

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO HORIZONTE SUPERFICIAL E HORIZONTE SUBSUPERFICIAL DO SOLO DE SOROCABA-SP: SUBSÍDIOS PARA O PLANEJAMENTO GEOAMBIENTAL

Sandra Mauren Ell¹
Alexandre Marco da Silva²
Lucas Hubacek Tsuchiya³

**Tecnologia Ambiental: Conservação de solos e Recuperação de áreas degradadas
(RAD)**

Resumo

O solo é um corpo constituído de materiais heterogêneos, com comportamento variável e suscetível à ação da água e outros agentes. A crescente urbanização, em até certo ponto, desordenada, provoca alterações ambientais significativas no solo, especialmente na camada superficial em termos morfológicos, químicos, físicos e biológicos. O solo do município de Sorocaba carece de estudos sobre suas propriedades. Portanto, o objetivo desse estudo foi analisar os parâmetros geotécnicos (granulometria), englobando o horizonte superficial e, também, o subsuperficial. Em campo, foram coletadas amostras em locais pré-determinados, bem como informações adicionais e, em laboratório, essas amostras foram manipuladas para a quantificação de parâmetros granulométricos. Após a determinação das porcentagens das frações areia, silte e argila, o solo foi classificado quanto à sua textura. Essa base de dados foi analisada conjuntamente por meio de abordagens matemáticas, estatísticas e geoespaciais (esta última, via sistemas de informação geográfica). Os valores da análise granulométrica forneceram dados numéricos que foram representados cartograficamente. A partir desses resultados, foi possível determinar que o solo predominante no município é arenoso, com classificação textural preponderante de areia e areia franca. Essas informações são altamente relevantes para futuros trabalhos técnicos na área da construção civil em Sorocaba.

Palavras-chave: Caracterização granulométrica dos solos; Estatística; Cartografia de solos.

¹Docente da FATEC, Campus Votorantim e Doutoranda em Engenharia Civil e Ambiental – PPGCA, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, mauren.ell@unesp.br

²Prof. Dr. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus Sorocaba -SP, Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba- UAEPF, alexandre.m.silva@unesp.br

³Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental – PPGCA, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, lucas.hubacek@unesp.br



INTRODUÇÃO

O município de Sorocaba possui uma área de 450,4 km², sendo 349,2 km² de área urbana e 106,8 km² de área rural. Situa-se no centro-sul do Estado de São Paulo e, segundo o IBGE (2021), a localização de sua sede é identificada pelas suas coordenadas geográficas, que são 23º 30' de Latitude Sul e 47º 27' de Longitude Oeste de Greenwich (MACHADO-HESS, 2020). O clima é classificado como subtropical quente, com uma temperatura média anual de 21,4°C e precipitação média anual de 1285 mm (SILVA et al., 2019). A população local é de, aproximadamente, 695.328 habitantes (IBGE, 2021) e uma grande quantidade vive em áreas urbanas (SILVA et al., 2015).

Sorocaba está em crescente desenvolvimento econômico e, com a consequente, expansão urbana, de uma maneira nem sempre ordenada, há uma alteração expressiva das propriedades do solo e do meio ambiente.

A granulometria de um solo refere-se à subdivisão das porções componentes em classes de tamanho, abrangendo tanto materiais de natureza mineral quanto orgânica. Esse processo permite determinar as dimensões das partículas e suas proporções (MORAES et al., 2021).

A análise granulométrica pode ser realizada de duas maneiras distintas. Uma delas é por meio da sedimentação de um sólido (argilas e siltes) em uma base líquida, para a obtenção das proporções de cada componente. Por outro lado, o peneiramento é utilizado no tratamento de materiais como pedregulhos e areias (grossa, média e fina).

Amostras de solo são submetidas ao processo de peneiramento em uma série de peneiras padronizadas e/ou sedimentação, separando as partículas maiores das menores (EMMERT & PEREIRA, 2016).

A textura do solo desempenha um papel fundamental na compreensão do comportamento e manejo do solo. Ao classificar o solo em uma determinada área, a textura é frequentemente a propriedade inicial e mais importante a ser avaliada.

Logo, para que se tenham informações sobre o que essas mudanças ambientais interferem no solo, foram feitos estudos granulométricos dos solos de Sorocaba-SP.

Realização



O estudo foi realizado em amostras previamente retiradas do solo, em locais pré-estabelecidos e usando o princípio da amostragem estratificada (SILVA et al., 2019), em horizontes superficiais e subsuperficiais. As amostras foram ensaiadas para a determinação geotécnica da granulometria do solo e da sua classe textural.

Objetiva-se com esse trabalho analisar os parâmetros geotécnicos (granulometria) do solo do município de Sorocaba, englobando o horizonte superficial e, também, o subsuperficial, desenvolver mapas cartográficos, por meio do programa QGis, ilustrando as variações dos tamanhos de grãos e a sua classificação textural.

METODOLOGIA

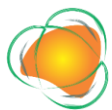
O estudo foi desenvolvido no município de Sorocaba (Figura 1), estado de São Paulo, coordenadas 23° 30' 22" e 47° 27' 21"W.



Figura 1. Localização da área de estudo. Município de Sorocaba, estado de São Paulo.

Fonte: Machado-Hess, 2020.

Realização



O número de amostras é de 65 e o local foi determinado considerando o critério “estratificação aleatória”. Aqui, entende-se como estratificação alguma forma de categorização ou classificação da paisagem (provavelmente, cobertura da terra) e, dentro de cada categoria, as amostras foram coletadas em pontos, aleatoriamente, determinados.

Em cada ponto de coleta, foram anotadas as coordenadas geográficas com um aparelho receptor GPS e coletadas duas amostras de solo - lado a lado, sendo uma indeformada, coletada com um anel cilíndrico metálico de, aproximadamente, 200cm³, (USDA, 2008) e a outra amostra, considerada deformada, foi coletada com o auxílio de um enxadão (cerca de 1 kg de amostra). Tais amostras foram retiradas das camadas superficiais e subsuperficiais (cerca de 1,5m de profundidade) de cada ponto. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, etiquetadas e transportadas ao laboratório para os testes posteriores.

No laboratório, foi realizada a análise granulométrica para medir o tamanho das partículas presentes no solo. Essa análise seguiu o método descrito por Camargo et al. (2009).

A granulometria do solo é o processo de subdivisão das porções componentes em classes de tamanho, possibilitando a determinação das dimensões e proporções das partículas. A análise granulométrica pode ser realizada de duas maneiras: por sedimentação, de materiais como argilas e siltes, em uma base líquida, ou por peneiramento, de pedregulhos, agregados e areias (MORAIS et al., 2021).

De forma geral, a análise granulométrica envolve a coleta de uma amostra de solo representativa, sua preparação removendo materiais indesejáveis, o peneiramento para separar as partículas de diferentes tamanhos, a determinação do teor de areia retida nas peneiras, a sedimentação para separar as frações de silte e argila, a análise do teor dessas frações e o cálculo dos percentuais das classes texturais do solo em relação à massa inicial da amostra.

Após a determinação das porcentagens das frações de areia, silte e argila, o solo foi classificado em relação à sua textura utilizando o triângulo textural.

Análises estatísticas foram feitas, englobando o tamanho da amostra, valores mínimo e máximo, amplitude total, média aritmética e coeficiente de variação. Mapas

Realização



foram gerados, por meio do programa QGis, ilustrando as variações dos tamanhos de grãos e a classificação textural, no horizonte superficial e horizonte subsuperficial, do município de Sorocaba.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1 e 2 pode-se observar a estatística descritiva das porcentagens de cada tipo de solo (textura) para as amostras superficiais e subsuperficiais, respectivamente.

Tabela 1. Dados estatísticos da análise granulométrica para o horizonte superficial

Estatística Descritiva	Areia grossa + média	Areia fina	Silte	Argila
Tamanho da amostra	65	65	65	65
Mínimo (%)	43,3	1,7	0,4	3,1
Máximo (%)	92,3	39,9	9,5	17,4
Amplitude Total (%)	49,0	38,2	9,1	14,3
Mediana (%)	72,4	14,7	3,0	8,9
Média Aritmética (%)	71,0	16,0	3,6	9,4
Coeficiente de Variação (%)	17,8	64,5	63,6	37,4

Tabela 2. Dados estatísticos da análise granulométrica para o horizonte subsuperficial

Estatística Descritiva	Areia grossa + média	Areia fina	Silte	Argila
Tamanho da amostra	64	64	64	64
Mínimo (%)	44,8	1,7	0,1	3,0
Máximo (%)	90,1	37,1	25,7	27,9
Amplitude Total (%)	45,3	35,4	25,6	24,9
Mediana (%)	70,1	12,7	2,2	11,0
Média Aritmética (%)	70,7	14,1	3,6	11,6
Coeficiente de Variação (%)	16,0	56,3	115,7	45,7

Analisando-se os valores, constata-se a semelhança dos resultados encontrados (tamanho da amostra, valor mínimo, valor máximo, amplitude total, mediana e média aritmética e do coeficiente de variação) no horizonte superficial e horizonte subsuperficial,

Realização



para a areia grossa, média e fina, silte e argila. Com exceção, no horizonte subsuperficial, para silte e argila, verifica-se que os valores de porcentagem máxima são maiores, em relação aos dados no horizonte superficial.

Pode-se observar, também, que para a areia grossa e média (horizonte superficial e horizonte subsuperficial), os coeficientes de variação são, relativamente, baixos, o que indica uma variabilidade pequena em relação ao valor médio. Já para a areia fina, silte (horizonte superficial) e argila, os coeficientes de variação são, intermediários. Porém, no silte, no horizonte subsuperficial, é apresentado um coeficiente de variação alto, indicando uma variabilidade grande em relação à média, ou seja, uma maior dispersão ou heterogeneidade nos valores obtidos.

Nas Figuras 2a, 2b e 2c são apresentadas as porcentagens de areia total, silte e argila, respectivamente, para o horizonte superficial. Na Figura 2d é ilustrada a classificação textural do solo, em vários pontos do horizonte superficial, na região de Sorocaba.

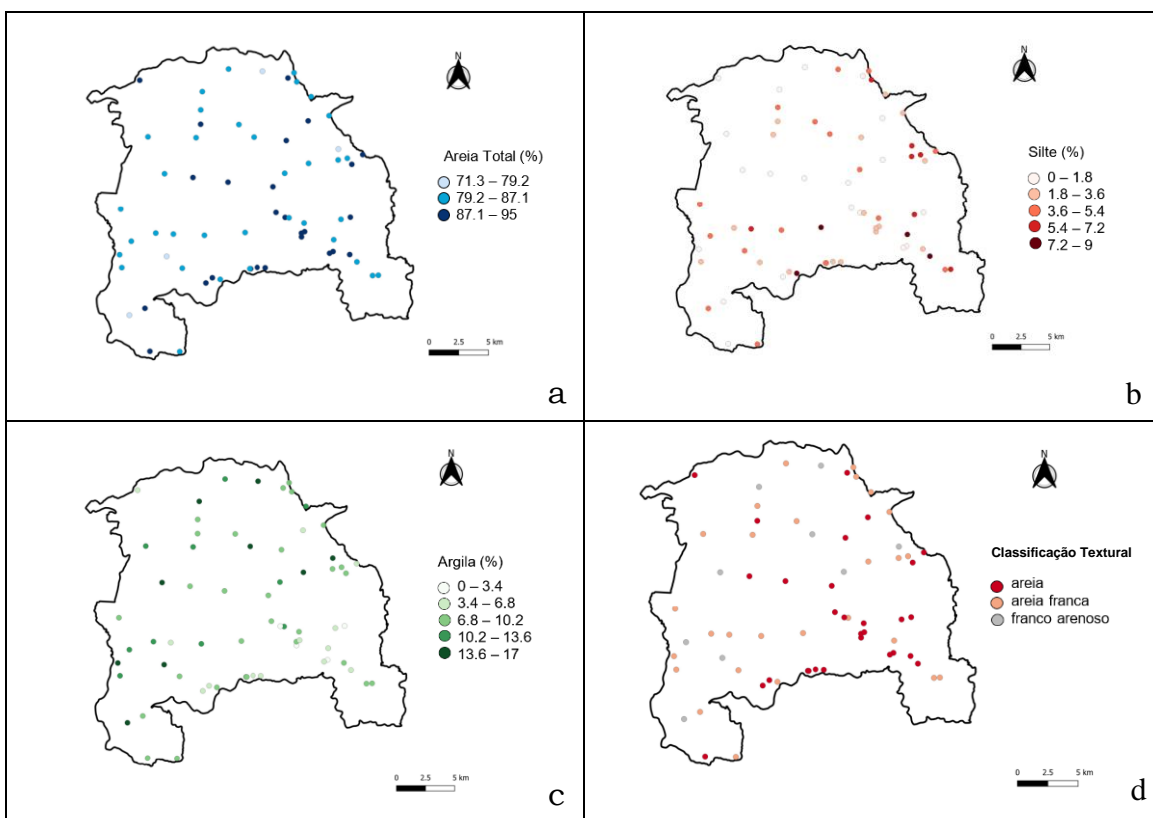
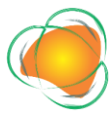


Figura 2. Porcentagens das classes texturais do solo para o horizonte superficial. a) Areia total, b) Silte, c) Argila; d) Classificação Textural.

Realização



Na Figura 2a foram criados intervalos para a demonstração das variações das porcentagens de areia total, na Figura 2b, intervalos para as variações das porcentagens de silte e na Figura 2c, para as variações de porcentagens de argila, no município de Sorocaba.

As proporções de areia total, que incluem grãos com tamanhos entre 0,06 e 2,0 mm (conforme a ABNT (2016)), variam, em um intervalo total, de 77,1% a 95%, apresentando uma maior representatividade no intervalo entre 87,1% e 95%. As proporções de silte, compreendendo grãos com tamanhos entre 0,002 e 0,06 mm (conforme a ABNT (2016)), variam de 0,4% a um máximo de 9%, demonstrando uma maior frequência no intervalo entre 1,8% e 3,6%. As proporções de argila, constituídas por grãos com diâmetros inferiores a 0,002 mm (conforme a ABNT (2016)), variam de 3,1% a um máximo de 17%, destacando-se uma maior expressividade no intervalo entre 6,8% e 10,2%.

Observa-se a prevalência na porcentagem de areia total, em relação ao silte e argila.

Na Figura 2d, de acordo com a classificação textural, a areia encontra-se em abundância no horizonte superficial, seguida pela areia franca que, também, prevalece.

Locais classificados como textura franca também foram encontrados no trabalho de Scaglianti (2022), após analisar as características físicas dos solos do Parque Municipal Corredores da Biodiversidade, localizado na região noroeste do município, confirmando, portanto, parte da base dos dados levantados no presente estudo.

Nas Figuras 3a, 3b e 3c são demonstradas as porcentagens de areia total, silte e argila, respectivamente, referentes ao horizonte subsuperficial. Na Figura 3d é apresentada a classificação textural do solo, nos diferentes pontos do horizonte subsuperficial, do município de Sorocaba.

Realização

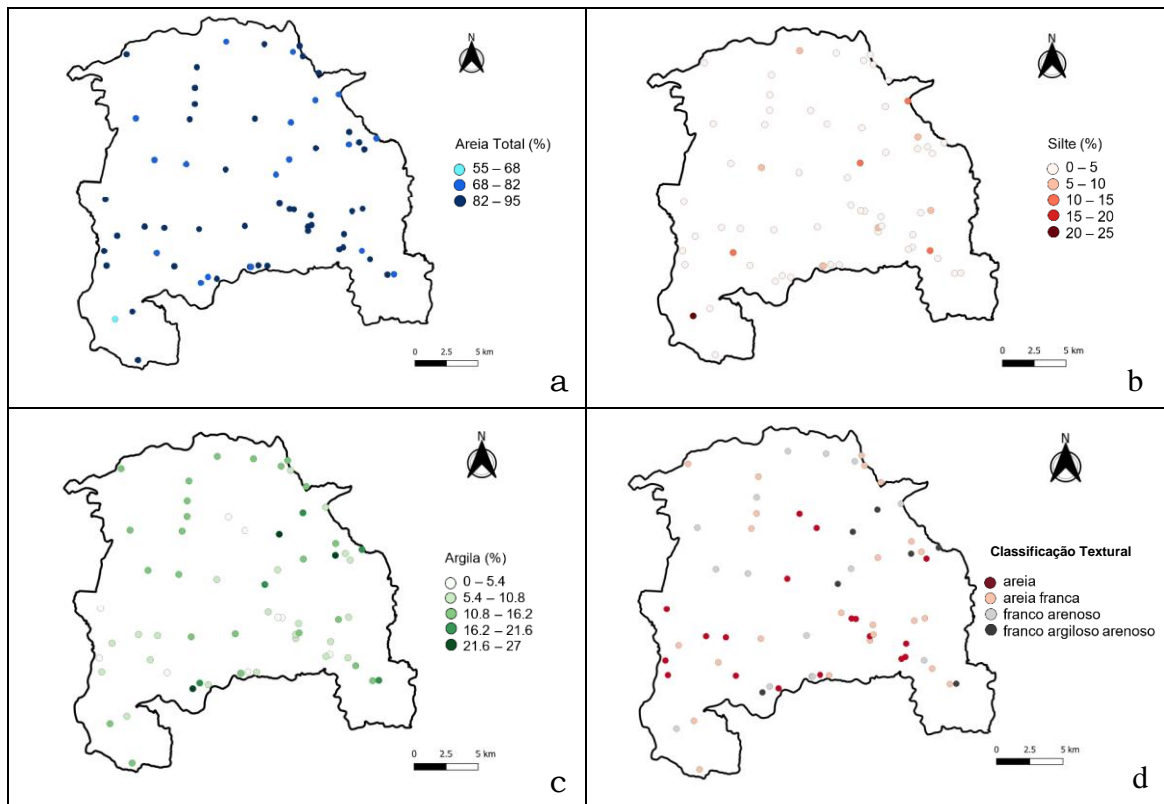


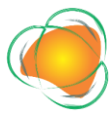
Figura 3. Porcentagens das classes texturais do solo para o horizonte subsuperficial. a) Areia total, b) Silte, c) Argila; d) Classificação Textural.

Foram estabelecidos intervalos na Figura 3a para representar as variações das porcentagens de areia total, na Figura 3b, para as variações das porcentagens de silte e na Figura 3c, para as variações de porcentagens de argila, no horizonte subsuperficial do município de Sorocaba.

No que se refere à areia total, que abrange grãos com tamanhos entre 0,06 e 2,0 mm (de acordo com a ABNT (2016)), as proporções variam de 59% a 95%, sendo mais comuns no intervalo entre 82% e 95%. Quanto ao silte, que compreende grãos com tamanhos entre 0,002 e 0,06 mm (conforme a ABNT (2016)), as proporções variam de 0,1% a um máximo de 25%, com maior frequência no intervalo entre 0,1% e 5%. Por fim, as proporções de argila, que consistem em grãos com diâmetros inferiores a 0,002 mm (de acordo com a ABNT (2016)), variam de 3% a um máximo de 27%, sendo mais expressivas no intervalo entre 5,4% e 10,8%.

Os tamanhos de grãos, entre 0,06 e 2,0 mm, ou seja, areia total, são predominantes

Realização



em relação ao silte e argila.

Conforme ilustrado na Figura 3d e de acordo com a classificação textural, pode-se observar que o solo predominante no horizonte subsuperficial é a areia franca.

Os resultados aqui obtidos são coincidentes com aqueles já levantados por Silva (2008). O referido autor efetuou levantamento em escala mais generalizada e já havia apontado tendência de predominância de solos arenosos ou similares para a região e ainda chamou a atenção para a questão do risco de erosão, em decorrência de chuvas usualmente concentradas e de forte intensidade na época do verão. Os dados do presente estudo, agora numa escala mais detalhada, permitem regionalizar as propriedades dos solos num padrão mais específico, admitindo também uma análise mais delineada em áreas urbanas.

Outro aspecto de destaque no trabalho, é o fato de que não há ainda estudos acadêmicos desenvolvidos sobre o horizonte subsuperficial da região, caracterizando uma análise pioneira. Em razão dos solos possuírem características texturais arenosas ou similares, torna-se necessária a atenção dos técnicos da área da Geotecnia Ambiental, pois frequentemente solos argilosos são cotados como de melhor qualidade para a construção civil e o cenário encontrado em Sorocaba diverge deste contexto.

CONCLUSÕES

Mediante a análise granulométrica realizada nos horizontes superficial e subsuperficial, do município de Sorocaba, foi possível identificar a distribuição dos tamanhos das partículas presentes no solo. Mapas cartográficos foram gerados, para a demonstração visual das frações de solo (areia total, silte e argila) e da classificação textural do solo.

Constatou-se que a porcentagem de areia total prevalece em ambos os horizontes investigados. Esses dados forneceram, também, informações relevantes para a classificação textural do solo, indicando que a predominância é de areia e areia franca.

Essas informações são altamente relevantes para futuros trabalhos técnicos na área da construção civil em Sorocaba, pois fornecem uma compreensão detalhada da distribuição e predominância da textura do solo. Esses dados auxiliarão na tomada de

Realização



decisões relacionadas a projetos de construção, fundações, drenagem e outras atividades que exigem conhecimento sobre as características granulométricas do solo.

AGRADECIMENTOS

Ao Campus de Sorocaba - UNESP, pela concessão do veículo, para os trabalhos de campo, e de recursos financeiros, para aluguel de equipamento utilizado na coleta de amostras, à técnica Suzan da Silva Lessa (Laboratório de Águas e Solos do Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba - UNESP), pelo apoio nos trabalhos de laboratório e aos estudantes do curso de Engenharia Civil, da UNIP, pelo auxílio nos trabalhos de campo e de laboratório.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7181: Solo - Análise granulométrica**. Rio de Janeiro – RJ, 12 p, 2016.

CAMARGO, O. A. DE; MONIZ, A.C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S.. **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2009.

EMMERT, F., PEREIRA, R. S.. Caracterização geotécnica e classificação de solos para estradas florestais: estudo de caso. **Ciência Florestal**, Santa Maria, 26, 2, 601-613, 2016.

MACHADO-HESS, E. S., 2020. Atlas escolar de Sorocaba. **Secretaria de Educação**. Disponível em: <http://educacao.sorocaba.sp.gov.br>. Acesso em: 20 abril 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sorocaba/panorama>. Acesso em: 01 junho 2023.

MORAIS, A. L. S. DE; MARTINS, D. A.; ANDRADE, L. M.; PEREIRA, R. S. F.; OLIVEIRA, T. M.. 2021. Análise granulométrica: uma revisão bibliográfica. **Journal Of Exact Sciences – Jes**, [s. l], v. 28, n. 1, p. 5-10. Disponível em: <http://www.mastereditora.com.br/jes>. Acesso em: 30 maio 2023.

SCAGLIANTI, C.A.C., 2022. **Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob diferentes coberturas em áreas de restauração do PNMCBIO, Sorocaba/SP**. Dissertação (Mestrado em

Realização



Sustentabilidade Ambiental). Universidade Federal de São Carlos, Campus Sorocaba, Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade Ambiental, 63p.

SILVA, A. M.. Potencial natural de erosão no município de Sorocaba - SP - Brasil. **Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil**, v. 8, p. 93-101, 2008.

SILVA, A. M., MANFRE, L. A., MONTEIRO, T., MOREIRA, M. Z., LIVINGSTON, S., DUCATTI, C., BROSSARD, M., SOBRAL, A. C., URBAN, R. C.. The vulnerability of soil and its associated organic matter to degradation in a subtropical region: a study from Sao Paulo State, Brazil. **Environmental Quality Management**, 24, 65-90, 2015.

SILVA, A. M., NASCIMENTO, L. R. S., ALDEA, M., VIEIRA, M. Z., ROQUE, C. D.. Assessing the relations among the features of the land cover and of the soil on the soil-water interactions through a functional eco-hydrological indicator. **Ecological Indicators**, 104, 59-66, 2019.

USDA (United States Department of Agriculture), 2008. **Soil Quality Indicators – Bulk Density**. Fact Sheet. <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2023-01/Soil%20Quality-Indicators-Bulk%20Density.pdf>

Realização