

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta
dissertação estará disponibilizado
somente a partir de 20/07/2018.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**PROTOCOLO PARA USO DE DADOS LEGADOS NO
MAPEAMENTO DE SOLOS DO PLANALTO OCIDENTAL
PAULISTA**

Nélida Elizabet Quiñonez Silvero

Engenheira Agrônoma

2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**PROTOCOLO PARA USO DE DADOS LEGADOS NO
MAPEAMENTO DE SOLOS DO PLANALTO OCIDENTAL
PAULISTA**

Nélida Elizabet Quiñonez Silvero

Orientador: Prof. Dr. José Marques Júnior

Coorientador: Dr. Diego Silva Siqueira

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

2018

Silvero, Nélida Elizabet Quiñonez

S587p Protocolo para uso de dados legados no mapeamento de solos
do Planalto Ocidental Paulista / Nélida Elizabet Quiñonez Silvero. – –
Jaboticabal, 2018
xvi, 76 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018

Orientador: José Marques Júnior

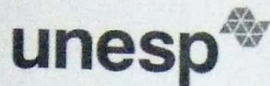
Banca examinadora: Ricardo Marques Coelho, Alan Rodrigo
Panosso

Bibliografia

1. Solos - variabilidade espacial. 2. Pedometria. 3. Solos -
classificação. 4. Pedodiversidade. 5. Solo-paisagem. I. Título. II.
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.4

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

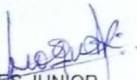
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: PROTOCOLO PARA USO DE DADOS LEGADOS NO MAPEAMENTO DE SOLOS DO PLANALTO OCIDENTAL PAULISTA

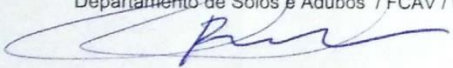
AUTORA: NÉLIDA ELIZABET QUIÑONEZ SILVERO

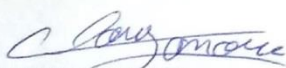
ORIENTADOR: JOSÉ MARQUES JUNIOR

COORIENTADOR: DIEGO SILVA SIQUEIRA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JOSÉ MARQUES JUNIOR
Departamento de Solos e Adubos / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Pesquisador Dr. RICARDO MARQUES COELHO
Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais / INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS


Prof. Dr. ALAN RODRIGO PANOSSO
Departamento de Matemática / Faculdade de Engenharia - UNESP - Ilha Solteira/SP

Jaboticabal, 20 de fevereiro de 2018

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

NELIDA ELIZABET QUIÑONEZ SILVERO – Nasceu em Carlos Antônio Lopez, Itapúa, Paraguai, em 12 de abril de 1992. Engenheira agrônoma pela Facultad de Ingeniería Agronómica da Universidad Nacional del Este (FIA – UNE), Minga Guazú, Paraguai. Formou-se em dezembro de 2015 e em março de 2016 começou os estudos de Mestrado Acadêmico em Agronomia (Ciência do Solo) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Câmpus de Jaboticabal, sendo beneficiada com a “Beca de Postgrado en el exterior Don Carlos Antonio Lopez” do Governo do Paraguai. Foi voluntaria no Projeto de Extensão “Juntos por Acaraymi”, da reitora da UNE, com ênfase em ensino de produção de hortaliças em comunidades indígenas. Participou em Jornadas de Jovens Pesquisadores, sendo ganhadora do Prêmio ao melhor trabalho científico (Título: “Caracterización de la Comunidad Indígena Acaray – Mi, parcialidad Ava Guaraní, del Distrito de Hernandarias – Alto Paraná”) na cidade de Valparaíso, no ano de 2014. Tem atuação na área de relação solo-paisagem, mineralogia do solo, modelagem matemática, análise multivariada, análise geoestatística e bacias hidrográficas. Atuou como gestora dos sites do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciência do Solo) e do Grupo de Pesquisa CSME “Caracterização do Solo para Fins de Manejo Específico”, do qual forma parte desde o ano de 2016.

AGRADECIMENTOS

A meus pais, pelo apoio e consideração ao longo destes dois anos.

A meu orientador, Prof. José Marques Júnior pela orientação, direcionamento e acompanhamento durante o mestrado. A meu Co-Orientador, Diego Silva Siqueira, pela amizade, orientações e conversas.

Ao Pesquisador Ricardo Marques Coelho, Professor Igo Lepsch e Alan Panosso pelas valiosas contribuições como banca examinadora.

A Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP de Jaboticabal. Ao Programa de Becas en el Exterior "Don Carlos Antonio López" pela concessão da bolsa de estudos.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro ao projeto temático "Geovariabilidade do Planalto Ocidental Paulista e sua relação com as mudanças climáticas e planejamento estratégico de uso e ocupação do solo" (Edital Universal 01/2016 - Faixa C, Proc.nº 402796/2016-0)

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Proc. nº 149940) e a PROPE / UNESP (Pró-reitora de Pesquisa da Universidade Estadual Paulista, Edital Nº 15/2014) pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa de fronteira "Diffuse reflectance spectroscopy and soil erodibility in Western Plateau Paulista, the context of soil-landscape"

Aos colegas do Grupo CSME: Simone, Kathleen, Milene, Laércio, Romário, Danilo, Angélica e Angelina, Lívia e Renato, por terem me acolhido e brindado todas as orientações. Aos amigos, Katharine, Kamila, Lisa, Shayne, Miguel, Sergio, Helsi, Angel, e todos os demais.

A Domingos da Costa Ferreira Júnior, símbolo de perseverança, companheirismo e apoio.

A todas aquelas pessoas que de alguma ou outra forma contribuíram para que minha formação e estadia seja a melhor possível. A todos eles, muito obrigada!

“As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens no céu. Assim devemos ser todo dia, mutantes, porém leais com o que pensamos e sonhamos; lembre-se, tudo se desmancha no ar, menos os pensamentos”.

Paulo Beleki

A meus pais, Patrício e Yolanda, guerreiros da vida.

DEDICO

SUMÁRIO

Conteúdo	Página
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
LISTA DE ABREVIACÕES	xiii
LISTA DE TABELAS	xiv
LISTA DE FIGURAS	xv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Pedodiversidade e variabilidade espacial dos atributos do solo.....	4
2.2. Modelos conceituais do delineamento de unidades de mapeamento e relação solo-paisagem.	7
2.3. Utilização das informações auxiliares no mapeamento de solos	10
2.4. Técnicas de classificação.....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Localização da área e amostragem	16
3.2. Atributos do solo.....	17
3.3. Análises de laboratório	19
3.4 Procedimento para mapeamento de solos	19
3.4.1 Concatenação das informações auxiliares.....	19
3.4.2 Caracterização dos atributos do solo em função das informações auxiliares	21
3.4.3 Análise multivariada	21
3.4.4 Análise geoestatística	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24

4.1 Caracterização dos atributos do solo	24
4.2 Análise de agrupamentos.....	31
4.3 Análise geoestatística	41
5. CONCLUSÕES.....	48
6. LITERATURA CONSULTADA	49
APÊNDICE	

PROTOCOLO PARA USO DE DADOS LEGADOS NO MAPEAMENTO DE SOLOS DO PLANALTO OCIDENTAL PAULISTA

RESUMO - São escassas as informações a respeito do recurso solo em escala adequada. Tais informações subsidiariam o estabelecimento de políticas públicas de uso e manejo e também o aprimoramento dos próprios mapas de solos. O presente trabalho tem por objetivo estabelecer um protocolo para o mapeamento de solos a partir de informações auxiliares e médias dos atributos do solo (diagnósticos e não diagnósticos). Foram coletadas 553 amostras de solo na profundidade de 0-0,20 m ao longo das rodovias do Estado de São Paulo, dentro do domínio geológico do Planalto Ocidental Paulista. Utilizaram-se informações de geologia, dissecação, pedologia e mapa de formas da paisagem, com diferentes escalas. Foram avaliados o conteúdo de argila, a suscetibilidade magnética, o ferro ditionito e o ferro oxalato, a hematita e a goethita, a caulinita e a gibbsita para cada informação auxiliar e para a união dessas informações. A variabilidade dos atributos foi estudada a partir de suas amplitudes (valores mínimo e máximo), e as médias foram utilizadas para o estabelecimento do protocolo. As amostras que representaram a mesma geologia, dissecação, pedologia e forma da paisagem foram concatenadas, dando como resultado 96 grupos. As médias destes grupos foram submetidas à análise de agrupamentos, visando a observar a estrutura dos dados e a diminuir a quantidade final de grupos. Os grupos obtidos a partir da análise de agrupamentos foram submetidos à análise geoestatística para a obtenção do mapa dos padrões espaciais. Os resultados mostraram diferenças marcantes dos atributos, principalmente para as informações geológicas e pedológicas. A análise de agrupamentos revelou a influência de cada informação na separação dos grupos. Para a área toda, foram delineados 11 grupos ou corpos de solos, considerando a distância euclidiana de (08) oito. Estes corpos de solos, considerados semelhantes pela análise de agrupamento, podem auxiliar na determinação de melhores locais para abertura de trincheiras e consequente levantamentos de solos. Este delineamento dos corpos de solos, além de considerar informações auxiliares e variabilidade dos atributos do solo, pode ajudar a diminuir a subjetividade associada ao mapeamento tradicional de solos.

Palavras-chave: variabilidade espacial, pedometria, classificação de solos, pedodiversidade, relação solo-paisagem.

PROTOCOL FOR USING SOIL DATA LEGACY FOR THE SOIL MAPPING IN THE SÃO PAULO WEST PLATEAU

ABSTRACT - Information about the soil resource is scarce in an adequate scale. This information would support the establishment of public policies of its use and management and as well the improvement of the soil maps. This work aim to establish a protocol for the design of soil bodies from soil data legacy and average information of diagnostic and non-diagnostic soil attributes. It was collected 553 soil samples from 0-0.20 depth along the highways of São Paulo State, within the geological province of the Western Plateau of São Paulo. Data from geology, geomorphology, pedology and landform maps were used. Clay content, magnetic susceptibility, oxalate and dithionite iron, hematite and goethite, kaolinite and gibbsite were assessed for each auxiliary information and for the union of these data. The variability of the attributes was analyzed through their amplitude (maximum and minimum values) and the means were used for the establishment of the protocol. Samples that presented the same geology, dissection, pedology and landform were concatenated, leading to 96 groups. The means of these groups were submitted to cluster analysis to evaluate the data structure and reduce the final number of groups. The groups obtained from cluster analysis were submitted to geostatistical analysis for the creation of isoline maps. The results indicated remarkable difference between the attributes mainly for the geological and pedological data. Cluster analysis revealed the influence of each information on group separation. For the whole area, 11 groups or soil bodies were designed, considering the Euclidian distance of (08) eight. These soil bodies, considered similar by the cluster analysis might help on the determination of the best places to open trenches and consequently for soil data collection. This design of soil bodies, in addition to consider auxiliary information and variability of soil attributes, might help to decrease the subjectivity associated to the traditional soil mapping.

Keywords: spatial variability, pedometry, soil classification, pedodiversity, soil-landscape relationship.

LISTA DE ABREVIACÕES

AR	Araçatuba
Cc	Forma côncava
CDI	Coberturas detríticas indiferenciadas
Ct	Caulinita
Cx	Forma convexa
DBC	Ditionito-citrato-bicarbonato
DCE	Depósito colúvio-eluvionar
Fe _d	Ferro extraído por DBC
Fe _o	Ferro extraído por oxalato de amônio
Gb	Gibbsita
Gt	Goethita
Hm	Hematita
IT	Itaquerí
LVaf	Latossolo Vermelho acriférrico
LVAd	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico
LVd	Latossolo Vermelho distrófico
LVdf	Latossolo Vermelho distroférrico
LVEf	Latossolo Vermelho eutroférrico
MA	Marília
PI	Forma plana
POP	Planalto Ocidental Paulista
PP	Presidente Prudente
RP	Rio Paraná
AS	Santo Anastácio
SG	Serra Geral
SJRP	São José do Rio Preto
SM	Suscetibilidade magnética
ST	Soil Taxonomy
VRP	Vale do Rio do Peixe
UM	Unidade de mapeamento
WRB	World Reference Base for Soil Resources

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Médias e desvio padrão para os atributos argila e suscetibilidade magnética em função da concatenação das informações auxiliares....	32
Tabela 2.	Médias e desvio padrão para cada uma dos corpos de solos delineados.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Índice global de Shannon e destaque para os índices do Brasil (Adaptado de MINASNY et al., 2010).....	5
Figura 2.	Distância euclidiana entre dois objetos medidos sobre duas variáveis X e Y.....	14
Figura 3.	Geologia (escala 1:200.000, modificado de Fernández, 1998). AR: Araçatuba, BO: Botucatu, CDI: Coberturas detríticas indiferenciadas, DA: Depósitos aluvionares DCE: Depósitos colúvio-eluvionares, IT: Itaquerí, MA: Marília, PP: Presidente Prudente, RP: Rio Paraná, AS: Santo Anastácio, SG: Serra Geral, SJRP: São Jose do Rio Preto, VRP: Vale do Rio do Peixe. b. Dissecção: Alta, Intermediária e baixa. c. Pedologia (escala 1:500.000, IAC): PV: Argissolo Vermelho, PVA: Argissolo Vermelho Amarelo, GX: Gleissolo Háptico, LA: Latossolo Amarelo, LV: Latossolo Vermelho, LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo, NF: Neossolo Flúvico, NL: Neossolo Litólico, NQ: Neossolo Quartzarênico, NiV: Nitossolo Vermelho. d. Formas da paisagem: Cc: Côncavo, Cx: Convexo, Pl: Linear. e. Pontos amostrais.....	18
Figura 4.	Proposta de protocolo para delineamento de corpos de solos.....	20
Figura 5.	Médias e amplitudes de atributos do solo em função da formação geológica. Formações = AR: Araçatuba, BO: Botucatu, IT: Itaquerí, MA: Marília, PP: Presidente Prudente, RP: Rio Paraná, SA: Santo Anastácio, SG: Serra Geral, SJRP: São José do Rio Preto, VRP: Vale do Rio do Peixe. As relações $Hm/(Hm+Gt)$, $Ct/(Ct+Gb)$ e Feo/Fed são adimensionais.....	26
Figura 6.	Boxplots para atributos do solo em função da classe de solo. LVAd: Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, LVaf: Latossolo Vermelho acriférico, LVd: Latossolo Vermelho distrófico, LVdf: Latossolo Vermelho distroférico, LVef: Latossolo Vermelho eutrófico, NiVef: Nitossolo Vermelho eutrófico, NLe: Neossolo Litólico eutrófico, PVAd: Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, PVAe: Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico, PVAea: Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico abrupto, PVAed: Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico-distrófico, PVd: Argissolo Vermelho distrófico, PVe: Argissolo Vermelho eutrófico.....	28

Figura 7.	Boxplots para atributos do solo em função da classe de solo. Hm: Hematita, Gt: Goethita, Ct: Caulinita, Gb: Gibbsita, LVAd: Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, LVaf: Latossolo Vermelho acriférrico, LVd: Latossolo Vermelho distrófico, LVdf: Latossolo Vermelho distroférico, LVef: Latossolo Vermelho eutroférico, NiVef: Nitossolo Vermelho eutroférico, NLe: Neossolo Litólico eutrófico, PVAd: Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, PVAe: Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico, PVAea: Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico abrupto, PVd: Argissolo Vermelho distrófico, PVe: Argissolo Vermelho eutrófico.....	30
Figura 8.	Dendrogramas para cada uma das informações auxiliares. A. Geologia, B. Dissecação, C. Pedologia, D. Forma da paisagem.....	37
Figura 9.	Dendrograma para a concatenação das informações secundárias.....	39
Figura 10.	Contribuição relativa dos atributos do solo para os dois primeiros componentes principais.....	40
Figura 11.	Semivariograma ajustado para o conjunto de dados concatenados.....	41
Figura 12.	Mapa de isolinhas das principais unidades delineadas a partir dos grupos obtidos na análise de agrupamentos.....	42
Figura 13.	Variação vertical do atributo argila para cada uma das unidades delineadas. Dados coletados da base de dados SoilGrids	46

1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação dos gestores agrícolas e não agrícolas com a escassez de dados sobre os solos promoveu a realização de um Acórdão TC n. 1942/2015, fruto da Auditoria TC n.011.713/2015-1 conduzida pelo Tribunal de Contas da União (TCU). Este Acórdão promoveu o estabelecimento do Programa Nacional de Solos (PRONASOLOS), cujo objetivo principal é a realização de levantamentos pedológicos em caráter multiescalar (EMBRAPA, 2016). No Brasil, os levantamentos e mapeamentos de solos são conduzidos seguindo os princípios da escola russa e utilizando sistemas de classificação que são similares ao *Soil Taxonomy* (ST) da escola americana. Atualmente no Brasil somente 0,13% da área total está representada por mapas em escala $\geq 1:25.000$ (SANTOS et al., 2013).

Entre os principais problemas encontrados para a obtenção de mapas pedológicos ou mapas de atributos de forma tradicional, destacam-se as dificuldades financeiras e o tempo demandado para a condução do levantamento (SILVA et al., 2016). O método tradicional considera o delineamento de unidades de mapeamento a partir da utilização dos modelos conceituais da relação solo-paisagem (HUDSON, 1992), partindo do conhecimento e do estudo das diferentes feições da paisagem e o consequente delineamento dos corpos de solo com base nas observações de campo.

As relações solo-paisagem auxiliam no entendimento de como os processos pedogenéticos condicionam a variabilidade dos atributos (VASU et al., 2016), sendo os solos relacionados a suas paisagens por processos geomórficos com os quais eles coevoluem (BOCKHEIM et al., 2005). Estes modelos empíricos da relação solo-paisagem foram utilizados por muito tempo para prever a distribuição espacial das classes de solos, sendo que estas relações foram transmitidas a pedólogos menos experientes, principalmente a partir da educação e da prática (BUI; CORNER, 1999; BUI, 2004), com intenso trabalho de campo para reconhecer os padrões de variação dos solos na paisagem.

Na década de 1970, alguns autores já demonstraram que o mapeamento tradicional de solos era pouco eficiente, devido a sua subjetividade, principalmente no delineamento das unidades de mapeamento. Bie e Beckett (1973) observaram que existem muitas diferenças nas estratégias de mapeamento de diferentes pedólogos quando se trata de mapear o mesmo solo, diferindo consideravelmente a porcentagem de pureza dos mapas e os limites das unidades de mapeamento. Em anos recentes, Bazaglia Filho et al. (2013) ressaltaram a mesma questão, colocando em evidência as diferenças entre mapas de solos obtidos por diferentes pedólogos. Porém, vários são os esforços dos cientistas do solo ao redor do mundo para tentar melhorar as metodologias utilizadas no levantamento de solos. Desde o ano 2003, quando McBratney e colaboradores definiram o mapeamento digital de solos (MDS), foi muito grande o avanço na área da pedologia, e os esforços concentraram-se em procurar modelos que descrevessem melhor as relações solo-paisagem de uma determinada área, principalmente utilizando ferramentas matemáticas e estatísticas sofisticadas.

No entanto, como a descrição dos padrões espaciais é frequentemente restrita à variação espacial em toda a gama de valores de atributos (GOOVAERTS, 1999), que estão condicionados aos processos e fatores envolvidos na formação do solo (JENNY, 1941), a procura por melhores ferramentas matemáticas e estatísticas é insuficiente se estes padrões de variabilidade não forem primeiro bem conhecidos e interpretados.

Assim, levantamentos e mapeamentos podem ser executados com sucesso, seguindo os modelos da paisagem com a utilização de informações auxiliares, como a geomorfologia, a hidrologia e a estratigrafia (LEPSCH, 2013) e a utilização de técnicas matemáticas, fazendo do entendimento dos padrões de variabilidade do solo uma tarefa mais fácil. No Brasil, o Estado de São Paulo tem sido pioneiro na condução de estudos sobre os padrões de variabilidade dos solos a partir do estudo da paisagem (LEPSCH; BUOL; DANIELS, 1977; MARQUES JÚNIOR; LEPSCH, 2000) e com utilização de informações auxiliares, como geologia e geomorfologia, para a caracterização mineralógica dos solos (SILVA, 2016). Contudo, no âmbito

geológico-geomorfológico, ainda existem carências que impossibilitam as descobertas sobre os solos em grandes áreas (VIDAL-TORRADO et al., 2005).

No contexto mencionado acima, o desafio científico deste trabalho enquadra-se no estabelecimento de um protocolo de mapeamento de solos para o delineamento de corpos de solos, considerando informações auxiliares de geologia, dissecação, de pedologia e de formas da paisagem, além das médias dos atributos diagnósticos e não diagnósticos.

Assim, a hipótese do trabalho é que as médias dos atributos do solo e a relação solo-paisagem, estabelecida a partir da utilização de informações auxiliares, possibilitam a criação de um protocolo para o mapeamento de solos. Consequentemente, o objetivo do trabalho é o estabelecimento de um protocolo para o mapeamento de solos a partir da utilização das médias dos atributos do solo e de informações auxiliares.

5. CONCLUSÕES

O protocolo híbrido integrando modelagem multivariada e geoestatística de dados legados da geologia, dissecação da paisagem e formas do relevo foi eficaz no mapeamento de solos do Planalto Ocidental Paulista.

O uso de informações da mineralogia do solo, expressas pela assinatura magnética, contribuiu para o desenvolvimento do protocolo de mapeamento dos solos e diferentes ambientes pedogenéticos.

Futuros trabalhos de mapeamento ou identificação de ambientes pedogenéticos em regiões geoclimáticas similares, podem utilizar as informações desta proposta para orientar planejamento de trincheiras pedológicas e escolha do atributo sensível as variações dos fatores e processos de formação em ambiente tropical.

6. LITERATURA CONSULTADA

ARKLEY, R. J. Factor analysis and numerical taxonomy of soils. **Proceedings of the Soil Science Society of America**, v. 35, p. 312-315, 1971.

ARKLEY, R. J. Statistical methods in soil classification research. **Advances in Agronomy**, v. 28, p. 37–70, 1976.

ARNOLD, R. W.; WILDING, L. P. **The need to quantify spatial variability.** In: **Spatial Variabilities of soils and landforms.** In: SSSA Special Publications 28. MAUSBACH, M. J.; WILDING, P. (Ed.). Madison: SSSA, 1991. p. 1-8.

ARNOLD, R. W. Soil survey and soil classification. In: **Environmental soil-landscape modeling: geographic information technologies and pedometrics.** Grunwald, S. (Ed.). p. 37-60, 2005.

ARRUDA, G. P. 2012. **Estratégias de mapeamento digital de solos por redes neurais artificiais baseadas na relação solo-paisagem.** 2012, 104f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2012.

ARRUDA, G. P. DE; DEMATTÊ, J. A. M.; CHAGAS, C. D. S. Mapeamento Digital de solos por redes neurais artificiais com base na relação solo-paisagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 327–338, 2013.

ATKINSON, P. M.; TATE, N. J. Spatial Scale Problems and Geostatistical Solutions: A Review*. **Professional Geographer**, v. 52, n. 4, p. 607–623, 2000.

ATKINSON, P. M. Downscaling in remote sensing. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, n. 22, p. 16–114, 2013.

BAZAGLIA FILHO, O.; RIZZO, R; LEPSCH, I. F.; GOMES, F. H.; MAZZA, J. A.; DEMATTE, J. A. M. Comparison between detailed digital and conventional soil maps of an area with complex geology. **Revista Brasileira de Ciência do Solo do Solo**, v. 37, n. 2, p. 1136–1148, 2013.

BIE, S. W.; BECKETT, P. H. T. Comparison of four independent soil surveys by air-photo interpretation, Paphos Area (CYPRUS). **Photogrammetria**, v. 29, p. 189–202, 1973.

BOCKHEIM, J. G.; GENNADIYEV, A. N. The role of soil-forming processes in the definition of taxa in Soil Taxonomy and the World Soil Reference Base. **Geoderma**, v. 95, n. 1–2, p. 53–72, 2000.

BOCKHEIM, J. G.; GENNADIYEV, A. N.; HAMMER, R. D.; TANDARICH, J. P. Historical development of key concepts in pedology. **Geoderma**, v. 124, n. 1–2, p. 23–36, 2005.

BRADY, N.; WEIL, R. **Elementos da natureza e propriedades do solo**. Traduc. Igo Fernando Lespch. 3 ed. Porto Alegre: BOOKMAN, 2013, 686p.

BREVIK, E. C.; CALZOLARI, C.; MILLER, B. A.; PEREIRA, P.; KABALA, C.; BAUMGARTEN, A.; JORDAN, A. Soil mapping, classification, and pedologic modeling: History and future directions. **Geoderma**, v. 264, p. 256–274, 2016.

BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: A review. **Geoderma**, v. 124, n. 1–2, p. 3–22, 2005.

BUI, E. N.; CORNER, R. J. Extracting soil-landscape rules from previous soil surveys. **Australian Journal of Soil Research**, n. 37, p. 495–508, 1999.

BUI, E. N. Soil survey as a knowledge system. **Geoderma**, n. 120, p. 17–26, 2004.

BUI, L. V.; STAHR, K.; CLEMENS, G. A fuzzy logic slope-form system for predictive soil mapping of a landscape-scale area with strong relief conditions. **Catena**, v. 155, p. 135–146, 2017.

BUOL, S. W.; SOUTHARD, R. J.; GRAHAM, R. C.; McDANIEL, P. A. **Soil Genesis and classification**. Iowa: Iowa State University, 1997. 527 p.

CAMARGO, L. A.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, D. S.; HORVAT, R. A. Variabilidade espacial de atributos mineralógicos de um latossolo sob diferentes formas de relevo. I - Mineralogia da fração argila. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 2269–2277, 2008.

CAMPBELL, N.; MULCAHY, M.; MCARTHUR, W. Numerical classification of soil profiles on the basis of field morphological properties. **Australian Journal of Soil Research**, v. 8, n. 1, p. 43, 1970.

CAMPBELL, J. B. Spatial variation of sand content and pH within single contiguous delineations of two soil mapping units. **Soil Science Society of America Journal**, v. 42, n. 3, p. 460, 1977

CAMPOS, M. C. C.; CARDOZO, N. P.; MARQUES JÚNIOR, J. Modelos de paisagem e sua utilização em levantamentos pedológicos. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 1, p. 104–114, 2006.

CAMPOS, M.; ANTONANGELO, J. A.; ALLEONI, L. R. F. Phosphorus sorption index in humid tropical soils. **Soil and Tillage Research**, v. 156, p. 110–118, 2016.

CARNEIRO, M. A. C.; DE SOUZA, E. D.; DOS REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; DE AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p. 147–157, 2009.

CARVALHO JÚNIOR, W.; LAGACHERIE, P.; CHAGAS, C. S.; CALDERANO FILHO, B.; BHERING, S. B. A regional-scale assessment of digital mapping of soil attributes in a tropical hillslope environment. **Geoderma**, v. 232–234, p. 479–486, 2014.

COELHO, A. M. Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e das culturas. **Documentos** 46, v. 3, p. 60, 2005.

COOK, S.; CORNER, R. J. ; GROVES, P. R.; GREALISH, G. J. Use of airborne gamma radiometric data for soil mapping. **Australian Journal of Soil Research**, v. 34, n. 1, p. 183-194, 1996.

COSTA, A. C. S.; BIGHAM, J. M.; RHOTON, F. E.; TRAINA, S. J. Quantification and characterization of maghemite in soils derived from volcanic rocks in southern Brazil. **Clays and Clay Minerals**, Aurora, v. 47, n. 4, p. 466-473, 1999.

COSTA, A.C.S, BIGHAM, J.M. **Óxidos de ferro**. In: Melo, V. F.; Alleoni, L. R. F. (Eds.). Química e Mineralogia do Solo. Parte I: Conceitos Básicos. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 2009, pp.505-572.

CUNHA, P.; MARQUES JÚNIOR, J.; CURI, NILTON; PEREIRA, G. T.; LEPSCH, I. F. Superfícies geomórficas e atributos de Latossolos em uma sequencia arenítico-basáltica da região de Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 2, p. 81–90, 2005.

DA SILVA, A. F.; HALMEMAN, R. J.; ZIMBACK, C. R. L. Dependencia espacial de atributos diagnósticos para delimitação de classes de solos. **Geociências**, v. 32, n. 1, p. 93–100, 2013.

DA SILVA, A. F.; PEREIRA, M. J.; CARNEIRO, J. D.; ZIMBACK, C. R. L.; LANDIM, P. M. B.; SOARES, A. A new approach to soil classification mapping based on the spatial distribution of soil properties. **Geoderma**, v. 219–220, p. 106–116, 2014.

DANIELS, R. B.; GAMBLE, E. F.; CADY, J. G. The relation between geomorphology and soil morphology and genesis. **Advances in Agronomy**, Baltimore, v. 23, n. 1, p. 51-87, 1971.

DALRYMPLE, J.B., BLONG, R.J., CONACHER, A.J., 1968. A hypothetical nine unit land a surface model. **Z. Geomorphol.** 12, 60–76.

DEMATTE, J. A. M.; ALVES, M. R.; GALLO, B. C.; FONGARO, C. T. Detecção de limites de solos por dados espectrais e de relevo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 718–729, 2014.

DEARING, J. A. **Environmental magnetic susceptibility**: Using the Bartington MS2 system. 2. ed. Kenilworth: Chi Publishing, 1999. 54 p.

DOTTO, A. C.; DALMOLIM, R. S. D.; ten CATEN, A.; MOURA-BUENO, J. M. Potential of Spectroradiometry to Classify Soil Clay Content. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 1–8, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p. (Série Manuais).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013, 353 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Programa Nacional de Solos do Brasil (PronaSolos)**. Documentos 183. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2016. 54p.

ETCHEBEHERE, M. L. D. C. **Terraços neoquarternários no vale do Rio do Peixe, Planalto Ocidental Paulista: Implicações estratigráficas e tectônicas**. 2000. 121f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

EVERITT, B. S. **Cluster Analysis**. 3rd Edition. Arnold, London, 1993.

FERNANDES, L. A.; CASTRO, A. B.; BASILICI, G. Seismites in continental sand sea deposits of the Late Cretaceous Caiuá Desert, Bauru Basin, Brazil. **Sedimentary Geology**, Amsterdam, v. 199, n. 1–2, p. 51–64, 2007.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. Revisão estratigráfica da parte oriental da bacia Bauru (Neocretáceo). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, n. 4, p. 717–728, 2000.

FERNANDES, K. L. **Estimativa da caulinita e gibbsita por técnicas de difração de Raios X e Espectroscopia de Reflectância Difusa dos solos do Planalto Ocidental Paulista**. 2017. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2017.

FAO. 2007. **Base de Referencia Mundial para el Recurso Suelo**. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/011/a0510s/a0510s00.htm>. Acesso em: 24 de setembro de 2017.

FINK, J. R.; INDA, A. V.; BAVARESCO, J.; BARRON, V.; TORRENT, J.; BAYER, C. Research adsorption and desorption of phosphorus in subtropical soils as affected by management system and mineralogy. **Soil & Tillage Research**, v. 155, p. 62–68, 2016.

GOLDEN, M.; MICHELI, E.; DITZLER, C.; ESWARAN, H.; OWENS, P.; McBRATNEY, A.; HEMPEL, J.; MONTANARELLA, L.; SCHAD, P. **Time for a Universal Soil Classification System**. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. **Proceedings...**2010. Disponível em: <http://iuss.org/19th_WCSS/Symposium/pdf/0463.pdf>. Acesso em: 22 set. 2017.

GOOVAERTS, P. Geostatistics in soil science: state-of-art and perspectives. **Geoderma**, v. 89, p. 1–45, 1999.

GRAUER-GRAY, J.; HARTEMINK, A. E. Raster sampling of soil profiles. **Geoderma**, v. 318, p. 99–108, 2018.

GRAY, J.; BISHOP, T.; WILFORD, J. Lithology as a powerful covariate in digital soil mapping. In: ARROUAYS, D.; MCKENZIE, N.; HEMPEL, J.; FORGES, A. R.; MCBRATNEY, A. (Eds.) **GlobalSoilMap: Basis of the Global Spatial Soil Information System**. Leiden: CRC Press, 2014. p. 433–439.

GRISON, H.; PETROVSKY, E.; KAPICKA, A.; STEJSKALOVA, S. Magnetic and chemical parameters of andic soils and their relation to selected pedogenesis factors. **Catena**, v. 139, p. 179–190, 2016.

GRUNWALD, S. **Environmental Soil-Landscape Modeling: Geographic information technologies and pedometrics**. New York: CRC Press, 2005. 453pp.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. 6ed. São Paulo: Bookman, 2009, 687p.

HAN, J.; KAMBER, M.; PEI, J. **Data mining: concepts and techniques**. Waltham: Elsevier, 2012.

HAN, P.; WANG, J.; MA, Z.; LU, A.; GAO, M.; PAN, L. Application of fuzzy clustering analysis in classification of soil in Qinghai and Heilongjiang of China. **IFIP Advances in Information and Communication Technology**, v. 344 AICT, n. PART 1, p. 282–289, 2011.

HANESCH, M.; SCHOLGER, R. The influence of soil type on the magnetic susceptibility measured throughout soil profiles. **Geophysical Journal International**, v. 161, p. 50–56, 2005.

HUDSON, H. D. The soil survey as paradigm-based science. **Soil Science Society of America Journal**, v. 3–4, n. 56, p. 836–841, 1992.

IBÁÑEZ, J. J.; KRASILNIKOV, P. V.; SALDAÑA, A. Archive and refugia of soil organisms: Applying a pedodiversity framework for the conservation of biological and non-biological heritages. **Journal of Applied Ecology**, v. 49, n. 6, p. 1267–1277, 2012.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. IPT. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. IPT, 1981. Escala 1:500.000

IZENMAN, A. J. **Modern Multivariate Statistical Techniques. Regression, Classification, and Manifold Learning**. Springer, New York, 2008.

JARAMILLO, D. F. Variabilidad espacial del duelo: Bases para su estudio. **Revista de la Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia**. v. 1, p. 73–87, 2012.

JENNY, H., **Factors of Soil Formation**, A System of Quantitative Pedology. McGraw-Hill, New York, 1941.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. Prentice-Hall, New Jersey, 1992.

JORDANOVA, N. **Soil Magnetism Applications in Pedology , Environmental Science and Agriculture**. Elsevier, 2016.

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v. 23, p. 187-200, 1958.

KANU, M. O.; MELUDU, O. C.; ONIKU, S. A. Comparative study of top soil magnetic susceptibility variation based on some human activities. **Geofísica Internacional**, v. 53, p. 411–423, 2014.

KANTARDZIC, M. **Data Mining. Concepts, Models, Methods, and Algorithms**. IEEE, Wiley, New Jersey, 2011.

KRIPPENDORFF, K. **Clustering**. In P. R. Monge & J. N. Cappella (Eds.), *Multivariate techniques in human communication research*. New York, NY: Academic Press, 1980.

KUILENBURG, J. VAN; DE GRUJTER, J. J.; MARSMAN, B.A. BOUMA, J. Accuracy of spatial interpolation between point data on soil moisture supply capacity, compared with estimates from mapping units. **Geoderma** v. 27, p. 311–325, 1982.

LEPSCH, I. F.; BUOL, S. W.; DANIELS, R. B. Soil-landscape Relationships in the Occidental Plateau of Sao Paulo State, Brazil: I. Geomorphic Surfaces and Soil Mapping Units. **Soil Science Society American Journal**, v. 41, n. 1, p. 104–109, 1977.

LEPSCH, I. F. **19 Lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 456p.

LEPSCH, I. F. As necessidades de efetuarmos levantamentos pedológicos detalhados no Brasil e de estabelecermos as séries de solos. **Revista Tamoios**, v. 9, n. 1, p. 3–15, 2013.

MARQUES JÚNIOR, J.; LEPSCH, I. F. Depósitos superficiais neoceno-zóicos, superfícies geomórficas e solos em Monte Alto, SP. **Geociências**, v. 19, n. 2, p. 265–282, 2000.

MARQUES JÚNIOR, J. **Caracterização de áreas de manejo específico no contexto das relações solo-relevo**. 110f. 2009. Tese (Livre-docencia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

MARQUES JR, J.; SIQUEIRA, D. S.; CAMARGO, L. A.; TEIXEIRA, D. D. B.; BARRON, V.; TORRENT, J. Magnetic susceptibility and diffuse reflectance spectroscopy to characterize the spatial variability of soil properties in a Brazilian Haplustalf. **Geoderma**, v. 219–220, p. 63–71, 2014.

MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: SWINEFORD, A. (Ed.). **National conference on clays and clay mineral**. Washington: Pergamon Press, 1960. p. 317– 342.

MELO, V.F, WYPYCH, F. Caulinita e haloisita. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. **Química e Mineralogia do Solo**. Parte I: Conceitos Básicos. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 2009. pp.427-504.

MENEZES, M. D.; SILVA, S. H. G.; OWENS, P. R.; CURI, N. Digital soil mapping approach on fuzzy logic and field expert knowledge. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, n. 4, p. 287–298, 2013.

MINASNY, B.; MCBRATNEY, A. B. Incorporating taxonomic distance into spatial prediction and digital mapping of soil classes. **Geoderma**, v. 142, n. 3-4, p. 285–293, 2007.

MINASNY, B.; MCBRATNEY, A. B.; HARTEMINK, A. E. Global pedodiversity, taxonomic distance, and the World Reference Base. **Geoderma**, v. 155, n. 3–4, p. 132–139, 2010.

MINASNY, B.; MCBRATNEY, A. B. Digital soil mapping: A brief history and some lessons. **Geoderma**, v. 264, p. 301–311, ago. 2015.

McBRATNEY, A. B.; WEBSTER, R. Spatial dependence and classification of the soil along a transect in northeast Scotland. **Geoderma**, v.26, p. 63-82, 1981.

McBRATNEY, A. B.; MENDONÇA SANTOS, M. L.; MINASNY, B. On digital soil mapping. **Geoderma**, v. 117, p. 3–52, 2003.

McBRATNEY, A.; MINASNY, B. On measuring pedodiversity. **Geoderma**, v. 141, p. 149–154, 2007.

MURDOCK, K. J.; WILKIE, K.; BROWN, L. L. Geoscientific instrumentation methods and data systems rock magnetic properties, magnetic susceptibility, and organic geochemistry comparison in core LZ1029-7 Lake El'gygytgyn, Russia Far East. **Climate Past**, v. 9, p. 467–479, 2013.

NORRIS, J. M. The application of multivariate analysis to soil studies. **Journal of Soil Science**, v. 22, n. 1, p. 69–80, 1971.

ODGERS, N. P.; SUN, W.; McBRATNEY, A. B.; MINASNY, B.; CLIFFORD, D. Disaggregation and harmonisation of soil map units through resampled classification trees. **Geoderma**, v. 214, p. 91–100, 2014.

PHILLIPS, J. D. The relative importance of intrinsic and extrinsic factors in pedodiversity. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 91, n. 4, p. 609–621, 2001.

PHILLIPS, J. D. Soil Complexity and Pedogenesis. **Soil Science**, v. 182, n. 4, p. 117–127, 2017.

PINGGUO YANG; BYRNE, J. M.; YANG, M. Spatial variability of soil magnetic susceptibility , organic carbon and total nitrogen from farmland in northern China. **Catena**, v. 145, p. 92–98, 2016.

RAMOS, P. V, DALMOLIM, R. S. D., MARQUES JÚNIOR, J. SIQUEIRA, D. S., ALMEIDA, J. A. de, MOURA-BUENO, J. M. Magnetic susceptibility of soil to differentiate soil environments in Southern Brazil. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v. 41, p. 1–13, 2017.

RENCHEER, A. C. **Methods of Multivariate Analysis**. 2ed. Madison: John Wiley & Sons, 2002.

ROGOWSKI, A. S.; WOLF, J. K. Incorporating variability into soil map unit delineations. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, n. 1, p. 163, 1994.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, Piracicaba, v. 10, p. 41-58, 1996.

ROUDIER, P.; MALONE, P.; HEDLEY, C. B.; MINASNY, B.; McBRATNEY, A. B. Comparison of regression methods for spatial downscaling of soil organic carbon stocks maps. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 142, p. 91–100, 2017.

SALAHAT, M.; MOHTAR, R. H.; BRAUDEAU, E.; SCHULZE, D. G.; ASSI, A. Toward delineating hydro-functional soil mapping units using the pedostructure concept: A case study. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 86, p. 15–25, 2012.

SAMUEL, G. S.; JOSEPH, K. X. An overview of soil survey and classification as a source of secondary information. **Journal Of Environment and Earth Science**, v. 5, n. 22, p. 5–10, 2015.

SANTOS, H. G.; AGLIO, M. L. D.; DART, R. O.; BREFFIN, M. L. M. S.; SOUZA, J. S.; MENDONÇA, L. R. **Distribuição espacial dos níveis de levantamento de solos no Brasil**. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais**. Florianópolis, 2013. p.1-4.

SCHWERTMANN, U. The differentiation of iron oxide in soil by a photochemical extraction with acid ammonium oxalate. **Zeitschrift fuer Pflanzenernaehrung und Bodenkunde**, Weinheim, v. 105, p. 104–201, 1964.

SILVA, C. C. **Mapeamento digital de classes de Solo : Aplicação de metodologia na folha Botucatu (Sf-22-Z-B-IV-3) E Validação De Campo**. 117 f. 2012. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agrônomo de Campinas, 2012.

SILVA, L. S. **Caracterização da mineralogia da fração argila dos solos do Planalto Ocidental Paulista**. 2016. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2016

SILVA, S. H. G.; POGGERE, G. C.; MENEZES, M. D.; CARVALHO, G. S.; GUILHERME, L. R. G.; CURI, N. Proximal sensing and digital terrain models applied to digital soil mapping and modeling of Brazilian latosols (Oxisols). **Remote Sensing**, v. 8, n. 8, p. 614, 2016.

SIQUEIRA, D. S.; MARQUES JÚNIOR, J.; MATIAS, S. S. R.; BARRÓN, V.; TORRENT, J.; BAFFA, O.; OLIVEIRA, L. C. Correlation of properties of Brazilian Haplustalfs with magnetic susceptibility measurements. **Soil Use and Management**, v. 26, n. 4, p. 425–431, 2010.

SIQUEIRA, D. S.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; TEIXEIRA, D. B.; VASCONCELOS, V.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; MARTINS, E. S. Detailed mapping unit design based on soil-landscape relation and spatial variability of magnetic susceptibility and soil color. **Catena**, v. 135, p.149-162, 2015.

SOIL SURVEY STAFF. **SOIL TAXONOMY**. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Washington: NCRS. 871p.

SOUZA, C. K. **Variabilidade espacial de atributos de solo e produtividade em área cultivada com café orgânico e convencional**. 65f. 2006. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

SOUZA, Z. M.; MARQUES, J.; PEREIRA, G. T. Spatial variability of the physical and mineralogical properties of the soil from the areas with variation in landscape shapes. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, n. 2, p. 305–316, 2009.

STRAUSS, T.; von MALTITZ, M. J. Generalising Ward's method for use with Manhattan distances. **Plos One**, v. 12, n. 1, p. 1–21, 2017.

TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F. 2009. **Descifrando a Terra**. 2da ed. Companhia Editora Nacional, São Paulo. Brasil. p.623.

TEIXEIRA, D. D. B. **Suscetibilidade magnética e análise de incertezas em mapeamento de solos**. 2015. 105 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015.

ten CATEN, A.; DALMOLIM, R. S. D.; PEDRON, F. A.; MENDONÇA-SANTOS, M. L. Regressões logísticas múltiplas: Fatores que influenciam sua aplicação na predição de classes de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, p. 53–62, 2011.

TESKE, R.; GIASSON, E.; BAGATINI, T. Produção de um mapa pedológico associando técnicas comuns aos mapeamentos digitais de solos com delineamento manual de unidades de mapeamento. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 4, p. 950–959, ago. 2015.

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

VASCONCELOS, V.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; MARTINS, E. S.; COUTO JUNIOR, A. F.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T. Sistema de classificação geomorfométrica baseado em uma arquitetura sequencial em duas etapas: Árvore de decisão e classificador espectral, no Parque Nacional Serra da Canastra. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n. 2, p. 171–186, 2012.

VALENTINE, K. W. G. How soil map units and delineations change with survey intensity and map scale? **Canadian Journal of Soil Science**. v. 61, p. 535–551, 1981.

VASU, D.; SINGH, S. K.; TIWARY, P.; CHANDRAN, P.; RAY, S. K.; DURAISAMI, V. P. Pedogenic processes and soil-landform relationships for identification of yield-limiting soil properties. **Soil Research**. v. 55, n. 3, p. 273–284, 2016.

VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F.; CASTRO, S. S. DE. Conceitos e aplicações das relações pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas. In: **Tópicos em Ciência do Solo**. v. 4, p. 145–192, 2005.

WARD, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal Of the American Statistical Association**, v. 58, p. 236–244, 1963.

WILDING, L.P.; DRESS, L.R. Spatial variability and pedology. In: **Pedogenesis and Soil Taxonomy**. Wilding, L.P., Smeck, N., Hall, G.F. (Eds.). Netherlands: Elsevier, 1983. p. 83–116.

YOUNG, F. J.; HAMMER, R. D. Defining geographic soil bodies by landscape position, Soil Taxonomy, and cluster analysis. **Soil Science America Journal**, v. 64, p. 989–998, 2000.

ZHU, A. X.; HUDSON, B.; BURT, J.; LUBICH, K.; SIMONSON, D. Soil mapping using GIS, expert knowledge, and fuzzy logic. **Soil Science Society of America Journal**, v. 65, p. 1463–1472, 2001.