

Capítulo 3



10.37423/220906566

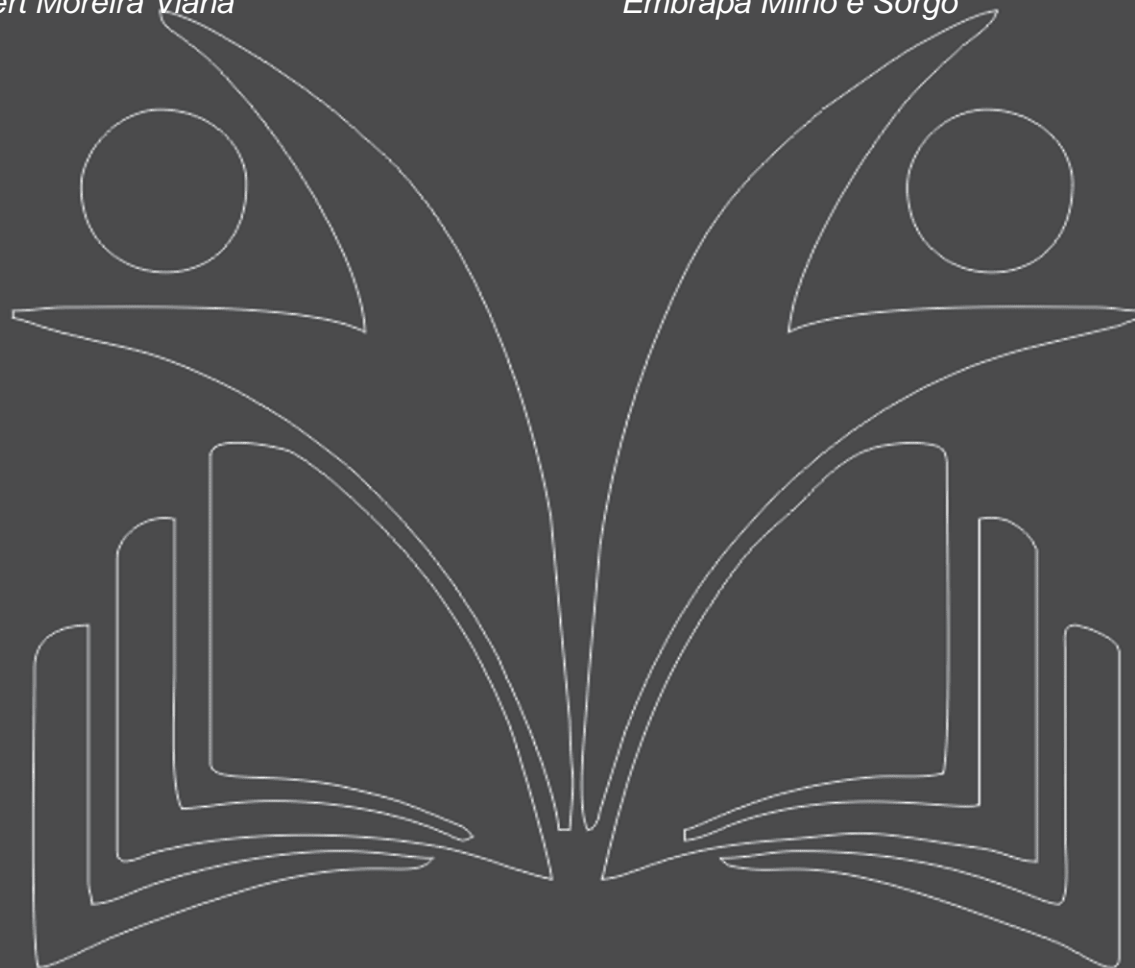
MÉTODO PARA ESTIMATIVA DE MACROPOROSIDADE EM LÂMINAS DELGADAS DE SOLOS POR MEIO DE ANÁLISE DE IMAGENS

Eliane de Paula Clemente

Embrapa Solos

João Herbert Moreira Viana

Embrapa Milho e Sorgo



Resumo: A micromorfologia é uma técnica que tradicionalmente vem sendo utilizada de forma qualitativa no estudo da gênese do solo e na avaliação e no monitoramento de diversas práticas agrícolas. Com o auxílio das técnicas de processamento e análise digital de imagem, a micromorfologia é capaz de fornecer resultados quantitativos de macroporosidade e composição, além de possibilitar a visualização das alterações estruturais causadas pelo uso do solo. Este trabalho teve por objetivo avaliar um método de análise de imagens e quantificação da macroporosidade utilizando os softwares gratuitos ImageJ e Hypercube. Os resultados mostraram que o procedimento é simples e rápido e produz resultados compatíveis com os dados obtidos por métodos convencionais.

Termos de indexação: micromorfologia; estrutura de solos; porosidade.

INTRODUÇÃO

A micromorfologia tem sido, há décadas, importante ferramenta para o estudo de solos. Embora inicialmente de caráter basicamente descritivo e qualitativo, a disponibilidade de ferramentas e programas computacionais para análise e quantificação em imagens tem proporcionado a evolução para uma abordagem mais quantitativa. No entanto, dada a complexidade do meio em estudo e sua natural heterogeneidade, os procedimentos necessitam um contínuo desenvolvimento e adaptação, para que resultados reprodutíveis e acurados sejam obtidos. Outra demanda é a automação dos procedimentos para ganho de produtividade, em função do tempo necessário para separação de feições de interesse, quando se usam procedimentos totalmente manuais. Vários detalhes e peculiaridades dos métodos também precisam ser adequadamente entendidos, para se evitar o uso inadequado destas ferramentas.

A avaliação da estrutura do solo é necessária para um entendimento completo da morfologia dos solos, e requer o uso de diversas técnicas, incluindo a análise micromorfológica. Essa técnica tem sido aplicada em vários trabalhos sobre a gênese do solo e na avaliação de efeitos de manejo e de práticas agrícolas nas propriedades físicas do solo (Castro et al., 2003). As técnicas de processamento e análise digital de imagem aplicadas à micromorfologia permitem gerar resultados quantitativos de alguns atributos, e também a visualização dos impactos na estrutura causados pela compactação e pelo adensamento (Castro et al., 2003; Clemente et al., 2005). É possível seu uso para a avaliação quantitativa da dinâmica estrutural em amostras indeformadas (Viana et al., 2004). O preparo das lâminas deve seguir os protocolos já desenvolvidos e que permitem manter a estrutura original do solo (Cooper et al. 2017).

A análise de imagens permite mensurar feições morfológicas que podem auxiliar a interpretação do comportamento físico da amostra. A análise geralmente é feita a partir de imagens digitais obtidas por sensores acoplados a microscópios, lupas ou scanners de mesa. As imagens devem ser processadas por softwares adequados, e quantificadas com base em parâmetros morfológicos já reconhecidos e descritos na literatura. Existe hoje a opção de programas gratuitos, disponíveis na internet e já reconhecidos e usados amplamente na comunidade científica para a análise e mensuração de imagens digitais, destacando-se o ImageJ 1.47t (Ferreira e Rasband, 2012), que, além dessas características, permite também o desenvolvimento de rotinas para outras medidas específicas através de pluggins.

Este trabalho visa estabelecer procedimentos para quantificação da porosidade em lâminas delgadas de solo, a partir de imagens obtidas por microscopia ótica convencional, com o uso de programas

científicos gratuitos de análise e tratamento de imagens disponíveis na Internet. O método visa auxiliar os procedimentos de análise e interpretação micromorfológica de lâminas delgadas, possibilitando a quantificação de regiões homogêneas por meio de algoritmos de classificação (semi) automática. Desta forma, à interpretação puramente qualitativa pode ser agregada a análise quantitativa de feições de interesse, e a extrapolação para volumes das áreas pode ser possível quando as condições de estereologia forem atendidas. Os procedimentos são descritos de forma a padronizar e permitir maior reprodutibilidade de resultados.

MATERIAL E MÉTODOS

DESCRIÇÃO DO MÉTODO DA QUANTIFICAÇÃO DE POROS

O método foi desenvolvido para quantificação de regiões com características homogêneas e claramente discerníveis em imagens de lâminas delgadas para micromorfologia de solos, obtidas por meio de câmeras acopladas a microscópios óticos ou lupas binoculares, ou por meio de scanners de alta resolução. De forma resumida, inicialmente são aplicados tratamentos à imagem digital para redução de ruídos e realce de cores. Seguem-se a separação e quantificação de zonas similares da imagem por meio de algoritmo de classificação supervisionada. Esta classificação é interpretada por inspeção e comparação com a imagem original, e os valores de área para cada região homogênea são tabelados e computados.

No caso da porosidade em amostras de solos, a utilização de um corante na resina de impregnação para melhorar o contraste facilita a separação correta de áreas de poros e a correta interpretação de feições. Inicialmente são tomadas as imagens digitais e transferidas para computador. Recomenda-se que as imagens sejam gravadas e processadas em formatos de arquivo de imagem não comprimidos, como o TIFF. A imagem a ser processada deve então ser aberta e trabalhada no programa ImageJ (Abramoff et al., 2004; Schneider et al., 2012; Rasbane, 2014).

Recomenda-se cortar as bordas da imagem para excluir das análises as partes da lâmina sem material ou com material muito fino, trabalhando-se apenas na parte central da imagem salvando-se como uma nova imagem TIF. Nesta nova imagem serão então feitos os demais procedimentos. Aplica-se o filtro de mediana para redução de ruído: Process>Filters>Median... (Radius=2.0).

Procede-se ao ajuste de brilho e contraste (por ajuste visual): Image>Adjust>Brightness/contrast Salva-se a imagem gerada com novo nome. O procedimento de separação e quantificação da porosidade (ou outra feição de interesse) é feito usando-se o programa Hypercube (Pazak, 2015;

http://www.erd.c.usace.army.mil/Media/FactSheets/FactSheetArticleView/tabid/9254/Article/476681/hy_percube.aspx). Abre-se a imagem no programa Hypercube. File>Open...>Load TIFF data
Converte-se a imagem para o "cubo": Image>Convert image>Color to cube>BRG Cube Nesta nova "imagem" com a extensão cube, procedesse à classificação: Function>Classify>Color to cube>BRG Cube Na caixa de opções (pop-up) assinalar o método "k-means": Method>K means Clicar o botão de "options" e colocar o número de classes (a depender da análise, geralmente de 10 a 30): Number of classes>24 Clicar o botão de "Classify" e aguardar o processamento. Ao término do processamento, colocar a imagem em sua última camada usando os botões no canto superior esquerdo e converter para uma nova imagem TIF, salvando-a em seguida:Image>Convertimage>Colortoindexed>256.
Gerar a tabela com as classes: Function>Plot>Histogram>Window (class map) Salvar a tabela do class map: File>Save Analisar na imagem classificada ("cube"), correndo o mouse sobre a mesma, identificando o número da classe que corresponde ao atributo de interesse, anotando o mesmo. Este número, que aparece quando o mouse está sobre o campo, é o mesmo da tabela "class map", já salva, que poderá ser editada em planilha.

APLICAÇÃO

Os procedimentos descritos foram aplicados a um conjunto de lâminas delgadas, proveniente dos perfis de solos amostrados na comunidade de Faraó em Cachoeiras de Macacu/RJ (Quadro 1).

Quadro 1 – Caracterização dos solos estudados

Perfil	Classificação	Uso	Altitude (m)	Relevo	Situação
P1	CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico típico, textura argilosa pouco cascalhenta, A moderado	Banana	68	Ondulado	Declivoso
P2	CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico típico, textura média pouco cascalhenta, A moderado	Banana	228	Ondulado	Terço médio
P3	LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura argilosa, A moderado	Pupunha	214	Montanhoso	Terço médio
P4	CAMBISSOLO FLÚVICO Tb distrófico gleissólico, textura argilosa, A moderado	Banana	48	Suave ondulado	Área plana de terraço fluvial
P5	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, epieutrófico	Pastagem	59	Forte ondulado	Terço médio
P6	CAMBISSOLO HÁPLICO tb Distrófico típico, textura argilosa, A moderado	Banana/floresta	303	Forte ondulado	Terço médio
P7	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado	Mandioca	70	Suave ondulado	Terço médio
P8	CAMBISSOLO HÁPLICO tb Distrófico típico, textura média, A moderado, epieutrófico	Banana	159	Ondulado	Terço médio
P9	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado	Banana	419	Montanhoso	Terço médio

Estes perfis são provenientes de oito propriedades rurais, as quais representavam as diferentes cotas de relevo da comunidade e que apresentavam diferentes sistemas de produção, se destacando o cultivo de banana, aipim, pupunha e pasto. Os perfis estudados estão inseridos em diferentes propriedades rurais, as quais apresentam relevo bastante distinto. Os solos foram classificados como Latossolos e Cambissolos, sendo que em todas as propriedades que tiveram os solos classificados como Cambissolos, a banana é o principal componente do sistema produtivo. Já nos Latossolos, a produção é mais diversificada, com pastagem, pupunha e mandioca.

Em cada propriedade foi aberta uma trincheira para descrição e coleta de um perfil de solo. Para a coleta das amostras a serem analisadas micromorfológicamente, coletou-se uma amostra indeformada, na profundidade de 10 a 20 cm do perfil de solo amostrado e confeccionadas lâminas delgadas de 2,5 x 1 cm (Figura 1).

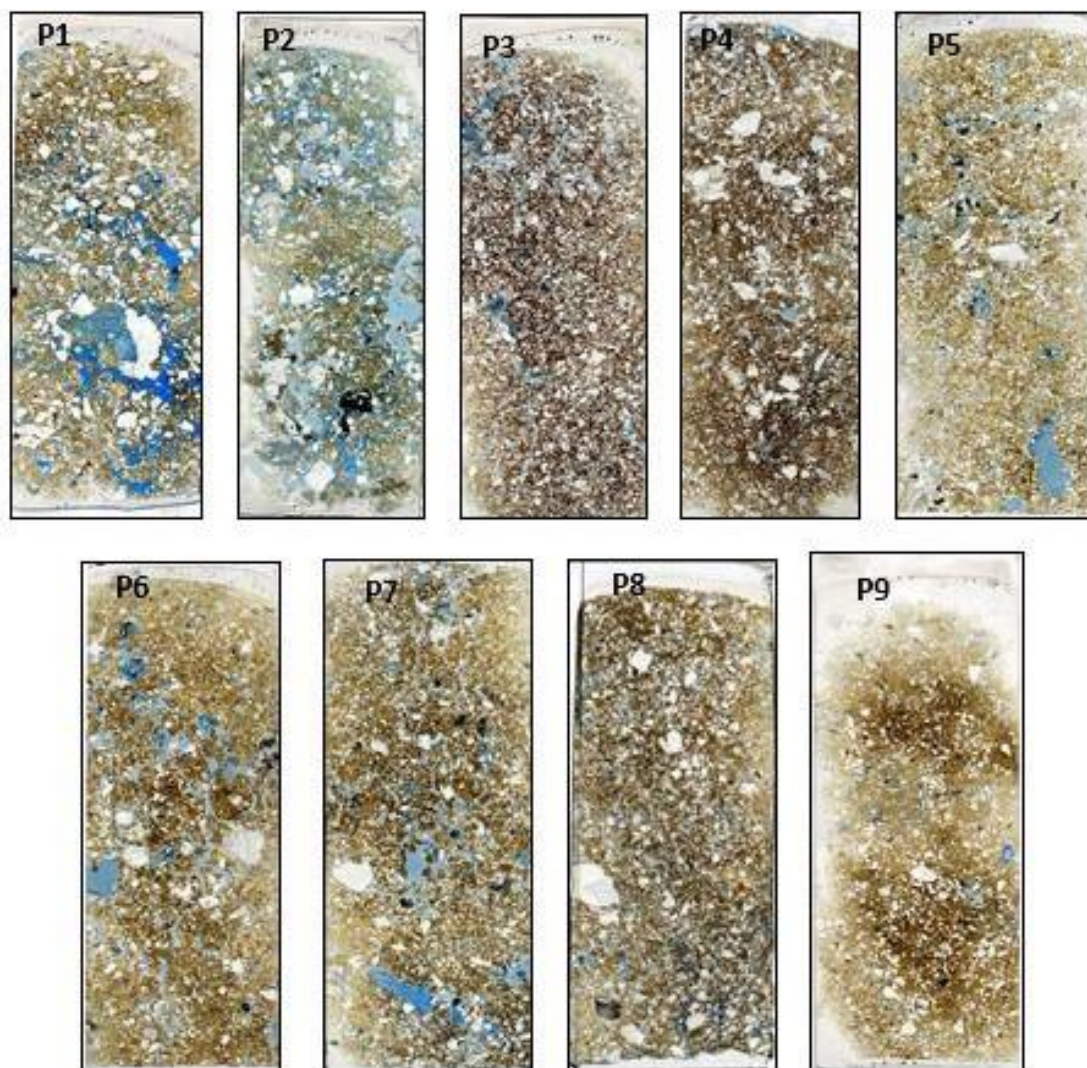


Figura 1 – Imagens obtidas de lâminas delgadas em scanner V700 Photo, na resolução de 3600 dpi. Cada amostra foi processada nos programas acima descritos gerando a sequência de transformação da imagem (Figura 2).

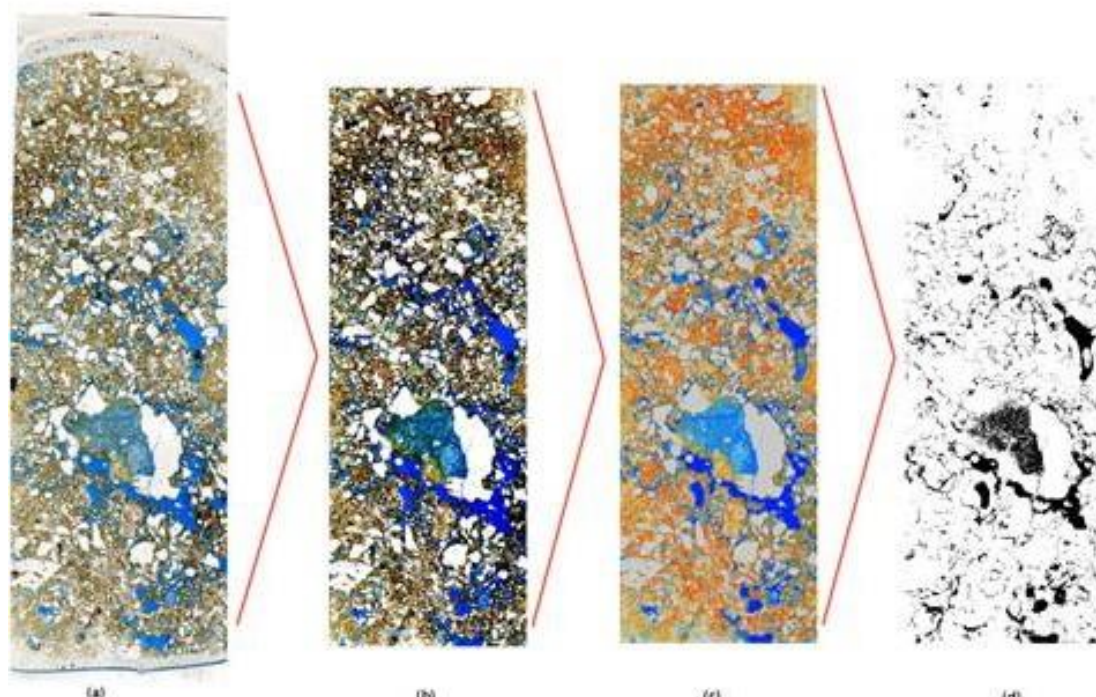


Figura 2 - Sequência de aplicação a lâmina delgada de solo. a) Imagem inicial da lâmina; b) recorte tratado por filtragem e realce; c) imagem classificada; d) porosidade medida, em preto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível separar a porosidade visível de forma rápida e sem necessidade de ajustes manuais pelo uso dos procedimentos descritos, de forma semi-automática. Os resultados obtidos (Quadro 2) indicam que a macroporosidade, medida por este método, foi afetada pelo uso do solo. O perfil 5, o único com pastagem, apresentou a menor porosidade. A maior porosidade foi a do perfil 2, um Cambissolo com produção de banana. Nos demais perfis a macroporosidade é bastante semelhante. Os valores absolutos de porosidade passíveis de medida por este método são limitados pela resolução da imagem, daí a comparação com outros métodos, como os resultados da mesa de tensão, vão depender da magnificação e do tamanho da área medida, o que não limita o potencial para seu uso.

Esses resultados auxiliaram o estudo do diagnóstico do solo feito nessa comunidade, permitindo uma melhor caracterização da porosidade do solo e conseqüentemente entender o fluxo de infiltração de água nessas propriedades, colaborando com o trabalho realizado por Clemente et al. (2017) sobre erodibilidade dos solos nessas áreas. Todas as informações auxiliaram as tomadas de decisão quanto a práticas de técnicas conservacionistas sugeridas para um manejo mais adequado para estas áreas, como podem ser vistas em Martins et al. (2014).

Quadro 2 – Macroporosidade avaliada pela análise de imagem nos perfis.

Perfil	Classificação	Porosidade total	Macroporosidade	Densidade do solo (g/cm ³)	Densidade do solo (g/cm ³)
P1	CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico típico, textura argilosa pouco cascalhenta, A moderado	48,78	17	1,26	2,46
P2	CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico típico, textura média pouco cascalhenta, A moderado	61,07	27	0,95	2,44
P3	LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura argilosa, A moderado	57,44	15	1,03	2,42
P4	CAMBISSOLO FLÚVICO Tb distrófico gleissólico, textura argilosa, A moderado	49,03	13	1,03	2,59
P5	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, epieutrófico	38,89	12	1,54	2,52
P6	CAMBISSOLO HÁPLICO tb Distrófico típico, textura argilosa, A moderado	52,65	17	1,16	2,45
P7	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado	49,61	16	1,28	2,54
P8	CAMBISSOLO HÁPLICO tb Distrófico típico, textura média, A moderado, epieutrófico	57,79	11	1,03	2,44
P9	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado	43,20	12	1,17	2,50

CONCLUSÕES

Foi possível obter a medida da macroporosidade de forma semi-automática e com procedimentos rápidos e padronizados. Os resultados indicam que o método apresenta potencial para aplicação em estudos de avaliação de uso do solo, mas é limitado pela resolução da imagem utilizada.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOFF, M.D., MAGALHAES, P.J., RAM, S.J. "Image Processing with ImageJ". *Biophotonics International*, volume 11, issue 7, pp. 36-42, 2004.
- CASTRO, S.S. de; COOPER, M.; SANTOS, M.C.; VIDAL-TORRADO, P. Micromorfologia do solo: bases e aplicações. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M. de; LOPES, A.S.; ALVAREZ VENEGAS, V.H. (Ed.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3, p.107-164.
- CHAGAS, A. C. Propriedades físicas, mecânicas, químicas e micromorfológicas de um LATOSSOLO VERMELHO sob cerrado e submetido dois sistemas de manejo, em Dom Aquino, MT. Tese Magister Scientiae (Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas). Viçosa : UFV, 2004. 68 f
- CLEMENTE, E. de P.; OLIVEIRA, A. P. de; FONTANA, A.; MARTINS, A. L. da S.; SCHULER, A. E.; FIDALGO, E. C. C.; MONTEIRO, J. M. G. Erodibilidade dos solos da Região Serrana do Rio de Janeiro obtida por diferentes equações de predição indireta. *Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento*, 262, 2017.
- CLEMENTE, E.P.; SCHAEFER, C.E.G.R.; NOVAES, R.F.; VIANA, J.H.; BARROS, N.F. Soil compaction around *Eucalyptus grandis* roots: a micromorphological study. *Australian Journal of Soil Research*. v. 43, n. 2, 139-146, Mar. 2005.
- CLEMENTE, E. de P.; VIANA, J. H.M. Método para estimativa de macroporosidade em lâminas delgadas de solos por meio de análise de imagens. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal. O solo e suas múltiplas funções: anais. Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.
- COOPER, M.; CASTRO, S. S. de; COELHO, M. R. Micromorfologia do solo. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Ed.). *Manual de métodos de análise de solo*. 3. ed.rev.eampl.Brasília,DF:Embrapa,2017.pt.5,cap.1,p.527564.<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1107368>
- FERREIRA, T.; RASBAND W. ImageJ User Guide. IJ 1.46r. <https://imagej.nih.gov/ij/docs/guide/user-guide.pdf> acesso 16/09/2022
- MARTINS, A. L. S.; SCHULER, A. E. F. ; FIDALGO, E. C. C. ; ALMEIDA, E. P. C. ; MONTEIRO, J. M. G. ; Oliveira, Aline Pacobayba ; FONTANA, A. . O enfoque sistêmico no diagnóstico participativo dos sistemas de produção da comunidade Faraó. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2014 (Série Documentos 178).
- PAZAK,R.S.HyperCubePictorialUser'sGuide.(<http://www.erdc.usace.army.mil/Portals/55/docs/CEERD-TV/HyperCube/HyperCube.pdf>) acess., 29/03/2015
- RASBAND,W.S.,ImageJ,U.S.NationalInstitutesofHealth,Bethesda,Maryland,USA,<http://imagej.nih.gov/ij/>, 1997-2014 Schneider, C.A., Rasband, W.S., Eliceiri, K.W. "NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis". *Nature Methods* 9, 671- 675, 2012
- VIANA, J.H.M.; FERNANDES FILHO, E.I.; SCHAEFER, C.E.G.R. Efeitos de ciclos de umedecimento e secagem na reorganização da estrutura microgranular de latossolos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, p.11-19, 2004.