



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Distribuição espacial das taxas de infiltração e sua complexa relação com a granulometria dos solos.

Estêvão Botura Stefanuto^(a), Cenira Maria Lipinacci^(b)

^(a) Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista – UNESP Rio Claro, estevao1508@hotmail.com

^(b) Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento - DEPLAN, Universidade Estadual Paulista – UNESP Rio Claro, cenira.lupinacci@unesp.br

Eixo: Dinâmica e gestão de bacias hidrográficas

Resumo/

A granulometria pode afetar o comportamento da infiltração de um solo, sendo tal processo hidráulico fundamental para o entendimento da dinâmica erosiva em bacias hidrográficas. Com isso, objetiva-se com este artigo analisar as interações entre dados de infiltração e granulometria, buscando compreender a distribuição espacial da infiltração durante o período úmido e seco em uma bacia hidrográfica marcada pela presença frequente de feições erosivas lineares. Para tal, pautou-se em técnicas de campo, laboratório e geoestatística, as quais permitiram compreender, durante o período úmido, uma clara relação entre altas taxas de infiltração e solos com textura arenosa. Durante o período seco, constatou-se uma espacialização pontual das altas taxas de infiltração e uma relação com a presença de gretas de ressecamento.

Palavras chave: Solos arenosos; solos argilosos, granulometria; taxa de infiltração.

1. Introdução

Há aproximadamente 10.000 anos o ser humano passou a desempenhar práticas de cultivo e criação de animais, fator que lhe concedeu maior dependência em relação a alguns recursos naturais, em especial, os solos (MAZOYER; ROUDART, 2010). O relatório da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) de 2015 aponta que 98,2%



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

dos produtos voltados para a alimentação humana e animal são produzidos em áreas continentais, ou seja, a relação intrínseca entre seres humanos e solos ainda persiste. Assim, compreender os fenômenos atuantes sobre o estrato pedológico é elemento de suma importância para manutenção de tal recurso.

Mediante um vasto número de atributos a serem analisados quando o assunto é conservação dos solos, Dexter (2004) chama a atenção para as variáveis físicas, as quais, se modificadas, interferem diretamente no conjunto pedológico, ou seja, afetam também as condições químicas e biológicas dos materiais. O autor ainda afirma que a qualidade física dos solos poderá ser obtida através de alguns indicadores de análise, sendo estes: a capacidade de infiltração de água, o escoamento superficial, a aeração, o sistema radicular e a dificuldade/facilidade de mecanização. Ainda em relação às variáveis físicas do solo, Mafra (1999), destaca as características e propriedades granulométricas e a capacidade de infiltração, variáveis que, se integradas, podem apresentar algumas respostas em relação à ocorrência de processos geomorfológicos de superfície como o *splash*, o fluxo laminar, o fluxo concentrado e a erosão.

A granulometria de um solo é uma propriedade física fundamental, que afeta o comportamento hidráulico e produtivo, podendo facilitar o desenvolvimento de feições erosivas (BITTELLI *et al.*, 1999). Ainda, a granulometria determina a porosidade dos solos, atributo que garantirá maior ou menor entrada e percolação de sólidos, líquidos e gases (SILVA, 1999).

Em relação aos elementos líquidos, à capacidade de infiltração de um solo apresenta importante relação com as propriedades do material em superfície, assim como com a capacidade de repelência do solo, o aprisionamento de ar e a variações de temperatura (NIMMO, 2009). Para Fraser e Stone (2016), em estudo aplicado ao norte da Austrália, os materiais ganham relevância, uma vez que solos com teor de areia superficial acima de 60% apresentam uma porosidade marcante e são associados a taxas de infiltração classificadas



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

como muito altas. Já Li *et al.* (2018), em análise de solos com forte repelência à água, identificou um potencial 50% maior de infiltração em solos com teor de areia elevado se comparados a solos com fração granulométrica predominantemente argilo-siltosa.

A infiltração constitui-se em um fenômeno com grande variabilidade espacial (BABAEI *et al.*, 2018; ROSSI *et al.*, 2018), sendo que, de acordo com Bonta (2005), a não linearidade de dados hidráulicos pode estar associada à altas variabilidades nas características do material pedológico. Desta forma, compreender a interação entre a taxa de infiltração e os materiais granulométricos dos solos permite aclarar algumas questões referentes à dinâmica hidráulica dos materiais e a potencialidade erosiva destes.

Diante destas questões, objetiva-se com este artigo analisar, através de técnicas geoestatísticas, a distribuição espacial dos dados de granulometria e infiltração, buscando compreender o comportamento desta interação durante os períodos úmido e seco em uma bacia hidrográfica com frequentes feições erosivas. Para tal, utilizou-se de uma malha de pontos amostrais irregular, a qual permitiu a realização de experimentos em campo e a coleta de amostras para análise em laboratório.

A área de estudo constitui-se em uma bacia hidrográfica de 2 km² localizada no compartimento central do relevo de *cuestas* presente no município de Analândia, posicionado no setor centro-leste do estado de São Paulo. Segundo Oliveira e Prado (1984), a bacia possui uma variedade de material significativa, sendo composta por solos com texturas que variam de arenosa a muito argilosa e com espessuras variáveis. A área ainda apresenta uma expressiva densidade erosiva, marcada por feições lineares como sulcos, ravinas e voçorocas (STEFANUTO; LUPINACCI, 2017).

2. Materiais e técnicas

Os dados foram obtidos a partir de técnicas de campo e laboratório, sendo tratados e processados através de métodos geoestatísticos. Para coleta das informações, utilizou-se de



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

uma malhada de pontos amostrais irregular, composta por 48 pontos bem distribuídos pelos diferentes setores topográficos da bacia hidrográfica estudada.

2.1. Técnicas desenvolvidas em campo

Primeiramente, foram coletadas as amostras de material utilizando-se um trado. Definiu-se uma profundidade de coleta entre 40 e 60 cm, uma vez que os perfis em campo mostraram-se homogêneos. As amostras obtidas foram armazenadas em laboratório.

Ainda, mensuraram-se os dados brutos para a obtenção da taxa de infiltração. Para tal, utilizaram-se as orientações de Guerra (2002) e Mathias (2016), realizando ensaios com um infiltrômetro de Hills, conforme especificações técnicas descritas por Guerra (2002).

2.2. Técnicas em laboratório

Com as amostras de campo armazenadas, dentro de período de até três dias, realizou-se a rotina de secagem conforme a ABNT NBR 6457:AGO/1986, realizando, posteriormente as análises granulométricas de acordo com método do densímetro, conforme orientações da ABNT NBR 7181:2016.

2.2. Cálculo da taxa de infiltração média

Através *software* Excel 2007 aplicou-se um conjunto de fórmulas aos dados de infiltração, buscando chegar a uma taxa de infiltração média por ponto. Para tal, pautou-se em algumas orientações de Guerra (2002).

Primeiramente obteve-se a Taxa de infiltração para cada instante de tempo registrado.

$$I = \pi r^2 \cdot h$$

I é a *Taxa de Infiltração* em mm/s; πr^2 é a área de seção do tubo; e h a quantidade da coluna de água infiltrada no solo.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Posteriormente a Taxa de Infiltração média, visando representar as características de infiltração para cada ponto amostral.

$$TI = VOL/t$$

TI é a Taxa de Infiltração Média em cm³/min; *Vol* é o Volume total infiltrado durante o experimento e *t* é a duração do experimento (30 minutos).

2.2. Técnicas geoestatísticas

Para a análise da distribuição espacial dos dados, foram formulados produtos cartográficos utilizando-se o método geoestístico *Kriging/CoKriging*, disponível na ferramenta do ArcMap 10.6, *Geostatistical Analyst*. Para tal, utilizaram-se, com algumas adaptações, os parâmetros para aplicação da referida técnica definidos por Carvalho e Schulte (2013) e Carvalho (2014).

Desta forma, a aplicação da técnica de *krigagem* se deu através da malha de pontos amostrais, adicionando as informações da Taxa de Infiltração média e granulometria (areia fina, areia grossa, areia total, silte e argila) à tabela de atributos do *layer*. Através do processo de espacialização foram gerados sete produtos cartográficos como resultado.

3. Resultados e Discussão

A partir da espacialização dos dados granulométricos identificaram-se setores de concentração de algumas frações específicas dos materiais (Figura 1).

As areias finas concentraram-se nos setores sul e sudeste da área de estudo, possuindo ainda uma área de destaque no centro da bacia hidrográfica. Já as areias grossas se concentraram nos setores centro-sul e leste, possuindo um ponto de destaque no flanco norte. Assim, ao especializar o dado de areia total, corresponde à soma das frações areia fina e grossa, identificou-se uma nítida concentração de solos mais arenosos no centro-sul da bacia hidrográfica. De acordo com o mapa pedológico elaborado por Koffler *et al.* (1992), no setor sul são identificados LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO Álico da Unidade Coqueiro



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

e uma classe associada de NEOSSOLOS LITÓLICOS EUTROFICOS e NITOSSOLOS EUTRÓFICOS OU DISTRÓFICOS da Unidade Estruturada.

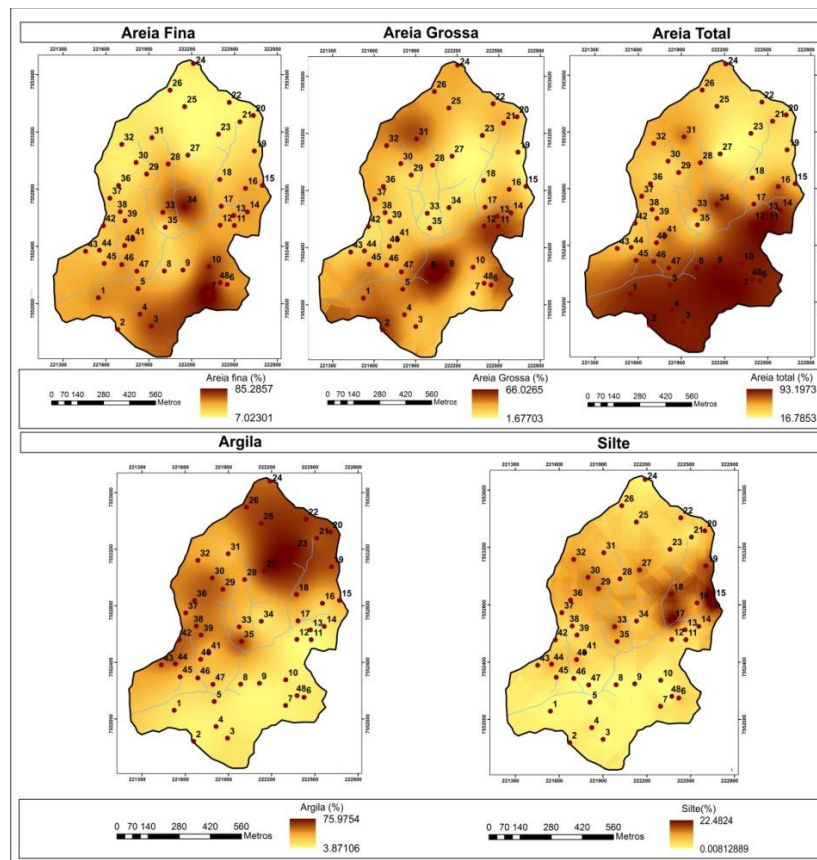


Figura 1 – Espacialização granulométrica por ponto de amostragem.

Os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO Álico da Unidade Coqueiro são classificados por Oliveira e Prado (1984) com textura média, horizonte B apédico ou com estrutura subangular fraca e com teor de argila inferior a 20%. Os NEOSSOLOS LITÓLICOS EUTROFICO são classificados com baixo teor de argila (3% a 7%) e composição granulométrica predominante de areia fina (57% a 61%) e areia grossa (34% a 37%) (OLIVEIRA; PRADO, 1984). Já, os NITOSSOLOS EUTRÓFICOS OU DISTRÓFICOS, apresentam textura argilosa ou muito argilosa; grande homogeneidade vertical em cor; e espessura do *solum* superior a 120 cm (OLIVEIRA; PRADO, 1984). Assim, pode-se afirmar



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

que o setor centro-sul da área de estudo apresenta um domínio de solos com granulometria arenosa, podendo ser identificados como LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO Álico da Unidade Coqueiro e NEOSSOLOS LITÓLICOS EUTROFICOS.

A fração silte apresentou-se mais dispersa, uma vez que no próprio modelo geoespacial observam-se dificuldades de associações coerentes através dos critérios de valor atribuído ao ponto e a distância entre os pontos, utilizados pela *krigagem*. De acordo com a Figura 1, identificou-se um setor de concentração de silte a leste, estando o mesmo, de acordo com a carta de pedológico de Koffler *et al.* (1992), em uma área de domínio da classe associada NEOSSOLOS LITÓLICOS EUTROFICOS e NITOSSOLOS EUTRÓFICOS OU DISTRÓFICOS da Unidade Estruturada. No entanto, tais solos não apresentam relevância na fração granulométrica silte (OLIVEIRA; PRADO, 1984). Assim, ao analisar os pontos amostrais que se localizam no referido setor, identifica-se que as porcentagens de silte não são relevantes se comparadas às outras frações granulométricas. Os pontos amostrais localizados (15A, 16A, 17A, 18A e 19A) no setor leste apresentam, respectivamente, porcentagens de silte de 22,5%; 7,5%; 19%; 15%; 12,5%.

Por fim, as argilas apresentam-se concentradas no setor norte e nordeste, região a qual apresenta predominância de ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICOS da Unidade Santa Clara, LATOSSOLOS VERMELHO AMARELO Álico da Unidade Itororó, PLINTOSSOLOS PÉTRICOS CONCECIONÁRIOS e da classe associada formada por NEOSSOLOS LITÓLICOS EUTROFICOS e NITOSSOLOS EUTRÓFICOS OU DISTRÓFICOS da Unidade Estruturada. O primeiro solo, segundo Oliveira e Prado (1984), apresenta abundância de cascalhos e calhaus no horizonte A e B; elevado teor de minerais primários facilmente intemperizáveis; estrutura e cerosidade bem desenvolvidas no horizonte B2; e material de origem vinculado as fáceis conglomeráticas da formação Itaqueri. O segundo tipo de solo possui horizonte A proeminente; textura do horizonte B argilosa ou muito argilosa em função do material de origem ser suprabasáltico. Já o último, é composto por material mineral no qual se identifica horizontes litoplínticos ou concrecionários, com



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

mais de 30% de terra fina argilosa ou muito argilosa (OLIVEIRA; PRADO, 1984). Por fim, em relação à classe associada, entende-se que os solos presentes na área constituem-se, provavelmente, nos NITOSSOLOS EUTRÓFICO OU DISTRÓFICOS da Unidade Estruturada, os quais de acordo com a bibliografia (OLIVEIRA; PRADO, 1984) apresentam argila em quantidade suficiente para serem classificados como solos argilosos.

Desta forma, as frações granulométricas identificadas neste estudo apresentam boa correspondência com os solos mapeados na carta pedológica da área de estudo (KOFFLER *et al.*, 1992), havendo um destaque para os materiais arenosos e argilosos, os quais apresentaram maior ocorrência no setor analisado.

No que se refere à Taxa Média de Infiltração, identifica-se uma nítida variação de comportamento durante o período úmido e seco (Figura 2). Durante o período úmido, o setor sul da área apresenta as maiores taxas de infiltração, havendo uma significativa redução para o setor central e norte. Já durante o período seco, ocorre uma concentração marcante das maiores taxas no setor noroeste e alguns pontos de destaque nos setores leste e nordeste. Ao comparar os dois períodos identificam-se taxas de infiltração cinco vezes maiores no período seco.

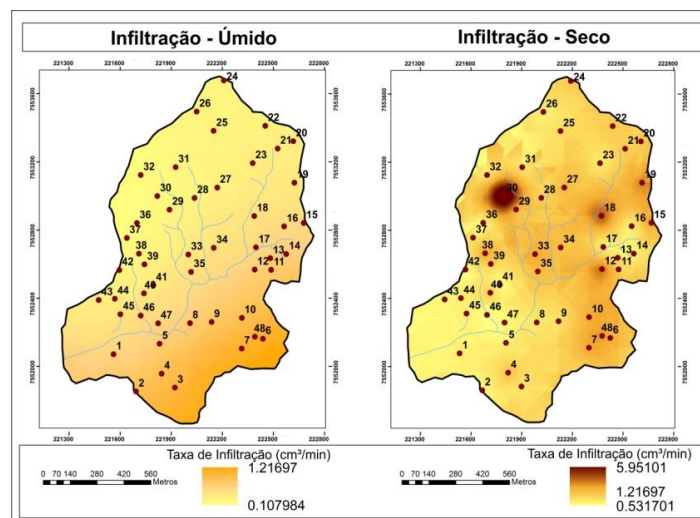


Figura 2 - Taxa Média de Infiltração por ponto de amostragem.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Assim, durante o período úmido identifica-se uma associação entre os setores com maior taxa de infiltração e os solos com granulometria arenosa, questão amplamente apresentada e constatada por diferentes estudos (SILVA, 1999; NIMMO, 2009; FRASER; STONE, 2016; LI *et al.*, 2018). De acordo com Koffler *et al.* (1992) e Oliveira e Prado (1984), tais setores são constituídos por LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO Álico da Unidade Coqueiro e NEOSSOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS.

Já, durante o período seco, tal associação não ocorre e registra-se uma concentração da infiltração em setores mais específicos. O ponto 12 caracteriza-se pelo domínio de areia grossa, a qual propicia maiores taxas de infiltração. Já, ao analisar os demais pontos (18, 19 e 30), verifica-se que os mesmos são majoritariamente compostos por argilas, apresentando, respectivamente, porcentagens da referida fração de 54,5%; 59,5% e 58,5%, podendo ser identificados como NITOSSOLOS EUTRÓFICOS OU DISTRÓFICOS da Unidade Estruturada. Desta forma, através de análises em campo, verificou-se que tais pontos estão localizados em áreas com formação de gretas em superfície e subsuperfície (Figura 3), sendo estas feições características de setores com a presença de argilas expansivas.



Figura 3 – Gretas de ressecamento identificadas no setor nordeste da bacia hidrográfica.

As argilas expansivas ocorrem através de diferentes fatores, sendo um desses o elemento mecânico, o qual é ocasionado por forças de descompressão elástica, as quais



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

podem ser associadas ao regime de chuvas, ações humanas, movimentos tectônicos e erosão (TAYLOR; SMITH, 1986). Tais fatores podem provocar uma diminuição na pressão do solo, gerando, inversamente, pressão negativa ou sucção responsável por captar a água dos poros e fende-los (GOMES, 1986). A partir da formação de tais gretas ou fendas, caminhos preferenciais se formam, facilitando os processos de infiltração e percolação a água. Com isso, pode-se compreender a associação entre altas taxas de infiltração e as argilas possivelmente expansivas identificada em alguns setores.

Portanto, identificam-se durante o período úmido as maiores taxas de infiltração em solos arenosos. No entanto, durante o período seco, ganham relevância na análise de infiltração os solos argilosos, apresentando em alguns setores, taxa de infiltração até cinco vezes maior que no período úmido. Assim, constata-se que durante o período úmido os solos da área apresentam uma resposta similar ao descrito por parte da bibliografia (SILVA, 1999; NIMMO, 2009; FRASER; STONE, 2016; LI *et al.*, 2018), no entanto, por conta da presença de argilas expansivas (TAYLOR; SMITH, 1986; GOMES, 1986), no período seco tais respostas são alteradas, havendo uma associação entre solos argilosos e altas taxas de infiltração.

4. Considerações Finais

Através das análises descritas, identifica-se, durante o período úmido, uma associação geoespacial mais nítida entre altas taxas de infiltração e solos arenosos localizados no setor sul da bacia hidrográfica. A partir dos mapeamentos pedológicos (Koffler, *et al.*, 1992; Oliveira; Prado, 1984), identifica-se que os referidos solos constituem-se em LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO Álico da Unidade Coqueiro e NEOSSOLOS LITÓLICOS EUTROFICO.

Já no período seco, uma associação com um setor específico não ocorre, uma vez que os pontos com altas taxas de infiltração são mais específicos e estão relacionados a áreas com expressiva presença de gretas, as quais foram identificadas em campo e possivelmente estão



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

associadas a argilas expansivas. Tais pontos amostrais estão localizados em áreas de NITOSSOLOS EUTRÓFICOS OU DISTRÓFICOS da Unidade Estruturada. Assim, durante o período seco, os solos arenosos apresentam taxas muito inferiores às registradas em pontos amostrais com a presença de gretas de ressecamento. Desta forma, no processo de interpolação dos dados, estes solos arenosos já não se destacam como ocorre no período úmido, demonstrando a complexidade da relação entre infiltração e granulometria.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo financiamento. Processos 2016/25399-1 e 2018/09746-9.

Referências Bibliográficas

- ABNT. **NBR 6457**: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- ABNT. **NBR 7181**: Solo - Análise Granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- BABAEI, F.; ZOLFAGHARI, A. A.; YAZDANI, M. R.; SADEGHIPOUR, A. Spatial analysis of infiltration in agricultural lands in arid areas of Iran. **Catena**. v.170, p. 25-35, 2018.
- BITTELLI, M.; CAMPBELL, G.S.; FLURY, M. Characterization of particle-size distribution in soils with a fragmentation model. **Soil Science Society of America Journal**. v. 63, p. 782–788, 1999.
- BONTA, J. V. Precipitation, Watershed Analysis. In: Hillel, D. (Org.). **Encyclopedia of Soils in the Environment**. Academic Press, 2005. p. 314-322.
- CARVALHO, F.; SCHULTE, L. Morphological control on sedimentation rates and patterns of delta floodplains in the Swiss Alps. **Geomorphology**. v.198, p.163-176, 2013.
- CARVALHO, R. F. F de. **Análisis multi-proxy paleoambiental y modelización de registros sedimentarios fluviales en los Alpes Suizos**. 2014. 259 f. Tese (Doutorado em Geografía, Planificación Territorial y Gestión ambiental) - Facultat de Geografia i Història, Universitat de Barcelona, Barcelona, 2014.
- DEXTER, A. R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**. v.120, p.201-214, 2004.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Status of the World's Soil Resources**. Roma, 2015.
- FRASER, G. W.; STONE, G. S. The effect of soil and pasture attributes on rangeland infiltration rates in northern Australia. **The Rangeland Journal**. n.38, v.3, p. 245-259, 2016



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

GOMES, C. F. **Argilas: O que são e para que servem.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1986.

GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas. In: CUNHA, S. B. da.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia: Exercícios, Técnicas e Aplicações.** 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. p. 139-155.

KOFFLER, N. F., MACHADO, M. L. de B.; DAROS, E.; PROCHNOW, E. A. **Solos da bacia do Rio Corumbataí. Rio Claro: Departamento de Cartografia e Análise da Informação Geográfica - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 1992. Escala: 1:50.000**

LI, Y.; REN, X.; HILL, R.; MALONE, R.; ZHAO, Y. Characteristics of Water Infiltration in Layered Water-Repellent Soils. **Pedosphere.** v.28, p. 775–792, 2018.

MAFRA, N. M. C. Erosão e Planificação de Uso do Solo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações.** 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 301-322.

MATHIAS, D. T. **Contribuição Metodológica para o Diagnóstico da Dinâmica Erosiva Linear e seu Prognóstico Evolutivo visando subsidiar Projetos de Recuperação.** 2016. 178 f. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Presidente Prudente, 2016.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea.** Tradução de Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira. São Paulo: Editora UNESP, 2010.

NIMMO, J. R.; Vadose Water. In: LIKENS, G. E. (Org.). **Encyclopedia of Inland Waters.** Academic Press, 2009. p. 766-777.

OLIVEIRA, J. B. de; PRADO, H. do. Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de São Carlos – II Memorial Descritivo. **Boletim Técnico Nº 98.** Campinas: Instituto Agrônomo, 1984.

ROSSI, M. J.; ARES, J.O.; JOBBÁGY, E. G.; VIVONI, E. R.; VERVOORT, R. W.; SCHREINER-MCGRAW, A. P.; SACO, P. M. Vegetation and terrain drivers of infiltration depth along a semiarid hillslope. **Science of the Total Environment.** v.644, p.1399–1408, 2018.

SILVA, A. S. da. Análise Morfológica dos Solos e Erosão. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da. BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

STEFANUTO, E. B.; LUPINACCI, C. M. Análise da dinâmica erosiva presente no setor cuestiforme de Analândia (SP). In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPEGE. 12. 2017, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2017. p. 11625-11636.

TAYLOR, R. K.; SMITH, J. The Engineering Geology of Clay mineral: swelling shrinking and mudrock breakdown. **Clay Minerals.** v. 21, p. 235-260, 1986.