos com a produção de importantes informações sobre este recurso para manejo e conservação.

Ainda relacionando os resultados das comparações dos países que mais desenvolvem estudos no âmbito da reutilização de dados previamente levantados de solos, pode-se notar que os demais países, Alemanha, Itália, Bélgica, França e Países Baixos, apresentados na Tabela 1 (exceto o Brasil) estão no continente Europeu e que também possuem número significativo de estudos. Tal resultado se deve ao fato de existir fortes esforços do grupo de trabalho europeu oficial sobre Mapeamento Digital de Solos (MDS) fundado pela União Europeia. O grupo European Soil Bureau Network (ESBN) foi criado em 1989 formalizando contribuições já existentes entre as pesquisas de solos iniciadas em meados de 1959 pela FAO (MONTANARELLA; JONES; DUSART, 2005).

O ESBN consiste em uma rede de institutos nacionais de ciência do solo com participação de mais de 40 países, possui como objetivo principal tornar possível uma "Europa sem fronteiras" para o conhecimento da ciência do solo. Reuniram em um único SIG as informações de solos coletados em países europeus, utilizando de metodologias, padrões e conhecimentos científicos muito diferentes. Desta forma, dispuseram um vasto banco de dados geográfico totalmente harmonizado em escala nominal 1:1.000.000 de forma gratuita, nomeado como The European Soil Data Centre (ESDAC) (PANAGOS et al., 2012).

Nos estudos realizados por autores holandeses, pode-se observar que em maioria são professores da Universidade de Wageningen, bem como compõem a equipe de pesquisadores da International Soil Reference and Information Centre (ISRIC) onde trabalham no resgate de informações de solos mundiais. O ISRIC

consiste em uma fundação científica independente fundada em 1966, que possuem a missão de servir à comunidade internacional com informações sobre os recursos dos solos mundiais a fim de ajudar a resolver os problemas globais. A ISRIC, após décadas de contribuições científicas em pesquisas de solos, evoluiu de International Soil Museum para um centro global de referência e informações sobre solos (SOMBROEK, 1980; BATJES, 1995; BATJES, 2009).

O Brasil, em comparação com os demais países que realizam estudos com Dados Legados de Solos, encontra-se em terceira posição em número de estudos, ficando atrás apenas da Austrália e Estados Unidos. Pode-se perceber também que apesar do crescente número de publicações a respeito, apresenta baixa taxa de citações médias de 8,82. Tal resultado se deve pelo fato da “fronteira do idioma”, atualmente as revistas científicas nacionais estão migrando a aceitação de artigos em português para apenas artigos em inglês, devido a caracterização do inglês como a linguagem franca acadêmica (GIMENEZ et al., 2015; VIÉGAS, 2016; OLIVEIRA; RODRIGUES; MATIAS, 2017).

Resultado interessante apontado na pesquisa de Oliveira, Rodrigues e Matias (2017) em que analisaram periódicos científicos das Ciências Agrárias observaram que, cerca de 38% das revistas aceitam os trabalhos somente em inglês, e que cerca de 40% das revistas aceitam em conjunto o idioma inglês, português e espanhol, demonstrando o interesse crescente das revistas em publicação no idioma inglês, com o intuito de obter visibilidade internacional.

Em território nacional, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) disponibilizou o banco de dados de solos de livre acesso, permitindo melhor conhecimento dos solos nacionais e sua distribuição no território. O Sistema de Informações de Solos Brasileiros (BDSolos), criado em 2014, tem por finalidade armazenar dados detalhados sobre esse recurso natural, reunindo dados de perfis de solos, análises de fertilidade e mapas de solos coletados e analisados de todas as regiões do Brasil, sendo continuamente alimentada por pesquisadores da Embrapa e de outras instituições. Este banco conta com um conjunto de nove mil perfis de solos brasileiros, resultado de pesquisas sobre o tema iniciados na década de 80 (OLIVEIRA; ZURMELY, 2014).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) também trabalha ativamente na compilação, organização e distribuição de dados do solo em território nacional. Participa ativamente em grandes projetos de levantamento de dados e

mapeamento do solo como o Projeto RadamBrasil (década de 70). O IBGE periodicamente atualiza a classificação taxonômica dos solos dos levantamentos, como também adiciona dados de novos perfis para atualizar e refinar a escala dos mapas do solo (PronaSolos, 2016). Em tempos atuais, a Embrapa com apoio de diversas instituições, entre elas o IBGE, desenvolvem o PronaSolos, que possuem como objetivo a retomada da realização dos levantamentos pedológicos em caráter multiescalar em todo o território nacional, bem como estabelecer uma base de dados integrada, em que os Dados Legados de Solos e os dados que vierem a ser produzidos estejam organizadas e sistematizadas para consulta do público (PronaSolos, 2016).

Ademais, também dispõe em território nacional o Repositório Brasileiro Livre para Dados Abertos do Solo (febr) criado com o propósito de servir de meio para a compilação, organização e publicação de todos os tipos de dados do solo no Brasil, com política de dados abertos, facilitando o acesso, manutenção e uso, desenvolvido sob coordenação do professor Doutor Alessandro Samuel-Rosa da Universidade Federal Tecnológica do Paraná (UTFPR) (SAMUEL-ROSA, et al., 2019; MESSIAS; SAMUEL-ROSA, 2019).

Além das iniciativas nacionais e continentais, há também esforços de tornar o acesso facilitado à informação de Dados Legados de Solos internacional. As agências das Nações Unidas, Food and Agriculture Organization (FAO) e United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), juntas em 1971 realizaram um inventário consistente e harmonizado do solo: Digital Soil Map of the World (DSMW). O mapa digital do solo do mundo encontra-se disponível para download em formato digital, baseado em informações contidas em 11.000 mapas em grande escala, onde dispõe de um banco de dados completo de composição das unidades de solo, textura de solo superficial, classe de declive, dentre outras informações (Sanchez et al., 2009). Em 2006 o DSMW fora substituído pelo Harmonized World Soil Database (HWSD) desenvolvido através da colaboração das instituições International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Joint Research Centre of the European Commission (JRC), Institute of Soil Science Chinese Academy of Sciences (ISSCAS), FAO e ISRIC.

O banco de dados HWSD possui mais de 15.000 unidades de mapeamento de solos diferentes de todo o mundo, permitindo uma ligação dos dados do atributo com

o mapa no formato raster<sup>3</sup> a fim de expor a composição e a caracterização de parâmetros selecionados do solo (carbono orgânico, pH, classe textural, granulometria, entre outros) (FAO/IIASA/ISRIC/ISS-CAS/JRC, 2012).

Esforços de diversos pesquisadores e instituições de todo o mundo, que compõem a International Union of Soil Science (IUSS) em parceria com várias instituições, entre elas a FAO, formaram o projeto GlobalSoilMap.net em 2009. Este projeto tem como objetivo realizar um novo mapa digital de solo mundial utilizando de tecnologias mais recentes que permitem coletar e prever com precisão as propriedades do solo para posterior mapeamento em uma resolução melhor (ARROUAYS, et al., 2017).

O GlobalSoilMap.net tem como finalidade desenvolver um banco de dados de perfis de solos distribuído globalmente, onde estes sejam gerenciados, disponibilizados online e acessados pela comunidade. Tem como característica notável a atualização periódica, representando um “resultado atualizável”, ou seja, ao inserir novos dados, um novo mapa atualizado do solo é produzido rapidamente, desta forma melhorando a precisão do produto geral que é o mapa global de solo (ARROUAYS, et al., 2017).

A facilidade ao acesso das informações de Dados Legados de Solos muito contribui para novos estudos locais, muito utilizados principalmente para estudos no âmbito da pedometria<sup>4</sup>, servindo de base para estudos das ciências agrárias, aptidão agrícola de culturas, zoneamentos climáticos e agroecológicos, entre outros. O uso de dados legados, conforme Sarmiento et al. (2014) surge também como uma das alternativas a fim de suprir informações necessárias sem refazer levantamentos caros e extensivos, assumindo relevância ainda maior em função das novas informações produzidas.

---

<sup>3</sup> Raster: são dados formados por uma matriz de pixels em que cada uma contém um valor que representa uma condição da área coberta por esse píxel.

<sup>4</sup> Pedometria definida por A. McBratney et al. (2000) como: “ciência baseada em modelos numéricos ou estatísticos para inferir as variações espaciais e temporais de classes e propriedades do solo a partir de observações, conhecimento e dados de covariáveis ambientais relacionados”.

### 2.3.2 Análise dos artigos mais citados

Dentre os artigos avaliados, o mais citado foi elaborado pelo autor e pesquisador do ISRIC Niels H. Batjes, referenciado em 128 publicações e divulgado na revista periódica *Soil Use Manage* em 2009, de título “*Harmonized soil profile data for applications at global and continental scales: updates to the WISE database*”<sup>5</sup>, que teve por objetivo a atualização em uma nova versão do banco de dados World Inventory of Soil Emission Potentials (ISRIC-WISE database), onde continha na época cerca de 10250 perfis de solos de 149 países diferentes.

O banco de dados WISE teve colaboração inúmeras instituições e indivíduos em todo o mundo, e iniciou em 1991, com a finalidade de servir a comunidade internacional com informações sobre os solos do mundo, abrangendo 149 países com mais de 10.250 perfis de solo. O projeto WISE foi implementado pelo ISRIC para o Programa Nacional Holandês de pesquisa sobre poluição do ar global e mudança climática, que ao término do mesmo em 2016, o seu banco de dados foi expandido no contexto de vários projetos financiados externamente.

O projeto WISE e seus derivados envolveram colaboração com diversas instituições de pesquisa e indivíduos de todo o mundo. Representa um repositório abrangente de dados primários globais sobre perfis de solo, foi desenvolvido especificamente para aplicações relacionadas a solos em escalas continentais e globais, tais como zoneamento agroecológico, avaliações da produção agrícola, vulnerabilidade do solo à poluição, estoques e mudanças de carbono no solo e emissão gasoso potencial do solo.

A China, país asiático que obteve a quarta posição no ranking de países que mais publicaram estudos utilizando Dados Legados de Solos, obtiveram o segundo artigo mais citado dentre os analisados. O artigo de título “*A global soil data set for Earth system modeling*”<sup>6</sup>, publicado em 2014 pelos autores Wei Shangguan, Yongjiu Dai, Qingyun Duan, Baoyuan Liu e Hua Yuan, na *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, obtiveram 127 menções científicas. Os autores desenvolveram um conjunto de dados globais de solos para uso em modelos de sistemas terrestres

---

<sup>5</sup> Tradução nossa: Dados harmonizados do perfil do solo para aplicações em escalas global e continental: atualizações no banco de dados WISE.

<sup>6</sup> Tradução nossa: Um conjunto global de dados de solos para modelagem do sistema Terra

(GSDE – Global Soil Dataset for use in Earth System Models) e outras aplicações. Com a finalidade de avançar na modelagem do sistema terrestre, o conjunto de dados desenvolvido no artigo forneceu informações mais realistas das propriedades físicas e químicas dos solos globais, podendo ser utilizados para determinação de outros parâmetros a partir destes.

O GSDE incorporou um banco de dados enriquecido de 41.592 perfis de solos da WISE e NCSS (National Cooperative Soil Survey - Soil Characterization Data), utiliza de mapas regionais do solo e dados de atributos. O respectivo banco de dados dispõe das classificações taxonômicas locais, como nos casos da China, EUA, Canadá e Austrália que apresentam os próprios sistemas taxonômicos de classificação de solos. No entanto, não apresentam medidas de conversão dos diferentes métodos analíticos empregados para um padrão uniforme, dificultando um pouco a sua utilização (Shangguan et al., 2014).

Ainda analisando os artigos mais citados, os autores Bas Kempen, Dick J. Brus, Gerald B. M. Heuvelink e Jetse J. Stoorvogel elaboraram em 2009 o artigo de título “*Updating the 1:50,000 Dutch soil map using legacy soil data: logistic regression approach*”<sup>7</sup> publicado na revista científica *Geoderma*, obtiveram 119 menções científicas. Tal trabalho teve como objetivo atualizar o mapa nacional do solo da década de 90 da província Holandesa Drenthe sem um trabalho de campo adicional, unicamente através do mapeamento digital de solos utilizando dados legados.

O trabalho de Kempen et al. (2009) apresentou resultados interessantes quanto a utilização dos dados legados em combinação com dados auxiliares ambientais de alta resolução para atualização de mapas de solos defasados. Porém, os autores enfatizam a importância da validação destes mapas, pois levam a uma superestimação da pureza do mapa teórico. Diante tais resultados, podemos aferir que há uma grande equipe capacitada nos Países Baixos em desenvolver banco de dados de solos internacionais, indo ao encontro com o fato de serem bastante citados.

Assim, observou-se perceber que os três artigos mais citados descrevem a criação de base de dados de solos mundiais. Sendo eles a publicação dos bancos de dados de solos mundiais e atualização de mapa de solos, em que integram um trabalho colaborativo de vários profissionais e instituições de todo o mundo. Sendo assim justificando a grande citação, uma vez que os autores utilizaram estas bases de dados

---

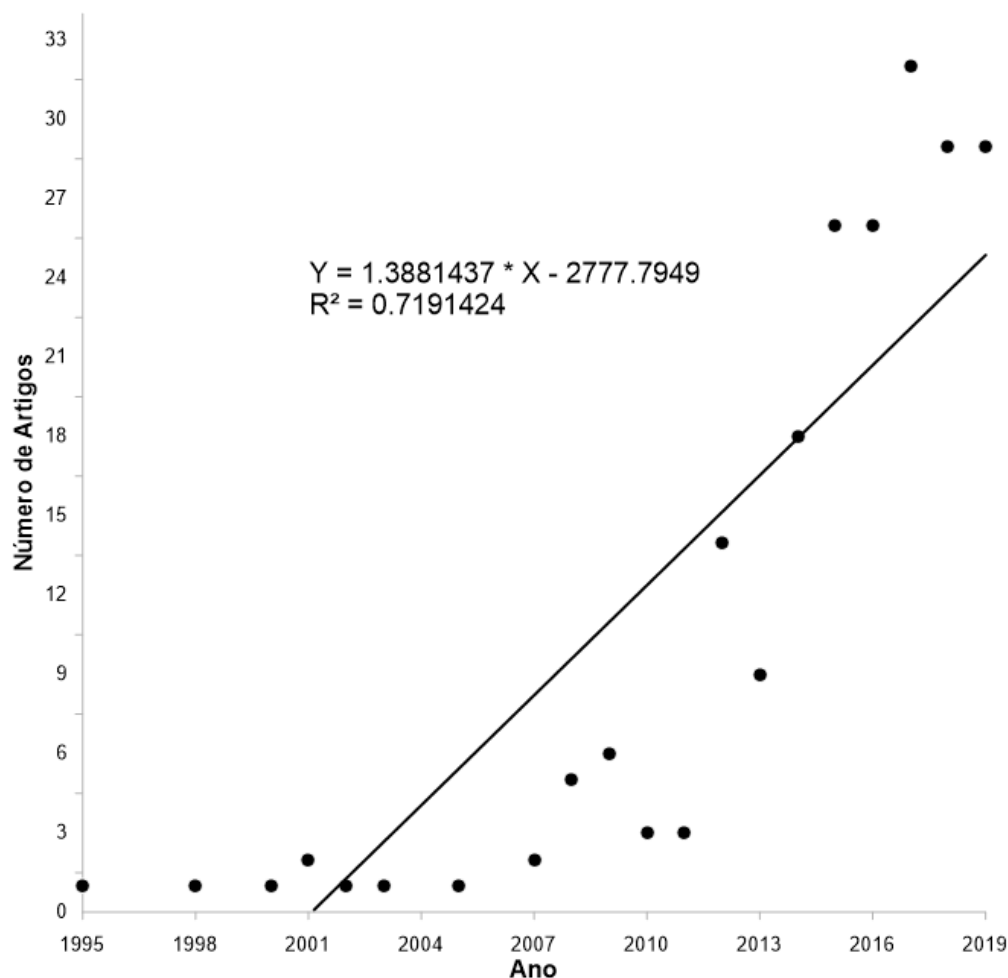
<sup>7</sup> Tradução nossa: Atualizando o mapa de solos holandês 1:50.000 usando dados legados do solo: abordagem de regressão logística

em seus estudos como dados de validação, objeto de estudo ou proxy na determinação de outros parâmetros.

### 2.3.3 Visão geral das publicações de Dados Legados de Solos

Visto a grande disponibilidade de bases de Dados Legados de Solos, seja em território nacional quanto internacional, espera-se que ao longo do tempo o número de estudos que utilizem estes dados cresça. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra uma tendência crescente de estudos que utilizaram Dados Legados de Solos ao longo dos anos.

Figura 3. Tendência do número de publicações científicas anuais referentes a utilização de Dados Legados de Solos nos anos de 1995 a 2019 no âmbito mundial.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Percebe-se que o número de artigos mais que dobrou de 2013 para 2014, tendo em 2017 o maior número de artigos publicados relacionados. Atualmente, apenas considerando a busca realizada em março do presente ano, foram publicados em todo o mundo cerca de 19 artigos científicos, valor semelhante a produção científica de 2012 (14 artigos). Vale ressaltar que o gráfico apenas considerou os anos completos, mas de toda forma expõe uma forte ascensão dos estudos publicados. Desta forma demonstra o forte interesse de pesquisadores a reutilizarem dados já levantados para diferentes finalidades. Segundo Arrouays et al. (2017), os anos de 2014 a 2016 foram caracterizados por diversos avanços científicos significativos devido as ações do projeto GlobalSoilMap.net em países como a Austrália, EUA, Escócia, Coréia do Sul, Indonésia, Dinamarca, Canadá, Nigéria, França, Tunísia e México.

Analisando os dados obtidos da última década, pode-se observar uma taxa de crescimento de estudos utilizando de dados legados de 867%. No estudo de Cancian; Dalmolin e ten Caten (2018) encontraram que em cerca de 80 estudos o uso de Dados Legados de Solos foi explorado ou sugerido como dados de entrada para o mapeamento digital de solos.

Conforme estudo de Santos et al. (2019), os autores constataram um forte crescimento nas pesquisas mundiais entre os anos de 2007 e 2017 sobre a espectrorradiometria e geoestatística de solos. Ademais, foi verificado que o desenvolvimento da informática e o avanço tecnológico a construção de um forte relacionamento em rede entre países que pesquisam sobre os temas foi facilitada. Resultados estes que corroboram com o presente estudo, como também expõe a grande gama de possibilidades de estudos na área de pedometria e mapeamento digital de solo.

O primeiro artigo publicado utilizando Dados Legados de Solos encontrado nas buscas com as determinadas palavras-chave, foi publicado em 1995, pelo autor Bouma J. de título "*Methods to characterize soil resource variability in space and time*". O trabalho retrata que para o correto gerenciamento de uso e manejo do solo, faz-se necessário a reanálise dos métodos para coletar e interpretar as informações do solo. Com base nessa problemática, o autor observou na década de 90 uma escassez de dados básicos diretamente medidos para alimentar os modelos de simulação. Foi proposto a derivação de funções de pedotransferência que relacionam os dados existentes a dados indisponíveis pra contornar tal situação. Interessante observar



neste estudo que o autor remete a utilização de Dados Legados de Solos, porém não utiliza em si o termo “legacy soil data”, mas sim “soil data”.

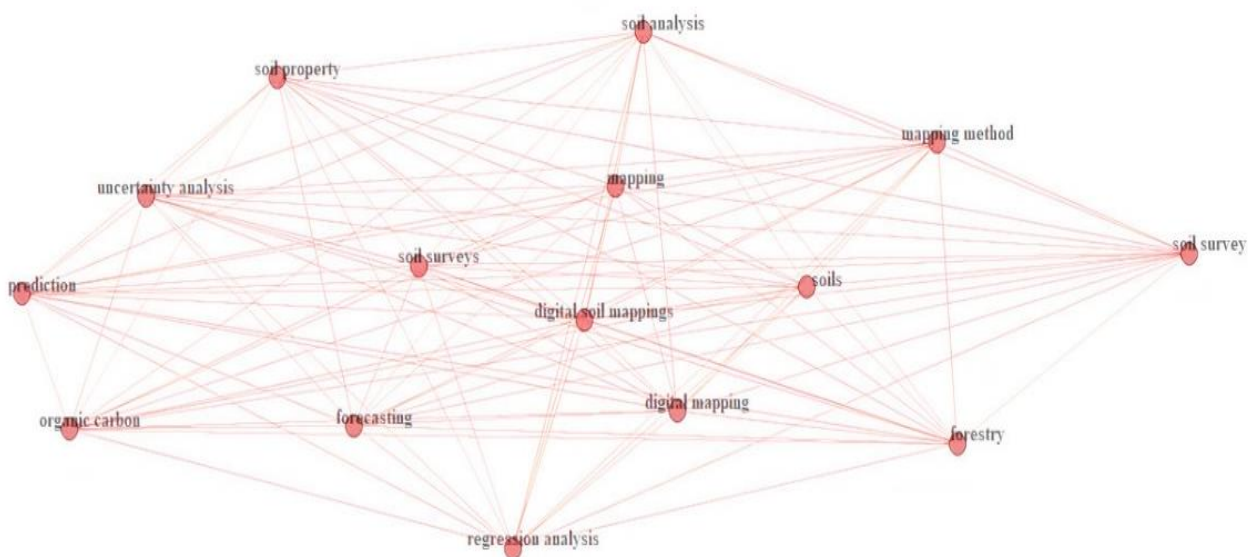
Na presente busca bibliométrica utilizando apenas do termo “soil legacy data” e suas variações, foi observado que diversos autores também utilizam “soil data” como sinônimo. No estudo de Hendriks et al. (2019) foi realizada uma revisão de literatura sobre o uso de dados de solos e verificou-se que os estudos que utilizaram Dados Legados de Solos datam de meados da década de 60. Entretanto, nestes estudos não foram citados especificamente o termo “Dados Legados de Solos”, mas foram descritos unicamente como “dados de solos” (BARRATT, 1967; STANTON; BURGUER, 1967; LEROUX, 1967 apud Hendriks, 2019).

Desta forma, foi realizada uma segunda busca na literatura por artigos que utilizaram o termo “dados de solos” e nesta, pode-se observar o desconhecimento do termo referente, mas não do método de reutilização de dados previamente levantados. Porém, o termo “soil data” é muito abrangente, englobando estudos de diversas naturezas que fogem do escopo do trabalho. Isto posto, acredita-se que há um número maior de estudos desta natureza que não foram considerados nesta análise por não atrelarem o termo “Dados Legados de Solos” para referir-se à reutilização de dados de perfis e mapas de solos que foram previamente levantados.

Portanto, entende-se que há muita pesquisa e estudo sobre a reutilização de dados já levantados anteriormente, porém são poucos os artigos que associam o termo “Dados Legados de Solos”. Assim, a presente análise bibliométrica pode não ter conseguido compilar uma parte desses artigos pela grande variação de termos utilizados sobre uma mesma temática.

Como a área da ciência do solo é vasta, uma visão geral dos tópicos principais abordados nos referentes estudos auxilia a identificação de temas mais frequentes. A F representa as 15 palavras-chave mais utilizadas nos estudos de Dados Legados de Solos no período estudado. Nela pode-se observar a frequência de ocorrência e região de concentração das palavras-chave “digital soil mapping”, “digital mapping”, “mapping”, “mapping method” e “soil surveys”. Foi possível observar a ligação direta de tais estudos com a modelagem e o mapeamento digital de solos.

Figura 4. As 15 palavras-chave utilizadas com maior frequência nos artigos de Dados Legados de Solos.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Na figura 4 pode-se observar, também, alguns estudos que utilizaram Dados Legados de Solos juntamente do mapeamento apresentam em seus objetivos as palavras: “organic carbon”, “prediction”, “forecasting” e “soil property”. Podemos inferir que em grande maioria, tais estudos utilizam de Dados Legados de Solos a fim de predizer certas propriedades do solo, e a mais estudada dela é o carbono orgânico. Acredita-se que tal fato se deva pela grande ascensão de estudos relacionados ao mapeamento de estoque de carbono orgânico utilizando de abordagens de mapeamento digital. Lamichhane, Kumar e Wilson (2019) observaram em seu estudo de revisão um aumento do número de publicações relacionados a mapeamento de carbono orgânico do solo nos anos de 2016 e 2017.

A palavra-chave “prediction” também foi encontrada nas 15 palavras-chave mais utilizadas no estudo de Cancian, Dalmolin e ten Caten (2018) a respeito de mapeamento digital de solos.

Pode-se observar que algumas palavras-chave remetem as metodologias utilizadas nos estudos, são elas “mapping method”, “uncertainty analysis” e “regression analysis”. A análise de regressão foi bastante citada, que talvez seja a metodologia mais empregada na modelagem dos dados, porém não é possível afirmar uma vez que não abordamos a meta-análise nesse estudo.

Observa-se também a utilização da palavra-chave “uncertainty analysis” que corresponde a análise de incerteza, bastante utilizada nos estudos de mapeamento por apresentar de forma quantitativa o quanto que determinada informação representa na modelagem realizada. No estudo de Odgers, McBratney e Minasny (2015), sugerem um método a fim de estimar a incerteza associada às previsões denominado de PROPR (Digital Soil Property Mapping Using Soil Class Probability Rasters).

### 2.3.4 Análise de Periódicos que publicam acerca de Dados Legados de Solos

A lista dos 10 periódicos que mais publicam sobre Dados Legados de Solos de 1995 a 2020 é mostrado na Tabela 2. Dentre as especificações realizadas nas buscas, pode-se notar que o periódico Geoderma foi o que mais divulgou trabalhos relacionados com 54 documentos publicados, seguido pela revista Catena e Geoderma Regional, com 15 e 14 artigos publicados respectivamente. Também fora indicado o país de sede das revistas, bem como o Journal Citation Reports (JCR) de 2018, H-index (produtividade e fator de impacto do periódico mundial) e Qualis-Capes (classificação dos periódicos no quadriênio 2013-2016 na área das Ciências Agrárias I no Brasil), estes utilizados para analisar o desempenho das publicações de periódicos. De maneira geral, os periódicos com alto fator de impacto possuem o maior número de citações globais totais, resultado semelhante fora encontrado no estudo de Liu, Wu & Zhao (2019) a respeito de pesquisas sobre saúde do solo.

Tabela 2. Revistas Científicas que mais publicaram trabalhos com Dados Legados de Solos e seus respectivos Países, JCR (Journal Citation Reports) 2018, H Index (produtividade e fator de impacto do periódico mundial) e Qualis-Capes (classificação dos periódicos no quadriênio 2013-2016 na área das Ciências Agrárias I no Brasil).

	Revistas Científicas	Nº Artigos	País	JCR	H Index	Qualis Capes
1	Geoderma	54	Países Baixos	4.336	141	A2
2	Catena	15	Países Baixos	3.851	106	A2
3	Geoderma Regional	14	Países Baixos	1.500	12	B1
4	Soil Research	7	Austrália	1.569	74	B1
5	Revista Brasileira de Ciência do Solo	5	Brasil	1.173	44	A2
6	Science of the Total Environment	5	Países Baixos	5.589	205	A1

7	Soil Use and Management	5	Inglaterra	1.958	69	B1
8	Agriculture, Ecosystems and Environment	4	Países Baixos	3.954	151	A1
9	Agrokemia es Talajtan	4	Hungria	-	8	-
10	European Journal of Soil Science	4	Reino Unido	2.818	147	A1

Desta forma, as revistas científicas com elevado número de citações globais e um elevado fator de impacto possuem elevado índice h. O periódico Science of the Total Environment apresenta o maior índice h dentre as demais, porém não é a revista mais escolhida para publicações dessa natureza, pois, em comparação com as demais está alocada na 6ª posição. Situação semelhante acontece com a revista científica Agriculture, Ecosystems and Environment, em que apresenta poucos trabalhos relacionados publicados, porém elevado índice h.

Justifica-se tal dado pelo escopo principal destas revistas, enquanto que a Science of the Total Environment e Agriculture, Ecosystems and Environment, como os próprios nomes sugerem, abrangem as diversas áreas ambientais. Por outro lado, a Geoderma é conhecida por possuir cunho científico voltado à área do conhecimento em ciência do solo. A Geoderma possui foco interdisciplinar em processos e funções dinâmicos do solo no espaço e no tempo. Tal informação induz a percepção que as revistas conseguem atingir um público internacional maior que as demais, publicando artigos científicos de todo o mundo.

### 2.3.5 Cenário nacional acerca de Dados Legados de Solos

No Brasil nos anos de 2014 a 2019 houve ascensão de estudos publicados nas revistas científicas, originados de 13 periódicos diferentes, 173 autores, totalizando em uma frequência média de 9,86 citações por artigo. A Revista Brasileira de Ciência de Solo é o periódico científico mais utilizado para divulgação dos estudos referentes à temática de Dados Legados de Solos para fins de mapeamento.

No cenário nacional, as publicações na temática iniciaram-se em 2014 com o estudo intitulado “Caracterização de mapas legados de solos: uso de indicadores em mapas com diferentes escalas no Rio Grande do Sul”, dos autores E. C. Sarmiento, E.

Giasson, E. J. Weber, C. A. Flores, D. G. Rossiter e H. Hasenack, o estudo refere-se a Tese de Doutorado do primeiro autor. O estudo de Sarmiento et al. (2014) teve como objetivo descrever e comparar diversos mapas convencionais de solos do estado do Rio Grande do Sul através de indicadores quantitativos computados diretamente a partir dos mapas digitalizados e de suas legendas. Tal estudo apresentou considerações importantes no âmbito do mapeamento de solos no geral, nele pode-se observar que a qualidade de mapas convencionais de solos tende a ser inferior à presumida em virtude das normas e recomendações em comum.

O artigo científico mais citado, obteve taxa de 62 de citação, trabalho publicado em 2016 no periódico Science on the Total Environment pelos autores M. Rodrigues, P. S. Pavinato, P.J.A. Withers, A.P.B. Teles e W.F.B. Herrera de título “Legacy phosphorus and no tillage agriculture in tropical oxisols of the Brazilian savanna”. No estudo de Rodrigues et al. (2016) utilizaram de dados legados de fósforo do solo a fim de investigar o impacto da agricultura de plantio direto e preparo convencional em locais de estudos de longo prazo, pode-se observar que o teor total de fósforo nos solos do cerrado no Brasil quase dobrou em 30 a 40 anos devido às altas taxas de uso de fertilizantes inorgânicos.

O segundo artigo brasileiro mais citado foi publicado em 2017 de título “Soil legacy data rescue via GlobalSoilMap and other international and national initiatives” de Arrouays et al. na revista científica GeoResJ, o presente estudo houve a colaboração de 85 autores a fim de divulgar as iniciativas de resgate de Dados Legados de Solos pelo projeto GlobalSoilMap.net. No estudo de Arrouays et al. (2017) fora resgatado em países selecionados cerca de 800.000 perfis de solos, sendo 117.000 destes foram compilados e harmonizados de acordo com as especificações do GloalSoilMap.net em um banco de dados de nível mundial (WoSIS). Estes dados foram utilizados para produzir mapas de propriedades do solo em nível mundial, desta forma os autores enfatizam que os resultados apresentados por país foram subestimados a fim de se alcançar a escala desejada (BATJES et al., 2017; BATJES; RIBEIRO; OOSTRUM, 2020).

O terceiro estudo científico mais citado no cenário nacional foi publicado na revista Remote Sensing of Environment em 2018 pelos autores J.A.M. Demattê, C.T. Fongaro, R. Rizzo e J.L. Safanelli intitulado “Geospatial Soil Sensing System (GEOS3): A powerful data mining procedure to retrieve soil spectral reflectance from satellite images”. No estudo de Demattê et al. 2018, foram utilizados dados legados do Landsat

5 no procedimento Sistema Geospacial de Detecção de Solo (GEOS3), em que foi possível fornecer a melhor refletância representativa dos solos. Desta forma os produtos GEOS3 podem auxiliar na avaliação dos solos, servindo de base para diversas áreas do conhecimento, tais como o mapeamento digital do solo, segurança do solo, agricultura de precisão, quantificação de atributos do solo, conservação do solo, monitoramento do ambiente e alocação de amostras do solo entre outras.

Tais resultados nos levam a afirmar grande potencialidade que é o uso de dados de solos previamente levantados para auxiliar nos estudos recentes, servindo como dados de entrada ou de validação. Para todo o Brasil, a geração de informações atualizadas do solo requer o manejo de grande volume de dados aos quais deveriam estar organizados e disponíveis para fácil acesso, no entanto estima-se que a maior parte dos dados legados estão dispersos em repositórios institucionais de acesso restrito, em computadores pessoais ou em meios analógicos (SAMUEL-ROSA; VASQUES, 2017).

Vimos que tanto em cenário internacional quanto nacional, há iniciativas de reutilização de Dados Legados de Solos. Pode-se inferir que a utilização destes dados é facilitada quando há esforços governamentais de organização e disponibilização desses dados em bancos de dados de acesso gratuito, facilitando assim a reutilização para estudos de diversas finalidades. No estudo de Hendriks et al. (2019), os autores sugerem a utilização dos Dados Legados de Solos para auxiliar o levantamento de novos dados, desta forma os dados se complementam e apresentam um trabalho completo nas diversas áreas do conhecimento.

## 2.4 CONCLUSÕES

1. Austrália, Estados Unidos e Brasil são os países de maior produção de estudos que utilizam Dados Legados de Solos para fins de mapeamento.
2. Os estudos mais citados referem-se à criação e uso de bancos de dados. Os pesquisadores tendem a utilizar os bancos de dados conhecidos como informações de entrada para os seus respectivos estudos.
3. Ao apresentar a tendência do número de documentos científicos, foi possível observar taxa de crescimento de 867% na última década, enfatizando a ascensão de estudos que utilizam de Dados Legados de Solos a fins de mapeamento.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, C. A. V. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 11-32, jan./jun. 2006. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/EmQuestao/article/view/16/5>>.
- ARIA, M.; CUCCURULLO, C. **bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis**. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>>.
- ARROUAYS, D. et al. Soil legacy data rescue via GlobalSoilMap and other international and national initiatives. **GeoResJ**, v. 14, p. 1-19, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.grj.2017.06.001>>.
- ARROUAYS, D.; LAGACHERIE, P.; HARTEMINK, A.E. Digital soil mapping across the globe. **Geoderma Regional**, v. 9, p. 1-4, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2017.03.002>>.
- ARROUAYS, D.; RICHER-DE-FORGES, S.C.; SABY, N.; MARTIN, M.; LIBOHOVA, Z.; ROUDIER, P.; MCBRATNEY, A.B.; MINASNY, B.; PADARIAN, J.; GRUNDY, M.; MCKENZIE, N.; ROSSEL, R.V.; SAVIN, I.Y.; LEENAARS, J.G.B.; HEMPEL, J. GlobalSoilMap history and main achievements. *In*: ARROUAYS, D.; SAVIN, I.; LEENAARS, J.; MCBRATNEY, A.B. (Eds). **GlobalSoilMap: Digital Soil Mapping from Country to Globe**. Moscow: Taylor e Francis Group, 2018.
- BATJES, N. H. Harmonized soil profile data for applications at global and continental scales: updates to the WISE database. **SOIL USE AND MANAGEMENT**, 111 RIVER ST, HOBOKEN 07030-5774, NJ USA, v. 25, n. 2, p. 124–127, 2009.
- BATJES, N.H.; RIBEIRO, E.; OOSTRUM, A.V. Standardised soil profile data to support global mapping and modelling (WoSIS snapshot 2019). **Earth System Science Data**, v. 12, n. 1, p. 299-320, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.5194/essd-12-299-2020>>
- BATJES, N.H.; RIBEIRO, E.; OOSTRUM, A.V.; LEENAARS, J.; HENGL, T.; JESUS, J.M. WoSIS: providing standardised soil profile data for the world. **Earth System Science Data**, v. 9, n.1, p. 1-14, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.5194/essd-9-1-2017>>.
- BOCKHEIM, J. G.; HINKEL, K. M.; NELSON, F. E. Soils of the Barrow region, Alaska. **Polar Geography**, [s. l.], v. 25, n. 3, p. 163–181, 2001. Disponível em: <



<https://doi.org/10.1080/10889370109377711> >

BUFREM, L.; PRATES, Y. O saber científico registrado e as práticas de mensuração da informação. **Revista Ciência da Informação**, v. 34, n. 2, p. 9-25, 2005. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S0100-19652005000200002>.>

BUI, E. N.; MORAN, C. J. Disaggregation of polygons of surficial geology and soil maps using spatial modelling and legacy data. **Geoderma**, v. 103, p. 79-94, 2001. Disponível em: < [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(01\)00070-2](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(01)00070-2)>

CARRÉ, F.; MCBRATNEY, A. B.; MINASNY, B. Estimation and potential improvement of the quality of legacy soil samples for digital soil mapping. **Geoderma**, v. 141, n.1, p. 1-14, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2007.01.018>>.

CANCIAN, L.C.; DALMOLIN, R.S.D.; TEN-CATEN, A. Bibliometric Analysis for Pattern Exploration in Worldwide Digital Soil Mapping Publications. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 4, p. 3911-3923, 2018. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820180423>>.

CHUEKE, G. V.; AMATUCCI, M. O que é bibliometria? Uma introdução ao Fórum. **Revista Eletrônica de Negócios Internacionais**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 1-5, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18568/1980-4865.1021-5>>.

FAO/IIASA/ISRIC/ISS-CAS/JRC. Harmonized World Soil Database (version 1.2). FAO, Rome, Italy and IIASA, Laxenburg, Austria, 2012. Disponível em: < [https://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB\\_Archive/Soil\\_Data/Docs\\_GlobalData/Harmonized\\_World\\_Soi\\_Database\\_v1.2.pdf](https://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/Soil_Data/Docs_GlobalData/Harmonized_World_Soi_Database_v1.2.pdf)>

FILIPPI, P.; MINASNY, B.; CATTLE, S.R.; BISHOP, T.F.A. Monitoring and Modeling Soil Change: The influence of human activity and climatic shifts on aspects of soil spatiotemporally. *In*: SPARKS, D.L. (Ed). **Advances in Agronomy**. Delaware: Elsevier, 2016, v. 139, p. 153-206. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/bs.agron.2016.06.001>>

GIMENEZ, T.; EL KADRI, M.S.; CALVO, L.C.S.; SIQUEIRA, D.S.P.; PORFIRIO, L. Inglês como língua franca: desenvolvimentos recentes. **Revista Brasileira de Linguística Aplicada**. v. 15, n. 3, p 593-619, 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/1984-639820157010>>

GUEDES, V.; BORSCHIEVER, S. Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica. *In*: PROCEEDINGS CINFOM – ENCONTRO NACIONAL DE CIÊNCIA DAINFORMAÇÃO, 6, 2005, Salvador. **Anais**

**eletrônicos...**Salvador: UFBA, 2005.

HENDRIKS, C.M.J.; STOORVOGEL, J.J.; LUTZ, F.; CLAESSENS, L. When can legacy soil data be used, and when should new data be collected instead?

**Geoderma**, v. 348, p. 181-188, 2019. Disponível em:<  
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.04.026>>

JENNY, H. **Factors of soil formation**. New York: McGraw-Hill, 1941. 281 p.

KEMPEN, B.; BRUS, D.J.; HEUVELINK, G.B.M.; STOORVOGEL, J.J. Updating the 1:50,000 Dutch soil map using legacy soil data: A multinomial logistic regression approach. **GEODERMA**, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 151, n. 3-4, p. 311-326, 2009.

LAGACHERIE, P. Digital Soil Mapping: A State of the Art. *In*: HARTEMINK, A. E.; MCBRATNEY, A.; MENDONÇA-SANTOS, M. L. (Eds.). **Digital Soil Mapping with Limited Data**. Berl/*n*: Springer Science+Business Media B.V., 2008, p. 3-14.

LOPES, S.; COSTA, M.T.; FERNÁNDEZ-LLIMÓS, F.; AMANTE, M.J.; LOPES, P.F. A Bibliometria e a Avaliação da Produção Científica: indicadores e ferramentas. *In*: Congresso Nacional de Bibliotecários, Arquivistas e Documentalistas, 11, Portugal. **Anais...** Lisboa, Portugal, 2012.

MONTANARELLA, L.; JONES, R.J.A.; DUSART, J. The European Soil Bureau Network. *In*: JONES, R.J.A.; HOUSKOVÁ, B.; BULLOCK, P.; MONTANARELLA, L. (Eds). **Soil Resources of Europe**. Italy: EUR 20559 EN, 2005.

MOREIRA, W. Os colégios virtuais e a nova configuração da comunicação científica. **Revista Ciência da Informação**, v. 34, n. 1, p. 57-63, jan./abr. 2005

NOWAK, B.; MARLIAC, G. Optimization of carbon stock models to local conditions using farmers' soil tests: A case study with AMGv2 for a cereal plain in central France. **Soil Use and Management**, p. 1-13, 2020. Disponível em:<  
<https://doi.org/10.1111/sum.12608>>

ODEH, I.O.A.; LEENAARS, J.; HARTEMINK, A.; AMAPU, I. The challenges of collating legacy data for digital mapping of Nigerian soils. *In*: MINASNY; MALONE; MCBRATNEY, A. (Eds). **Digital Soil Assessments and Beyond**. London: Taylor & Francis Group, 2012.

ODGERS, N.P.; MCBRATNEY, A.B.; MINASNY, B. Digital soil property mapping and uncertainty estimation using soil class probability rasters. **Geoderma**. V. 237-238, p.

190-198, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.09.009>>

OMUTO, C.; NACHTERGAELE, F.; ROJAS, R.V. **State of the art report on global and regional soil information**: Where are we? Where to go? Global Soil Partnership Technical Report. Roma: FAO, 2013. 69p.

OLIVEIRA, A.B.; RODRIGUES, R.S.; MATIAS, M. Periódicos científicos das Ciências Agrárias: análise dos títulos brasileiros indexados na Web of Science e Scopus. **Perspectivas em Ciência da Informação**. v. 22, n. 2, p. 3-28, 2017.

OLIVEIRA, S.R.M.; ZURMLEY, H.R. **Sistema de Informação de Solos Brasileiros. Consultas**: orientações passo a passo. EMBRAPA. 2014. Disponível em: <[https://www.bdsolos.cnptia.embrapa.br/tutorial\\_consulta.pdf](https://www.bdsolos.cnptia.embrapa.br/tutorial_consulta.pdf)>

PANAGOS, P.; LIEDEKERKE, M.V.; JONES, A.; MONTANARELLA, L. European Soil Data Centre: Response to European policy support and public data requirements. **Land Use Policy**. v. 29, n. 2, p. 329-338, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2011.07.003>>

PronaSolos - Programa Nacional de Solos do Brasil / POLIDORO, J.C., et al. – **Dados eletrônicos**. – Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2016. 53 p. – (Documentos/Embrapa Solos, ISSN 1517-2627; 183).

RODRIGUES, M.; PAVINATO, P.S.; WITHERS, P.J.A.; TELES, A.P.B.; HERRERA, W.F.B. Legacy phosphorus and no tillage agriculture in tropical oxisols of the Brazilian savana. **Science of the Total Environment**, v. 542, p. 1050-1061, 2016. Disponível em: <[doi:10.1016/j.scitotenv.2015.08](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08)>

SAMUEL-ROSA, A.; VASQUES, G.M. Dados para aplicações pedométricas em larga escala no Brasil. *In: A Pedometria na Ciência do Solo*. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 43, n. 3, p. 22-25, set-dez, 2017.

SAMUEL-ROSA, A.; MESSIAS, M.P. **Validação de dados do Repositório Brasileiro Livre para Dados Abertos do Solo**. *In: XXIV Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR, Paraná, 2019*

SAMUEL-ROSA, A.; DALMOLIN, R.S.D.; MOURA-BUENO, J.M.; TEIXEIRA, W.G.; ALBA, J.M.F. Open legacy soil survey data in Brazil: geospatial data quality and how to improve it. **Scientia Agricola**, v. 77, n. 1, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1678-992x-2017-0430>>.

SANCHEZ et al. Digital Soil Map of the World. **Environmental Science**, v. 325, n. 5941, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1126/science.1175084>>.

SANTOS, J.J.; FRANCA-ROCHA, W.J.S.; BAPTISTA, G.M.M.; SOUZA, D.T.M.; SILVA, A.B.; SANTOS, S.M.B. Análise bibliométrica da Espectrorradiometria e Geoestatística de Solos: Uma discussão em 10 anos. **Geociências**, v. 38, n. 4, p. 1097-1104, 2019.

SARMENTO, E. C. Predição de classes de solos em diferentes escalas na Serra Gaúcha usando mapeamento digital de solos a partir de dados legados. 2015. **Tese** (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SARMENTO, E.C.; GIASSON, E.; WEBER, E.J.; FLORES, C.A.; ROSSITER, D.G.; HASENACK, H. Caracterização de mapas legados de solos: uso de indicadores em mapas com diferentes escalas no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** [online], v.38, n.6, p.1672-1680, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000600002>>

SHANGGUAN, W.; DAI, Y.; DUAN, Q.; LIU, B.; YUAN, H. A global soil data set for Earth system modeling. **Journal of Advances in Modeling Earth Systems**, p. 249-263, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/2013MS000293>>.

SOMBROEK, W.G.; International Soil Museum in Wageningen, The Netherlands. **Soil Survey Horizons**. v. 21, n. 1, 1980. Disponível em: <<https://doi.org/10.2136/sh1980.1.0013>>

SULAEMAN, Y.; MINASNY, B.; MCBRATNEY, A. B.; SARWANI, M.; SUTANDI, A. Harmonizing legacy soil data for digital soil mapping in Indonesia. **Geoderma**, v. 192, p. 77-85, 2013.

TEN CATEN, A. **Mapeamento Digital de Solos**: Metodologias para atender a demanda por informação espacial em solos. 2011. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, RS, 2011.

U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. National soil survey handbook, title 430-VI. [http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/ref/?cid=nrcs142p2\\_054242](http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/ref/?cid=nrcs142p2_054242) (accessed day month year). 2017

VIÉGAS, M.R. **O inglês como língua franca e a publicação acadêmica**: uma análise de diretrizes para autores de periódicos internacionais. 2016. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Letras.

Programa de Pós-Graduação em Letras, RS, 2016.

## **3 CAPÍTULO 2: DADOS LEGADOS E MAPEAMENTO DE CARBONO ORGÂNICO NOS SOLOS DO PLANALTO SERRANO DE SANTA CATARINA**

### **3.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **3.1.1 Relação Solo-paisagem**

O recurso natural solo é um componente de extrema importância no ambiente, com estrutura complexa e características biológicas, químicas e físicas específicas. As propriedades dos solos resultam da interação dos fatores e processos pedogenéticos, onde o principal modelo fatorial-funcional de formação dos mesmos considera-os produtos da interação dos fatores, material de origem (rochas, sedimentos minerais e/ou orgânicos), clima, relevo, organismos e o tempo (DOKUCHAEV *apud* JENNY, 1941).

Para a interpretação da paisagem, o solo é considerado como um excelente estratificador de ambientes pois o mesmo reflete o resultado da interação de vários componentes do meio, os fatores climáticos, geológicos, geomorfológicos e biológicos em um determinado tempo (AMORIM et al., 2010). Compreender a relação solo-paisagem é de suma importância para a sua conservação. À medida que há o crescimento populacional, aumenta também a pressão sobre o solo e as faces naturais do solo enfrenta um declínio, tornando a degradação do solo um problema global crítico e crescente (KOCH et al., 2013).

O pleno funcionamento do sistema solo é necessário para a prestação de serviços ecossistêmicos, estes definidos como os benefícios que a sociedade obtém a partir de processos que ocorrem no solo (DOMINATI, 2010), como também necessários para a redução das mudanças climáticas, produção de alimentos e fibras e armazenamento de água doce (KOCH et al., 2013). Os principais serviços prestados ao ecossistema do solo são: formação do solo, o tamponamento e regulação do ciclo hidrológico, regulação do clima por meio do armazenamento de carbono e fluxo de

gases de efeito estufa, prevenção de erosão, descontaminação e biorremediação de resíduos tóxicos e habitat natural de animais (RITZ; VAN DER PUTTEN, 2012).

A fim de lidar com questões globais e regionais sobre a conservação do solo, a segurança alimentar, mudança climática, degradação do solo, perda de biodiversidade, gestão de recursos hídricos e saúde do ecossistema, existe uma demanda por dados e informações detalhadas e precisas de solos e seus levantamentos (MINASNY et al., 2013; DALMOLIN; TEN CATEN, 2015; ZHANG; LIU; SONG, 2017).

Através de uma abordagem quantitativa torna-se possível a predição e espacialização de classes e atributos de solos na paisagem, sendo fundamentais para o manejo sustentável das terras (LIMA et al., 2013; DALMOLIN; TEN CATEN, 2015). A pedometria e o Mapeamento Digital de Solos (MDS), através da incorporação dos métodos matemáticos e estatísticos, aborda a pedologia de maneira quantitativa para a modelagem do solo e seus aspectos, indicando como uma ferramenta de grande potencial capaz de suprir a falta de informação pedológica (SANTOS; MANZATTO, 2007; LIMA et al., 2013). O MDS possibilita gerar informações relevantes em solos em diversas resoluções espaciais com indicadores de qualidade relacionada de maneira auxiliar ao método convencional (TEN CATEN, 2011). Sendo assim, a técnica da pedometria vem a facilitar os levantamentos de solos, resultando em uma otimização do tempo, custo e qualidade dos mapeamentos. No estudo de LIMA et al. (2013) ressalta a importância de tornar evidente que as técnicas mencionadas não visam substituição do trabalho do pedólogo no levantamento qualitativo de solos, mas oferecem ferramentas quantitativas a fim de mensurar o significado das informações pedológicas e facilitar os levantamentos.

### **3.1.2 Mapeamento Digital de Carbono Orgânico de Solos**

Para o planejamento ambiental, o conhecimento sobre a distribuição geográfica dos solos é fundamental, uma vez que subsidia a criação de políticas públicas de gestão do uso e preservação em virtude de caracterizar-se como um recurso natural de lenta renovação (TEN CATEN et al., 2011). Uma maneira de retratar a distribuição

dos solos na superfície da Terra é a expressão das informações dos mapas de solos, possuem papel significativo na agregação do nosso conhecimento dos recursos do solo (RESENDE et al., 2012; HARTEMINK; KRASILNIKOV; BOCKHEIM, 2013). Os mapas são bastante utilizados como material básico de avaliação do potencial das terras, bem como servem de fonte de informação para o desenvolvimento sustentável e diversas interpretações de interesse para conservação das condições ambientais (BHERING et al., 2010).

A conhecida equação de Jenny (1941) identificou cinco fatores principais na formação do solo, a saber, clima, organismo, relevo, material parental e tempo (C, O, R, P, T). Essa abordagem foi seguida, refinada e ampliada por McBratney et al. (2003), que sugeriu um modelo conceitual de inferência espacial do solo, onde identificaram sete fatores para a predição espacial do solo e formularam a equação 'SCORPAN':  $S = f(S, C, O, R, P, A, N)$ . Onde o solo é caracterizado pela função dos sete fatores, 'S' remete a propriedades do solo no mesmo local, 'C' refere-se ao clima, 'O' aos organismos vivos, 'R' representa o relevo, 'P' referente ao material de origem, 'A' do inglês *age* representa a idade ou tempo e, por fim, 'N' remete à posição geográfica.

O Mapeamento Digital de Solos (MDS) faz a relação entre a legenda e o corpo real existente na paisagem (RESENDE et al., 2012), surge como uma alternativa a fim de atender a grande demanda por informações mais detalhadas de solos embasadas nas especificidades locais (CARVALHO; NUNES; ANTUNES, 2013; MINASNY et al., 2013; DALMOLIN; TEN CATEN, 2015). Em 2004 houveram iniciativas em conjunto, no evento Global Workshop on Digital Soil Mapping, a fim de definir a abordagem do MDS, nesse contexto, é conceituado como:

Criação e população de sistemas espaciais de informação de solos, através do uso de modelos numéricos para a inferência das variações espaciais e temporais dos tipos de solos e de suas propriedades, a partir de observações e conhecimento dos solos e de variáveis ambientais correlacionadas (LAGACHERIE; MCBRATNEY; VOLTZ, 2007, tradução nossa).

O mapeamento digital de solos, também conhecido como "modelagem preditiva do solo" e "levantamento quantitativo do solo" (LAGACHERIE; MCBRATNEY, 2007), utiliza de fontes de dados digitais como variáveis de entrada para os modelos quantitativos (DALMOLIN; TEN CATEN, 2015). Um mapa digital do solo, para Sanchez et al. (2009), é essencialmente um banco de dados espacial das propriedades do solo utilizando de base uma amostra estatística da paisagem.



A prática do MDS requer três componentes principais quanto a sua abordagem, são elas: (i) os dados de entrada de solos observados e medidos por coletas de campo e resultados analíticos de laboratório, incluindo os dados legados e novas coletas; (ii) o processo de construção de modelos matemáticos ou estatísticos que relacionam observações do solo com covariáveis ambientais e os demais fatores 'scorpan' usado em termos de sistemas de inferência e espacialização do solo; e, (iii) os dados de saída estejam na forma de um sistema de informação espacial em solos, incluindo resultados na forma de mapas rasterizados da previsão de propriedades agregados à incerteza dessas informações (DALMOLIN; TEN CATEN, 2015; MINASNY; MCBRATNEY, 2016).

A amostragem a campo e posterior análises laboratoriais, são utilizadas para determinar a distribuição espacial das propriedades do solo. Em seguida, esses dados são utilizados para prever as propriedades do solo nas áreas não incluídas na amostragem. Assim, o MDS apresenta de maneira associada, as incertezas de tais previsões, bem como também apresentam informações dinâmicas sobre as propriedades do solo (DALMOLIN; TEN CATEN, 2015; HENDRIKS et al., 2019).

A coleta de novos dados serve de complemento das informações contidas nos Dados Legados de Solos, ou seja, os Dados Legados de Solos podem facilitar a nova coleta de informações, enquanto que os novos dados de solos obtidos através de levantamento convencional podem reduzir as limitações no uso dos Dados Legados de Solos (HENDRIKS et al., 2019). A aplicação de técnicas de MDS resulta em uma otimização em termos de tempo, custo e qualidade dos trabalhos de mapeamento (CARVALHO; NUNES; ANTUNES, 2013; DALMOLIN; TEN CATEN, 2015; LEP SH, 2017).

O uso de um conjunto de dados de solos surgiu a fim de melhorar os métodos tradicionais da representação espacial da distribuição das propriedades do solo utilizando de covariáveis ambientais (mapas categóricos, índices topográficos e/ou dados de sensoriamento remoto) (CARVALHO JUNIOR et al., 2014; COSTA et al., 2018). Mapeamento do conteúdo e estoque de carbono orgânico do solo apresentam grande importância para cientistas, formuladores de políticas públicas e agricultores para o entendimento da relação que o carbono orgânico do solo desempenha na mitigação e adaptação às mudanças climáticas, controle da degradação de terras, segurança alimentar e desenvolvimento sustentável (MINASNY et al., 2013;

BONFATTI et al., 2016; FAO, 2017; LAMICHHANE; KUMAR; WILSON, 2019; OWUSU et al., 2020).

O carbono orgânico do solo é um indicador da saúde do solo, possui influência positiva nas diversas funções dos serviços ecossistêmicos do solo e na realização do desenvolvimento sustentável. É fundamental para a estrutura do solo, ciclagem e estabilidade de nutrientes, retenção de umidade, regulação dos gases de proteção e suscetibilidade à degradação (LIDDICOAT et al., 2014; MU et al., 2014; OWUSU et al., 2020). Dados do conteúdo de carbono orgânico do solo são essenciais como dados de entrada no MDS na elaboração de mapas confiáveis do estoque de carbono orgânico do solo. Servem de orientação para priorizar intervenções de restauração do solo, bem como investimento em práticas de gestão sustentável da terra (OWUSU, et al., 2020). O mapeamento de carbono orgânico do solo em ambientes grandes e heterogêneos apresenta um grande desafio devido à alta variabilidade e disponibilidade dos dados amostrados, no entanto são de suma importância para a melhoria das estimativas globais, na promoção de inventários de carbono e nas decisões políticas (GOMES et al., 2019).

O armazenamento de carbono orgânico no solo é fundamentado no equilíbrio entre as entradas e saídas de carbono nas condições ambientais, que influenciam direta ou indiretamente nos processos controladores da distribuição espacial dos estoques de carbono (GOMES et al., 2019). Estima-se que a reserva de carbono orgânico do solo no mundo armazena cerca de 1.500 PgC no primeiro metro de solo, armazenando mais carbono do que a atmosfera e a vegetação terrestre (800 e 500 PgC, respectivamente) (FAO, 2017). Nos solos brasileiros, estocam cerca de 71,3 PgC no primeiro metro de profundidade de carbono orgânico e 36 PgC nos primeiros 30 cm (GOMES et al., 2019).

Regiões alto montanas e áreas subtropicais do Brasil possuem a maior densidade de estoque de carbono, revelando o maior potencial de sequestro e armazenamento em quantidade significativa de carbono orgânico (FRANÇA; PAIVA, 2015; VASQUES et al., 2016; GOMES et al., 2019;). As florestas, os campos naturais e os solos das regiões de altas altitudes de Santa Catarina, agem como reservatórios de carbono, desempenhando importante papel no ciclo deste elemento (FIDELIS; APPEZZATO-DA-GLÓRIA; PFADENHAUER, 2009).

Tendo em vista o grande potencial desempenhado pelo carbono orgânico do solo, bem como com a capacidade de armazenar carbono no solo que a região Serrana

de Santa Catarina apresenta, e o não conhecimento de um estudo que aborde o mapeamento de carbono orgânico na área utilizando como base os Dados Legados de Solos, o presente estudo testa a hipótese de que as amostragens representativas a campo da área de estudo e posterior análises laboratoriais servirão para validar o mapa de carbono orgânico do solo confeccionados a partir de Dados Legados.

Portanto, este estudo teve como objetivo confeccionar mapas de predição de carbono orgânico através de técnicas do mapeamento digital utilizando de Dados Legados de Solos no Planalto Serrano de Santa Catarina.

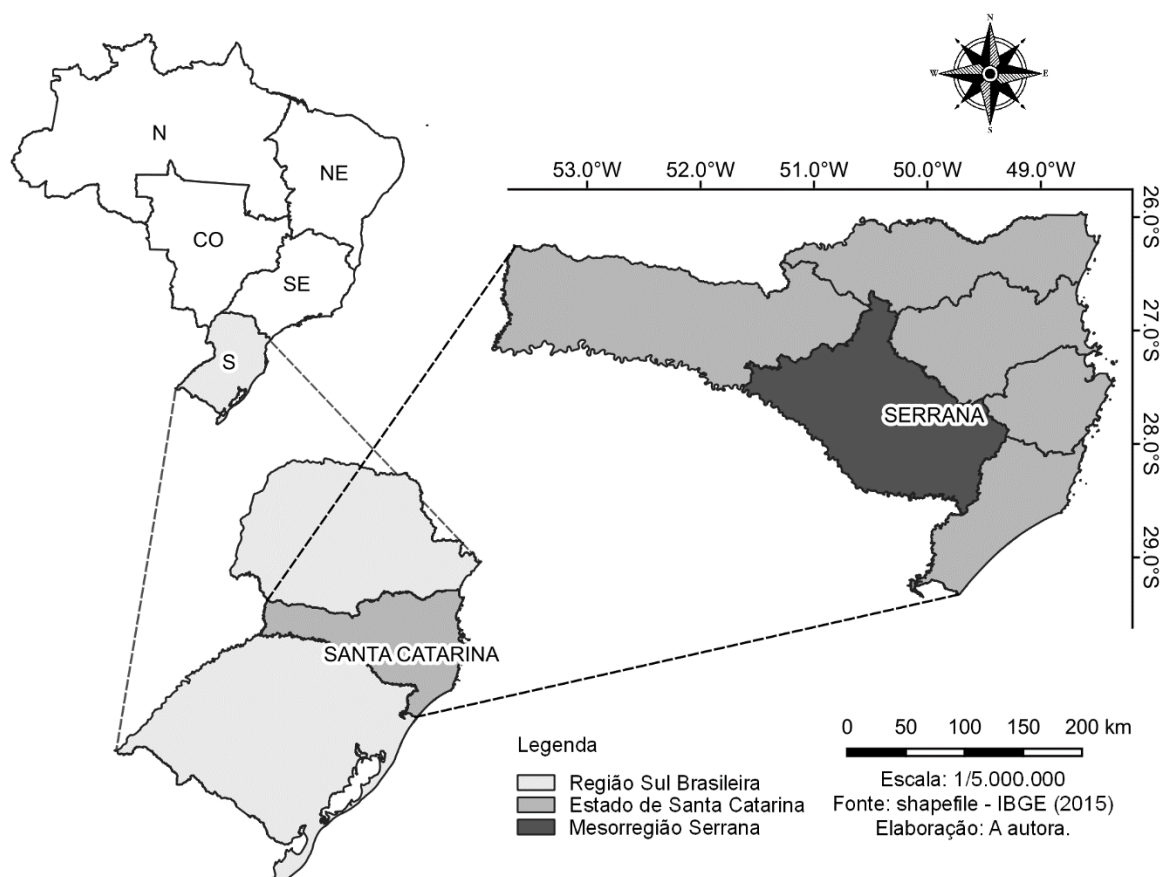
Para tal, os objetivos específicos foram: i. Confeccionar, harmonizar e padronizar uma base de Dados Legados do Planalto Serrano de Santa Catarina; e, ii. Confeccionar mapas de predição de carbono orgânico dos solos através do Mapeamento Digital de Solos utilizando os dados legados disponibilizados na base de Dados Legados do Planalto Serrano de Santa Catarina.

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Área de Estudo

A área de estudo compreende a mesorregião Serrana do Estado de Santa Catarina, também conhecido como Planalto Serrano (F). Localizado na região sul do Brasil, com uma área total de 22.324,29 km<sup>2</sup>, abrange 30 municípios sendo elas das microrregiões Campos de Lages e Curitibanos (IBGE, 2015).

Figura 5. Mapa de localização da área de estudo, mesorregião Serrana de Santa Catarina no sul brasileiro, abrangendo as microrregiões Campos de Lages e Curitibanos.



Fonte: Elaboração pela autora, 2020.

Os municípios estudados da microrregião Campos de Lages são eles Anita Garibaldi, Bocaina do Sul, Bom Jardim da Serra, Bom Retiro, Campo Belo do Sul, Capão Alto, Celso Ramos, Cerro Negro, Correia Pinto, Lages, Otacílio Costa, Paineira, Palmeira, Rio Rufino, São Joaquim, São José do Cerrito, Urubici e Urupema. Na microrregião Curitibanos, estão inseridos os municípios Abdon Batista, Brunópolis, Campos Novos, Curitibanos, Frei Rogério, Monte Carlo, Ponte Alta, Ponte Alta do Norte, Santa Cecília, São Cristóvão do Sul, Vargem e Zórtea (IBGE, 2015).

### *3.2.1.1 Clima*

O clima é classificado como oceânico temperado sem estação seca com verão fresco (Cfb, segundo Köppen), possui temperatura média abaixo de 22°C e pluviosidade média de 1.100 a 2.000 mm.ano<sup>-1</sup>, com chuvas bem distribuídas (ALVARES et al., 2013). As estações são bem definidas, amplitudes térmicas marcadas e baixas temperaturas no inverno, nos meses mais frios tem temperatura média acima de 0° a -3°C com ocorrências frequentes de geadas de 10 a 25 dias.ano<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 2004; PAISANI et al., 2019).

O clima Cfb abrange as regiões mais frias do Brasil com altitudes acima de 800 m, na área de estudo estão inseridas as cidades Urupema, Urubici e São Joaquim, onde existem picos com altitudes superiores a 1.800m. (ALVARES et al., 2013; PAISANI et al., 2019).

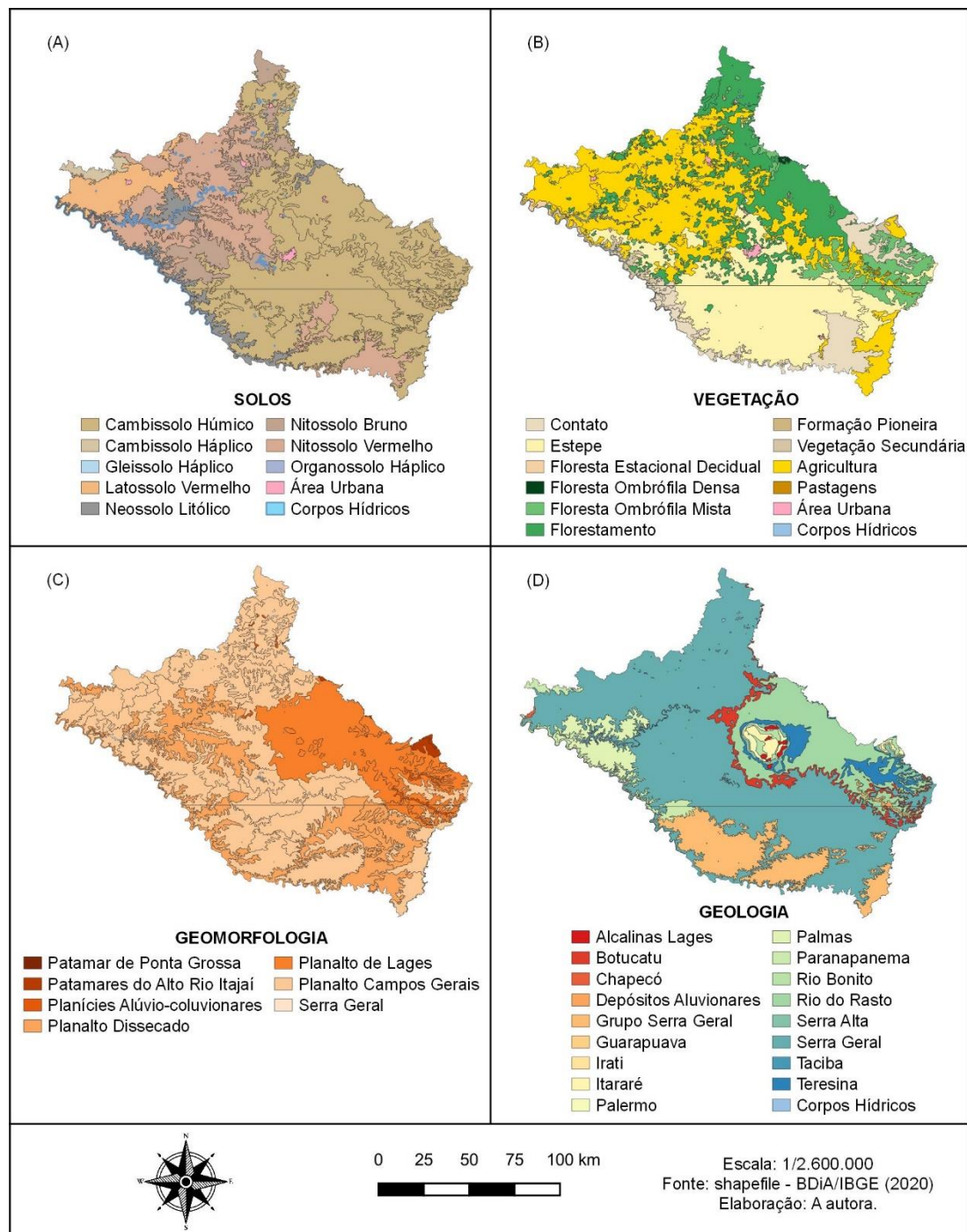
### *3.2.1.2 Geomorfologia*

As características geomorfológicas da região Serrana consistem em planaltos e planícies, são elas: Planalto de Lages, Planalto Dissecado do Rio Uruguai, Planalto dos Campos Gerais e Planícies Alúvio-coluvionares, conforme exposto na Figura 6.

Na microrregião Campos de Lages, apresenta o relevo do Planalto de Lages que é caracterizado como degrau entre os Patamares do Alto Rio Itajaí e o Planalto dos Campos Gerais. No leste da região estudada, aparecem as Planícies Fluviais nos

municípios de Urubici e Bom Retiro. Na parte sul, destaca-se o Planalto Dissecado do Rio Iguaçu/Rio Uruguai, onde acentua-se a Borda do Patamar Estrutural em contato com o relevo do Planalto de Lages. Ocorre ainda o Planalto dos Campos Gerais, que junto do Planalto de Lages, resultam nos ressaltos e nas escarpas. Na microrregião Curitibanos ocorre, predominantemente, os blocos do Planalto de Campos Gerais, acompanhado pelo Planalto Dissecado do Rio Iguaçu/Rio Uruguai.

Figura 6. Mapas de caracterização do Planalto Serrano - SC, representados em (A) Tipos de Solos; (B) Vegetação; (C) Geomorfologia e, (D) Geologia.



Fonte: BDIA/IBGE, modificado pela autora (2020).

O Planalto de Lages é composto de topos tabulares colinosos, com altitudes médias entre 900 e 950 m, é caracterizado como um degrau entre os patamares do Alto Itajaí e o Planalto dos Campos Gerais. Mantido por fluxos vulcânicos, o Planalto de Lages é dissecado pelos rios Iguaçu e Uruguai (sistemas hidrográficos endorréicos

perenes), os quais avançam pelos planaltos inferiores nas zonas de exumação de rochas sedimentares até a paisagem da Mata Atlântica, com características de um rio sobreposto e altitude das litologias da Bacia do Paraná (EMBRAPA, 2004).

### *3.2.1.3 Geologia*

A litoestrutura geológica da área de estudo é de natureza sedimentar e vulcânica formado durante o Fanerozóico. Ocorrem as rochas ígneas básicas e sedimentares mesozoicas, rochas ígneas ácidas mesozóicas e as rochas sedimentares.

Na microrregião Curitibaos ocorrem as rochas ígneas básicas e ácidas, com o predomínio da primeira. Já na microrregião Campos de Lages, também há a predominância de rochas ígneas básicas e a sul e sudoeste da microrregião ocorrem as rochas ígneas ácidas. O Planalto Serrano é constituído por materiais dos períodos Cretáceo, Jurássico e Permiano, dos Grupos São Bento e Passa Dois (Figura 6).

As formações recentes do Cretáceo são representadas pela Formação Serra Geral, cujos derrames de lavas ocorreram entre 65 e 135 milhões de anos através de fissuras na crosta, predominando em dias atuais o basalto e andesitos. Apresentam rochas de composição básica até rochas com elevado teor de sílica e baixos teores de ferro e magnésio (PAISANI, et al., 2019).

No período Jurássico as rochas são representadas pela unidade Formação Botucatu, constituída por arenitos eólicos, de granulometria fina a média com tons avermelhados e estratificação cruzada. Geralmente o arenito da Formação Botucatu origina em solos com textura grosseira. Tais rochas apresentam-se sobre as da Formação Rio do Rastro e estão recobertas pelas lavas da Formação Serra Geral (EMBRAPA, 2004; PAISANI, et al., 2019).

As formações do período Permiano que se encontram na área de estudo são: Formação Rio do Rastro e Formação Teresina. Os siltitos cinza-esverdeados acompanhados por camadas finas de calcário são característicos da porção inferior da Formação Rio do Rastro, na porção superior ocorre uma alternância de arenitos, siltitos e folhelhos avermelhados e arroxeados. A Formação Teresina é constituída por depósitos marinhos, constituindo de uma alternância de argilitos e folhelhos com siltitos



e arenitos finos, com a ocorrência comum de calcários e algumas vezes oolíticos (EMBRAPA, 2004; PAISANI, et al., 2019).

#### 3.2.1.4 Fitofisionomia

Os aspectos da vegetação do Planalto Serrano são representados pelos seus diferentes ecossistemas, Mata Atlântica e Planalto das Araucárias, este último com maior representatividade na área de estudo (Figura 6).

As coberturas vegetais da área são diversas, Campos Naturais, Floresta Ombrófila Mista, Vegetação Secundária e atividades agrárias ali presentes. A diferença destes é resultado do conjunto dos aspectos ambientais e geográficas, tais como a localização, altitude, relevo, solo e clima.

A Floresta Ombrófila Mista, também conhecida como Floresta de Araucária, denominada desta maneira devido a abundância da *Araucária angustifolia* presentes na região, ocorrendo com maior frequência e domina o dossel das florestas. Restam apenas 3% das plantas do tipo coníferas da vegetação nativa nas matas de Araucárias em razão do uso intensivo da madeira no setor industrial de papel, celulose e madeira, como também utilização intensiva da agropecuária (TORNQUIST; BAYER, 2009).

Os Campos Naturais, área de estepe Gramíneo-lenhosa e Parque, também conhecido como Campos Naturais de Altitude ou Campos de Cima da Serra, são ecossistemas associados a Floresta Ombrófila Mista pertencentes ao Bioma Mata Atlântica. São formações herbáceo-arbustivas existentes em ambientes restritos com altitude acima de 1.200 m (BEHLING, et al., 2009). Possuem grande relevância biológica devido à alta biodiversidade que desempenham funções essenciais nesse ecossistema, tais como o sequestro de carbono e a manutenção, filtragem e regularização dos sistemas hidrográficos (TORNQUIST; BAYER, 2009).

Há também fragmentos de Mata Atlântica no Planalto Serrano, é caracterizada por ser uma mata mais densa com plantas arbóreas de grande porte, conservadas nos parques e áreas de proteção (TORNQUIST; BAYER, 2009).

#### 3.2.1.5 Solos

A região estudada compreende boa parte do Estado, onde apresenta grande variabilidade e diversidade de solos devido principalmente aos fatores de formação clima e relevo. Ocorrendo as seguintes classes em predomínio do Cambissolo Húmico e Neossolo Litólico, ocorrendo também Latossolos, Nitossolos e Organossolos (Figura 6).

As rochas predominantes no Estado, os siltitos, argilitos e folhelhos, normalmente dão origem a solos de textura argilosa e pouco profundos, de fertilidade natural baixa. Solos de textura média estão relacionados com siltitos, folhelhos siltico-arenosos e arenitos muito finos, já os arenitos mais grosseiros relacionam-se a solos de textura arenosa (EMBRAPA, 2004).

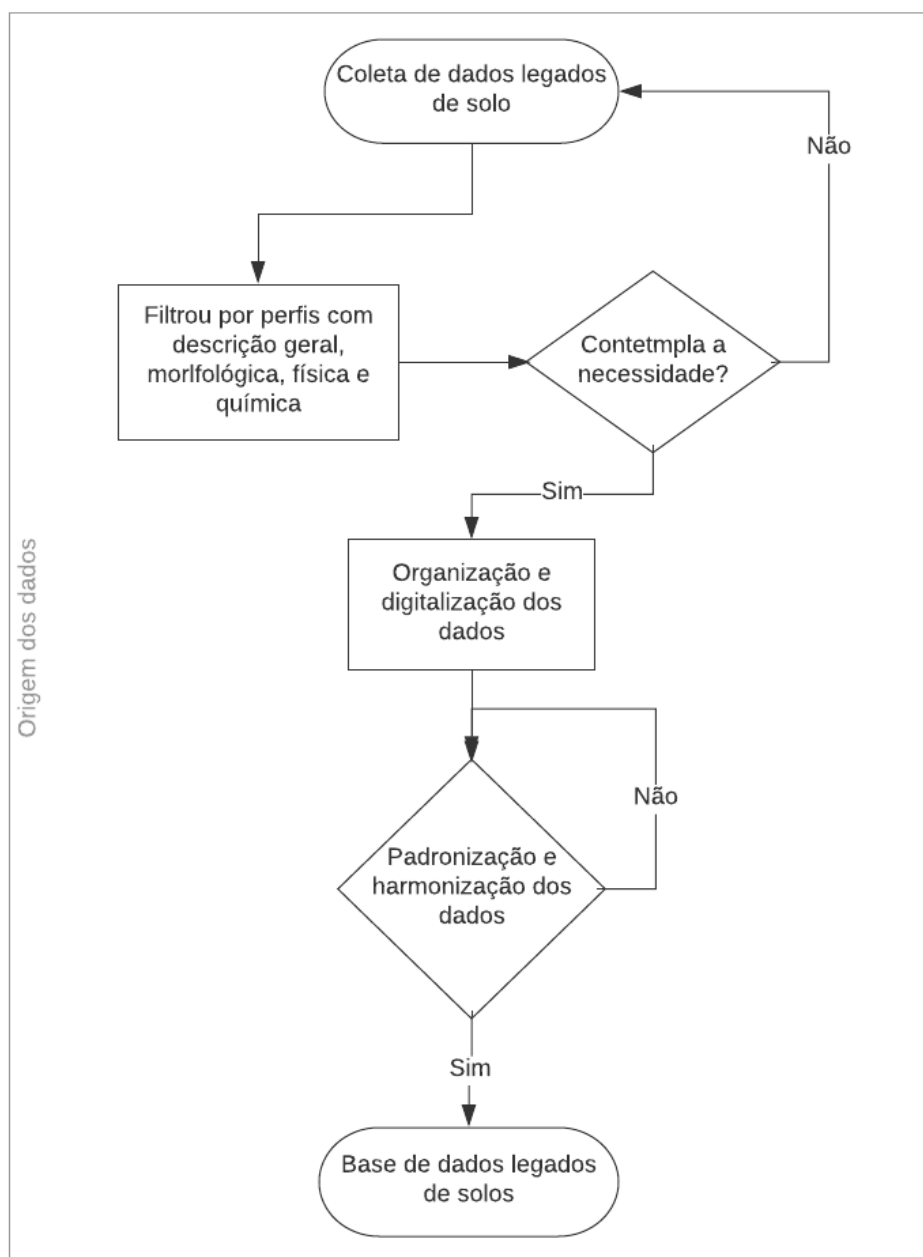
Os solos argilosos, arroxeados, avermelhados ou brunados, com elevado teor de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) são resultado das rochas efusivas básicas, já as rochas efusivas intermediárias e ácidas dão origem a solos argilosos de textura média, alguns com gradiente textural bem acentuado (EMBRAPA, 2004).

### **3.2.2 Base de Dados Legados de Solos**

A Base de Dados Legados de Solos do Planalto Serrano de Santa Catarina compõe de informações de perfis e mapas disponíveis em artigos, teses, dissertações, levantamentos e estudos pedológicos, realizados por diversos autores e instituições.

Os dados passaram por uma triagem, onde houve a ordenação e padronização em uma planilha Excel, onde as correspondências metodológicas foram feitas, conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 7. Fluxograma metodológico da Formação do Banco de Dados Legados de Solos do Estado de Santa Catarina.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

A base de dados foi criada a partir de relatórios de muitas décadas de pesquisas no estado e compilado a partir de relatórios realizados desde a década de 70, estão devidamente referenciados no Apêndice B. Os dados dos perfis foram listados a partir desses relatórios e apenas aqueles que puderam ser localizados foram registrados, a fim de estabelecer a relação entre os dados e as informações auxiliares.

### 3.2.2.1 Organização e digitalização dos dados

Apesar do crescente uso de terminologias padronizadas na ciência do solo, o mesmo conceito pode ser representado de várias maneiras, de uma configuração para outra. A padronização de dados é o processo crítico de trazer dados para um formato comum que permite pesquisa colaborativa e análises em larga escala (Bader et al. 1999).

Após união das informações auxiliares sobre os pontos de perfil selecionados na área de estudo, a harmonização e padronização seguiram os passos definidos por Nelson et al. (2017): (i) durante a fase de entrada dos dados, os dados foram examinados quanto a sua qualidade. O reconhecimento dos dados é uma etapa difícil e demorada, pois é necessário avaliar as diferenças entre os dados. Em alguns casos, foi necessário gastar muito tempo para descobrir a coordenada geográfica de determinado perfil, pois alguns continham apenas a descrição da localização espacial; (ii) foi criado um metadados de referência contendo todos os documentos utilizados para a construção do banco de dados; e, (iii) foram aplicados os padrões adequados e comparáveis para apresentação dos dados em um único formato comum.

### 3.2.2.2 Padronização e harmonização dos dados

Os dados foram harmonizados e padronizados seguindo as especificações do GlobalSoilMap.net, quando possível. Na base de dados harmonizados de perfis foram listados vários atributos essenciais do solo, tais como descrição geral (município, data, classificação antiga, localização, coordenadas geográficas, situação e declive, altitude, geologia e material de origem, relevo, drenagem, vegetação, uso atual e raízes), descrição morfológica (horizontes, espessura, profundidade), descrição física (areia grossa, areia fina, silte, argila, argila natural, densidade aparente e real) e descrição química ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{H}^+$ , saturação de bases, carbono orgânico, matéria orgânica,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

Vários perfis coletados foram amostrados e descritos antes da utilização de GPS (Sistemas de Posicionamento Global) em campo. Nestes casos, a localização espacial dos perfis foi descrita com base em estradas federais e/ou estaduais, ou seja, a partir das descrições do ambiente físico. Para isso, o *software* Google Earth foi utilizado para avaliar visualmente o ambiente físico descrito e possível alocação do posicionamento desses perfis descritos (BOESING, 2016). O erro associado à localização espacial dos perfis de solo é, portanto, muito disperso e depende da precisão com a qual o ambiente físico de cada perfil solo foi descrito.

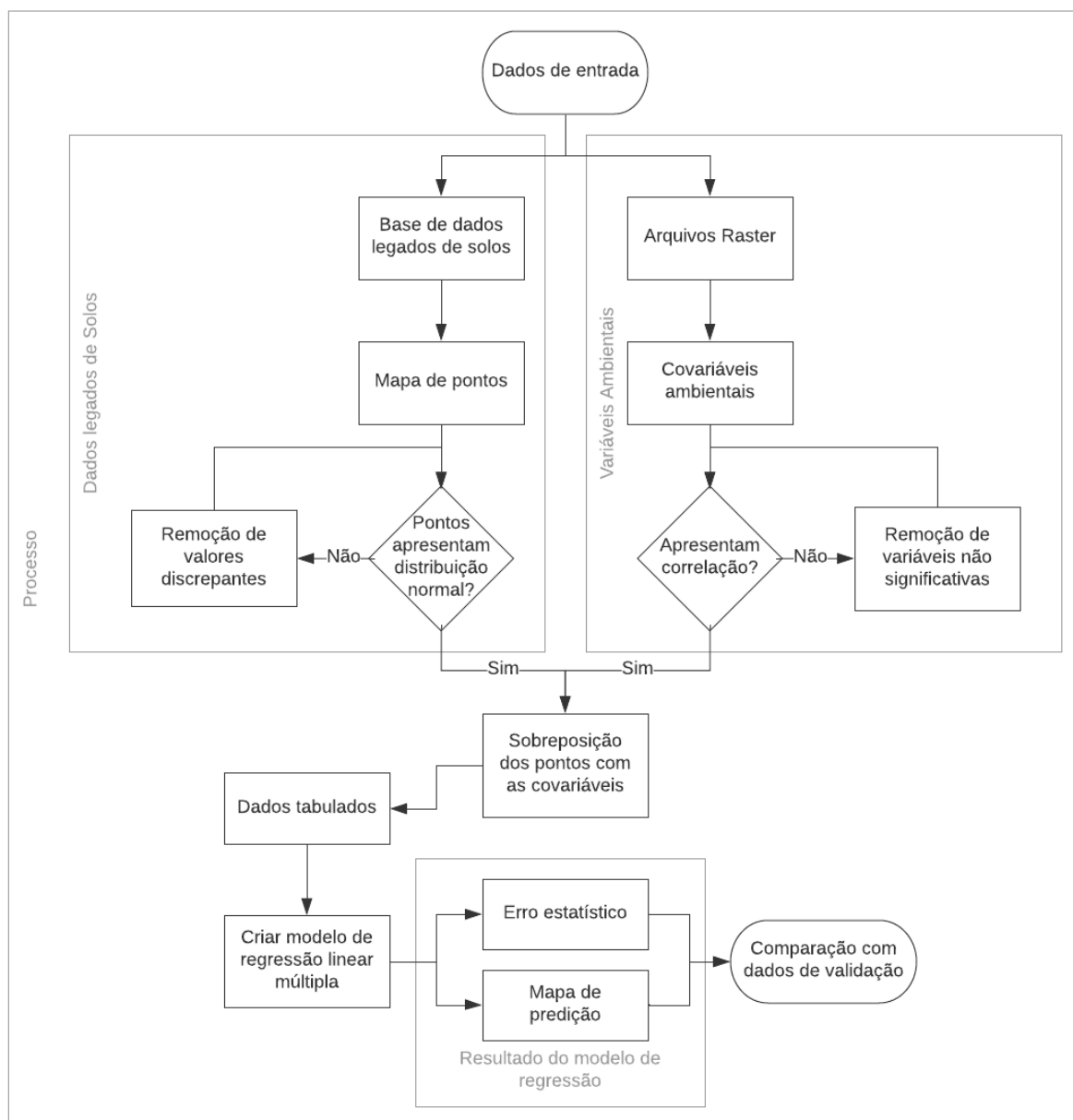
As coordenadas geográficas foram convertidas utilizando o *software online* Calculadora Geográfica desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) para homogeneização das mesmas, onde foram transformadas dos seus respectivos datums para UTM Sirgas 2000.

A base de dados após finalizada, formada por perfis descritos e mapas legados, foram reavaliados e juntamente dos dados de mapas legados foi realizado o Mapeamento Digital de Solos. Informações auxiliares como o Modelo Digital de Elevação (MDE) e a localização exata dos perfis, serviram de base para o MDS.

### **3.2.3 Modelagem Preditiva**

A modelagem preditiva é um processo que utiliza de dados e estatística para a previsão de resultados com modelos de dados. Foram utilizados dados do conteúdo de carbono orgânico do banco de Dados Legados de Solos associados as variáveis do terreno. Para a modelagem preditiva de carbono orgânico do solo, foi utilizado a sequência proposta por Yigini et al. (2018), tendo como base o proposto nos livros de Malone, Minasny e McBratney (2017) e Hengl e MacMillan (2019), conforme ilustrado no diagrama de processos na Figura 8.

Figura 8. Diagrama de processos para a modelagem de carbono orgânico do solo, as etapas deste processo estão descritas abaixo.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

### 3.2.3.1 Dados de entrada

O conteúdo de carbono orgânico foi originado das informações contidas no banco de Dados Legados de Solos do Planalto Serrano anteriormente levantado. Os dados legados de carbono orgânico foram interpolados e homogeneizados para as profundidades de 0-20 e 20-40 cm pela função *equal-area splines* do pacote “GSIF”

(HENGL et al., 2020) processados no ambiente de desenvolvimento integrado RStudio (RSTUDIO TEAM, 2020). Foram utilizados também, os SIGs SAGA (CONRAD et al., 2015) e QGIS (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2020) como auxílio geral para os processamentos dos dados.

Como os dados são provenientes de várias fontes ou relatórios, não surpreende que os métodos ou procedimentos analíticos fossem diferentes de um relatório para outro. Para fins metodológicos foi utilizado o fator de correção de 1,14 proposto por Rheinheimer et al. (2008) nos dados legados de carbono orgânico, afim de equivaler as metodologias dos dados estudados.

Além dos dados de pontos do solo, uma grande coleção de imagens raster foram preparadas a fim de integrar como camadas as covariáveis ambientais para se ajustar a modelos preditivos. Essas imagens raster foram selecionadas para representar os principais fatores de formação do solo e características da superfície.

As variáveis ambientais com correlação comprovada com o carbono orgânico do solo, foram selecionadas. Ao total foram analisadas 38 variáveis ambientais com os dados de conteúdo de carbono orgânico do banco de dados legados do Planalto Serrano com resolução espacial de 250 m (Tabela 3). Foram utilizadas 11 variáveis referentes as propriedades do solo obtidas no sistema de mapeamento digital de solos SoilGrids. As variáveis climáticas foram utilizadas 4 arquivos raster de temperatura e precipitação do banco de dados climáticos e meteorológicos globais de alta resolução WorldClim. Correspondentes ao fator organismos, foram utilizadas 4 variáveis, geradas a partir do Sentinel-2 e Landsat-8. Como variáveis do terreno, foram derivadas 20 variáveis de um modelo digital de elevação calculados no software gratuito System for Automated Geoscientific Analyses (CONRAD et al., 2015).

Tabela 3. Covariáveis ambientais utilizadas para o modelo preditivo, sigla utilizada no estudo e fonte de obtenção das mesmas.

<b>Covariáveis Ambientais</b>		
<b>Propriedades do Solo</b>	<b>Sigla</b>	<b>Fonte</b>
Densidade aparente	BDO <sup>(1)</sup>	SoilGrids
Capacidade de troca catiônica (CTC)	CEC <sup>(1)</sup>	SoilGrids
Fragmentos grossos volumétricos	CFV <sup>(1)</sup>	SoilGrids
Conteúdo de argila	CLA <sup>(1)</sup>	SoilGrids
Conteúdo de nitrogênio	NIT <sup>(1)</sup>	SoilGrids
Densidade de carbono orgânico	OCD <sup>(1)</sup>	SoilGrids

Conteúdo de carbono orgânico	OCS <sup>(2)</sup>	SoilGrids
PH em água	PHA <sup>(1)</sup>	SoilGrids
Conteúdo de areia	SAN <sup>(1)</sup>	SoilGrids
Conteúdo de silte	SIL <sup>(1)</sup>	SoilGrids
Estoque de Carbono Orgânico	SOC <sup>(1)</sup>	SoilGrids

---

#### Características do Terreno

---

Morphometric Features	MORP	MDE
Generalized Surface	GESU	MDE
Declividade	SLOP	MDE
Face de exposição (aspecto)	ASPE	MDE
Profile Curvature	PRCU	MDE
Plan Curvature	PLCU	MDE
Longitudinal Curvature	LOCU	MDE
Cross-Sectional Curvature	CRSC	MDE
Maximum Curvature	MACU	MDE
Minimum Curvature	MICU	MDE
Valley Depth	VADE	MDE
Analytical Hillshading	ANAH	MDE
Convergence Index	COIN	MDE
Acúmulo de Fluxo	FLAC	MDE
Índice de Umidade Topográfica	TWID	MDE
Fator LS	LSFA	MDE
Nível básico da rede do canal	CNBL	MDE
Distância vertical para a rede do canal	VEDI	MDE
Posição de Declividade Relativa	RSLP	MDE
Geomorfologia	GEMO	MDE

---

#### Características Climáticas

---

Temperatura Média Anual	TEMA	WorldClim
Temperatura Mínima do Mês Mais Frio	MTCM	WorldClim
Temperatura Máxima do Mês Mais Quente	MTWM	WorldClim
Precipitação Anual	PREA	WorldClim

---

#### Fatores Organismos

---

Índice de Vegetação com Diferença Normalizada	NDVL	Landsat-8
Bandas infravermelho	INFL	Landsat-8
Índice de Vegetação com Diferença Normalizada	NDVS	Sentinel-2
Bandas infravermelho	INFS	Sentinel-2

<sup>(1)</sup> foram analisadas em várias profundidades, de 0-5, 5-15 e 15-30 cm conforme disponibilizado pelo SoilGrids250; <sup>(2)</sup> analisada na profundidade 0-30 cm; As demais covariáveis ambientais estudadas são referentes ao modelo digital de elevação, não sendo especificado suas profundidades por representarem todo o aspecto da paisagem.

Para realizar a análise e seleção de covariáveis, foram utilizados os pacotes “Hmisc” e “vegan” no ambiente de desenvolvimento integrado RStudio (RSTUDIO TEAM, 2020) para as análises de correlação e de componentes principais (PCA),



respectivamente. Devido às variâncias distintas entre as covariáveis ambientais que apresentaram significância, foi utilizada a matriz de correlação com os dados padronizados (média 0 e desvio padrão 1).

### 3.2.3.2 Regressão Linear Múltipla (RLM)

A análise de Regressão consiste na metodologia mais empregada para a predição de atributos dispendo de Dados Legados de Solos. O modelo de Regressão Linear Múltipla testa a existência de uma relação linear de causa e efeito entre duas ou mais variáveis explicativas e outra resposta, ambas quantitativas.

O RLM pode ser descrito na forma de equação:  $Y = \alpha + X\beta + \varepsilon$ . Em que, Y corresponde a variável resposta (predição),  $\alpha$  e  $\beta$  representam os parâmetros (intercepto e inclinação) dos coeficientes determinados pelo método de mínimos quadrados, X corresponde a variável independente, neste caso representa a matriz com os valores das covariáveis, e  $\varepsilon$  representa o erro estatístico da predição, onde explica a falha do modelo no ajuste dos dados, possuindo a média zero e variância constante.

Dispendo das covariáveis preditoras após análise de correlação e análise de componentes principais, para simplificação dos modelos de RLM, foram utilizados os fatores AIC (*Akaike Information Criterion*) e VIF (*Variance Inflation Factor*). O critério AIC foi utilizado para a escolha do modelo, e o fator VIF para a investigação da colinearidade e o parâmetro da importância relativa para modelos lineares, com o objetivo de remover as variáveis que apresentaram colinearidade de menor importância. Foram utilizados os pacotes “stats”, “Cubist”, “car” para efetuar as análises estatísticas no ambiente de desenvolvimento integrado RStudio (RSTUDIO TEAM, 2020; KUHN et al., 2020; FOX; WEISBERG; PRICE, 2020).

O RLM possibilita a generalização, tornando vantajoso a sua utilização em predições em escala regional, possibilitando também as relações mais compreensíveis e a estimativa de erros (NEUMANN, 2012). Uma desvantagem de tal metodologia é a simplificação elevada da realidade, trazendo apenas uma aproximação, além do mais analisa uma relação linear entre as variáveis, partindo do pressuposto que exista uma

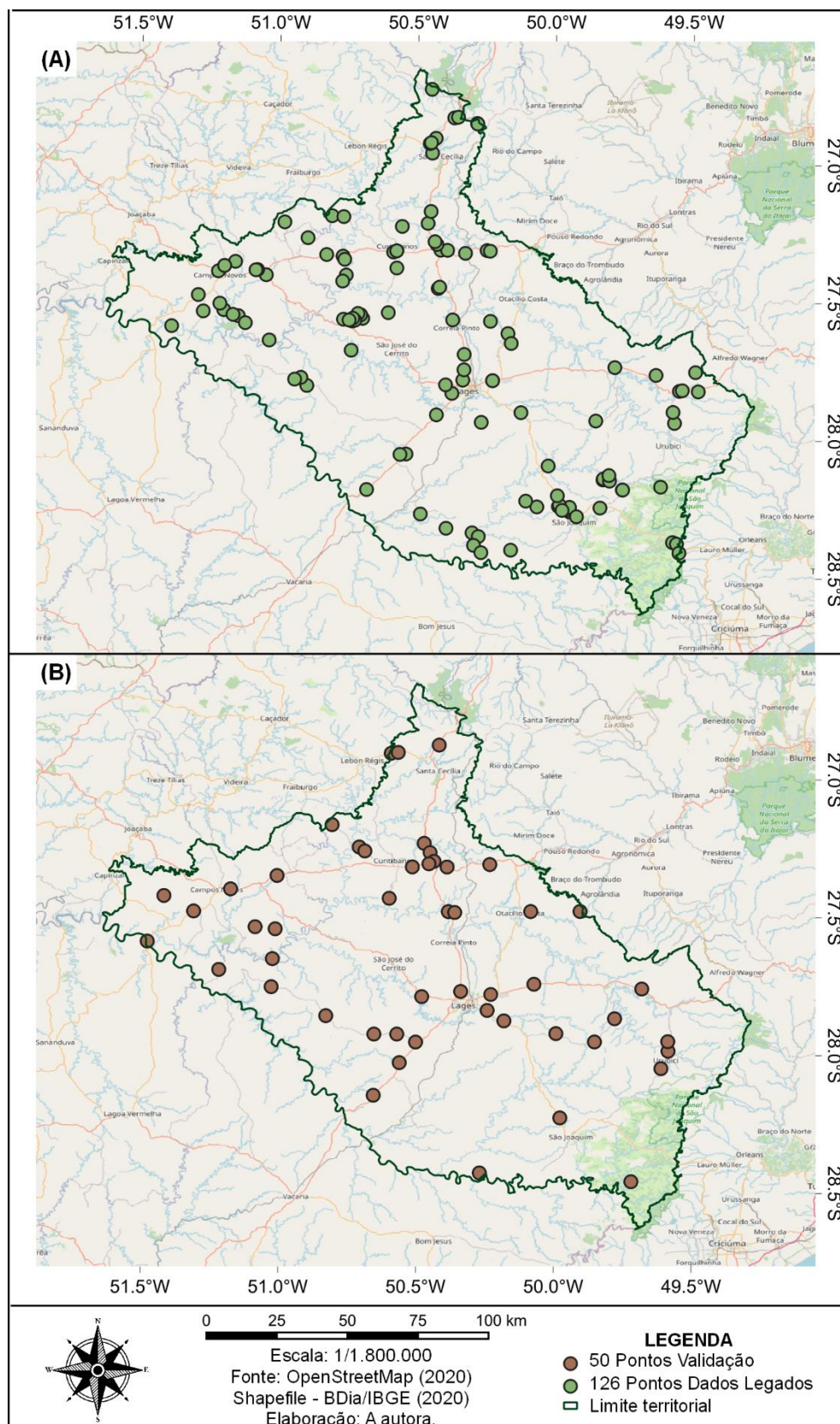
relação direta entre elas, de certa forma apresentando uma limitação das variáveis dependentes e independentes.

### **3.2.4 Validação da predição dos atributos do solo**

Para mapear ou estimar a distribuição espacial de uma propriedade do solo, a precisão do resultado geralmente será maior em função da distribuição dos locais amostrados à medida que cubram a área de estudo da maneira mais uniforme possível (Walvoort et al. 2010). Os Dados Legados de Solos de entrada possuem medidas que deixam grandes espaços sem amostragem e visando preencher o espaço para obter um maior ganho em precisão, foi utilizada a abordagem de amostragem pelo Método Hipercubo Latino Condicionado (cLHS) que resultou na localização espacial de 50 pontos representativos da área de estudo, a fim de cobrir espacialmente as características intrínsecas e, assim, aumentar a precisão das previsões.

Na Figura encontra-se as coordenadas e disposição geográfica dos pontos da BDLSolos e de validação, pode-se notar que a área de estudo foi bem representada com os dados e que os mesmos estão bem distribuídos.

Figura 9. Localização dos pontos amostrais no Planalto Serrano, (A) 126 pontos do banco de dados legados em verde, e (B) 50 pontos representativos da amostragem pelo método cLHS em vermelho.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

### 3.2.4.1 Método Hipercubo Latino Condicionado (cLHS)

O cLHS consiste em um procedimento de amostragem aleatória estratificada, através da seleção de covariáveis a partir de suas distribuições multivariadas proposto por Minasny e McBratney (2006). Nesse método de amostragem foi necessário a seleção de covariáveis ambientais para restringir a seleção dos pontos amostrais. Foram utilizadas variáveis do terreno que apresentam relação com as propriedades dos solos, sendo manuseadas como condicionantes da amostragem.

As covariáveis ambientais utilizadas foram: Soil, Geology, Geomorfons, Elevation, LS factor, Topographic Wetness Index, Analytical Hillshading, Slope, Aspect, Cross-Sectional Curvature, Longitudinal Curvature, Convergence Index, Closed Depressions, Flow Accumulation, Channel Network Base Level, Vertical Distance to Channel Network, Valley Depth, Relative Slope Position, Temperatura do Mês Mais Quente, Temperatura do Mês Mais Frio, Precipitação Média.

As covariáveis ambientais estudadas não apresentaram correlação significativa a 10% de nível de significância ( $p = 0.10$ ). Entretanto, as covariáveis argila, geology, soil, geomorphology, topographic wetness index e longitudinal curvature apresentaram distribuição normal ( $p > 0,05$ ). Tais pontos representativos ficarão caracterizados como locais representativos da região agregando ao Banco de Dados Legados do Planalto Serrano para estudos futuros.

A utilização de covariáveis que apresentam distribuição normal no método cLHS tende a representar de maneira mais efetiva a variabilidade espacial da área. Com a finalidade de tornar a amostragem menos onerosa em termos de custos e tempo foi incorporado a restrição espacial ao método, por meio de buffer de 5 m ao longo das principais estradas e vias de acesso disponíveis. Foram gerados pontos ao longo das principais vias e foram selecionados os 50 pontos mais representativos da região. Foi utilizado o pacote “clhs” (ROUDIER, 2020) para seleção dos pontos amostrais no ambiente Rstudio v.3.5.2. (RSTUDIO TEAM, 2020).

### 3.2.4.2 Amostragem dos pontos representativos

Dispondo das coordenadas geográficas dos pontos mais representativos da região estudada, foram realizadas viagens a campo para coleta de amostras. As amostras de cada ponto modal foram coletadas com o auxílio de um trado holandês nas profundidades de 0 a 20 cm e, quando possível, 20 a 40 cm (Figura 10).

Figura 10. Relatos das viagens a campo, foram amostrados solos em áreas preservadas indicadas pelo cLHS.



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Posteriormente às coletas, as amostras receberam os devidos tratamentos para em seguida realização das análises laboratoriais. O conteúdo de carbono total foi aferido utilizando do analisador elementar COT modelo multi/NC 2100, equipado com módulo para sólidos, fabricado pela Analytik Jena AG, conforme exposto na Figura 9. Para cada amostra de solo, foi pesado entre 15 a 25 mg em balança analítica com precisão de pesagem de 0,0001g. Após a pesagem, as amostras foram acondicionadas em cápsulas de quartzo, inseridas no analisador e aquecidas à temperatura de aproximadamente 900°C por dois minutos. Após a combustão um sensor de infravermelho detecta a quantidade de dióxido de carbono gerado durante a combustão, relacionando com a quantidade de carbono elementar existente na



amostra. Equipamento disponível na sala de instrumentos do Departamento de Solos e Recursos Naturais – UDESC/CAV.

Figura 9. A esquerda, analisador elementar COT modelo multi/NC 2100; no centro resultado da quantificação do carbono total; na direita, alíquota de solo pesada na capsula de quartzo para posterior análise.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.3.1 Base de Dados do Solo do Planalto Serrano

A formação do Base de Dados Legados do Solo do Planalto Serrano de Santa Catarina (BDLSolos) teve início com a obtenção dos dados, informações de perfis e mapas, a partir de busca na internet e solicitação as instituições parceiras através de um ofício e reunião com os responsáveis. Em tal ofício constou finalidade de uso dos dados, autorização para utilização e publicação dos dados, bem como a posterior publicação dos dados legados e disponibilidades dos mesmos.

Devido a diversidade de autoria dos dados que compõem a base de dados, diversos desafios foram encontrados. Como as informações foram coletadas desde a década de 70 até tempos atuais, alguns dos dados estavam desatualizados quanto a classificação dos solos, a localização descrita dos perfis, descrição de uso atual, entre outras. A falta de atualização destes dados dificulta a interpretação e onera ou, em alguns casos, inviabiliza a sua reutilização.

Nos dados organizados, foram necessários realizar uma triagem com as informações pertinentes para o presente estudo. Foram seguidas as estratégias propostas de preparação dos Dados Legados de Solos para os requisitos de MDS conforme exposto no estudo de Sulaeman et al. (2013), são eles: identificação e coleta dos dados legados; seleção de dados; desenvolvimento e população da base de dados; harmonização e exibição de dados; e, integração do conjunto de dados.

A necessidade da triagem depende principalmente da finalidade dos dados legados, isto é, do propósito do levantamento de solos realizado, pois a caracterização das informações contidas neste são específicas e detalhadas para determinado fim. Como por exemplo, no estudo de Costa (2012) que teve por objetivo validar funções de pedotransferência para estimar a retenção de água em solos de Santa Catarina, neste estudo foram realizadas apenas as análises físicas dos solos. Dessa maneira foi necessário analisar quanto a finalidade dos dados legados, as unidades que representam e as metodologias utilizadas nos dados que compõem a BDLSolos. Os dados que caracterizam a BDLSolos e os códigos que foram utilizados no RStudio

para obtenção dos resultados propostos, foram disponíveis para download gratuito através do link [https://github.com/bemacedom/DLS\\_PlanaltoSerranoSC](https://github.com/bemacedom/DLS_PlanaltoSerranoSC) (Figura 10).

Figura 10. QR Code para link de acesso ao Banco de Dados Legados do Planalto Serrano de Santa Catarina.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Muitos dados selecionados para compor a BDSolos apresentaram inconsistência quanto à localização dos perfis descritos, dificultando a utilização deste, fazendo-se necessário uma organização e harmonização prévia. Neste caso, vários perfis datados da década de 70 a 90 apresentaram a localização do perfil descrito com base em rodovias e/ou fazendas visto que na época não era comum e viável a utilização de aparelhos de Sistema de Posicionamento Global (GPS). De tal forma que foi necessário realizar uma etapa de varredura no Google Earth para obter a localização mais próxima possível, de acordo com o descrito, para assim registrar as coordenadas geográficas e utilização destes para o mapeamento.

Em outros casos, em perfis descritos mais recentes em que o GPS foi utilizado a campo, houve a falta da informação do *datum* utilizado como informação complementar às coordenadas geográficas. O *datum* refere-se ao modelo matemático teórico que foi representado no mapa, no caso do Brasil, desde a implementação do GPS, são utilizados o Córrego Alegre, SAD 69, WGS 84, e atual SIRGAS 2000, considerado como o Sistema Geodésico Brasileiro (SAMUEL-ROSA et al., 2020). Nos casos em que o *datum* não fora referenciado, foi considerado o *datum* mais comum utilizado na época.

Houve casos também de coordenadas geográficas gerais, baseadas em cartas topográficas disponibilizadas pelo exército, como é o caso dos perfis descritos no



levantamento pedológico do RADAM Brasil. Nestes a coordenada é apontada em apenas o grau e minuto com sufixo, representando uma área abrangente de folhas na escala de 1:250.000 (IBGE, 1986; IBGE, 2018).

Todos os dados foram convertidos para UTM SIRGAS 2000 utilizando da Calculadora Geográfica disponibilizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Assume-se a possibilidade de ter elencado algum *datum* não correspondente com o real utilizado por não estar detalhadamente descrito, mas que tal inconsistência não apresenta representatividade no presente trabalho pela espacialização geográfica utilizada de 250 m.

A BDLSolos dispõe da descrição de 126 perfis, com suas respectivas caracterizações gerais, mineralógicas, físicas e químicas, como também possui 50 pontos de validação levantados neste presente estudo contendo seus respectivos teores de carbono orgânico.

A base de dados utilizada continha valores discrepantes (do inglês *outlier*), foram excluídos os dados que se apresentaram abaixo de 2% e acima de 98% da distribuição. O resumo dos dados de solos, após a remoção dos valores discrepantes, é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Estatística descritiva dos dados de carbono orgânico do solo (%) do banco de dados legados (BDLSolos), nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, da mesorregião Serrana de Santa Catarina.

	COrg legados		COrg validação	
	0 - 20	20 - 40	0 - 20	20 - 40
<b>n</b>	123	123	48	48
<b>Máximo</b>	27,651	27,091	21,228	14,211
<b>Mínimo</b>	0,576	0,348	1,254	0,620
<b>1º quartil</b>	2,154	1,556	4,263	3,254
<b>3º quartil</b>	3,297	2,559	5,932	4,768
<b>Média</b>	3,700	2,680	5,390	4,116
<b>Mediana</b>	2,573	1,985	5,057	3,956
<b>Variância</b>	5,097	1,959	8,904	4,772
<b>Desvio padrão</b>	4,119	3,397	2,984	2,184
<b>Assimetria</b>	0,825	0,410	-0,346	-0,938
<b>Curtose</b>	19,304	17,176	14,270	7,830
<b>Coefficiente de variação</b>	0,722	0,631	0,554	0,531

COrg: conteúdo de carbono orgânico (%); n: número de amostras.

Nos valores dispostos na Tabela 4 referentes aos resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk, verifica-se que os valores de carbono orgânico do solo não seguem uma distribuição normal ao nível de significância de 1% em profundidade, sendo necessário a transformação logarítmica para realização dos demais testes estatísticos.

Os valores discrepantes que foram retirados da análise estão nas áreas mais altas da Serra Catarinense situados no Planalto Dissecado e Campos Gerais, onde estão alocados os municípios Bom Jardim da Serra e Urupema, por apresentarem teores superior do que os demais apresentados. Nestas áreas é possível encontrar solos com horizonte O hístico, sendo formados pelo acúmulo de matéria orgânica bem decompostas devido ao clima muito frio e que apresentam teores de carbono orgânico superiores a 8%, apesar da umidade elevada são solos bem drenados, sendo classificados como Organossolos (SANTOS JUNIOR, 2017). Apesar de serem retirados os valores discrepantes acima de 98%, pode-se perceber que muitos ainda assim foram considerados pela grande variância dos valores de carbono orgânico do solo estudados, levando em consideração a heterogeneidade da área abrangente estudada, apresentando um grande desafio devido à alta variabilidade e disponibilidade dos dados de amostra conforme foi exposto no estudo de Gomes et al. (2019) em que realizaram o mapeamento de carbono orgânico em todo o território nacional.

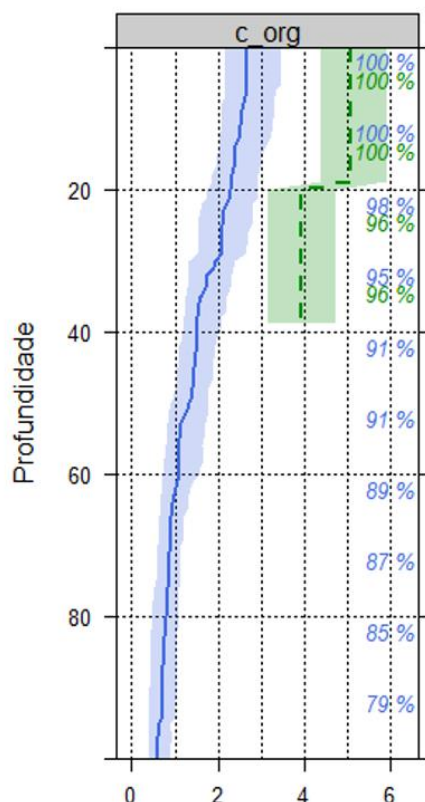
Já referente aos valores discrepantes abaixo de 2%, em que representam os valores mais baixos de carbono orgânico da área estudada, teores de 0 a 1%, foi observado que estes apresentam uma textura arenosa representado pelo elevado teor de areia. Estudos apontam que os teores de carbono orgânico dos solos correlacionam-se diretamente com a textura, devido a proteção física e química da porção da matéria orgânica do solo, no caso, solos com maior fração de areia tendem a acumular menos matéria orgânica (CHIVENGE et al., 2011; PUTASSO, 2011).

Todos os dados de carbono orgânico estudados, apresentaram valores reduzidos da mediana em comparação com a média, de tal forma que caracteriza a distribuição como assimétrica negativa. Para o coeficiente de curtose, por resultar em valores superiores a 0,263, a distribuição é classificada como platicúrtica, de maneira geral, a curva de frequências é mais aberta e achatada que a da distribuição normal dos dados. Ao comparar os dados de carbono orgânico legados com os dados de

validação, nota-se que os coeficientes de assimetria e curtose são superiores para os dados legados.

Nos valores apresentados das duas camadas na Tabela 4 e expostos na Figura 11, observa-se que tanto os dados de validação quanto os Dados Legados de Solos são elevados na superfície e menores na subsuperfície. Resultados do estudo de Gomes et al. (2019) apontam um decréscimo nos teores de carbono orgânico em profundidade nos solos brasileiros, corroborando com os resultados da estatística descritiva exposta.

Figura 11. Gráfico das médias e medianas em profundidade de teores de carbono orgânico, linha em azul representam os Dados Legados de Solos (123 perfis) e, em verde, os dados de validação a campo (50 amostras); as porcentagens indicam o número de amostras nos determinados centímetros.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Pode-se observar uma grande variância dos valores mínimos e máximos a respeito do teor de carbono orgânico (%) tanto nos Dados Legados de Solos como nos dados de validação, visto a grande variabilidade da região estudada, onde contém

áreas de maior aporte de carbono nas áreas de elevada altitude na região. De acordo com Resck et al. (2008), o carbono orgânico do solo possui ampla variação no ambiente devido a sua quantidade e qualidade ser bastante influenciada pelos fatores externos e internos do solo, tais como o clima, vegetação, uso da terra, textura, mineralogia e estrutura.

Apesar desta ampla variação espacial, sabe-se que, de maneira geral, há um decréscimo dos teores de carbono orgânico em profundidade. O conteúdo é altamente variável com a profundidade do solo, tal variação dá-se pelas entradas de carbono pelo aporte de matéria orgânica na superfície do solo, seja pelas culturas, floresta, resíduos culturais, atividade dos microrganismos, maior temperatura, e entre outros, de tal maneira que na subsuperfície há um decréscimo deste aporte de carbono (NICOLOSO et al., 2018; GOMES et al., 2019).

Ainda no gráfico da Figura 11, observa-se que ao longo da profundidade há um decréscimo das porcentagens ali expostas, sendo justificadas pelo fato da variabilidade em profundidade dos solos da região estudada, em que apresentam solos rasos a muito profundos. De tal maneira que, na mesma área estudada, são encontrados Neossolos Litólicos que tem por característica serem rasos com até 50 cm de profundidade como também Latossolos Vermelhos encontrados que possuem mais de 200 cm de profundidade, de tal maneira que o número de amostras em profundidade é menor.

### **3.3.2 Análise da Correlação e Componentes Principais**

A análise de correlação resultou em 16 covariáveis ambientais que apresentam relação com os dados legados de carbono orgânico de solos na profundidade de 0 a 20 cm, são elas: Precipitação Anual (PREA), Elevação (ELEV), Superfície Generalizada (GESU), Curvatura Longitudinal (LOCV), Características Morfométricas (MORP), Curvatura Mínima (MICU), Curvatura Máxima (MACU), Perfil de Curvatura (PRCU), Posição Relativa da Inclinação (RSLP), Profundidade do Vale (VADE), Densidade Aparente (BDO), Capacidade de Troca Catiônica (CEC), Conteúdo de

Nitrogênio (NIT), Densidade de Carbono Orgânico (OCD), Conteúdo de Carbono Orgânico (OCS), e Estoque de Carbono Orgânico (SOC).

Já na profundidade de 20 a 40 cm, o correlograma apontou 14 covariáveis ambientais relacionadas, são elas: Elevação (ELEV), Superfície Generalizada (GESU), Declividade (SLOP), Curvatura Longitudinal (LOCV), Características Morfométricas (MORP), Curvatura Mínima (MICU), Curvatura Máxima (MACU), Perfil de Curvatura (PRCU), Posição Relativa da Inclinação (RSLP), Profundidade do Vale (VADE), Conteúdo de Nitrogênio (NIT), Densidade de Carbono Orgânico (OCD), Conteúdo de Carbono Orgânico (OCS) e Estoque de Carbono Orgânico (SOC). O correlograma que corresponde a matriz da análise de correlação está exposto no Apêndice C deste trabalho, a Tabela 5 abaixo representa um resumo das principais informações da matriz de correlação.

Tabela 5. Resumo do correlograma de Pearson (Apêndice C) representando a interação entre as covariáveis predictoras e a sua influência relativa na predição de carbono orgânico do solo para as profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, através do coeficiente de Correlação de Pearson ( $\rho$ ).

Covariáveis Ambientais	Coeficiente de correlação ( $\rho$ )	
	COrg (0 a 20 cm)	COrg (20 a 40 cm)
MTCM	0,17 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>
MTWM	0,05 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>
PREA	-0,2 <sup>*</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>
TEMA	0,11 <sup>ns</sup>	0 <sup>ns</sup>
BDO1	-0,26 <sup>*</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>
BDO2	-0,24 <sup>*</sup>	-0,17 <sup>ns</sup>
CEC1	0,29 <sup>*</sup>	0,15 <sup>ns</sup>
CEC2	0,19 <sup>*</sup>	0,06 <sup>ns</sup>
CEC3	0,12 <sup>ns</sup>	0 <sup>ns</sup>
CFV1	0,05 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>
CFV2	0,07 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>
CFV3	0,13 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>
CLA2	0,05 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
CLA3	0,02 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
NIT1	0,35 <sup>*</sup>	0,25 <sup>*</sup>
NIT2	0,5 <sup>*</sup>	0,32 <sup>*</sup>
NIT3	0,42 <sup>*</sup>	0,28 <sup>*</sup>
OCD1	0,41 <sup>*</sup>	0,37 <sup>*</sup>
OCD2	0,39 <sup>*</sup>	0,31 <sup>*</sup>
OCD3	0,38 <sup>*</sup>	0,32 <sup>*</sup>
OCS1	0,38 <sup>*</sup>	0,31 <sup>*</sup>

PHA1	0 <sup>ns</sup>	0 <sup>ns</sup>
PHA2	0,03 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
PHA3	0,06 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>
SOC1	0,32*	0,19*
SOC2	0,41*	0,27*
SOC3	0,31*	0,17
SAN1	0 <sup>ns</sup>	0 <sup>ns</sup>
SAN2	0,02 <sup>ns</sup>	0 <sup>ns</sup>
SAN3	0,03 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
SIL1	-0,07 <sup>ns</sup>	-0,07 <sup>ns</sup>
SIL2	-0,13 <sup>ns</sup>	-0,07 <sup>ns</sup>
SIL3	-0,11 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>
ANAH	0,15 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>
ASPE	0,08 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
CNBL	0,07 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>
COIN	0,02 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
CRSC	0,17 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>
ELEV	0,43*	0,36*
FLAC	-0,04 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>
GESU	0,44*	0,37*
LSFA	0,11 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>
LOCV	0,35*	0,3*
MORP	0,31*	0,3*
MICU	0,23*	0,23*
MACU	0,36*	0,33*
PRCU	0,37*	0,35*
RSLP	0,33*	0,22*
SLOP	-0,16 <sup>ns</sup>	-0,19*
TWID	-0,06 <sup>ns</sup>	-0,1 <sup>ns</sup>
VEDI	0 <sup>ns</sup>	-0,03 <sup>ns</sup>
VADE	0,65*	0,47*
NDVL	-0,07 <sup>ns</sup>	-0,17 <sup>ns</sup>
INFL	0,02 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
NDVS	0,05 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>
INFS	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>

\* significância em nível de 5% de probabilidade de erro; valores negativos indicam correlação inversa, valores positivos representam correlação direta; <sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade.

De modo geral, apenas algumas covariáveis de terreno, solos e clima que apresentaram correlação com os teores de carbono orgânico da área de estudo, as covariáveis representativas de organismos não apresentaram significância na correlação (índice de vegetação normalizada e as bandas infravermelho do Sentinel-2 e Landsat-8). De acordo com Lamichhane; Kumar e Wilson (2019), as covariáveis

ambientais constituem os fatores associados ao processo de formação do solo no ambiente, de forma direta ou indiretamente.

Na Tabela 5 pode-se observar as covariáveis que apresentam forte correlação com o conteúdo de carbono orgânico do solo apresentando coeficiente de Pearson, positivos ou negativos mais próximos de 1, são elas: VADE, GESU, ELEV, SOC, OCD e NIT. De maneira geral, as covariáveis ambientais representando a variabilidade do terreno e as propriedades do solo apresentaram forte correlação com o conteúdo de carbono orgânico do solo.

O relevo tem papel significativo para a formação dos solos, de acordo com Oliveira (2014), as características do relevo podem determinar a forma de evolução da cobertura pedológica, visto que o relevo determina o tipo de exposição da cobertura e também controla os fluxos hídricos. Diante desta premissa, as covariáveis do relevo irão contribuir significativamente para as modelagens preditivas de solos. A elevação (ELEV,  $p=0,43$ ), a profundidade do vale (VADE,  $p=0,65$ ) e a superfície generalizada (GESU,  $p=0,44$ ) correspondem as covariáveis topográficas que apresentaram correlação forte a moderada com o conteúdo de carbono orgânico do solo.

A elevação fornece uma ideia do da altitude, clima, locais mais frios e chuvosos, que de maneira direta acumulam mais carbono. Corroborando com o resultado encontrado, no estudo de Hinge, Surampallo e Goyal (2018) a elevação foi considerada um importante covariável explicativa para a variação no estoque de carbono orgânico nas regiões úmidas do nordeste da Índia. De acordo com Lamichhane, Kumar e Wilson (2019) a elevação, declive e posição da paisagem podem acelerar ou retardar a ação de fatores climáticos nos solos. Para o estoque de carbono orgânico no solo, Wiesmeier et al. (2019) apontaram que os recursos topográficos podem realizar um papel crucial para o armazenamento de carbono orgânico, realizando o controle da precipitação, os caminhos de fluxo de água, acúmulo e descarga de água, contribuindo significativamente para processos erosivos.

No modelo 'scorpan' o solo pode ser predito a partir das informações dele próprio, utilizando de novas tecnologias existentes sendo utilizado como covariável no MDS (MCBRATNEY; SANTOS; MINASNY, 2003; DALMOLIN; TEN CATEN, 2015). Diante do exposto, as informações existentes do solo em forma de covariáveis: estoque de carbono orgânico do solo (SOC), densidade do carbono orgânico (OCD) e conteúdo de nitrogênio (NIT) em superfície e subsuperfície apresentaram correlação fraca a moderada com o conteúdo de carbono orgânico derivado da BDLSolos.

Quanto ao estoque de carbono orgânico do solo (SOC) e a densidade do carbono orgânico (OCD), era de se esperar que os mesmos apresentassem correlação com o conteúdo de carbono orgânico dos Dados Legados de Solos visto que se tratam do mesmo atributo do solo, mas que estão quantificados de maneiras diferentes. No presente estudo, a quantificação do carbono se deu pela sua determinação total, devido ao analisador elementar TOC, enquanto que nos Dados Legados de Solos, em sua grande maioria, foram obtidos pelo método Walkley-Black, em que extrai cerca de 75% do carbono total. Desta maneira, os valores de carbono dos Dados Legados de Solos apresentam-se subestimados devido a metodologia utilizada para sua quantificação.

Como também esperado, o conteúdo de nitrogênio (NIT) também apresentou correlação moderada com o conteúdo de carbono orgânico visto a relação direta que apresentam. A relação C/N no solo é um importante indicador da decomposição da matéria orgânica, resultando sobre o estado de humificação, sendo essencial para a determinação da competição dos nutrientes essenciais para as atividades dos microorganismos (OLIVEIRA; REATTO; ROIG, 2015). Contribuindo com o resultado encontrado, no estudo de Ebeling (2010) os organossolos estudados apresentaram correlação positiva e significativa a 5% de probabilidade com a matéria orgânica e o carbono nas suas várias formas, indicando que estão relacionadas com a disponibilidade de nitrogênio no solo, mas que esse elemento pode não estar biodisponível devido a fatores como temperatura, umidade, aeração e acidez do solo.

Com o resultado da correlação fraca a moderada da densidade do solo com o conteúdo de carbono orgânico dos dados legados, no estudo de Hobbey et al. (2015) na região oriental da Austrália, a densidade foi uma variável explicativa importante para o conteúdo de estoque de carbono orgânico no solo, assim como o tipo de solo, geologia, litologia e uso da terra. No estudo de Badgery et al. (2013) também na Austrália, além da densidade aparente, também a textura e mineralogia apresentaram forte influência com o estoque de carbono orgânico no solo, principalmente na profundidade de 20 cm.

Relacionado ao conteúdo de nitrogênio, ao qual apresentou correlação fraca a moderada, no estudo de Were et al. (2015) em uma reserva florestal no Quênia também foi altamente correlacionado com a distribuição espacial do estoque de carbono orgânico, explicando a variabilidade observada e que as contribuições dos outros fatores ambientais são apenas marginais. No estudo de Lamichhane, Kumar e



Wilson (2019), apontam que a utilização do conteúdo total de nitrogênio do solo como um preditor de solos pode ser dificultada pela falta destes dados para cobrir grandes extensões geográficas, sendo comum estarem disponíveis apenas em pequena escala.

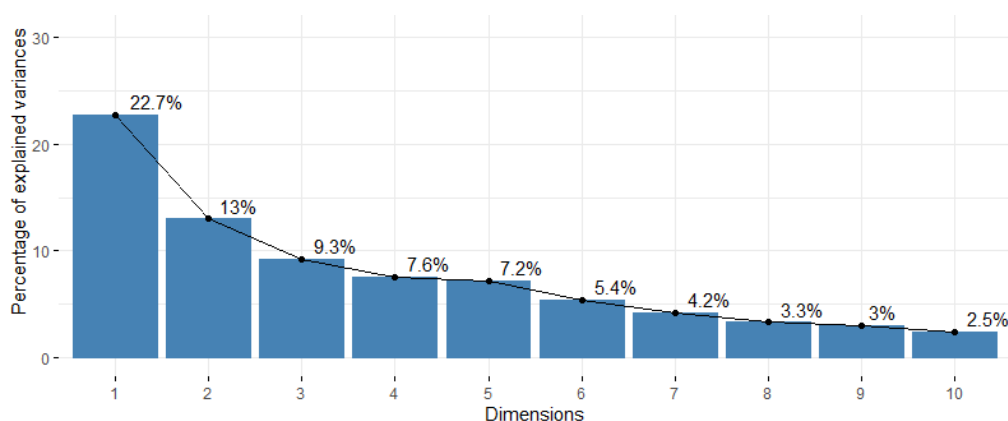
Em relação às duas profundidades, a maioria das covariáveis que apresentaram correlação demonstraram não somente na camada de 0 a 20 cm, mas também na subsuperfície de 20 a 40 cm, com diferença que na superfície apresentou correlação direta com CEC e indireta com PREA e BDO. Na camada superficial, a capacidade de troca catiônica (CEC) apresentou correlação fraca a bem fraca, esta covariável representa a fertilidade do solo, visto que está associada diretamente com a necessidade de nutrientes para as plantas. Colaborando com os resultados descobertos, Andrade e Mendonça-Santos (2016) também encontraram correlação positiva com as covariáveis do terreno, representando a química e fertilidade dos solos para posterior modelagem do solo. Ainda na superfície, o conteúdo de carbono orgânico do solo apresentou correlação indireta com PREA, uma covariável ambiental representante do clima, isto é, o aumento de uma resulta na diminuição da outra. Lamichhane; Kumar e Wilson (2019) apontam no seu estudo que o clima apresenta influência na determinação da variação nos níveis de estoque de carbono orgânico nas escalas regionais, seguido por material parental, topografia e uso do solo.

Enquanto que na subsuperfície, na camada de 20 a 40 cm foi apresentado correlação indireta com SLOP, covariável correspondente a declividade do terreno, resultado semelhante foi encontrado no estudo de SILVA et al. (2007), em que além dos teores de carbono, as concentrações dos radicais livres do tipo semiquinona extraídos de horizontes de perfis em diferentes posições da vertente também apresentaram correlação negativa com a declividade. Para GALLANT; WILSON (2000), a declividade é um dos atributos topográficos que controla os processos pedogenéticos, afetando diretamente a velocidade do fluxo de água e consequentemente o teor de água no solo, o potencial de erosão e deposição, e outros processos importantes.

Foi utilizada a Análise de Componentes Principais (ACP) a fim de reduzir as dimensões das variáveis originais, sem que ocorra a perda de informação, de maneira que possibilita revelar as relações entre as covariáveis preditoras e eleger aquelas que não possuem multicolinearidade (TEN CATEN, 2011). O gráfico de declive ou *scree-plot* (Figura 12) traz as informações das 10 componentes principais de maior peso

versus a porcentagem das variáveis explicadas, representando um total de 78,2% das variáveis, pode-se observar também que os demais componentes são considerados residuais devido a linha que os ligam assemelham-se a uma reta.

Figura 12. Gráfico Scree-plot da Análise de Componentes Principais (ACP) com as 10 componentes principais de maior peso.



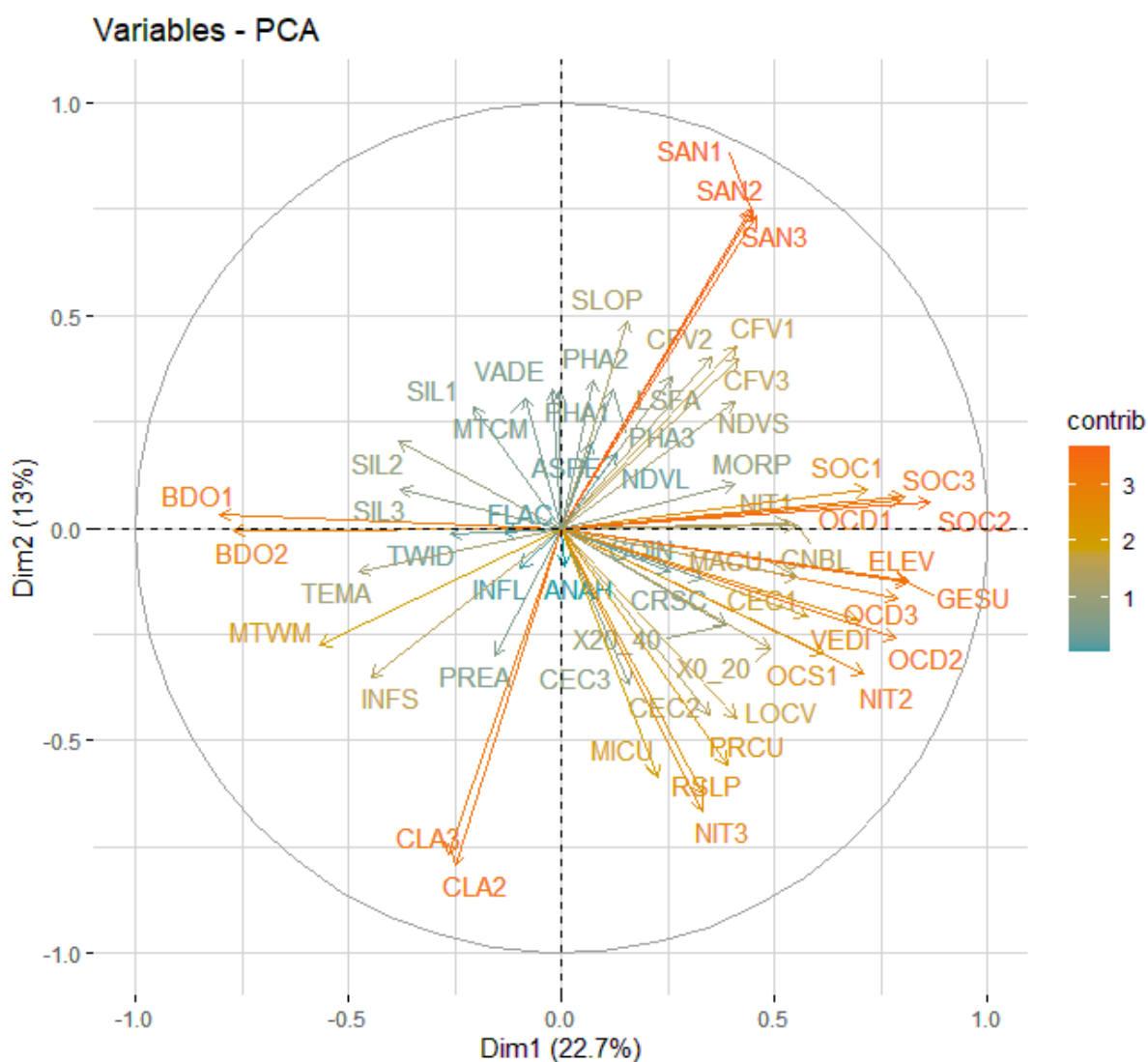
Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Uma visão mais detalhada da ACP dos teores de carbono orgânico no solo e as variáveis nas duas camadas para as duas primeiras componentes principais de maior peso são apresentadas na Figura 13. Nos componentes 1 e 2 apresentados, foi retida cerca de 35,7% da variabilidade original dos dados, resumindo a variação dos dados de maneira pouco eficiente devido à complexidade do ambiente de estudo e as suas relações. De acordo com ten Caten et al. (2011), a utilização das componentes principais é de grande utilidade para a redução do número de variáveis, em contrapartida quando as variáveis originais são pouco correlacionadas implica na perda do potencial preditivo.

No diagrama biplot, para fins de interpretação, as maiores retas e de cores mais quentes (vermelho, laranja e amarelo) indicam uma correlação moderada a forte, enquanto que as menores retas de cores mais frias (cinza e azul) indicam uma correlação fraca. Desta forma, nota-se que no segundo quadrante estão descritas os teores de carbono orgânico nas duas camadas e estão próximos entre si, como também próximos das covariáveis de elevado coeficiente de correlação ( $\rho$ ) seja ele positivo ou negativo que apresentou significância a 5% de probabilidade, são elas: VEDI, NIT2, GESU, ELEV, NIT3, OCD1, SOC2, OCD2, OCD3, OCS1, PRCU, MACU, NIT1, LOCV, RSLP, SOC1, SOC3, MORP, CEC1, BDO1, BDO2, MICU, PREA, CEC2

e SLOP, conforme apresentado na Tabela 5. Os demais vetores apresentados no gráfico *biplot*, estão representados em vetores menores e estes correspondem as variáveis menos explicativas, podendo ser retiradas da modelagem preditiva sem a perda significativa da informação.

Figura 13. Gráfico *biplot* da Análise dos Componentes Principais (ACP) com as covariáveis ambientais e conteúdo de carbono orgânico em duas camadas representados nos vetores.



X0\_20: conteúdo de carbono orgânico no solo na camada superficial, de 0 a 20 cm; X20\_40: COrg na subsuperfície, de 20 a 40 cm; Covariáveis enumeradas representam as suas respectivas camadas analisadas, sendo 1 de 0 a 5 cm, 2 de 5 a 15 cm e 3 representando 15 a 30 cm. Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

As covariáveis mais próximas indicam a presença de uma redundância do que aquelas que estão mais distantes entre si, de tal maneira que retas das covariáveis

que estão muito próximas indicam alta correlação (HONGYU; SANDANIELO; OLIVEIRA JUNIOR, 2016), entre outras palavras, apresentam uma correlação forte, sendo ela positiva ou negativa. Desta forma, no gráfico *biplot* apresentado, é explícito a proximidade entre algumas covariáveis, tais como: RSLP e NIT3; bem como ELEV e GEU; SOC1, SOC2, SOC3 e OCD1; VEDI e NIT2; OCD2, OCD3 e CEC1, indicando haver entre elas uma redundância mais intensa do que em meio às covariáveis espacialmente mais distantes no gráfico, como também representando uma correlação direta em que com o aumento de uma, resulta no aumento da outra. A posição das covariáveis BDO1, BDO2 e PREA, contrária às demais apresentadas anteriormente indicando uma correlação inversa, reproduz o indicado na Tabela 5.

A partir do estudo do padrão da variabilidade presente nas covariáveis preditoras, houve o descarte para o modelo preditivo que apresentaram baixa variabilidade ou apresentaram-se redundantes por estarem correlacionadas com as de maior importância para as duas componentes principais. De maneira que foram necessárias um número menor para explicar a variação total, de forma a otimizar o tempo do trabalho sem perda significativa de informação.

### **3.3.3 Modelagem preditiva de Carbono Orgânico do Solo por Regressão Linear Múltipla no Planalto Serrano de SC**

Após as análises de correlação e dos componentes principais, buscou-se o melhor modelo de regressão linear múltipla para a predição do carbono orgânico do solo. De maneira a simplificar o conjunto de dados utilizado para gerar os modelos, foram retiradas covariáveis que não apresentaram significância com base nos critérios *Stepwise*, critério de informação de Akaike (AIC) e fator de inflação da variância (VIF) tendo como premissa o critério da Navalha de Ockham (*Occam's razor criteria*) em que o melhor modelo é o mais simples.

O método *stepwise* foi utilizado para seleção de variáveis preditoras, em que é realizado testes de remoção sobre a variável menos útil, removendo algumas variáveis redundantes. O índice AIC resulta na qualidade do modelo estatístico, estima a quantidade relativa de informações perdidas por um determinado modelo preditivo, de

maneira que a qualidade do modelo é dada ao menor número de informações perdidas. O fator de inflação da variância (VIF) realiza o diagnóstico de colinearidade, medindo o quanto a variância de uma variável estimada aumenta os preditores correlacionados.

Com a simplificação dos modelos preditores para as duas camadas, as equações da regressão linear múltipla para as modelagens preditoras de carbono orgânico do solo nas duas camadas estudadas foram obtidas, são elas:

$$\text{COrg0-20.log} = \text{BDO2} + \text{NIT1} + \text{NIT3} + \text{OCD3} + \text{PRCU} + \text{VEDI} + \text{PREA} + e_1$$

$$\text{COrg20-40.log} = \text{ELEV} + \text{NDVS} + \text{NIT1} + e_2$$

Em que, COrg0-20.log: representa a equação ajustada de regressão linear múltipla para a modelagem do carbono orgânico no Planalto Serrano de SC; BDO2: densidade aparente na camada de 5 a 15 cm; NIT1 e NIT3: conteúdo de nitrogênio nas camadas de 0 a 5 cm e 15 a 30 cm, respectivamente; OCD3: densidade de carbono orgânico na camada de 15 a 30 cm; PRCU: perfil de curvatura; VEDI: distância vertical para a rede do canal; PREA: precipitação anual; ELEV: elevação; NDVS: índice de vegetação com diferença normalizada realizado por imagens do Sentinel-2;  $e_1$ : erro estatístico da predição de COrg0-20;  $e_2$ : erro estatístico da predição de COrg20-40.

A fim de realizar a comparação simultânea entre as covariáveis que apresentaram significância para a predição do carbono orgânico utilizando de regressão linear múltipla, foram realizadas as análises de variâncias (ANOVA) para a superfície e subsuperfície. Para realização da ANOVA (Tabela 6) tem como base o pressuposto do modelo linear, em que as variáveis apresentam independência, normalidade e homogeneidade da variância residual.

Tabela 6. Análise da variância (ANOVA), incluindo o teste para falta de ajuste, do modelo de regressão linear múltipla.

<b>Camada superficial (0 a 20 cm)</b>					
<b>Variáveis</b>	<b><sup>a</sup>df</b>	<b><sup>b</sup>SS</b>	<b><sup>c</sup>MS</b>	<b><sup>d</sup>F-value</b>	<b><sup>d</sup>Pf(&gt;F)</b>
BDO2	1	0,6777	0,6777	4,5384	0,0353907*
NIT1	1	2,0636	2,0636	13,82	0,0003195***
OCD3	1	2,0595	2,0595	13,792	0,0003238***
PRCU	1	0,8513	0,8513	5,7009	0,0186772*
PREA	1	0,9227	0,9227	6,1794	0,0144429*
VEDI	1	4,2007	4,2007	28,131	0,0000005998***
NIT3	1	1,2842	1,2842	8,6002	0,0040975**
<b>Resíduo</b>	109	16,2766	0,1493		

<b>Camada subsuperficial (20 a 40 cm)</b>					
ELEV	1	1,4776	1,4776	7,1377	0,008663**
NDVS	1	0,6272	0,6272	3,0296	0,084482.
NIT1	1	0,956	0,956	4,6179	0,033774*
<b>Resíduo</b>	<b>113</b>	<b>23,3923</b>	<b>0,207</b>		

H0:  $\mu_x = \mu_y$ ; H1:  $\mu_x \neq \mu_y$ ; <sup>a</sup>df = graus de liberdade; <sup>b</sup>SS = soma dos quadrados; <sup>c</sup>MS = média da soma dos quadrados; <sup>d</sup>F-value = valor F, razão entre o modelo e o seu erro; <sup>e</sup>Pf(>F) = p-valor, probabilidade de significância; Aos níveis de significância: '\*\*\*\*' 0.001; '\*\*' 0.01; '\*' 0.05; '.' 0.1'.

Para a camada de 0 a 20 cm, a equação proposta explicou 38,87% das variâncias, dentre as variáveis da equação, as variáveis PRCU, PREA e BDO2 apresentaram significância de 5% de probabilidade, a variável NIT3 apresentou nível de significância de 1%, enquanto que as demais variáveis do ambiente apresentaram significância ao nível de 0,1%.

Já para a camada de 20 a 40 cm apenas 9,22% das variâncias foram explicadas, enquanto que a variável NDVS apresentou 10% de significância, NIT1 apresentou significância de 5% de probabilidade e a variável ELEV apresentou significância de 1%. Corroborando com o resultado encontrado por Neumann (2012), apesar da elevação corresponder a uma significância estatística menor, a autora aponta a relevância de utilização da mesma para o modelo de regressão linear múltipla para a distribuição de solos.

As suposições do modelo preditivo de carbono orgânico do solo proposto devem ser verificadas para a investigar a adequabilidade do modelo. Para isto, na Figura 14 consta a análise dos resíduos para a camada superficial de 0 a 20 cm de solo, já na Figura 15 é apresentado referente a camada subsuperficial de 20 a 40 cm, neste contexto são baseados na diferença entre os valores observados e os preditos.

Figura 14. Gráficos da análise de resíduos do ajuste múltiplo para conteúdo de carbono orgânico na camada superficial do solo de 0 a 20 cm.

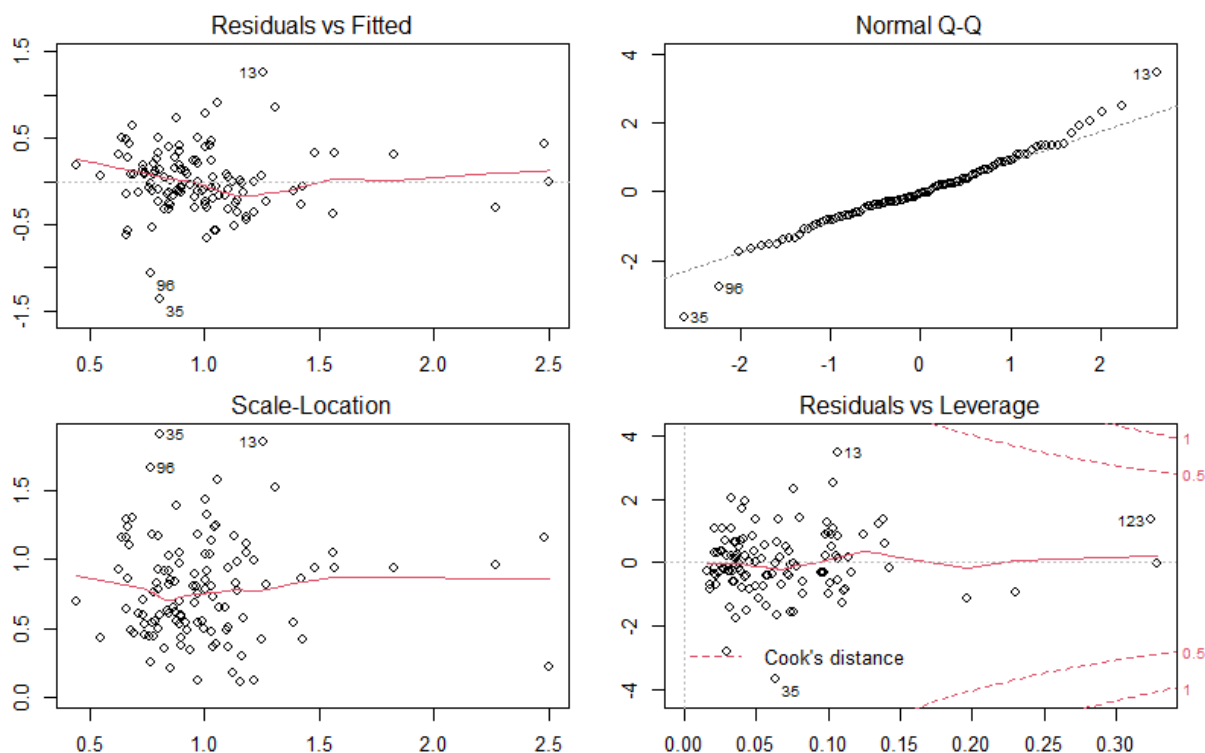


Gráfico “Residuals vs Fitted” eixo y e corresponde ao valor do resíduo padronizado e no eixo x os valores ajustados; Gráfico “Scale-Location” o eixo y e corresponde a raiz quadrada dos resíduos padronizados e o eixo x os valores ajustados; Gráfico “Normal Q-Q”, eixo y contém os valores dos resíduos padronizados e no eixo x os quantis teóricos; e, Gráfico “Residuals vs Leverage” consta no eixo y os resíduos padronizados e no eixo x a forma de alavanca. Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

No primeiro gráfico de título “Residuals vs Fitted” contém no eixo y o valor do resíduo padronizado e no eixo x os valores ajustados, sendo útil para detectar inadequações do modelo. No gráfico de título “Scale-Location”, é o gráfico da raiz quadrada dos resíduos padronizados (eixo y) versus os valores ajustados (eixo x), também utilizado para detectar as inadequações. No gráfico de título “Normal Q-Q” é realizada a comparação de quantis onde se analisa a normalidade, em que no eixo y encontra o valor dos resíduos padronizados versus os quantis teóricos no eixo x, que indica a normalidade dos dados por estarem dispostos aproximadamente na linha base. Nestes casos, pode-se aferir que os resíduos não parecem seguir algum padrão que pudesse indicar um outro tipo de relacionamento entre as variáveis ou alguma dependência entre os resíduos. Estes indicam que a variância é uniforme para os valores ajustados e que os resíduos são independentes.

Nestes gráficos é possível observar alguns pontos *ouliers*, que são discrepantes ao restante dos dados, são eles: 13, 35, 96 e 123, estes pontos influenciam o modelo,

desviando um pouco a normalidade, mas que por serem pequenos desvios da suposição da normalidade não afetam muito a estimativa do modelo.

No último gráfico, de título “Residuals vs Leverage”, consta no eixo y os resíduos padronizados e no eixo x a forma de alavanca, é possível observar que não há um ponto de alavanca próximo a distância de cook, de tal maneira que não apresenta influência dos pontos atípicos (*outliers*) no modelo proposto.

De maneira geral, a modelagem preditiva da camada superficial de 0 a 20 cm do solo atenderam as suposições do modelo de regressão linear múltipla, sendo satisfatório na generalização para as amostras. O modelo apresenta-se sem restrições das variáveis, as variáveis são aleatórias, ou seja, com distribuição normal com média zero, apresenta linearidade, são estatisticamente independentes, não apresentam autocorrelação, encontram-se bem distribuídos ao longo da reta, apresentam homocedasticidade bem como, não apresentam multicolinearidade.

Figura 15. Gráficos da análise de resíduos do ajuste múltiplo para conteúdo de carbono orgânico na camada subsuperficial do solo de 20 a 40 cm.

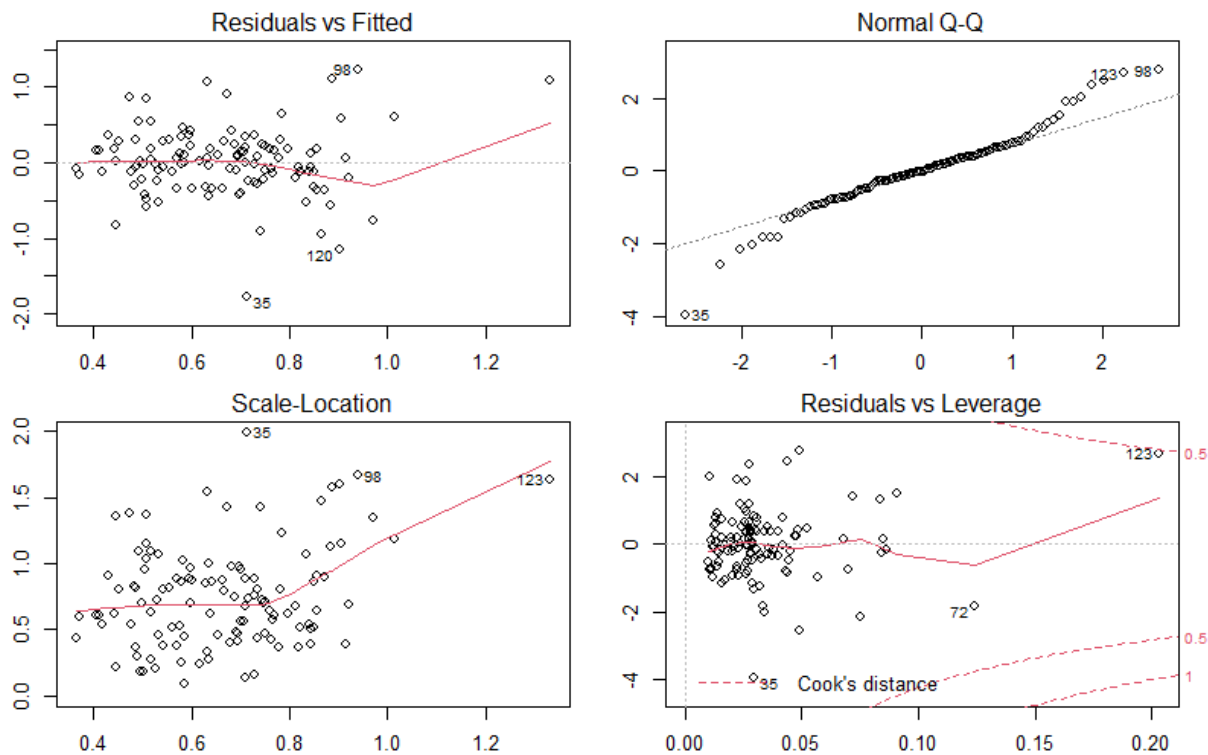


Gráfico “Residuals vs Fitted” eixo y corresponde ao valor do resíduo padronizado e no eixo x os valores dos resíduos; Gráfico “Scale-Location” o eixo y corresponde a raiz quadrada dos resíduos padronizados e o eixo x os valores ajustados; Gráfico “Normal Q-Q”, eixo y contém os valores dos resíduos padronizados e no eixo x os quantis teóricos; e, Gráfico “Residuals vs Leverage” consta no eixo y os resíduos padronizados e no eixo x a forma de alavanca. Fonte: Elaborado pela autora, 2020.



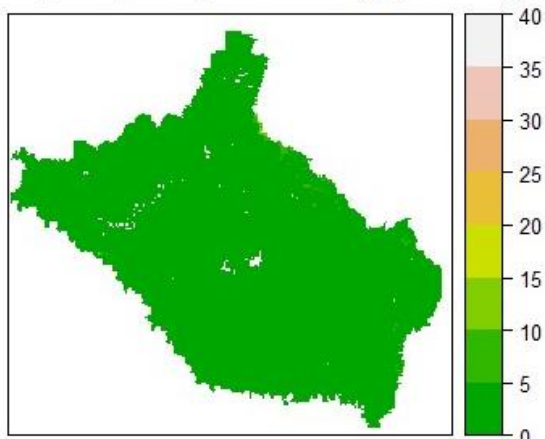
Ao analisar a Figura 15 para a camada subsuperficial de 20 a 40 cm, no gráfico “Residuals vs Fitted” e no diagrama de dispersão “Scale-Location”, é possível observar que não apresentam inadequações do modelo. Os resíduos apresentam-se independentes sem seguir um padrão, indicam que a variância é uniforme para cada valor ajustado, como também estão situados entre -1,96 e 1,96 indicando que a maioria dos pontos estão próximos dos valores previstos pelo modelo preditivo de carbono orgânico proposto.

No gráfico de normalidade “Normal Q-Q” pode-se observar que os dados apresentam distribuição normal ao longo da reta, apresentando alguns pontos *outliers*, mas que não interferem muito no modelo preditivo proposto. No último diagrama, de título “Residuals vs Leverage”, é possível observar que há dois pontos de alavanca próximo a distância de *cook*, são eles os pontos 123 e 72, de maneira que podem apresentar alguma pequena influência dos pontos de alavanca no modelo preditivo proposto, visto que o valor *cook* ao qual estão próximos é baixo.

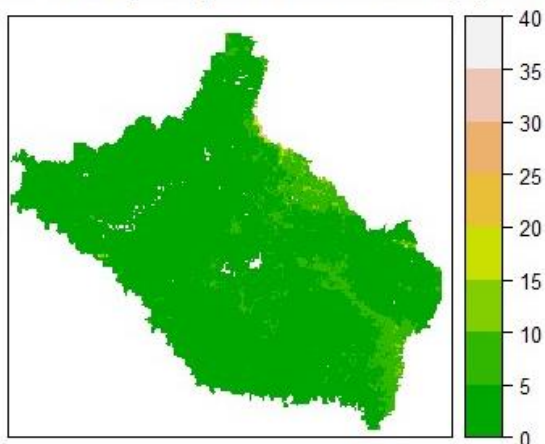
Em geral, assim como a modelagem da camada superficial, a modelagem preditiva da camada subsuperficial de 20 a 40 cm do solo também atendeu as suposições do modelo de regressão linear múltipla de maneira satisfatória na predição do carbono orgânico do solo, sendo possível a predição e mapeamento de carbono orgânico no Planalto Serrano (Figura 16 e Figura 17).

Figura 16. Mapas de predição de carbono orgânico realizados por regressão linear múltipla para a camada superficial de 0 a 20 cm.

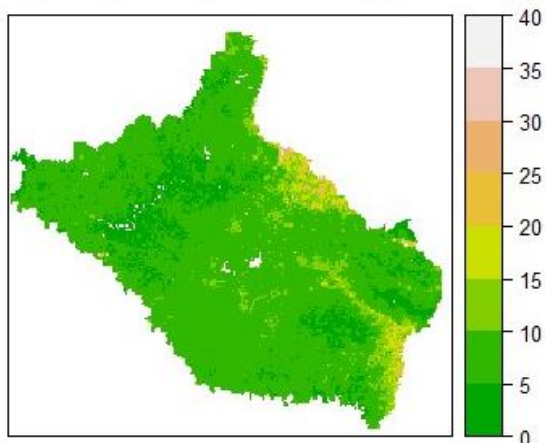
**Modelo de RLM para predição de COrg (0-20cm) lower limit (%)**



**Modelo de RLM para predição de COrg (0-20cm) (%)**



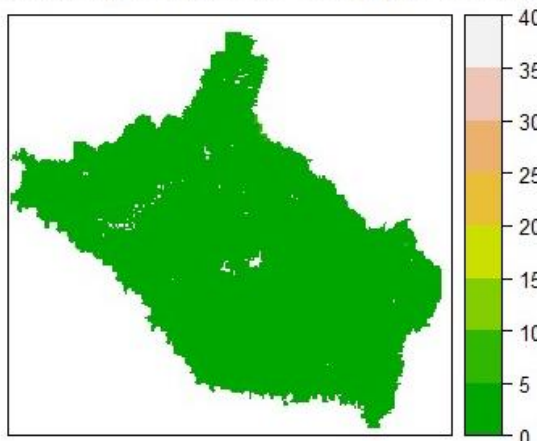
**Modelo de RLM para predição de COrg (0-20cm) upper limit (%)**



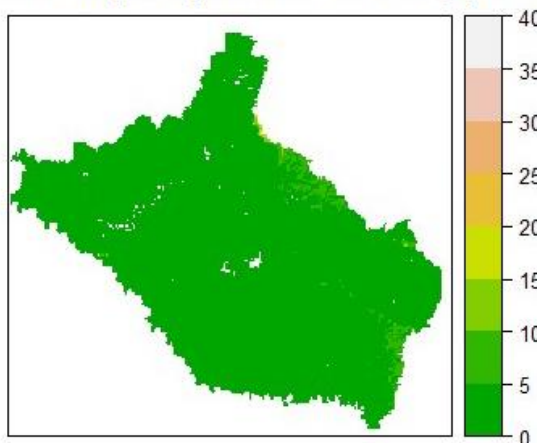
O primeiro mapa superior representa o limite inferior, o mapa do centro refere-se ao mapa de predição e por último, o limite superior. Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Figura 17. Mapas de predição de carbono orgânico realizados por regressão linear múltipla para a camada subsuperficial de 20 a 40 cm.

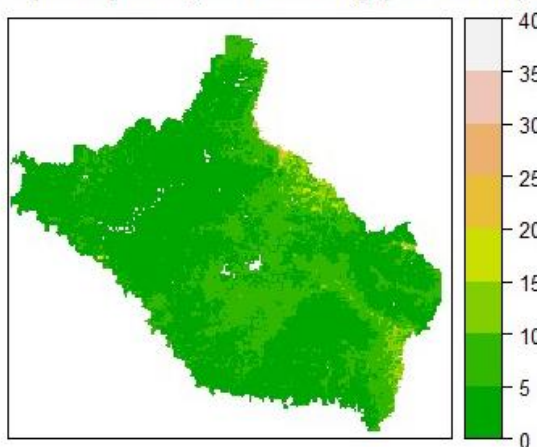
**Modelo de RLM para predição de COrg (20-40cm) lower limit (%)**



**Modelo de RLM para predição de COrg (20-40cm) (%)**



**Modelo de RLM para predição de COrg (20-40cm) upper limit (%)**



O primeiro mapa superior representa o limite inferior, o mapa do centro refere-se ao mapa de predição e por último, o limite superior. Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

A fim de avaliar a incerteza do modelo de predição a partir da regressão linear múltipla, foi definido o parâmetro de nível em 0,90 para que seja retornado o intervalo de precisão de 90%, sendo 5% para mais e 5% para menos. Ao analisar os resíduos, foram classificados como Nugget, desta forma não são correlacionados espacialmente, de maneira que não será gerado um mapa dos resíduos para adicionar ao resultado gerado pelo modelo de predição proposto.

Na revisão de estudos realizados de mapeamento de carbono orgânico, Minasny et al. (2013) apresentaram que apenas a metade dos analisados validaram seu trabalho e que destes, apenas três realizaram validação externa para o mapeamento preditivo. Lamicchane, Kumar e Wilson (2019) recomendam a realização da validação externa utilizando de dados de solos coletados para uma avaliação imparcial da previsão de concentração de carbono orgânico do solo. No estudo de Brus (2018), para os mapeamentos que utilizam covariáveis é recomendado selecionar a amostra utilizando amostragem Hipercubo Latino-Condicionado (cLHS) ou amostragem de cobertura de espaço de recursos (FSCS).

Diante da escassez e da necessidade de estudos do gênero, foram realizadas análises do conteúdo de carbono para os solos apontados como representativos a partir do método de amostragem Hipercubo Latino-Condicionado (cLHS), apresentado para download junto do Banco de Dados Legados de Solos do Planalto Serrano de SC (link para download: [https://github.com/bemacedom/DLS\\_PlanaltoSerranoSC](https://github.com/bemacedom/DLS_PlanaltoSerranoSC)).

De acordo com Kempen, Brus e Heuvelink (2018) os mapas de solos consistem em representações da realidade que são baseados em um modelo subjacente, de forma que sempre haverá um desvio entre o representado no mapa e o real observado. A diferença entre um valor estimado e o valor “verdadeiro” é representação da precisão do mapeamento (BRUS et al., 2011; HENGL; HEUVELINK; MACMILLAN, 2019).

Diante do exposto, ao interpretar a magnitude dos erros estará determinando a qualidade do mapa. Para representar a qualidade do modelo de predição exposto, na Tabela 7 traz os valores estatísticos das medidas qualitativas do erro e na Figura 18 o gráfico de dispersão para os valores estudados.

Tabela 7. Resumo dos erros de previsão para o método de regressão linear múltipla estudado nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm.

	<b>0-20 cm</b>	<b>20-40 cm</b>
<b>Erro médio</b>	-2,164	-1,965

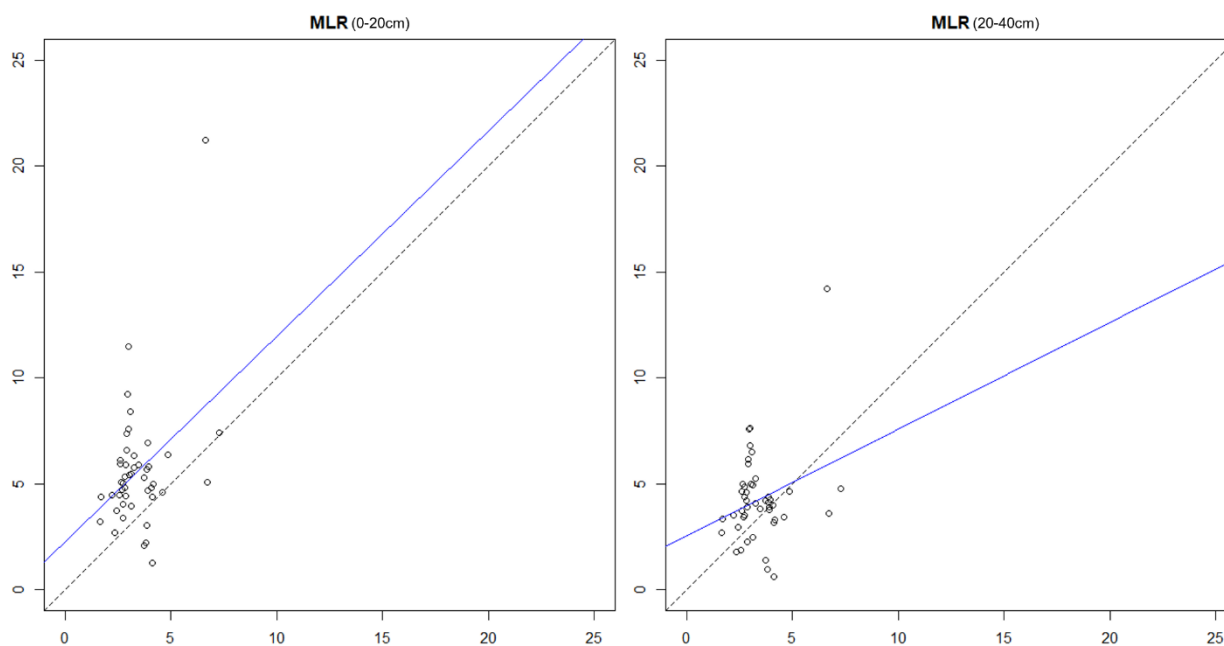
<b>Erro médio absoluto</b>	2,538	2,218
<b>Erro quadrático médio</b>	12,241	8,030
<b>Raiz quadrada do erro médio quadrático</b>	3,425	2,774
<b>Quantidade de variação explicada</b>	-0,295	-0,647

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Relacionado aos valores dos erros expostos na tabela, quanto mais próximo de zero o valor do erro médio mais imparciais são as previsões, não havendo subestimação ou superestimação da previsão sistemática da propriedade do solo de interesse. Desta forma, o erro médio apresenta-se subestimando a previsão do COrg do solo, bem como pelo valor da quantidade de variações explicadas encontrar-se negativo em ambas as camadas. O conjunto de dados de validação representam um preditor melhor do que o modelo de predição, realizados com os Dados Legados de Solos. De acordo com Hengl, Heuvelink e MacMillan (2019), a parte inexplicada da variação do solo é a variação que de alguma maneira é deixada de explicar, pois não utilizamos todas as covariáveis relevantes ou então, devido à intensidade limitada de amostragem.

A Figura 18 apresenta o erro associado a modelagem dos dados de carbono orgânico do solo nas camadas superficiais e subsuperficiais. Nestes, a linha preta representa a linha de previsão versus observado e a azul, representa a regressão entre o observado e os valores previstos.

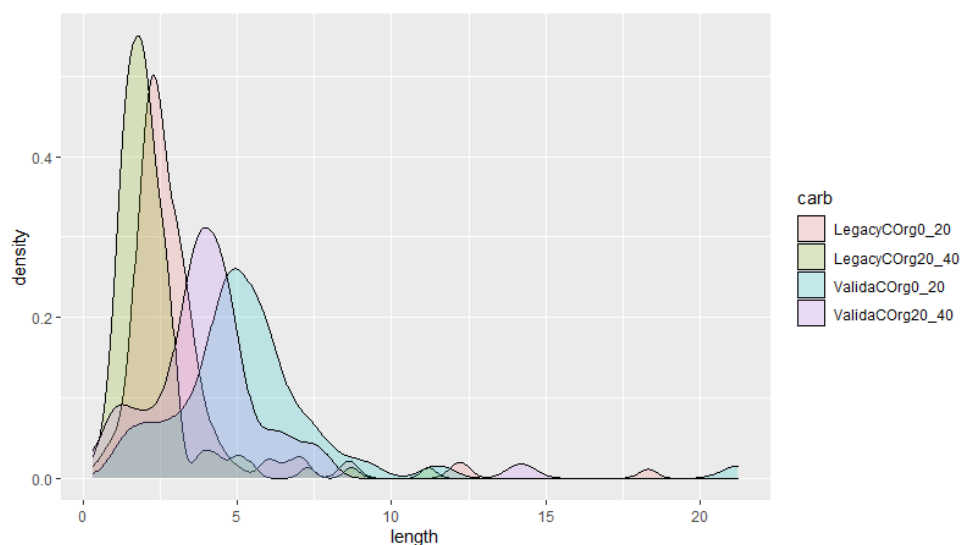
Figura 18. Gráfico de dispersão do conteúdo de carbono orgânico do solo previsto versus observado por regressão linear múltipla nas duas camadas de 0-20 e 20-40 cm.



No eixo y consta os valores observados e no x, os valores preditos; gráfico da esquerda remete a camada de 0 a 20 cm e, gráfico da direita remete a camada subsuperficial de 20 a 40 cm. Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Para melhor visualizar a validação do modelo preditivo, a Figura 19 apresenta a comparação do modelo preditivo com as diferentes fontes de dados, sendo eles os dados legados de carbono orgânico do solo e os dados da análise da amostragem a campo de carbono do solo.

Figura 19. Comparação gráfica das duas fontes de dados, representado pelo gráfico da densidade (density) versus comprimento (length).



LegacyCOrg0\_20: curva vermelha, representando o modelo preditivo dos Dados Legados de Solos na camada de 0 a 20 cm; ValidaCOrg0\_20: curva azul, representando os dados de validação a campo na camada de 0 a 20 cm; LegacyCOrg20\_40: curva verde, apresentando o modelo preditivo dos Dados Legados de Solos na camada subsuperficial de 20 a 40 cm; ValidaCOrg20\_40: curva cinza, apresentando os dados de validação a campo realizadas na camada de 20 a 40 cm. Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Com base na comparação gráfica das fontes de dados (Figura 19), pode-se notar que mesmo utilizando de fator de correção 1,14 proposto por Rheinheimer et al. (2008) para equivaler as metodologias analisadas dos dados estudados, as retas dos dados legados e dos dados de validação não são iguais. Isto indica que ainda existe uma influência da metodologia de análise destes dados, explicando a diferença entre os dois grupos de dados.

Além do mais, importante ressaltar de que não se tratam de metodologias semelhantes de alocação dos pontos, podendo ter influência da variação espacial nesta área. Hengl, Heuvelink e MacMillan (2019) apontam que embora os solos se formem sob condições ambientais sistemáticas ainda não existem ferramentas que seja permitido modelar os processos de formação e evolução do solo perfeitamente, o possível é calibrar algum modelo de previsão espacial utilizando de dados de campo e gerar as melhores previsões possíveis.

### 3.4 CONCLUSÕES

1. O Banco de Dados Legados do Planalto Serrano de Santa Catarina apresentou-se bastante útil como dados básicos de entrada para estudos de modelagem de atributos do solo. O armazenamento e disponibilização gratuita destes dados poderão trazer benefícios para estudos futuros, como também auxiliar tomadas de decisão.
2. A reutilização dos Dados Legados de Solos como base em estudos de mapeamento reduz custos de novos levantamentos, auxilia pesquisas científicas, facilita a visualização da relação solo-paisagem da área de estudo, propicia conhecimento prévio da área a ser estudada sem que seja necessária sua visita in loco, contribui com o desenvolvimento da agricultura local, bem como, torna o mapeamento local menos oneroso em termos de tempo e custos financeiros. Desta forma, o mapeamento de carbono orgânico utilizando-se de dados legados é viável e promissor para servir de base a novos estudos.
3. Os teores de carbono orgânico do solo oriundos dos Dados Legados, em comparação aos teores obtidos em amostras coletadas a campo na finalidade de validação, apresentaram discrepâncias. A obtenção dos teores de carbono orgânico dos Dados Legados não seguiu um padrão metodológico, o que culminou por dificultar a avaliação destes dados, enquanto para a validação dos dados utilizou-se da metodologia padrão com o analisador elementar TOC, o que denotou maior confiabilidade aos dados.
4. Ao utilizar dados legados de carbono orgânico de solos para mapeamento, deve-se levar em consideração que tal atributo apresenta restrições temporais e metodológicas. O carbono orgânico no solo é um atributo bastante variável, influenciado por fatores como a humificação, agregação, sedimentação, como também erosão, decomposição, volatilização e lixiviação ao longo do tempo. Fatores estes que irão influenciar diretamente na quantificação deste atributo. Desta forma, o mapeamento de carbono orgânico utilizando de dados legados apresenta-se adequado a nível regional de reconhecimento.



5. A modelagem do COrg do solo por regressão linear múltipla explicou 38,87% das variâncias para a camada superficial de 0 a 20 cm e 9,22% para a camada subsuperficial de 20 a 40 cm. A fim de melhorar as variâncias dos dados, sugere-se a utilização de outras covariáveis ambientais que expliquem melhor a modelagem preditiva. Com a validação da modelagem de carbono orgânico pelo método de amostragem Hipercubo Latino Condicionado, pode-se concluir que mesmo com a utilização de fator de correção para equivalência metodológica, ainda apresentam influência da análise dos dados e da variação espacial por não serem semelhantes na alocação dos pontos.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L. SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, no. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>>.
- AMORIM, R.R., MOREAU, A.M.S.S., MOREAU, M.S., FONTES, E.O., COSTA, L.M. Estratificação de ambientes como ferramenta no estudo das unidades de paisagem: o cenário do município de Ilhéus-Bahia. **Caminho de Geografia**. v. 11, n. 35, p. 140-157, 2010.
- ANDRADE, S.F.; MENDONÇA-SANTOS, M.L. Predição da fertilidade do solo do polo agrícola do Rio de Janeiro por meio de modelagem solo x paisagem. **Pesq. agropec. bras.**v.51, n.9, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900037>>.
- BADER J.; HAYWARD C.; RAZO J.; MADNICK S.; SIEGEL M.; **An Analysis of Data Standardization across a Capital Markets/Financial Services Firm**. Massachusetts Institute of Technology Sloan School of Management Cambridge. Working paper. 1999.
- BADGERY, W.B.; SIMMONS, A.T.; MURPHY, B.M.; RAWSON, A.; ANDERSSON, K.O.; LONERGAN, V.E.; VAN DE VEN, R. Relationship between environmental and land-use variables on soil carbon levels at the regional scale in central New South Wales, Australia. **Soil Research**, v. 51, p. 645-656, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1071/SR12358>>.
- BEHLING, H.; JESKE-PIERSCHKA, V.; SCHÜLLER, L.; PILLAR, V.D.P. Dinâmica dos campos no sul do Brasil durante o Quaternário Tardio. In: PILLAR, V.D.P.; MÜLLER, S.C.; CASTILHOS, Z.M.S.; JACQUES, A.V.A. (Eds). **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009. p. 13-25.
- BHERING, S. B., SANTOS, H. G. dos, BOGNOLA, I. A., CURCIO, G. R., CARVALHO JUNIOR, W. de, CHAGAS, C. da S., MANZATTO, C. V., AGLIO, M. L. D., SILVA, J. de S. Mapa de solos do Estado do Paraná, legenda atualizada. In: XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Uberlândia – MG. **Anais...** Viçosa, MG: SBCS, 2009.
- BOESING, B.F.B. Dados Legados: resgate de informações históricas sobre solos da região de fruticultura de clima temperado do estado de Santa Catarina. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Agronomia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos – SC. 2016.
- BONFATTI, B.R.; HARTEMINK, A.E.; GIASSON, E.; TORNQUIST, C.G.; ADHIKARI, K. Digital mapping of soil carbono in a viticultural region of Southern

Brasil. **Geoderma**, v. 261, p. 204-221, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.07.016>>.

BRUS, D.J. Sampling for digital soil mapping: a tutorial supported by R scripts. **Geoderma**, v. 338, n. 15, p. 464-480, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.07.036>>.

BRUS, D.; KEMPEN, B.; HEUVELINK, G. Sampling for validation of digital soil maps. **European Journal of Soil Science**, v. 62, n. 3, p. 394-407, 2011.

CHIVENGEA, P.; VANLAUWEB, B.; GENTILEC, R.; SIXA, J. Comparison of organic versus mineral resource effects on short-term aggregate carbon and nitrogen dynamics in a sandy soil versus a fine textured soil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S.l.], v. 140, p. 361-371, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.12.004>>

CONRAD, O.; BECHTEL, B.; BOCK, M.; DIETRICH, H.; FISCHER, E., GERLITZ, L.; WEHBERG, J.; WICHMANN, V.; BÖHNER, J. System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4, **Geoscientific Model Development Discussions**, v. 8, n. 2, p. 2271-2312, 2015. Disponível em: <[doi:10.5194/gmd-8-1991-2015](https://doi.org/10.5194/gmd-8-1991-2015)>.

COSTA, A. Retenção e disponibilidade de água em solos de Santa Catarina: Avaliação e geração de funções de pedotransferência. 2012. 424 p. **Tese** (Doutorado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Doutorado em Manejo do Solo, SC, 2012.

COSTA, E.M.; TASSINARI, W. de S.; PINHEIRO, H.S.K.; BEUTLER, S.J.; dos ANJOS, L.H.C. Mapping Soil Organic Carbon and Organic Matter Fractions by Geographically Weighted Regression. **Journal of Environmental Quality**, v. 47, p. 718-725, 2018. Disponível em: <[doi:10.2134/jeq2017.04.0178](https://doi.org/10.2134/jeq2017.04.0178)>.

DALMOLIN, R.S.D.; TEN CATEN, A.; Mapeamento digital: nova abordagem em levantamento de solos. **Investig. Agrar.**, v. 17, n. 2, p. 77-86, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18004/investig.agrar.2015.diciembre.77-86>>.

de CARVALHO JUNIOR, W.; CHAGAS, C. da S.; LAGACHERIE, P.; CALDERANO FILHO, B.; BHERING, S.B. Evaluation of statistical and geostatistical models of digital soil properties mapping in tropical mountain regions. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 706-717, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000300003>>.

de CARVALHO, C.C.N.; NUNES, F.C.; ANTUNES, M.A.H. Histórico do Levantamento de Solos no Brasil: da industrialização brasileira à era da informação. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 65, n. 5, p. 997-1013, 2013.

DOMINATI, E., PATTERSON, M.G., MACKAY, A.D. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. **Ecological Economics**, v. 69, p. 1858–1868, 2010.

EBELING, A.G. Características Estruturais da Matéria Orgânica em Organossolos Háplicos. Orientador: Lúcia Helena Cunha dos Anjos. 2010. 142 p. **Tese** (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RJ, 2010.

EMBRAPA. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 46, 2004.

FAO. **Carbono Orgânico del Suelo**: el potencial oculto. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Roma, Italia, 2017.

FIDELIS, A.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; PFADENHAUER, J. A importância da biomassa e das estruturas subterrâneas nos Campos Sulinos. In: PILLAR, V. de P.; MÜLLER, S.C.; CASTILHOS, Z.M. de S.; JACQUES, A.V.Á. **Campos Sulinos**: conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília, DF: MMA, 2009.

IBGE. Folha SG.22 Curitiba, parte da folha SG.21 Asunción e folha SG. 23 Iguape: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Projeto Radambrasil, Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

IBGE, Folha SH. 22 Porto Alegre e parte das Folhas SH. 21 Uruguaiana e SI. 22 Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso pontencial da terra. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro: IBGE, 1986.

FOX, J.; WEISBERG, S.; PRICE, B.; **Car:: Companion to Applied Regression**. R package, 2020. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/car/index.html>>.

FRANÇA, A.M. da S.; PAIVA, R.J. de O. Estimativa e modelagem dos estoques de carbono em solos sob áreas de campo limpo úmido do Distrito Federal. **Sociedade e Natureza**, v. 27, n. 1, p. 171-184, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1982-451320150112>>.

GALLANT, J. C.; WILSON, J. P. Primary topographic attributes. In: WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. (Eds.). **Terrain Analysis**: Principles and applications. New York: John Wiley, p.51-85, 2000.

GOMES, L.C.; FARIA, R.M.; de SOUZA, E.; VELOSO, G.V.; SCHAEFER, C.E.G.R.; FERNANDES FILHO, E.I. Modelling and mapping soil organic carbono stocks in Brazil. **Geoderma**, v. 340, p. 337-350, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.01.007>>.

HARTEMINK, A.E.; KRASILNIKOV, P.; BOCKHEIM, J. Soil maps of the world. **Geoderma**, v. 207-208, p. 256-267, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.05.003>>.

HENDRIKS, C.M.J.; STOOORVOGEL, J.J.; LUTZ, F.; CLAESSENS, L. When can legacy soil data be used, and when should new data be collected instead?

**Geoderma**, v. 348, p. 181-188, 2019. Disponível em: <  
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.04.026>>.

HENGL, T.; HEUVELINK, G.B.M.; MACMILLAN, R.A.; Statistical theory for predictive soil mapping. In: HENGL, T.; MACMILLAN, R.A. (Eds) **Predictive Soil Mapping with R**. OpenGeoHub foundation, Wageningen, the Netherlands, 370 p., 2019.

HENGL, T.; KEMPEN, B.; HEUVELINK, G.; MALONE, B. **GSIF:: Global Soil Information Facilities**. R package, 2020.

HENGL, T.; MACMILLAN, R.A. **Predictive Soil Mapping with R**. Wageningen: Lulu, 2019.

HINGE, G.; SURAMPALLI, R.Y.; GOYAL, M.K. Prediction of soil organic carbono stock using digital mapping approach in humid India. **Environment Earth Science**. v. 77, n. 5, p. 172, 2018. Disponível em: <  
<https://doi.org/10.1007/s12665-018-7374-x> >

HOBLEY, E.; WILSON, B.; WILKIE, A.; GRAY, J.; KOEN, T. Drivers of soil organic carbon storage and vertical distribution in Eastern Australia. **Plant and Soil**, v. 390, p. 111-127, 2015. Disponível em: <[10.1007/s11104-015-2380-1](https://doi.org/10.1007/s11104-015-2380-1)>.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V.L.M.; OLIVEIRA JUNIOR, G.J. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **Engineering and Science**, v. 5, n.1, p.83-90, 2016.  
<https://dx.doi.org/10.18607/ES20165053>

JENNY, H. **Factors of soil formation**. New York: McGraw-Hill, 1941. 281 p.

KEMPEN, B.; BRUS, D.J.; HEUVELINK, G.B.M. Validation. In: YIGINI, T.; OLMEDO, G.F.; REITER, S.; BARITZ, R.; VIATKIN, K.; VARGAS, R. (Eds). **Soil Organic Carbon Mapping Cookbook**. 2. ed. Rome: FAO, 2018.

KOCH, A., MCBRATNEY, A., ADAMS, M., FIELD, D., HILL, R., CRAWFORD, J. MINASNY, B., LAL, R., ABBOTT, L., O'DONNELL, A., ANGERS, D., BALDOCK, J., BARBIER, E., BINKLEY, D., PARTON, W., WALL, D.H., BIRD, M., BOUMA, J., CHENU, C., FLORA, C.B., GOULDING, K., GRUNDWALD, S., HEMPEL, J., JASTROW, J., LEHMANN, J., LORENZ, K., MORGAN, C.L., RICE, C.W., WHITEHEAD, D., YOUNG, I., ZIMMERMANN, M. Soil Security: Solving the Global Soil Crisis. **Global Policy**, v. 4, n. 4, 2013. Disponível em: <  
<https://doi.org/10.1111/1758-5899.12096>>.

KROL, B. G. C. M. Towards a Data Quality Management Framework for Digital Soil Mapping with Limited Data. In: HARTEMINK, A. E., MCBRATNEY, A., MENDONÇA-SANTOS, M. L. (Eds.). **Digital Soil Mapping with Limited Data**. Berlin: Springer Science+Business Media B.V., 2008. p. 137-149.

KUHN, M.; WESTON, S.; KEEFER, C.; COULTER, N. **Cubist models for regression**. R package Vignette R package version 0.0, 18. 2020. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/Cubist/index.html>>.

LAGACHERIE, P.; MCBRATNEY, A.; VOLTZ, M.; **Digital Soil Mapping: An Introductory Perspective**. Elsevier Science: Netherlands, v. 31, 2007.

LAGACHERIE, P.; MCBRATNEY A. B.; Spatial soil information system and spatial soil inference systems: Perspectives for Digital Soil Mapping. In LAGACHERIE, P.; MCBRATNEY, A.; VOLTZ, M (Eds.), **Digital soil mapping: an introductory perspective**. Developments in Soil science, Vol. 31. Elsevier, Amsterdam, pp. 3 – 24. 2007.

LAMICHHANE, S.; KUMAR, L.; WILSON, B. Digital soil mapping algorithms and covariates for soil organic carbon mapping and their implications: A review. **Geoderma**, v. 352, n. 15, p. 395-413, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.05.031>>.

LEPSH, I.F. Pedometria, Mapas Digitais e Convencionais de Solos e os Modelos Conceituais Solo-Paisagem. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 16 - 17, 2017.

LIDDICOAT, C.; MASCHMEDT, D.; KIDD, D.B.; SEARLE, R., Modelling soil carbon stocks using legacy site data, in the Mid North region of South Australia. In: ARROUAYS, D.; MCKENZIE, N.; HEMPEL, J.; ROCJER DE FORGES, A.; MCBRATNEY, A. (Eds), **GlobalSoilMap: Basis of the Global Spatial Soil Information System**. CRC Press, p-253-260.

LIMA, L.A.S.; NEUMANN, M.B.R.; REATTO, A.; ROIG, H.L. Pedometria. In: LIMA, L.A.S.; NEUMANN, M.B.R.; REATTO, A.; ROIG, H.L. **Mapeamento de Solos: do Tradicional ao Digital**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013.

MALONE, B.P.; MINASNY, B.; MCBRATNEY, A.B. **Using R for Digital Soil Mapping**. Eveleigh: Springer, 2016.

MCBRATNEY, A.B.; SANTOS, M.L.M.; MINASNY, B. On digital soil mapping. **Geoderma**, v.117, n.1, p.3 52, 2003. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00223-4](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00223-4)>.

MINASNY, B.; MCBRATNEY, A.B. Digital soil mpping: A brief history and some lessons. **Geoderma**, v. 264, n. 15, p. 301-311, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.07.017>>.

MINASNY, B.; MCBRATNEY, A.B. A conditioned Latin hypercube method for sampling in the presence of ancillary information. **Computers & geosciences**, v. 32, n.9, p.1378-1388, 2006.

MINASNY, B.; MCBRATNEY, A.B.; MALONE, B.P.; WHEELER, I. Digital Mapping of Soil Carbon. In: SPARKS, D.L. (Ed.), **Advances in Agronomy**,

Academic Press: v. 118, p. 1-47, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-405942-9.00001-3>>.

MU, L.; LIANG, Y.; XUE, Q.; CHEN, C.; LIN, X.; Using the DNDC model to compare soil organic carbono dynamics under diferente crop rotation and fertilizer strategies. **Spanish Journal Agric. Res.**, v. 12, n. 1, p. 265 - 276, 2014.

NELSON, A.; FUSARO, J.; JOHNSON, A.; **CRM REHAB**: How to standardize your data. RingLead. 2017. Disponível em: <<https://www.ringlead.com/4-steps-data-standardization>>.

NEUMANN, M.R.B. Mapeamento digital de solos, no Distrito Federal. 2012. 123 p. **Tese** (Doutorado) – Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, DF, 2012.

OLIVEIRA, E.S.; REATTO, A.; ROIG, H.L. Estoques de carbono do solo segundo os componentes da paisagem. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v. 32, n. 1/2, 2015.

OLIVEIRA, J. A. Influência do Relevo como Fator de Formação de Solos: Uma análise na área na Embrapa, Sete Lagoas, MG. **Revista Geonorte**, Edição Especial 4, v.10, n.1, p. 1-4, 2014.

OWUSU, S.; YIGINI, Y.; OLMEDO, G.F.; OMUTO, C.T. Spatial prediction of soil organic carbono stocks in Ghana using legacy data. **Geoderma**, v. 360, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.114008>>.

PAISANI, J.C.; SANTOS, L.J.C.; GOUDARD, G.; GOULART, A.A.; BIFFI, V.H.R. Subtropical Araucaria Plateaus. In: SALGADO, A.A.R.; SANTOS, L.J.C.; PAISANI, J.C. **The physical geography of Brazil**: environment, vegetation and landscape. 1. ed. Springer, 2019. p. 21-39. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/978-3-030-04333-9>>.

PUTTASO, A.; VITYAKON, P.; SAENJAN, P.; TRELO-GES, V.; CADISCH, G. Relationship between residue quality, decomposition patterns, and soil organic matter ac-accumulation in a tropical sandy soil after 13 years. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, [S.l.]. v. 89, p.159-174, 2011.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS geographic information system**. 2020. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>. Acesso em: 19 de maio de 2020.

RESENDE, M. et al. Princípios da Classificação dos Solos. In: KER, J.C. et al. (Ed.) **Pedologia**: fundamentos. Viçosa, MG: SBCS, 2012. p. 21-47.

RESCK, D.V.S.; FERREIRA, E.A.B.; FIGUEIREDO, C.C. & ZINN, Y.L. Dinâmica da matéria orgânica no Cerrado. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.359-417.

RHEINHEIMER, D. dos S.; CAMPOS, Ben-Hur C. de; GIACOMINI, S.J.; CONCEIÇÃO, P.C.; BORTOLUZZI, E.C. COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL NO SOLO. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32 p. 435-440, 2008.

RITZ, K.; VAN DER PUTTEN, W.H. The Living Soil and Ecosystem Services. *In*: WALL, D.H. (Eds). **Soil Ecology and Ecosystem Services**. First Edition. New York: Oxford University Press, 2012.

ROUDIER, P. **CLHS:: Conditioned Latin Hypercube Sampling**. R package, version 0.7-3, 2020. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/clhs/index.html>>.

RSTUDIO TEAM. **RStudio: Integrated Development for R**. RStudio, PBC, Boston, MA, 2020. Disponível em: <<http://www.rstudio.com/>>.

SAMUEL-ROSA, A.; DALMOLIN, R.S.D.; MOURA-BUENO, J.M.; TEIXEIRA, W.G.; ALBA, J.M.F. Open legacy soil survey data in Brazil: geospatial data quality and how to improve it. **Scientia Agricola**, v. 77, n. 1, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1678-992X-2017-0430>>.

SANCHEZ, P.A.; AHAMED, S.; CARRE, F.; HARTEMINK, A.E.; HEMPEL, J.; HUISING, J.; LAGACHERIE, P.; MCBRATNEY, A.B.; MCKENZIE, N.J.; MENDONÇA-SANTOS, M.L.; MINASNY, B.; MONTANARELLA, L.; OKOTH, P.; PALM, C.A.; SACHS, J.D.; SHEPHERD, K.D.; VAGEN, T.G.; VANLAUWE, B.; WALSH, M.G.; WINOWIECKI, L.A.; ZHANG, G.L. Digital Soil Map of the World. **Science**, v. 325, p. 680–681, 2009.

SANTOS, M. de L.M.; MANZATTO, C.V.; Pedologia ou Pedometria? Modelo discreto ou contínuo? Mapeamento tradicional ou digital? **Boletim Informativo Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 21-26, 2007.

SANTOS JUNIOR, J. B. dos. Solos com propriedades ândicas derivados de litologias da formação Serra Geral em ambientes altomontanos do Sul do Brasil. **Tese** (Doutorado) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, SC, 2017.

SILVA, A.C.; TORRADO, P.V.; PÉREZ, M.G.; MARTIN NETO, L.; VASQUEZ, F.M. Relações entre matéria orgânica do solo e declividade de vertentes em toposseqüência de Latossolos do Sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 3, n. 5, p. 1059-1068, 2007. Disponível: <<https://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000500022>>.

SULAEMAN, Y.; MINASNY, B.; MCBRATNEY, A.B.; SARWANI, M.; SUTANDI, A. Harmonizing legacy soil data for digital soil mapping in Indonesia. **Geoderma**, v. 192, p. 77-85, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.08.005>>.



TEN CATEN, A. Mapeamento Digital de Solos: Metodologias para atender a demanda por informação espacial em solos. **Tese** (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, RS, 2011.

TEN CATEN, A.; DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. A.; SANTOS, M. L. M. Extrapolação das relações solo-paisagem a partir de uma área de referência. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 812-816, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-84782011000700011>>.

TORNQUIST, C.G.; BAYER, C. Serviços ambientais: oportunidades para a conservação dos Campos Sulinos. IN: PILLAR, V.D.P.; MÜLLER, S.C.; CASTILHOS, Z.M.S.; JACQUES, A.V.A. (Eds). **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009. p. 122-127.

VASQUES, G.M.; COELHO, M.R.; DART, R.O.; OLIVEIRA, R.P.; TEIXEIRA, W.G. Mapping soil carbono, particle-size fractions, and water retention in tropical dry forest in Brazil. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 51, n. 9, p. 1371-1385, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900036>>.

WALVOORT, D.J.J.; BRUS, D.J.; de GRUIJTER, J.J. Na R package for spatial coverage sampling and random sampling from compact geographical strata by k-means. **Computers and Geosciences**, v. 36, n. 10, p. 1261-1267, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cageo.2010.04.005>>.

WERE, K.; BUI, D.T.; DICK, Ø.B.; SINGH, B.R. A comparative assessment of support vector regression, artificial neural networks, and random forests for predicting and mapping soil organic carbon stocks across an Afrotropical landscape. **Ecological Indicators**, v. 52, p. 394-403, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.12.028>>.

WIESMEIER, M.; URBANSKI, L.; HOBLEY, E.; LANG, B.; VON LÜTZOW, M.; MARIN-SPIOTTA, E.; VAN WESEMAEL, B.; RABOT, E.; LIEß, M.; GARCIA-FRANCO, N.; WOLLSCHLÄGER, U. Soil organic carbon storage as a key function of soils-a review of drivers and indicators at various scales. **Geoderma**, v. 333, p. 149-162, 2019.

YIGINI, T.; OLMEDO, G.F.; REITER, S.; BARITZ, R.; VIATKIN, K.; VARGAS, R. (Eds) **Soil Organic Carbon Mapping Cookbook**. 2. ed. Rome: FAO, 2018.

ZHANG, G.; LIU, F.; SONG, X. Recent progress and future prospect of digital soil mapping: A review. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 16, n. 12, p. 2871-2885, 2017. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61762-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61762-3)>.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A reutilização de dados previamente levantados ao longo do tempo, reduz custos de novos levantamentos, auxilia pesquisas científicas, facilita a visualização da relação solo-paisagem da área de estudo, propicia uma introdução da área para o interessado sem que seja necessário sua visita in loco, contribui com o desenvolvimento da agricultura local, bem como, torna o mapeamento local menos oneroso em termos de tempo.

O primeiro estudo mostrou a evolução da pesquisa utilizando de Dados Legados de Solos nos últimos 25 anos, bem como os principais indicadores quantitativos, qualitativos e estruturais dos agentes responsáveis por essa linha de pesquisa (autores, países e periódicos). Aparentemente a origem dos estudos contendo Dados Legados de Solos é relativamente recente, porém essa linha de pesquisa vem ganhando crescente interesse nos últimos anos. Com a elevada ascensão de estudos referentes a utilização de dados legados, podemos inferir que cada vez mais os pesquisadores estão utilizando de tais informações para que novos materiais sejam gerados.

Há um número maior de estudos desta natureza que por ventura não foram consideradas nesta análise por não associarem o termo “Dados Legados de Solos” para referir-se à reutilização de dados de perfis e mapas de solos que foram previamente levantados. Estes estudos apresentam “dados de solos” como referência a reutilização de dados de perfis e mapas de solos, este termo não fora considerado nesta análise por tornar muito abrangente a busca, trazendo artigos de diversas naturezas fugindo do escopo do estudo.

A divulgação dos dados através do banco de dados para uso gratuito, demonstra que a facilidade ao acesso das informações de Dados Legados de Solos muito contribui para novos estudos locais, muito utilizados principalmente para estudos no âmbito da pedometria. Finalmente, concluímos que a pesquisa sobre os Dados Legados de Solos é uma linha crescente de pesquisa não só no cenário nacional, mas sim em todo o mundo. Além disto, o fácil acesso aos Dados Legados de Solos contribui e muito para que os mesmos sejam reutilizados, de tal maneira que diminui custos de novos levantamentos, apresenta maior confiabilidade do cenário real de um local não conhecido anteriormente, facilita o planejamento de novos levantamentos de solos,

como também torna o processo mais otimizado em termos de tempo.

O segundo estudo trouxe a utilização e organização de Dados Legados de Solos para o Planalto Serrano de Santa Catarina. Os dados são oriundos de várias pesquisas e estudos exploratórios, realizados por instituições no Estado desde a década de 70, trazendo dados de diferentes metodologias, critérios de avaliação e por muitas vezes sem a localização exata dos perfis descritos. A verificação da possível localização dos pontos e tratamento dos dados processo tornou o trabalho bastante oneroso em termos de tempo, visto que foi necessária dedicação para organização dos dados.

No estudo do segundo capítulo, além do objetivo de organizar o banco de dados, foi realizada a validação e predição do carbono orgânico do solo para o mapeamento digital de solos. Este atributo é considerado sensível por sofrer alterações ao longo do tempo por ações naturais ou antrópicas. Ao utilizar dados legados de carbono orgânico está implícito de que tais dados trarão tais limitações, bem como podem ser oriundos de distintas metodologias. Outrossim, ao utilizar dados de amostragem externa para validação, quando não coletados no mesmo ponto da descrição dos dados legados reutilizados, também se inclui ao erro devido a variabilidade espacial da área estudada.

De maneira geral, o mapeamento de carbono orgânico do solo utilizando de dados legados auxilia a primeira visão de determinada área, servindo de uma introdução da área para um planejamento de um levantamento de solos maior. Os Dados Legados de Solos, quando harmonizados e reutilizados, auxiliam novos levantamentos, tornando o mapeamento da área mais confiável e preciso.

Por fim, os Dados Legados de Solos quando harmonizados, objetivando quaisquer seja o fim, além de demonstrar a riqueza de informação oriundas do resgate histórico, somam-se ao conhecimento e servem de base para novos estudos.

## APÊNDICE A – REFERÊNCIAS DOS ARTIGOS CIENTÍFICOS UTILIZADOS NA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

AKPA, S. I. C. et al. Total soil organic carbon and carbon sequestration potential in Nigeria. **Geoderma**, [s. l.], v. 271, p. 202–215, 2016. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84959367200&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2016.02.021&partnerID=40&md5=b3f14682dba980643fc611e4a8b3fb82>>

AKPA, S. I. C. et al. Digital Mapping of Soil Particle-Size Fractions for Nigeria. **SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA JOURNAL**, 677 SOUTH SEGOE ROAD, MADISON, WI 53711 USA, v. 78, n. 6, p. 1953–1966, 2014.

ARMAS, D. et al. Digital map of the organic carbon profile in the soils of Andalusia, Spain. **ECOSISTEMAS**, C/ TULIPSAN S-N, DEPT BIOLOGIA & GEOLOGIA, UNIV REY JUAN CARLOS, MOSTOLES, 28933, SPAIN, v. 26, n. 3, p. 80–88, 2017.

ARROUAYS, D. et al. Soil legacy data rescue via GlobalSoilMap and other international and national initiatives. **GeoResJ**, [s. l.], v. 14, p. 1–19, 2017. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85021153167&doi=10.1016%2Fj.grj.2017.06.001&partnerID=40&md5=c693c0fbc2e77a54fcf6bc3b5178a071>>

ARROUAYS, D. et al. Digital soil mapping and GlobalSoilMap. Main advances and ways forward. **Geoderma Regional**, [s. l.], v. 21, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85081211181&doi=10.1016%2Fj.geodrs.2020.e00265&partnerID=40&md5=c32147f0720816a29555ac81ac056903>>

ARRUDA COELHO, M. J. et al. Soil phosphorus fractions and legacy in a corn-soybean rotation on Mollisols in Kansas, USA. **Geoderma Regional**, [s. l.], v. 18, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85065893125&doi=10.1016%2Fj.geodrs.2019.e00228&partnerID=40&md5=e0185b5d955f5ecec58e9288e1de1dbf>>

ASA, E. et al. Comparison of linear and nonlinear kriging methods for characterization and interpolation of soil data. **Journal of Computing in Civil Engineering**, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 11–18, 2012. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84860197658&doi=10.1061%2F%28ASCE%29CP.1943-5487.0000118&partnerID=40&md5=b26a85845d3d9d0bd9316374082f88df>>

BAERLUND, I. et al. Soil parameter variability affecting simulated field-scale water balance, erosion and phosphorus losses. **AGRICULTURAL AND FOOD SCIENCE**, MTT AGRIFOOD RES FINLAND, AGRIC & FOOD SCI, EDITORIAL OFF, DEPT AGRIC SCI, PO BOX 27, UNIV HELSINKI, FI-00014, FINLAND, v. 18, n. 3–4, SI, p. 402–416, 2009.

BAKACSI, Z. et al. Method for the compilation of a stratified and harmonized soil physical database using legacy and up-to-date data sources. **Agrokemia es Talajtan**, [s. l.], v. 59, n. 1, p. 39–46, 2010. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-77954475151&doi=10.1556%2FAgrokem.59.2010.1.5&partnerID=40&md5=e2353c02fc8e3a32b40a5f62986d0678>>

BARGAOUI, Y. E. et al. Validation of digital maps derived from spatial disaggregation of legacy soil maps. **GEODERMA**, RADARWEG 29, 1043 NX AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 356, 2019.

BÄRLUND, I. et al. Soil parameter variability affecting simulated field-scale water balance, erosion and phosphorus losses. **Agricultural and Food Science**, [s. l.], v. 18, n. 3–4, p. 402–416, 2009. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-73349092450&partnerID=40&md5=2c6983110acdc6c7627e7fba88447d6b>>

BATJES, N. H. Harmonized soil profile data for applications at global and continental scales: updates to the WISE database. **SOIL USE AND MANAGEMENT**, 111 RIVER ST, HOBOKEN 07030-5774, NJ USA, v. 25, n. 2, p. 124–127, 2009.

BATJES, N. H. Mapping soil carbon stocks of Central Africa using SOTER. **GEODERMA**, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 146, n. 1–2, p. 58–65, 2008.

BECKER SCARPITTA, A. et al. Long-term community change: bryophytes are more responsive than vascular plants to nitrogen deposition and warming. **Journal of Vegetation Science**, [s. l.], v. 28, n. 6, p. 1220–1229, 2017. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85031503041&doi=10.1111%2Fjvs.12579&partnerID=40&md5=4b73b915fe5b3e0def139b4c3cf86986>>

BENKE, K. K., ROBINSON, N. J. Quantification of Uncertainty in Mathematical Models: The Statistical Relationship between Field and Laboratory pH Measurements. **Applied and Environmental Soil Science**, [s. l.], v. 2017, 2017. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85029164085&doi=10.1155%2F2017%2F5857139&partnerID=40&md5=d65df58ce892a3fb6b32ef02f8890af6>>

BENNING, R. et al. Generating characteristic soil profiles for the plots of the National Forest Inventory in Saxony and Thuringia [Ableitung von Leitbodenprofilen für die Punkte der Bundeswaldinventur in Sachsen und Thüringen]. **Waldökologie Online**, [s. l.], v. 16, n. 2016, p. 35–42, 2016. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85011000663&partnerID=40&md5=f80bdea6269af1347c3ab1605d03fd3f>>

BEUCHER, A. et al. Mapping potential acid sulfate soils in Denmark using legacy data and LiDAR-based derivatives. **Geoderma**, [s. l.], v. 308, p. 363–372, 2017. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85006746655&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2016.06.001&partnerID=40&md5=b3ef945e352d696def930ef445d75a93>>

BISHOP, T. F. A., HORTA, A., KARUNARATNE, S. B. Validation of digital soil maps at different spatial supports. **GEODERMA**, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 241, p. 238–249, 2015.

BOCKHEIM, J. G., HINKEL, K. M., NELSON, F. E. Soils of the Barrow region, Alaska. **Polar Geography**, [s. l.], v. 25, n. 3, p. 163–181, 2001. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0036664441&doi=10.1080%2F10889370109377711&partnerID=40&md5=dd77041bf6bf06b506f2c6baeed5121a>>

BOUMA, J. **Methods to characterize soil resource variability in space and time.**

[s.l.] : ASA/CSSA/SSSA, 1995. cited By 3. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0029474198&partnerID=40&md5=309deecb13d7fbdd6ba6b75e0abfdafb>>

BRUYN, L. L. D., JENKINS, A., SAMSON-LIEBIG, S. Lessons learnt: Sharing soil knowledge to improve land management and sustainable soil use. **Soil Science**

**Society of America Journal**, [s. l.], v. 81, n. 3, p. 427–438, 2017. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85025095582&doi=10.2136%2Fsssaj2016.12.0403&partnerID=40&md5=cbdda01023107c3dea7c6576284de8df>>

BUI, E. N., MORAN, C. J. Disaggregation of polygons of surficial geology and soil maps using spatial modelling and legacy data. **GEODERMA**, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 103, n. 1–2, p. 79–94, 2001.

CAMBULE, A. H. et al. Rescue and renewal of legacy soil resource inventories: A case study of the Limpopo National Park, Mozambique. **CATENA**, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 125, p. 169–182, 2015.

CAMERA, C. et al. A high resolution map of soil types and physical properties for Cyprus: A digital soil mapping optimization. **Geoderma**, [s. l.], v. 285, p. 35–49, 2017.

Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84988953642&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2016.09.019&partnerID=40&md5=af90fa0c80d89e28eaf0b4412f66721d>>

CAMPBELL, J. H., MORRIS, L. A. Land use and soil legacy in the Lower Coastal Plain: A case study of Wormsloe State Historic Site, Georgia. **JOURNAL OF SOIL AND WATER CONSERVATION**, 945 SW ANKENY RD, ANKENY, IA 50023-9723 USA, v. 73, n. 4, p. 386–399, 2018.

CARRÉ, F., GIRARD, M. C. Quantitative mapping of soil types based on regression kriging of taxonomic distances with landform and land cover attributes. **Geoderma**, [s. l.], v. 110, n. 3–4, p. 241–263, 2002. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0036887786&doi=10.1016%2FS0016-7061%2802%2900233-1&partnerID=40&md5=d5b884d4a33450b181c1f77f46076f06>>

CARRÉ, F., MCBRATNEY, A. B., MINASNY, B. Estimation and potential improvement of the quality of legacy soil samples for digital soil mapping. **Geoderma**, [s. l.], v. 141, n. 1–2, p. 1–14, 2007. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-34447622658&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2007.01.018&partnerID=40&md5=2dc3f20ea283bafc3a92adb76f2e569a>>

CASSIDY, R., DOODY, D. G., WATSON, C. J. Impact of legacy soil phosphorus on losses in drainage and overland flow from grazed grassland soils. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 575, p. 474–484, 2017. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85004028236&doi=10.1016%2Fj.scitotenv.2016.07.063&partnerID=40&md5=a299456765d72f500d86f69fd682f043>>

CHAGAS, C. D. S. et al. Data mining methods applied to map soil units on tropical hillslopes in Rio de Janeiro, Brazil. **Geoderma Regional**, [s. l.], v. 9, p. 47–55, 2017.

Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85016390828&doi=10.1016%2Fj.geodrs.2017.03.004&partnerID=40&md5=0cf3d7c692b4073cf24269cd57acaf07>>

CHAGAS, C. da S. et al. Mapping Soil Cation Exchange Capacity in a Semiarid Region through Predictive Models and Covariates from Remote Sensing Data. **REVISTA BRASILEIRA DE CIENCIA DO SOLO**, C P 231, BR-36571-000 VICOSA, MG, BRAZIL, v. 42, 2018.

CHAPLOT, V. et al. Soil spatial distribution in the Armorican Massif, western France: Effect of soil-forming factors. **Soil Science**, [s. l.], v. 168, n. 12, p. 856–868, 2003.

Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0346361479&doi=10.1097%2F01.ss.0000106405.84926.f9&partnerID=40&md5=e140ba2c966ac8e08e3431a654851671>>

CHEN, D. et al. Long-term (1980–2010) changes in cropland phosphorus budgets, use efficiency and legacy pools across townships in the Yongan watershed, eastern China. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, [s. l.], v. 236, p. 166–176, 2017.

Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->



85001976702&doi=10.1016%2Fj.agee.2016.12.003&partnerID=40&md5=c09de75882e1a4dcaead38172610c4f4>

CIAMPALINI, R. et al. Detecting, correcting and interpreting the biases of measured soil profile data: A case study in the cap bon region (Tunisia). **Geoderma**, [s. l.], v. 192, n. 1, p. 68–76, 2013. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84869124896&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2012.07.022&partnerID=40&md5=f8491c31e6c2fcc75456507f14249e96>>

CLIFFORD, D., GUO, Y. Combining two soil property rasters using an adaptive gating approach. **Soil Research**, [s. l.], v. 53, n. 8, p. 907–912, 2015. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84946557311&doi=10.1071%2FSR14275&partnerID=40&md5=1ce32d5efe1e2c0ae64097aae6e69acd>>

COSTA, E. M. et al. Mapping Soil Organic Carbon and Organic Matter Fractions by Geographically Weighted Regression. **JOURNAL OF ENVIRONMENTAL QUALITY**, 677 S SEGOE RD, MADISON, WI 53711 USA, v. 47, n. 4, p. 718–725, 2018.

CRAWFORD, D. M. et al. Accounting for measurement errors when harmonising incongruent soil data - A case study. **Soil Research**, [s. l.], v. 56, n. 8, p. 793–800, 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85056744317&doi=10.1071%2FSR17307&partnerID=40&md5=2e41526bc15e606624df64a2f025f0fc>>

DAHLHAUS, P. G. et al. Liberating soil data for profitable agriculture and catchment health in the Corangamite region, Australia. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, [s. l.], v. 61, n. 3, p. 333–339, 2018. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85041583045&doi=10.1080%2F00288233.2018.1432491&partnerID=40&md5=10983ace23ecb749be74a5ff539101d0>>

DAS, S. et al. Lower mineralizability of soil carbon with higher legacy soil moisture. **Soil Biology and Biochemistry**, [s. l.], v. 130, p. 94–104, 2019. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

85059299625&doi=10.1016%2Fj.soilbio.2018.12.006&partnerID=40&md5=8796f8b3e8c505828e82ec844107d767>

DE BRUYN, L. L., JENKINS, A., SAMSON-LIEBIG, S. Lessons Learnt: Sharing Soil Knowledge to Improve Land Management and Sustainable Soil Use. **SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA JOURNAL**, 677 SOUTH SEGOE ROAD, MADISON, WI 53711 USA, v. 81, n. 3, p. 427–438, 2017.

DEMATTÊ, J. A. M. et al. Geospatial Soil Sensing System (GEOS3): A powerful data mining procedure to retrieve soil spectral reflectance from satellite images. **Remote Sensing of Environment**, [s. l.], v. 212, p. 161–175, 2018. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85046680251&doi=10.1016%2Fj.rse.2018.04.047&partnerID=40&md5=cfbf3dc664d622d4b90dedcdaacaa023>>

DHARUMARAJAN, S., HEGDE, R., SINGH, S. K. Spatial prediction of major soil properties using Random Forest techniques - A case study in semi-arid tropics of South India. **Geoderma Regional**, [s. l.], v. 10, p. 154–162, 2017. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85026445234&doi=10.1016%2Fj.geodrs.2017.07.005&partnerID=40&md5=733c372a16310c3cbc80fce76232f126>>

DOBOS, E. et al. Soil parent material delineation using MODIS and SRTM data.

**Hungarian Geographical Bulletin**, [s. l.], v. 62, n. 2, p. 133–156, 2013. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84880088242&partnerID=40&md5=2db5911d722ecbb62d4c49801ddc9dd7>>

DROOGERS, P. et al. Distributed agro-hydrological modeling of an irrigation system in western Turkey. **Agricultural Water Management**, [s. l.], v. 43, n. 2, p. 183–202,

2000. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0034096041&doi=10.1016%2F0378-3774%2899%2900055-4&partnerID=40&md5=28755b4012d860f5df6d07d2a5d8f2aa>>

EGER, A., HEWITT, A. Soils and their relationship to aspect and vegetation history in the eastern Southern Alps, Canterbury High Country, South Island, New Zealand.

**Catena**, [s. l.], v. 75, n. 3, p. 297–307, 2008. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

54149111900&doi=10.1016%2Fj.catena.2008.07.008&partnerID=40&md5=42ea394559756937ffc4a5744b949683>

ELLILI BARGAOUI, Y. et al. Validation of digital maps derived from spatial disaggregation of legacy soil maps. **Geoderma**, [s. l.], v. 356, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071752706&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2019.113907&partnerID=40&md5=a8d7ed115f8c0f965be9307b4acd5425>>

ENDICOTT, J. 7th Lumb Lecture 10th October 2012 ``Peter Lumb's Legacy, Soil Mechanics = Simple Concepts. **GEOTECHNICAL ENGINEERING**, C/O ASIAN INST TECHNOLOGY, PO BOX 2754, BANGKOK, 10501, THAILAND, v. 47, n. 3, SI, p. 37–50, 2016.

FAN, B. et al. Understanding phosphate sorption characteristics of mineral amendments in relation to stabilising high legacy P calcareous soil. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 261, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85079593095&doi=10.1016%2Fj.envpol.2020.114175&partnerID=40&md5=8640518810b57456e35840ccf100be67>>

FELL, H. et al. Estimating vulnerability of agriculturally used peatlands in north-east Germany to carbon loss based on multi-temporal subsidence data analysis. **Catena**, [s. l.], v. 137, p. 61–69, 2016. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84941892921&doi=10.1016%2Fj.catena.2015.08.010&partnerID=40&md5=e01c5cd1983487227c5ff826d3301fb8>>

FELL, H. et al. Deduction of an updated map of peatland soils for the federal state of Brandenburg, Germany [Erstellung einer aktualisierten Moorkarte für das Land Brandenburg]. **Telma**, [s. l.], v. 45, p. 75–104, 2015. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84941929095&partnerID=40&md5=4fd210e9005d6fe9480001f9ae86aa5d>>

FILIPPI, P. et al. Digital soil monitoring of top- and sub-soil pH with bivariate linear mixed models. **Geoderma**, [s. l.], v. 322, p. 149–162, 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

85042675603&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2018.02.033&partnerID=40&md5=ef841bc0e590b3490a4bf341e00e1851>

FINKE, P. A. On digital soil assessment with models and the Pedometrics agenda. **GEODERMA**, RADARWEG 29, 1043 NX AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 171, n. SI, p. 3–15, 2012.

FLYNN, T. et al. Semi-automatic disaggregation of a national resource inventory into a farm-scale soil depth class map. **GEODERMA**, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 337, p. 1136–1145, 2019.

GHARAH GHEHI, N. et al. N<sub>2</sub>O and NO emission from the Nyungwe tropical highland rainforest in Rwanda. **Geoderma Regional**, [s. l.], v. 2–3, n. C, p. 41–49, 2014. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84925875024&doi=10.1016%2Fj.geodrs.2014.09.008&partnerID=40&md5=29caef7f6ac81be57ea1cc7baaefa935>>

GNANAVELRAJAH, N. et al. Carbon stock assessment and soil carbon management in agricultural land-uses in Thailand. **Land Degradation and Development**, [s. l.], v. 19, n. 3, p. 242–256, 2008. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-47249150228&doi=10.1002%2Fldr.838&partnerID=40&md5=9c226dbd80a3d30f586475514988fdc1>>

GODINHO SILVA, S. H. et al. Retrieving pedologist's mental model from existing soil map and comparing data mining tools for refining a larger area map under similar environmental conditions in Southeastern Brazil. **GEODERMA**, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 267, p. 65–77, 2016.

GOMEZ, C. et al. Using legacy data for correction of soil surface clay content predicted from VNIR/SWIR hyperspectral airborne images. **GEODERMA**, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 276, p. 84–92, 2016.

GREALISH, G. J., FITZPATRICK, R. W. Assisting nonsoil specialists to identify soil types for land management: An approach using a soil identification key and toposequence models. **Soil Use and Management**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 251–262, 2014. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

84901924600&doi=10.1111%2Fsum.12108&partnerID=40&md5=ac56b9739cd6a7cd23540e5cd4d175f4>

GREALISH, G. J., FITZPATRICK, R. W., HUTSON, J. L. Soil survey data rescued by means of user friendly soil identification keys and toposequence models to deliver soil information for improved land management. **GeoResJ**, [s. l.], v. 6, p. 81–91, 2015.

Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84925004734&doi=10.1016%2Fj.grj.2015.02.006&partnerID=40&md5=502be31d5c318d69dc6912006bf5efd8>>

GREALISH, G., FITZPATRICK, R. W., ASEM, S. O. Assisting Non-Soil Experts to Identify Soil Types for Land Management to Support Restoration of Arid Rangeland Native Vegetation in Kuwait. **Arid Land Research and Management**, [s. l.], v. 29, n. 3, p. 288–305, 2015. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84920622962&doi=10.1080%2F15324982.2014.973620&partnerID=40&md5=aa391919c997bc5ffabdc31c0a7cee6c>>

GREGOIRE, T. Environmental recovery at Los Alamos. **Radwaste Solutions**, [s. l.], v. 22, n. 1, p. 66–69, 2015. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84957665919&partnerID=40&md5=0c2903982430133602d81b426c0774e9>>

GRIMM, R., BEHRENS, T. Uncertainty analysis of sample locations within digital soil mapping approaches. **GEODERMA**, RADARWEG 29, 1043 NX AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 155, n. 3–4, p. 154–163, 2010.

GU, S. et al. Release of dissolved phosphorus from riparian wetlands: Evidence for complex interactions among hydroclimate variability, topography and soil properties. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 598, p. 421–431, 2017. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85018596704&doi=10.1016%2Fj.scitotenv.2017.04.028&partnerID=40&md5=c93bb6756f5c007895a99d4fcd09066e>>

HALLETT, S. H. et al. Developments in land information systems: examples demonstrating land resource management capabilities and options. **SOIL USE AND**

**MANAGEMENT**, 111 RIVER ST, HOBOKEN 07030-5774, NJ USA, v. 33, n. 4, p. 514–529, 2017.

HAN, G.-Z. et al. Pedotransfer functions for estimating soil bulk density in China. **Soil Science**, [s. l.], v. 177, n. 3, p. 158–164, 2012. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84858281942&doi=10.1097%2FSS.0b013e31823fd493&partnerID=40&md5=66186b7f70000e50b4faccdfd9b488df>>

HANSEN, M. K. et al. Inductively mapping expert-derived soil-landscape units within dambo wetland catenae using multispectral and topographic data. **GEODERMA**, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 150, n. 1–2, p. 72–84, 2009.

HARMELE, R. D., BONTA, J. V., RICHARDSON, C. W. The original USDA-ARS experimental watersheds in Texas and Ohio: Contributions from the past and visions for the future. **TRANSACTIONS OF THE ASABE**, 2950 NILES RD, ST JOSEPH, MI 49085-9659 USA, v. 50, n. 5, p. 1669–1675, 2007.

HARTEMINK, A. E., LOWERY, B., WACKER, C. Soil maps of Wisconsin. **Geoderma**, [s. l.], v. 189–190, p. 451–461, 2012. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84865048311&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2012.05.025&partnerID=40&md5=c0cb45f4440e75104e3ba6875397a724>>

HENDRIKS, C. M. J., STOORVOGEL, J. J., CLAESSENS, L. Exploring the challenges with soil data in regional land use analysis. **AGRICULTURAL SYSTEMS**, THE BOULEVARD, LANGFORD LANE, KIDLINGTON, OXFORD OX5 1GB, OXON, ENGLAND, v. 144, p. 9–21, 2016.

HENDRIKS, C. M. J. et al. When can legacy soil data be used, and when should new data be collected instead? **GEODERMA**, [s. l.], v. 348, p. 181–188, 2019.

HENGL, T. et al. Soil nutrient maps of Sub-Saharan Africa: assessment of soil nutrient content at 250 m spatial resolution using machine learning. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, [s. l.], v. 109, n. 1, p. 77–102, 2017. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

85026733936&doi=10.1007%2Fs10705-017-9870-x&partnerID=40&md5=7f2c3b332ec3d9147e0f0359b7af6e2c>

HEUNG, B. et al. Modelling the dynamics of soil redistribution induced by sheet erosion using the Universal Soil Loss Equation and cellular automata. **Geoderma**, [s. l.], v. 202–203, p. 112–125, 2013. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84876400572&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2013.03.019&partnerID=40&md5=cfe81b7f09bd559696454f3f448f94e4>>

HEUNG, B., HODÚL, M., SCHMIDT, M. G. Comparing the use of training data derived from legacy soil pits and soil survey polygons for mapping soil classes.

**Geoderma**, [s. l.], v. 290, p. 51–68, 2017. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85007439865&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2016.12.001&partnerID=40&md5=187f8c7a6231fef07616055a248967a1>>

HEUNG, B., BULMER, C. E., SCHMIDT, M. G. Predictive soil parent material mapping at a regional-scale: A Random Forest approach. **GEODERMA**, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 214, p. 141–154, 2014.

HEUNG, B. et al. An overview and comparison of machine-learning techniques for classification purposes in digital soil mapping. **GEODERMA**, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 265, p. 62–77, 2016.

HOLMES, K. W., GRIFFIN, E. A., ODGERS, N. P. Large-area spatial disaggregation of a mosaic of conventional soil maps: Evaluation over Western Australia. **Soil Research**, [s. l.], v. 53, n. 8, p. 865–880, 2015. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84946563037&doi=10.1071%2FSR14270&partnerID=40&md5=269f62e822911f6f4be9f3f9fbd7b1eb>>

HOUNKPATIN, K. O. L. et al. Predicting reference soil groups using legacy data: A data pruning and Random Forest approach for tropical environment (Dano catchment, Burkina Faso). **Scientific Reports**, [s. l.], v. 8, n. 1, 2018. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

85049385905&doi=10.1038%2Fs41598-018-28244-w&partnerID=40&md5=87e61e7b85fde55bd153a5ee2da01b97>

HUANG, J., HARTEMINK, A. E., ZHANG, Y. Climate and Land-Use Change Effects on Soil Carbon Stocks over 150 Years in Wisconsin, USA. **REMOTE SENSING**, [s. l.], v. 11, n. 12, 2019.

JOHNSTON, J. E. et al. Lead and Arsenic in Shed Deciduous Teeth of Children Living Near a Lead-Acid Battery Smelter. **Environmental Science and Technology**, [s. l.], v. 53, n. 10, p. 6000–6006, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85065801628&doi=10.1021%2Facs.est.9b00429&partnerID=40&md5=69aaba84aa5adfa4b94cfc175493c87f>>

JONES, C. N. et al. Seasonal Variation in Floodplain Biogeochemical Processing in a Restored Headwater Stream. **Environmental Science and Technology**, [s. l.], v. 49, n. 22, p. 13190–13198, 2015. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84947225562&doi=10.1021%2Facs.est.5b02426&partnerID=40&md5=9823a99d9e595ddb06c45b8db4f07ebd>>

JONES, M. L. M. et al. Factors controlling soil development in sand dunes: Evidence from a coastal dune soil chronosequence. **Plant and Soil**, [s. l.], v. 307, n. 1–2, p. 219–234, 2008. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-43349107740&doi=10.1007%2Fs11104-008-9601-9&partnerID=40&md5=e659e1d9c934107793db3784a101fa1c>>

JUSTON, J. M. et al. Persistence of legacy soil P and elevated background water P concentrations in Water Conservation Area 2A, a northern Everglades wetland. **Water Resources Research**, [s. l.], v. 51, n. 12, p. 9746–9762, 2015. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84958729487&doi=10.1002%2F2015WR017809&partnerID=40&md5=86be301eb936ae04bd858e4c8b663e7d>>

KARUNARATNE, S. B. et al. Estimating change in soil organic carbon using legacy data as the baseline: Issues, approaches and lessons to learn. **Soil Research**, [s. l.], v. 52, n. 4, p. 349–365, 2014. Disponível em:



<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84899838381&doi=10.1071%2FSR13081&partnerID=40&md5=c0bf252febe9b1e7433d25a7625204d8>>

KASSAI, P., SISÁK, I. The role of geology in the spatial prediction of soil properties in the watershed of Lake Balaton, Hungary. **Geologia Croatica**, [s. l.], v. 71, n. 1, p. 29–39, 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85046405143&doi=10.4154%2Fgc.2018.04&partnerID=40&md5=550fa1315dfc3a11b6f624cf6e439afc>>

KEMPEN, B. et al. Updating the 1:50,000 Dutch soil map using legacy soil data: A multinomial logistic regression approach. **GEODERMA**, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 151, n. 3–4, p. 311–326, 2009.

KERRY, R. et al. Disaggregation of legacy soil data using area to point kriging for mapping soil organic carbon at the regional scale. **GEODERMA**, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 170, p. 347–358, 2012.

KIDD, D. et al. Operational sampling challenges to digital soil mapping in Tasmania, Australia. **Geoderma Regional**, [s. l.], v. 4, p. 1–10, 2015. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84913545549&doi=10.1016%2Fj.geodrs.2014.11.002&partnerID=40&md5=cddf9fa6eb4ce441b89a673fbf3ecc0a>>

KIDD, D. et al. Eighty-metre resolution 3D soil-attribute maps for Tasmania, Australia. **Soil Research**, [s. l.], v. 53, n. 8, p. 932–955, 2015. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84946574750&doi=10.1071%2FSR14268&partnerID=40&md5=9c3871c88f52063483d7245f330c3b47>>

KIDD, D. et al. Digital soil assessment of agricultural suitability, versatility and capital in Tasmania, Australia. **Geoderma Regional**, [s. l.], v. 6, p. 7–21, 2015. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84941558163&doi=10.1016%2Fj.geodrs.2015.08.005&partnerID=40&md5=d56870f948789aff9340eeab2e9bf382>>

KIRKBY, M. J., BRACKEN, L. J., SHANNON, J. The influence of rainfall distribution and morphological factors on runoff delivery from dryland catchments in SE Spain.

**Catena**, [s. l.], v. 62, n. 2–3, p. 136–156, 2005. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-22144495055&doi=10.1016%2Fj.catena.2005.05.002&partnerID=40&md5=1d4f2f73decce7dcef05797d39cba4c5>>

KÕLLI, R., TÕNUTARE, T., EIBER, L. Review: Researches on the status of estonian soils, directions of soil monitoring and the possibilities for intensification of monitoring [Ülevaade: Eesti mullastiku seisundi uurimused, mullaseire suunad ja võimalused seire tõhustamiseks].

**Agraarteadus**, [s. l.], v. 29, n. 1, p. 12–24, 2018. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85057756872&doi=10.15159%2Fjas.18.06&partnerID=40&md5=38b333cdb3ad798a6e99c26f20e56793>>

KOSTARELOS, K. et al. Legacy soil contamination at abandoned mine sites: Making a case for guidance on soil protection. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, [s. l.], v. 94, n. 3, p. 269–274, 2015. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84925520266&doi=10.1007%2F1300128-015-1461-4&partnerID=40&md5=75cc5ea4ff312f797e41334b6a8fa641>>

KOVÁŘ, P., VESELÝ, R. Implementation of water balance models when revitalizing small catchments [Použití modelů hydrologické bilance při revitalizaci malých povodí].

**Rostlinna Vyroba**, [s. l.], v. 44, n. 5, p. 223–229, 1998. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0347130282&partnerID=40&md5=dd9619a57af98722ff765d27cfa876d6>>

KOZAK, D. L. et al. Modification of Ground Motions for Use in Central North America.

**Journal of Earthquake Engineering**, [s. l.], v. 23, n. 8, p. 1385–1406, 2019.

Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85035760954&doi=10.1080%2F13632469.2017.1387190&partnerID=40&md5=23ab4d02c1276b5aa0afdacdaee84d0>>

KUHWALD, M. et al. Spatially explicit soil compaction risk assessment of arable soils at regional scale: The SaSCiA-Model. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 10, n. 5,

2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85047132802&doi=10.3390%2Fsu10051618&partnerID=40&md5=d9bf21e72cbb0e5198ebb182fff136af>>

KVAKIĆ, M. et al. Quantifying the Limitation to World Cereal Production Due To Soil Phosphorus Status. **Global Biogeochemical Cycles**, [s. l.], v. 32, n. 1, p. 143–157, 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85041024264&doi=10.1002%2F2017GB005754&partnerID=40&md5=83000f8fa2d1230b570e5e8a508fdbd2>>

LAGACHERIE, P. et al. Combining Vis-NIR hyperspectral imagery and legacy measured soil profiles to map subsurface soil properties in a Mediterranean area (Cap-Bon, Tunisia). **GEODERMA**, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 209, p. 168–176, 2013.

LÁNG, V. et al. Deriving World Reference Base Reference Soil Groups from the prospective Global Soil Map product - A case study on major soil types of Africa. **Geoderma**, [s. l.], v. 263, p. 226–233, 2015. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84946478758&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2015.07.005&partnerID=40&md5=81093c81b14917fc4c748f37d82286f8>>

LARK, R. M. et al. Spatial prediction of seabed sediment texture classes by cokriging from a legacy database of point observations. **SEDIMENTARY GEOLOGY**, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 281, p. 35–49, 2012.

LEIFER, I. et al. Validation of mobile in situ measurements of dairy husbandry emissions by fusion of airborne/surface remote sensing with seasonal context from the Chino Dairy Complex. **Environmental Pollution**, [s. l.], p. 2111–2134, 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85049187867&doi=10.1016%2Fj.envpol.2018.03.078&partnerID=40&md5=8c706d3265fd40b128c799d667c034e2>>

LI, M.-M. et al. Contemporary blood lead levels of children aged 0–84 months in China: A national cross-sectional study. **Environment International**, [s. l.], v. 134, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

85075295532&doi=10.1016%2Fj.envint.2019.105288&partnerID=40&md5=a50418633a29c9d15be1d5a12852d806>

LI, X. et al. Soil texture distribution simulation and risk assessment using transition probability-based geostatistics. **INTERNATIONAL AGROPHYSICS**, SOLIPSKA 14A-1, 02-482 WARSAW, POLAND, v. 28, n. 4, p. 447–457, 2014.

LIDDICOAT, C. et al. Predictive mapping of soil organic carbon stocks in South Australia's agricultural zone. **Soil Research**, [s. l.], v. 53, n. 8, p. 956–973, 2015. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84946553648&doi=10.1071%2FSR15100&partnerID=40&md5=8627b247c750eb957b19139a94282398>>

LILLY, A., BAGGALEY, N. J. The potential for Scottish cultivated topsoils to lose or gain soil organic carbon. **Soil Use and Management**, [s. l.], v. 29, n. 1, p. 39–47, 2013. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84875053559&doi=10.1111%2Fsum.12009&partnerID=40&md5=db76062cf7f16a06d2df5f10728b37ea>>

LIN, Y. et al. Regional Soil Mapping Using Multi-Grade Representative Sampling and a Fuzzy Membership-Based Mapping Approach. **PEDOSPHERE**, 16 DONGHUANGCHENGGEN NORTH ST, BEIJING 100717, PEOPLES R CHINA, v. 27, n. 2, p. 344–357, 2017.

LIU, J. et al. Molecular speciation and transformation of soil legacy phosphorus with and without long-Term phosphorus fertilization: Insights from bulk and microprobe spectroscopy. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 7, n. 1, 2017. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85033558435&doi=10.1038%2FS41598-017-13498-7&partnerID=40&md5=5003a069e451ec80bab8192f068602e4>>

LIU, X. et al. Sensitivity and uncertainty analysis of CENTURY-modeled SOC dynamics in upland soils under different climate-soil-management conditions: a case study in China. **Journal of Soils and Sediments**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 85–96, 2017. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84982795818&doi=10.1007%2FS11368-016-1516-0&partnerID=40&md5=11eb053696c4200d1fb725218f303c40>>

LOMBARDO, L. et al. Modeling soil organic carbon with Quantile Regression: Dissecting predictors' effects on carbon stocks. **Geoderma**, [s. l.], v. 318, p. 148–159, 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85040234556&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2017.12.011&partnerID=40&md5=7954c6d474f840b223ca2f37d2d1c336>>

MA, Y., MINASNY, B., WU, C. Mapping key soil properties to support agricultural production in Eastern China. **Geoderma Regional**, [s. l.], v. 10, p. 144–153, 2017. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85026477191&doi=10.1016%2Fj.geodrs.2017.06.002&partnerID=40&md5=2eefc9cf9fa5f51bcd8a6254cfe78841>>

MACHADO, D. F. T. et al. Transferability, accuracy, and uncertainty assessment of different knowledge-based approaches for soil types mapping. **Catena**, [s. l.], v. 182, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85068504657&doi=10.1016%2Fj.catena.2019.104134&partnerID=40&md5=a7ab9835f0ac4d012f840ef79fb7e2f5>>

MACHADO, D. F. T. et al. Soil type spatial prediction from random forest: Different training datasets, transferability, accuracy and uncertainty assessment. **Scientia Agricola**, [s. l.], v. 76, n. 3, p. 243–254, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85063153106&doi=10.1590%2F1678-992x-2017-0300&partnerID=40&md5=a2db64b1e3b68f4f30550c414bfd9dae>>

MACHADO, I. R. et al. Spatial disaggregation of multi-component soil map units using legacy data and a tree-based algorithm in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s. l.], v. 42, 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85043760075&doi=10.1590%2F18069657rbcS20170193&partnerID=40&md5=b654243fa7de8bd713f27c83b12a759a>>

MALONE, B. P., MCBRATNEY, A. B., MINASNY, B. Spatial scaling for digital soil mapping. **Soil Science Society of America Journal**, [s. l.], v. 77, n. 3, p. 890–902, 2013. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

84880147386&doi=10.2136%2Fsssaj2012.0419&partnerID=40&md5=b7f1a7b54c1298dc435afa18b129e6a7>

MALONE, B. P. et al. Using model averaging to combine soil property rasters from legacy soil maps and from point data. **Geoderma**, [s. l.], v. 232–234, p. 34–44, 2014. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84900802166&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2014.04.033&partnerID=40&md5=5d911a2976763f4138bbeae9926173d0>>

MALONE, B. P., MINANSY, B., BRUNGARD, C. Some methods to improve the utility of conditioned Latin hypercube sampling. **PEERJ**, 341-345 OLD ST, THIRD FLR, LONDON, EC1V 9LL, ENGLAND, v. 7, 2019.

MASSAWE, B. H. J. et al. Assessing drivers of soil properties and classification in the West Usambara mountains, Tanzania. **Geoderma Regional**, [s. l.], v. 11, p. 141–154, 2017. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85034588146&doi=10.1016%2Fj.geodrs.2017.10.002&partnerID=40&md5=417bc249f32037f8cf4fe9f3aba82cc5>>

MASSAWE, B. H. J. et al. Mapping numerically classified soil taxa in Kilombero Valley, Tanzania using machine learning. **GEODERMA**, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 311, p. 143–148, 2018.

MAZUR, M. E. E., ECKLEY, C. S., MITCHELL, C. P. J. Susceptibility of Soil Bound Mercury to Gaseous Emission As a Function of Source Depth: An Enriched Isotope Tracer Investigation. **Environmental Science and Technology**, [s. l.], v. 49, n. 15, p. 9143–9149, 2015. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84938630886&doi=10.1021%2Facs.est.5b01747&partnerID=40&md5=a79eed4dd43e8c27fa83af2d137d174e>>

MCDONALD, N. T. et al. Field scale phosphorus balances and legacy soil pressures in mixed-land use catchments. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, [s. l.], v. 274, p. 14–23, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85059820728&doi=10.1016%2Fj.agee.2018.12.014&partnerID=40&md5=29e4ff9c23ba96e63136665cdcd3b641>>

MICHAELSON, G. J., WANG, B., PING, C. L. Fertility of the Early Post-Eruptive Surfaces of Kasatochi Island Volcano. **Arctic, Antarctic, and Alpine Research**, [s. l.], v. 48, n. 1, p. 45–59, 2016. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85009758527&doi=10.1657%2FAAAR0014-089&partnerID=40&md5=ebd2737953a4994a834f9b004dd4ffaa>>

MICHÉLI, E. et al. Methods for modernizing the elements and structure of the Hungarian Soil Classification System. **Agrokemia es Talajtan**, [s. l.], v. 63, n. 1, p. 69–78, 2014. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84904110242&doi=10.1556%2FAgrokem.63.2014.1.8&partnerID=40&md5=8762a65b3f3a22a06c7307e2c41fdec7>>

MÖLLER, M., VOLK, M. Effective map scales for soil transport processes and related process domains - Statistical and spatial characterization of their scale-specific inaccuracies. **Geoderma**, [s. l.], v. 247–248, p. 151–160, 2015. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84924078366&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2015.02.003&partnerID=40&md5=24b7861d261e7f7657c32f1d39ee1079>>

MORAIS, V. A. et al. Spatial distribution of soil carbon stocks in the Cerrado biome of Minas Gerais, Brazil. **Catena**, [s. l.], v. 185, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85075732304&doi=10.1016%2Fj.catena.2019.104285&partnerID=40&md5=4be17a43b7390d180c0ff0e545a00428>>

NAUMAN, T. W., DUNIWAY, M. C. Relative prediction intervals reveal larger uncertainty in 3D approaches to predictive digital soil mapping of soil properties with legacy data. **Geoderma**, [s. l.], v. 347, p. 170–184, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85063984399&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2019.03.037&partnerID=40&md5=b9468db2b6193da7c1f35a28de5861a0>>

NELSON, M. A., ODEH, I. O. A. Digital soil class mapping using legacy soil profile data: A comparison of a genetic algorithm and classification tree approach. **Australian Journal of Soil Research**, [s. l.], v. 47, n. 6, p. 632–649, 2009.

Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-70350092973&doi=10.1071%2FSR08224&partnerID=40&md5=07b771273fedcd09180d0f2259e81164>>

NGUNJIRI, M. W. et al. Landform pattern recognition and classification for predicting soil types of the Uasin Gishu Plateau, Kenya. **Catena**, [s. l.], v. 188, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85078214756&doi=10.1016%2Fj.catena.2019.104390&partnerID=40&md5=1ffb2b1abc82bf42071e767f5caa249b>>

NICULIȚĂ, M. et al. Digital soil mapping in a mountainous area with mixed land use (Humor catchment-eastern carpathians, Romania) using soil-landscape systems, fuzzy logic and environmental covariates. **Environmental Engineering and Management Journal**, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 479–489, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071262993&partnerID=40&md5=5ecdafcf394c5166aca73214867753f3>>

NOCITA, M. et al. Prediction of soil organic carbon content by diffuse reflectance spectroscopy using a local partial least square regression approach. **Soil Biology and Biochemistry**, [s. l.], v. 68, p. 337–347, 2014. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84887164680&doi=10.1016%2Fj.soilbio.2013.10.022&partnerID=40&md5=4d47629742a702d388e53fea45a05e38>>

NUSSBAUM, M. et al. Evaluation of digital soil mapping approaches with large sets of environmental covariates. **SOIL**, BAHNHOF SALLEE 1E, GOTTINGEN, 37081, GERMANY, v. 4, n. 1, p. 1–22, 2018.

NUSSBAUM, M. et al. Mapping of soil properties at high resolution in Switzerland using boosted geosadditive models. **SOIL**, BAHNHOF SALLEE 1E, GOTTINGEN, 37081, GERMANY, v. 3, n. 4, p. 191–210, 2017.

ODGERS, N. P. et al. Derivation of soil-attribute estimations from legacy soil maps. **SOIL RESEARCH**, UNIPARK, BLDG 1, LEVEL 1, 195 WELLINGTON RD, LOCKED BAG 10, CLAYTON, VIC 3168, AUSTRALIA, v. 53, n. 8, p. 881–894, 2015.



ODGERS, N. P., LIBOHOVA, Z., THOMPSON, J. A. Equal-area spline functions applied to a legacy soil database to create weighted-means maps of soil organic carbon at a continental scale. **GEODERMA**, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 189, p. 153–163, 2012.

ODGERS, N. P., MCBRATNEY, A. B., MINASNY, B. Digital soil property mapping and uncertainty estimation using soil class probability rasters. **GEODERMA**, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 237, p. 190–198, 2015.

ODGERS, N. P. et al. Disaggregating and harmonising soil map units through resampled classification trees. **GEODERMA**, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 214, p. 91–100, 2014.

OTTOY, S. et al. An exponential change decline function to estimate soil organic carbon stocks and their changes from topsoil measurements. **European Journal of Soil Science**, [s. l.], v. 67, n. 6, p. 816–826, 2016. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84995743819&doi=10.1111%2Ffejss.12394&partnerID=40&md5=ba3d4a44c00a7399b1152dbbb6aeac0f>>

OWUSU, S. et al. Spatial prediction of soil organic carbon stocks in Ghana using legacy data. **Geoderma**, [s. l.], v. 360, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85074966976&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2019.114008&partnerID=40&md5=cb8b5c257d4c59585851ba34b5d84120>>

PADARIAN, J., MINASNY, B., MCBRATNEY, A. B. Chile and the Chilean soil grid: A contribution to GlobalSoilMap. **Geoderma Regional**, [s. l.], v. 9, p. 17–28, 2017. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85018195023&doi=10.1016%2Fj.geodrs.2016.12.001&partnerID=40&md5=b3e6b06b181dc3b70dee29441f9489f8>>

PAHLAVAN-RAD, M. R. et al. Legacy soil maps as a covariate in digital soil mapping: A case study from Northern Iran. **Geoderma**, [s. l.], v. 279, p. 141–148, 2016. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84973922825&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2016.05.014&partnerID=40&md5=a4fd9e42da700f0c03c9b0d62eefdd77>>

PAKPARVAR, M. et al. Incorporating legacy soil data to minimize errors in salinity change detection: a case study of Darab Plain, Iran. **INTERNATIONAL JOURNAL OF REMOTE SENSING**, 4 PARK SQUARE, MILTON PARK, ABINGDON OX14 4RN, OXON, ENGLAND, v. 33, n. 19, p. 6215–6238, 2012.

PAROLARI, A. J. et al. Boom and bust carbon-nitrogen dynamics during reforestation. **Ecological Modelling**, [s. l.], v. 360, p. 108–119, 2017. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85024115830&doi=10.1016%2Fj.ecolmodel.2017.06.023&partnerID=40&md5=8aa22888769dbddf2e7ab535e432e142>>

PÁSZTOR, L. et al. Application of legacy soil data in digital soil mapping for the elaboration of novel, countrywide maps of soil conditions. **Agrokemia es Talajtan**, [s. l.], v. 63, n. 1, p. 79–88, 2014. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84904128626&doi=10.1556%2FAGrokem.63.2014.1.9&partnerID=40&md5=bd54a884845a555b86289ecebb863e4b>>

PÁSZTOR, L., SZABÓ, J., BAKACSI, Z. Digital processing and upgrading of legacy data collected during the 1:25 000 scale Kreybig soil survey. **Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica**, [s. l.], v. 45, n. 1, p. 127–136, 2010. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-77949481443&doi=10.1556%2FAGeod.45.2010.1.18&partnerID=40&md5=76208b9d3e95d0d742c2d35770d40a67>>

PÁSZTOR, L. et al. Compilation of 1:50,000 scale digital soil maps for Hungary based on the digital Kreybig soil information system. **Journal of Maps**, [s. l.], v. 8, n. 3, p. 215–219, 2012. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84870777836&doi=10.1080%2F17445647.2012.705517&partnerID=40&md5=58e10075f9bd826631936befc8aee37d>>

PATERSON, S., MINASNY, B., MCBRATNEY, A. Spatial variability of Australian soil texture: A multiscale analysis. **Geoderma**, [s. l.], v. 309, p. 60–74, 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

85029007267&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2017.09.005&partnerID=40&md5=c101c3a6626da43234212e213027e64f>

PELEGRINO, M. H. P. et al. Mapping soils in two watersheds using legacy data and extrapolation for similar surrounding areas [Mapeamento de solos em duas sub-bacias hidrográficas usando dados legados e sua extrapolação para áreas similares do entorno]. **Ciencia e Agrotecnologia**, [s. l.], v. 40, n. 5, p. 534–546, 2016.

Disponível em: <[https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84988613640&doi=10.1590%2F1413-](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84988613640&doi=10.1590%2F1413-70542016405011416&partnerID=40&md5=3048540b0eb4f88b04817cb188e0f53a)

84988613640&doi=10.1590%2F1413-

70542016405011416&partnerID=40&md5=3048540b0eb4f88b04817cb188e0f53a>

PELLEGRINI, S. et al. Using present and past climosequences to estimate soil organic carbon and related physical quality indicators under future climatic conditions.

**Agriculture, Ecosystems and Environment**, [s. l.], v. 266, p. 17–30, 2018.

Disponível em: <[https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85050829874&doi=10.1016%2Fj.agee.2018.07.015&partnerID=40&md5=0fc63267e56d1a116aa735365922eba7)

85050829874&doi=10.1016%2Fj.agee.2018.07.015&partnerID=40&md5=0fc63267e56d1a116aa735365922eba7>

PENÍŽEK, V. et al. Influence of elevation data resolution on spatial prediction of colluvial soils in a luvisol region. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 11, n. 11, 2016. Disponível em:

<[https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84995687585&doi=10.1371%2Fjournal.pone.0165699&partnerID=40&md5=ff48873b01d7dda64ae1a32a0a32b7fa)

84995687585&doi=10.1371%2Fjournal.pone.0165699&partnerID=40&md5=ff48873b01d7dda64ae1a32a0a32b7fa>

PETRONE, K. C. et al. The origin and function of dissolved organic matter in agro-urban coastal streams. **JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-**

**BIOGEOSCIENCES**, 2000 FLORIDA AVE NW, WASHINGTON, DC 20009 USA, v.

116, 2011.

PETZOLD, R., BENNING, R., GAUER, J. Soil information in the different forest site mapping systems of Germany: Current state and perspectives [Bodeninformationen in den verschiedenen Standortserkundungssystemen Deutschlands: Gegenwärtiger Stand und Perspektiven]. **Waldökologie Online**, [s. l.], v. 16, n. 2016, p. 7–17, 2016.

Disponível em: <[https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85011000642&partnerID=40&md5=1f832ab39704423a9a3bd1904b9742b6)

85011000642&partnerID=40&md5=1f832ab39704423a9a3bd1904b9742b6>

PETZOLD, R. et al. Die Lokalbodenform im System der forstlichen Standortserkundung im Mittelgebirge/ Hügelland und deren bodenphysikalischer Informationsgehalt [Local Soil Forms in the system of forest site mapping in the low mountain range/hilly region and their content of physical soil information].

**Waldökologie Online**, [s. l.], v. 16, n. 2016, p. 29–33, 2016. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85010933915&partnerID=40&md5=861bdd982997c9362c6d9d37c311b1f9>>

PETZOLD, R. et al. As good as new-Legacy soil data of forest site mapping for spatially explicit derivation of water storage properties [Aus Alt mach Neu-Altdata der Standortskartierung für die räumlich differenzierte Ableitung der

Bodenwasserspeicherung]. **Waldökologie Online**, [s. l.], v. 16, n. 2016, p. 19–27,

2016. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85011003361&partnerID=40&md5=c078a579404635eded6539ae8256996d>>

PILLIOD, D. S., WELTY, J. L., TOEVS, G. R. Seventy-Five Years of Vegetation Treatments on Public Rangelands in the Great Basin of North America. **Rangelands**, [s. l.], v. 39, n. 1, p. 1–9, 2017. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85010917464&doi=10.1016%2Fj.rala.2016.12.001&partnerID=40&md5=4b59fdf0989ef9084fd663d3c09e78e2>>

POURABDOLLAH, A. et al. Towards a standard for soil and terrain data exchange: SoTerML. **Computers and Geosciences**, [s. l.], v. 45, p. 270–283, 2012. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84863473203&doi=10.1016%2Fj.cageo.2011.11.026&partnerID=40&md5=4b0b6b8e0ddedc01d43c55f1a26f0f19>>

PRIORI, S. et al. Natural terroir units, Siena province, Tuscany. **Journal of Maps**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 466–477, 2014. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84897028126&doi=10.1080%2F17445647.2014.885853&partnerID=40&md5=5b16516c8d2f8381db942298eee616ae>>

QUINONEZ SILVERO, N. E. et al. Protocol for the use of legacy data and magnetic signature on soil mapping of Sao Paulo Central West, Brazil. **SCIENCE OF THE**

**TOTAL ENVIRONMENT**, RADARWEG 29, 1043 NX AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 693, 2019.

RASAEI, Z., BOGAERT, P. Bayesian data fusion for combining maps of predicted soil classes: A case study using legacy soil profiles and DEM covariates in Iran. **Catena**, [s. l.], v. 182, 2019. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85068564907&doi=10.1016%2Fj.catena.2019.104138&partnerID=40&md5=61e606cfa6f430f2001b35a8070d75df>>

RASAEI, Z., BOGAERT, P. Spatial filtering and Bayesian data fusion for mapping soil properties: A case study combining legacy and remotely sensed data in Iran.

**Geoderma**, [s. l.], v. 344, p. 50–62, 2019. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85062447254&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2019.02.031&partnerID=40&md5=c3c1962b5a34923fa8466a458b66b911>>

RASAEI, Z., ROSSITER, D. G., FARSHAD, A. Rescue and renewal of legacy soil resource inventories in Iran as an input to digital soil mapping. **Geoderma Regional**, [s. l.], v. 21, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-5080919818&doi=10.1016%2Fj.geodrs.2020.e00262&partnerID=40&md5=4f415bb5028035c82c3b375820a7db3c>>

RAYMENT, G. E., HILL, R., GREAVES, A. (Tony). Using Interlaboratory Proficiency Data to Guide NIR/MIR Calibrations. **COMMUNICATIONS IN SOIL SCIENCE AND PLANT ANALYSIS**, 325 CHESTNUT ST, SUITE 800, PHILADELPHIA, PA 19106 USA, v. 43, n. 1–2, SI, p. 399–411, 2012.

RIAL, M. et al. Soil organic carbon stocks in Santa Cruz Island, Galapagos, under different climate change scenarios. **Catena**, [s. l.], v. 156, p. 74–81, 2017. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85016583253&doi=10.1016%2Fj.catena.2017.03.020&partnerID=40&md5=66ee20e1c07b6c05297f9110f60bae57>>

RIVIECCIO, R. et al. Soil rooting depth of Italy. **Journal of Maps**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 36–42, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

85076172968&doi=10.1080%2F17445647.2019.1690595&partnerID=40&md5=f6b1e6b4e0d1b72155dc7e2453ada7ef>

ROBINSON, N. J. et al. Improving the information content in soil pH maps: a case study. **European Journal of Soil Science**, [s. l.], v. 68, n. 5, p. 592–604, 2017.

Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85028954144&doi=10.1111%2Fejss.12452&partnerID=40&md5=326bd51177fba4e96dbb071d069dc0ac>>

ROBINSON, N. J., KITCHING, M. The 3D distribution of phyllosilicate clay minerals in western Victoria. **Geoderma**, [s. l.], v. 284, p. 152–177, 2016. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84988009611&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2016.07.006&partnerID=40&md5=c8b3171e40ee2d236062c5484689fd7d>>

RODRIGUES, M. et al. Legacy phosphorus and no tillage agriculture in tropical oxisols of the Brazilian savanna. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 542, p. 1050–1061, 2016. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84949320880&doi=10.1016%2Fj.scitotenv.2015.08.118&partnerID=40&md5=1e7256366f50a903ad55c9a5610b02ca>>

ROSS, C. W. et al. Legacy phosphorus and no tillage agriculture in tropical oxisols of the Brazilian savanna. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 542, p. 1050–1061, 2016. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84949320880&doi=10.1016%2Fj.scitotenv.2015.08.118&partnerID=40&md5=1e7256366f50a903ad55c9a5610b02ca>>

ROSS, C. W. et al. Land use, land use change and soil carbon sequestration in the St. Johns River Basin, Florida, USA. **Geoderma Regional**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 19–28, 2016. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84954409587&doi=10.1016%2Fj.geodrs.2015.12.001&partnerID=40&md5=f1b072a14da7b8d2f2477e136be8e331>>

ROSSEL, R. A. V. et al. Using a legacy soil sample to develop a mid-IR spectral library. **AUSTRALIAN JOURNAL OF SOIL RESEARCH**, 150 OXFORD ST, PO BOX 1139, COLLINGWOOD, VICTORIA 3066, AUSTRALIA, v. 46, n. 1, p. 1–16, 2008.

ROSSKOPF, N., FELL, H., ZEITZ, J. Organic soils in Germany, their distribution and carbon stocks. **Catena**, [s. l.], v. 133, p. 157–170, 2015. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84929456781&doi=10.1016%2Fj.catena.2015.05.004&partnerID=40&md5=7f98287314d9b7ec562ac78db5b515d2>>

ROWE, H. et al. Integrating legacy soil phosphorus into sustainable nutrient management strategies for future food, bioenergy and water security. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, [s. l.], v. 104, n. 3, p. 393–412, 2016. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84941367408&doi=10.1007%2Fs10705-015-9726-1&partnerID=40&md5=2eb4d16011303caa7428c7a483eae660>>

SALKOVIĆ, E. et al. Digitization and mapping of national legacy soil data of Montenegro. **Soil and Water Research**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 83–89, 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85045449590&doi=10.17221%2F81%2F2017-SWR&partnerID=40&md5=036532c5ed9b9112b7c33c084e2c1ecf>>

SAMSONOVA, V. P. et al. The role of positional errors while interpolating soil organic carbon contents using satellite imagery. **Precision Agriculture**, [s. l.], v. 19, n. 6, p. 1085–1099, 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85045477199&doi=10.1007%2Fs11119-018-9575-4&partnerID=40&md5=224c744065d42e301f05a454c0b1d34f>>

SAMUEL-ROSA, A. et al. Open legacy soil survey data in Brazil: Geospatial data quality and how to improve it. **Scientia Agricola**, [s. l.], v. 77, n. 1, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071168394&doi=10.1590%2F1678-992x-2017-0430&partnerID=40&md5=ad2441388a15ddd164b78e08118a3140>>

SANTRA, P., KUMAR, M., PANWAR, N. Digital soil mapping of sand content in arid western India through geostatistical approaches. **Geoderma Regional**, [s. l.], v. 9, p. 56–72, 2017. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85016468380&doi=10.1016%2Fj.geodrs.2017.03.003&partnerID=40&md5=c62d8a70d9c92723f159e231eebc215b>>

SARMENTO, E. C. et al. Characterization of legacy soil maps: Use of indicators in maps at different scales in Rio Grande do Sul [Caracterização de mapas legados de solos: Uso de indicadores em mapas com diferentes escalas no Rio Grande do sul]. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, [s. l.], v. 38, n. 6, p. 1672–1680, 2014.

Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84922335821&partnerID=40&md5=8dbe129e67bc2231de986002bcaf3822>>

SAUDY, H. et al. Cultivar selection as a tool for managing soil phosphorus and faba bean yield sustainability. **Archives of Agronomy and Soil Science**, [s. l.], v. 66, n. 3, p. 414–425, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85066812541&doi=10.1080%2F03650340.2019.1619078&partnerID=40&md5=12ee83a6854f23f9caa45b2f4fc6b3e3>>

SCARPITTA, A. B. et al. Long-term community change: bryophytes are more responsive than vascular plants to nitrogen deposition and warming. **JOURNAL OF VEGETATION SCIENCE**, 111 RIVER ST, HOBOKEN 07030-5774, NJ USA, v. 28, n. 6, p. 1220–1229, 2017.

SCHELFHOUT, S. et al. Phosphorus mining efficiency declines with decreasing soil P concentration and varies across crop species. **International Journal of Phytoremediation**, [s. l.], v. 20, n. 9, p. 939–946, 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85048251528&doi=10.1080%2F15226514.2018.1448363&partnerID=40&md5=96e7365884e08e4066cab4826c3321c5>>

SCHILLACI, C. et al. A simple pipeline for the assessment of legacy soil datasets: An example and test with soil organic carbon from a highly variable area. **Catena**, [s. l.], v. 175, p. 110–122, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85058237458&doi=10.1016%2Fj.catena.2018.12.015&partnerID=40&md5=f1ec872fb656faf8430fe7d6d93326c8>>

SCHNEIDER, A. et al. Temperature regime of a charcoal-enriched land use legacy soil. **Soil Science Society of America Journal**, [s. l.], v. 83, n. 3, p. 565–574, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85068644135&doi=10.2136%2Fsssaj2018.12.0483&partnerID=40&md5=e1d0b0920f0a0b8006fd6494b361d899>>

SHAHBAZI, F. et al. Evaluating the spatial and vertical distribution of agriculturally important nutrients — nitrogen, phosphorous and boron — in North West Iran.



**Catena**, [s. l.], v. 173, p. 71–82, 2019. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85054433924&doi=10.1016%2Fj.catena.2018.10.005&partnerID=40&md5=7b49cf9d6a3ae38e6441c26905c83411>>

SHANGGUAN, W. et al. A global soil data set for earth system modeling. **JOURNAL OF ADVANCES IN MODELING EARTH SYSTEMS**, 2000 FLORIDA AVE NW, WASHINGTON, DC 20009 USA, v. 6, n. 1, p. 249–263, 2014.

SILATSA, F. B. T. et al. Assessing countrywide soil organic carbon stock using hybrid machine learning modelling and legacy soil data in Cameroon. **Geoderma**, [s. l.], v. 367, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85080027643&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2020.114260&partnerID=40&md5=2dd5b96150d1ac5ec467597b07555a03>>

SILVA, E. B. et al. A regional legacy soil dataset for prediction of sand and clay content with VIS-NIR-SWIR, in southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, [s. l.], v. 43, 2019. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85073343479&doi=10.1590%2F18069657rbc20180174&partnerID=40&md5=08e9ef918f9a93f15f2b339f350dfc21>>

SILVA, S. H. G. et al. Retrieving pedologist's mental model from existing soil map and comparing data mining tools for refining a larger area map under similar environmental conditions in Southeastern Brazil. **Geoderma**, [s. l.], v. 267, p. 65–77, 2016. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84953252684&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2015.12.025&partnerID=40&md5=24d5ddcfe4834e1c3e51c1268fba43ba>>

SILVERO, N. E. Q. et al. Protocol for the use of legacy data and magnetic signature on soil mapping of São Paulo Central West, Brazil. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 693, 2019. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85069904093&doi=10.1016%2Fj.scitotenv.2019.07.269&partnerID=40&md5=a95239f7519df776b634f0f9efd312eb>>

SNOW, M. S. et al.  $^{237}\text{Np}$  analytical method using  $^{239}\text{Np}$  tracers and application to a contaminated nuclear disposal facility. **Journal of Environmental Radioactivity**, [s. l.], v. 172, p. 89–95, 2017. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85015775224&doi=10.1016%2Fj.jenvrad.2017.02.018&partnerID=40&md5=4dd1468dac0ac890af74a820687dddf>>

SÖDERSTRÖM, M. et al. Adaptation of regional digital soil mapping for precision agriculture. **Precision Agriculture**, [s. l.], v. 17, n. 5, p. 588–607, 2016. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84975784733&doi=10.1007%2Fs11119-016-9439-8&partnerID=40&md5=6fd369ef7556fe97bf7821470787fd89>>

8&partnerID=40&md5=6fd369ef7556fe97bf7821470787fd89>

SOLTANGHEISI, A. et al. Changes in soil phosphorus lability promoted by phosphate sources and cover crops. **Soil and Tillage Research**, [s. l.], v. 179, p. 20–28, 2018.

Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85041437065&doi=10.1016%2Fj.still.2018.01.006&partnerID=40&md5=19999abba7e4f41b5a61e6b03b52e3bd>>

STEINBUCH, L., BRUS, D. J., HEUVELINK, G. B. M. Mapping the probability of ripened subsoils using Bayesian logistic regression with informative priors.

**Geoderma**, [s. l.], v. 316, p. 56–69, 2018. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85038207851&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2017.12.010&partnerID=40&md5=13ba11ed1cfb30b158aec5869daf7499>>

STEVENS, F., BOGAERT, P., VAN WESEMAEL, B. Spatial filtering of a legacy dataset to characterize relationships between soil organic carbon and soil texture.

**Geoderma**, [s. l.], v. 237, p. 224–236, 2015. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84907546081&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2014.09.005&partnerID=40&md5=64bc204abd9280fced284cf0c1065aaf>>

STUMPF, F. et al. Incorporating limited field operability and legacy soil samples in a hypercube sampling design for digital soil mapping. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, [s. l.], v. 179, n. 4, p. 499–509, 2016. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84978039461&doi=10.1002%2Fjpln.201500313&partnerID=40&md5=1e3db33f79b645bdf1a49ae5971a6208>>

STUMPF, F. et al. Uncertainty-guided sampling to improve digital soil maps. **Catena**, [s. l.], v. 153, p. 30–38, 2017. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85012249477&doi=10.1016%2Fj.catena.2017.01.033&partnerID=40&md5=fd9f48b8e604fc1a53aacb2533a5fb47>>

SULAEMAN, Y. et al. Harmonizing legacy soil data for digital soil mapping in Indonesia. **Geoderma**, [s. l.], v. 192, n. 1, p. 77–85, 2013. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84869140373&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2012.08.005&partnerID=40&md5=4cba5b397228c6568b64fb5b6dd33122>>

SUN, X.-L. et al. Application of a Digital Soil Mapping Method in Producing Soil Orders on Mountain Areas of Hong Kong Based on Legacy Soil Data. **Pedosphere**, [s. l.], v. 21, n. 3, p. 339–350, 2011. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-79955394892&doi=10.1016%2FS1002-0160%2811%2960134-3&partnerID=40&md5=0b69ebe846e8409f08a8f7e301a95f4d>>

SUUSTER, E. et al. Modelling soil organic carbon concentration of mineral soils in arable land using legacy soil data. **EUROPEAN JOURNAL OF SOIL SCIENCE**, COMMERCE PLACE, 350 MAIN ST, MALDEN 02148, MA USA, v. 63, n. 3, p. 351–359, 2012.

SZATMÁRI, G., BARTA, K., PÁSZTOR, L. An application of a spatial simulated annealing sampling optimization algorithm to support digital soil mapping. **Hungarian Geographical Bulletin**, [s. l.], v. 64, n. 1, p. 35–48, 2015. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84928114580&doi=10.15201%2Fhungeobull.64.1.4&partnerID=40&md5=7f615536aa8a1e28e5e9ae7dadcd1311e>>

TAGHIZADEH-MEHRJARDI, R. et al. Synthetic resampling strategies and machine learning for digital soil mapping in Iran. **European Journal of Soil Science**, [s. l.],

2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85077976145&doi=10.1111%2Ffejss.12893&partnerID=40&md5=c32d932f2cc7e92ade90f490a7d0f75e>>

TERRA MACHADO, D. F. et al. Transferability, accuracy, and uncertainty assessment of different knowledge-based approaches for soil types mapping. **CATENA**, RADARWEG 29, 1043 NX AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 182, 2019.

TERRA MACHADO, D. F. et al. Soil type spatial prediction from Random Forest: different training datasets, transferability, accuracy and uncertainty assessment. **SCIENTIA AGRICOLA**, AV DR ENEAS DE CARVALHO AGUIAR, 419, CERQUERA CESAR, SP 05403-000, BRAZIL, v. 76, n. 3, p. 243–254, 2019.

THOMAS, I. A. et al. A sub-field scale critical source area index for legacy phosphorus management using high resolution data. **AGRICULTURE ECOSYSTEMS & ENVIRONMENT**, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 233, p. 238–252, 2016.

THOMAS, M. et al. Putting regional digital soil mapping into practice in Tropical Northern Australia. **GEODERMA**, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 241, p. 145–157, 2015.

TRUONG, P. N., HEUVELINK, G. B. M. Uncertainty quantification of soil property maps with statistical expert elicitation. **GEODERMA**, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 202, p. 142–152, 2013.

UGBAJE, S. U., REUTER, H. I. Functional digital soil mapping for the prediction of available water capacity in Nigeria using legacy data. **Vadose Zone Journal**, [s. l.], v. 12, n. 4, 2013. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84887790229&doi=10.2136%2Fvzj2013.07.0140&partnerID=40&md5=701b53a6f6d2c0e4fdb6f635e169330>>

VACCA, A. et al. A GIS based method for soil mapping in Sardinia, Italy: A geomatic approach. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 138, p. 87–96, 2014. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

84901408940&doi=10.1016%2Fj.jenvman.2013.11.018&partnerID=40&md5=662f36ade9fbd75e5ae6cac7b492bd10>

VADAS, P. A. et al. Estimating legacy soil phosphorus impacts on phosphorus loss in the chesapeake bay watershed. **Journal of Environmental Quality**, [s. l.], v. 47, n. 3, p. 480–486, 2018. Disponível em: <[https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85046781299&doi=10.2134%2Fjeq2017.12.048&partnerID=40&md5=31ca9975a35e52143f3f134fe999844e)

85046781299&doi=10.2134%2Fjeq2017.12.048&partnerID=40&md5=31ca9975a35e52143f3f134fe999844e>

VAYSSE, K., HEUVELINK, G. B. M., LAGACHERIE, P. Spatial aggregation of soil property predictions in support of local land management. **SOIL USE AND MANAGEMENT**, 111 RIVER ST, HOBOKEN 07030-5774, NJ USA, v. 33, n. 2, p. 299–310, 2017.

VAYSSE, K., LAGACHERIE, P. Evaluating Digital Soil Mapping approaches for mapping GlobalSoilMap soil properties from legacy data in Languedoc-Roussillon (France). **Geoderma Regional**, [s. l.], v. 4, p. 20–30, 2015. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84923093959&doi=10.1016%2Fj.geodrs.2014.11.003&partnerID=40&md5=74a4531056744be3301b0a81d58f9cb5>>

VERHEIJEN, F. G. A., MONTANARELLA, L., BASTOS, A. C. Sustainability, certification, and regulation of biochar. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, [s. l.], v. 47, n. 5, p. 649–653, 2012. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84865306766&doi=10.1590%2FS0100-204X2012000500003&partnerID=40&md5=ab1c4883e7c963e5246d24e419b7f077>>

VERMEER, J. A. M. et al. Reconstructing a prehistoric topography using legacy point data in a depositional environment. **Earth Surface Processes and Landforms**, [s. l.], v. 39, n. 5, p. 632–645, 2014. Disponível em:

<<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84897573534&doi=10.1002%2Fesp.3472&partnerID=40&md5=885924a6ad30c50b3f12906e62eef967>>

VERONESI, F., SCHILLACI, C. Comparison between geostatistical and machine learning models as predictors of topsoil organic carbon with a focus on local uncertainty estimation. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 101, p. 1032–1044, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85061610830&doi=10.1016%2Fj.ecolind.2019.02.026&partnerID=40&md5=4e9c7df11ad7cd76f9c6677267e5a74b>>

VITHARANA, U. W. A., MISHRA, U., MAPA, R. B. National soil organic carbon estimates can improve global estimates. **Geoderma**, [s. l.], v. 337, p. 55–64, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85053082685&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2018.09.005&partnerID=40&md5=214500e79da76acf63002a872802ce8f>>

WALTNER, I. et al. Possibilities for integrating Hungarian legacy soil data into international databases [Hazai archív talajadatok beillesztésének lehetőségei nemzetközi adatbázisokba]. **Agrokemia es Talajtan**, [s. l.], v. 61, n. 2, p. 263–276, 2012. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84870799528&doi=10.1556%2FAgrokem.60.2012.2.4&partnerID=40&md5=e8dace7a0c6db09b5a94fda2ccdd4f6b>>

WANG, Q., JIANG, Z., SUN, Z. Distribution and formation environment of Fe-Mn nodules in soils derived from Quaternary loess in North China [中国北方第四纪黄土发育土壤铁锰结核形成环境及空间分布 \*]. **Acta Pedologica Sinica**, [s. l.], v. 56, n. 2, p. 288–297, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85062654785&doi=10.11766%2Ftrxb201802250024&partnerID=40&md5=868ad72602496d4adeb5e99b6eb1fd88>>

WANG, Y. et al. Effect of cultivation history on soil organic carbon status of arable land in northeastern China. **Geoderma**, [s. l.], v. 342, p. 55–64, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85061291757&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2019.02.007&partnerID=40&md5=18dc257a0b3bc0591a4b367b9ab558e2>>

- WILFORD, J. R. et al. A regolith depth map of the Australian continent. **Geoderma**, [s. l.], v. 266, p. 1–13, 2016. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84949429475&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2015.11.033&partnerID=40&md5=5d587605645aee9cac4f9a4195198169>>
- WITHERS, P. J. A., DOODY, D. G., SYLVESTER-BRADLEY, R. Achieving Sustainable Phosphorus Use in Food Systems through Circularisation. **SUSTAINABILITY**, ST ALBAN-ANLAGE 66, CH-4052 BASEL, SWITZERLAND, v. 10, n. 6, 2018.
- XIAO-LIN, S. et al. Application of a Digital Soil Mapping Method in Producing Soil Orders on Mountain Areas of Hong Kong Based on Legacy Soil Data. **PEDOSPHERE**, 16 DONGHUANGCHENGGEN NORTH ST, BEIJING 100717, PEOPLES R CHINA, v. 21, n. 3, p. 339–350, 2011.
- XIE, X.-L., LI, A.-B. Identification of soil profile classes using depth-weighted visible–near-infrared spectral reflectance. **Geoderma**, [s. l.], v. 325, p. 90–101, 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85044925990&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2018.03.029&partnerID=40&md5=835fb7a1e06a5d092f0a2c4bb69f4b13>>
- YANG, H. et al. Hyper-temporal remote sensing data in bare soil period and terrain attributes for digital soil mapping in the Black soil regions of China. **Catena**, [s. l.], v. 184, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85073006923&doi=10.1016%2Fj.catena.2019.104259&partnerID=40&md5=700b50ebfeb033a43530b117e844e03>>
- YANG, L. et al. Evaluation of conditioned Latin hypercube sampling for soil mapping based on a machine learning method. **Geoderma**, [s. l.], v. 369, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85081985031&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2020.114337&partnerID=40&md5=1cc76e956971bb848dca0ce5a5e0f0c7>>
- YANG, L. et al. Regional Soil Mapping Using Multi-Grade Representative Sampling and a Fuzzy Membership-Based Mapping Approach. **Pedosphere**, [s. l.], v. 27, n. 2, p. 344–357, 2017. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2->

s2.0-85014401881&doi=10.1016%2FS1002-0160%2817%2960322-9&partnerID=40&md5=efbde590f5f776e5f7181f0233a96a91>

ZÁDOROVÁ, T., PENÍŽEK, V. Problems in correlation of Czech national soil classification and World Reference Base 2006. **Geoderma**, [s. l.], v. 167–168, p. 54–60, 2011. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-80055053271&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2011.09.014&partnerID=40&md5=8ae2ad1330fcef3e6d5022a3bc04eb3>>

ZERAATPISHEH, M. et al. Disaggregating and updating a legacy soil map using DSMART, fuzzy c-means and k-means clustering algorithms in Central Iran. **GEODERMA**, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 340, p. 249–258, 2019.

ZERAATPISHEH, M. et al. Conventional and digital soil mapping in Iran: Past, present, and future. **CATENA**, RADARWEG 29, 1043 NX AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 188, 2020.

ZHANG, S.-J. et al. An heuristic uncertainty directed field sampling design for digital soil mapping. **Geoderma**, [s. l.], v. 267, p. 123–136, 2016. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84953399455&doi=10.1016%2Fj.geoderma.2015.12.009&partnerID=40&md5=4cc903aa7458cbec9e39df38cb1574c1>>

ZHANG, W. et al. Estimating effective soil depth at regional scales: Legacy maps versus environmental covariates. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, [s. l.], v. 181, n. 2, p. 167–176, 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85034102936&doi=10.1002%2Fjpln.201700081&partnerID=40&md5=e33316cca1873386106517dab36f0b56>>

ZHAO, Y. et al. Uncertainty assessment for mapping changes in soil organic matter using sparse legacy soil data and dense new-measured data in a typical black soil region of China. **Environmental Earth Sciences**, [s. l.], v. 73, n. 1, p. 197–207, 2014. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84920710806&doi=10.1007%2Fs12665-014-3411-6&partnerID=40&md5=dd305c7182f95cf2df60885e9abf3ce9>>



ZIADAT, F. M. et al. Soil-Landscape Estimation and Evaluation Program (SLEEP) to predict spatial distribution of soil attributes for environmental modeling.

**INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERING**, RM 506, 41, MAIZIDIAN ST, CHAOYANG DISTRICT, BEIJING, 100125, PEOPLES R CHINA, v. 8, n. 3, SI, p. 158–172, 2015.

## APÊNDICE B – DOCUMENTOS QUE COMPÕEM O BANCO DE DADOS LEGADOS DO PLANALTO SERRANO DE SANTA CATARINA

BONFATTI, B.R. Geotecnologias aplicadas ao levantamento de solos e da aptidão agrícola da microbacia lajeado dos mineiros, São José do Cerrito, SC. 2012. 136 p. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Pós-Graduação em Manejo do Solo, SC, 2012.

FERREIRA, É.R.N.C. Química e Mineralogia de solos desenvolvidos de rochas alcalinas e ultrabásicas do Domo de Lages. 2013. 164 p. **Tese** (Doutorado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Pós-Graduação em Manejo do Solo, SC, 2013.

Folha SG.22 Curitiba, parte da folha SG.21 Asunción e folha SG.23 Iguape: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra / Projeto RadamBrasil. – Rio de Janeiro: IBGE, 2018 p. 954 – (Levantamento de recursos naturais, v. 35). Inclui bibliografia. ISBN 978-85-240-4483-0.

Folha SH.22 Porto Alegre e parte das folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra / Projeto RadamBrasil. – Rio de Janeiro: IBGE, 2018 p. 791 – (Levantamento de recursos naturais, v. 35). Inclui bibliografia. ISBN 8524002530.

LEMOS, R.C. et al. Levantamento semidetalhado dos solos da região de fruticultura de clima temperado do estado de Santa Catarina. [S.l]: MINTER/MEC/SUDESUL/UFSM/SAA-SC, 1975.

MUTTI, L.S.M.; AZOLIN, M.A.D. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de Santa Catarina. Santa Maria: [s.n.]: Ed. da UFSM. 1973 2v.(494p.) ISBN (Broch.).

SANTOS JUNIOR, J.B. dos. Solos com propriedades ândicas derivados de litologias da Formação Serra Geral em ambientes Altomontanos do Sul do Brasil. 2017. 185 p. **Tese** (Doutorado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Pós-Graduação em Ciência do Solo, SC, 2017.

SCIPIONI, M.C.; LUNARDI NETO, A.; SIMINSKI, A.; dos SANTOS, V. Forest edge effects on the phytosociological composition of an Araucaria Forest fragment in Southern Brazil. **Floresta**, v. 48, n. 4, p. 483-492, 2018. Disponível em: DOI: 10.5380/ufv.v48i4.51281>.

Solos do Estado de Santa Catarina. - Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 1 CD-ROM., mapa color. - (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 46). ISSN 1678-0892. Anexo mapa Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de Santa Catarina. Escala:1:250.000.

TESKE, R. Relações solo-litologia numa sequência de solos desenvolvidos de Rochas Efusivas no Planalto Sul de Santa Catarina. 2010. 122 p. **Dissertação**\_(Mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Pós-Graduação em Ciências Agrárias, SC, 2010.

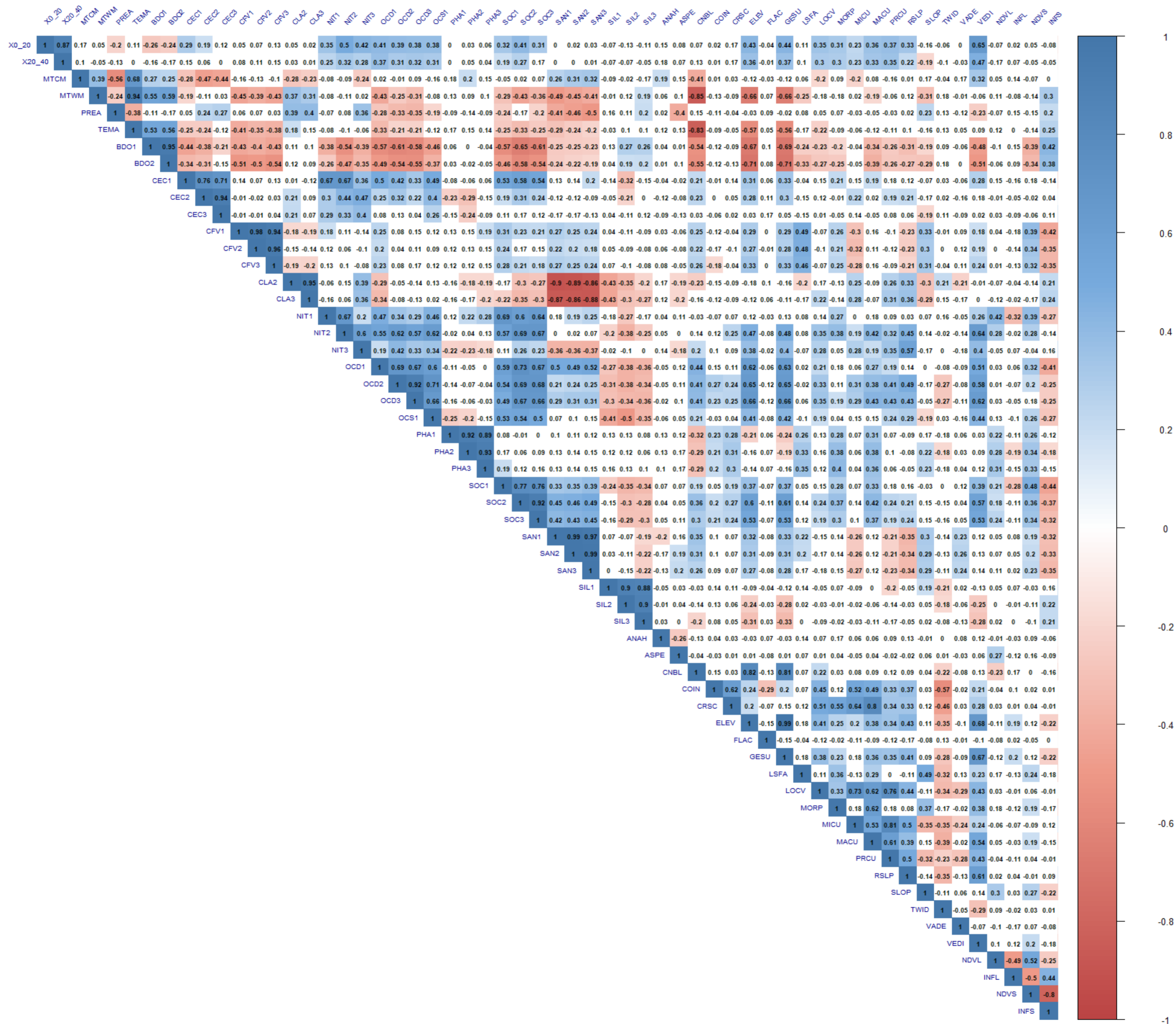
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA – UFSM. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de Santa Catarina. R. Centro de Ci. Rurais, 2:11-494, 1972.

VI RCC - REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO E APLICAÇÃO DE LEVANTAMENTOS DE SOLOS, 6., 2000, Colombo. Guia de excursão de estudos de solos nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Colombo: Embrapa Floresta / Rio de Janeiro: Embrapa Solos / Campinas: IAC, 2000. 222p. (Embrapa Florestas. Documentos, 222p.)

VIII RCC - Reunião Nacional de Correlação e Classificação de Solo. – Santa Catarina: Epagri, Embrapa Solos, 2008. (Guia de Excursão, não publicado).

### APÊNDICE C – MATRIZ DE CORRELAÇÃO DA INTERAÇÃO DAS COVARIÁVEIS AMBIENTAIS COM O CARBONO ORGÂNICO DO SOLO

Figura 20. Matriz de correlação completa da interação entre as variáveis predictoras e sua influência relativa, obtido através do coeficiente de Pearson ( $\rho$ ) na predição de carbono orgânico do solo para as camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm. Espaços em branco não apresentaram significância, valores positivos ou negativos próximos de 1, representam correlação forte enquanto que valores iguais ou próximos de 0 representam correlação fraca.



X0\_20: conteúdo de carbono orgânico no solo na camada superficial, de 0 a 20 cm; X20\_40: COrg na subsuperfície, de 20 a 40 cm; Covariáveis enumeradas representam as suas respectivas camadas analisadas, sendo 1 de 0 a 5 cm, 2 de 5 a 15 cm e 3 representando 15 a 30 cm. MTCM: Temperatura Mínima do Mês Mais Frio; MTWM: Temperatura do Mês Mais Quente; PREA: Precipitação Anual; TEMA: Temperatura Média Anual; BDO: Densidade Aparente; CEC: Capacidade de Troca Catiônica; CFV: Fragmentos Grossos Volumétricos; CLA: Conteúdo de Argila; NIT: Conteúdo de Nitrogênio; OCD: Densidade de Carbono Orgânico; OCS: Conteúdo de Carbono Orgânico; PHA: PH em água; SOC: Estoque de Carbono Orgânico; SAN: Conteúdo de Areia; SIL: Conteúdo de Silte; ANAH: Analytical Hillshading; ASPE: Face de Exposição; CNBL: Nível Básico da Rede do Canal; COIN: Convergence Index; CRSC: Cross-Sectional Curvature; ELEV: Elevação; FLAC: Acúmulo de Fluxo; GESU: Generalized Surface; LSFA: Fator LS; LOCV: Longitudinal Curvature; MORP: Morphometric Features; MICU: Minimum Curvature; MACU: Maximum Curvature; PRCU: Profile Curvature; RSLP: Posição da Declividade Relativa; SLOP: Declividade; TWID: Índice de Umidade Topográfica; VADE: Valley Depth; VEDI: Distância Vertical para a Rede de Canais; NDVL: Índice de Vegetação com Diferença Normalizada do Landsat-8; INFL: Bandas infravermelho do Landsat-8; NDVS: Índice de Vegetação com Diferença Normalizada do Sentinel-2; INFS: Bandas infravermelho do Sentinel-2.