

# MICROAGREGAÇÃO DO SOLO EM ÁREA COM PROCESSOS EROSIVOS EM ESTÁGIO AVANÇADO NO BIOMA MATA ATLÂNTICA

*Data de aceite: 01/04/2024*

### **Francisco Xirlean Xavier Alves**

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental (UFRRJ)

### **Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto**

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia - Ciência do Solo (UFRRJ)

### **Mateus Belarmino da Silva**

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

### **Renato Siquini de Souza**

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia - Ciência do Solo (UFRRJ)

### **Anderson Gomide Costa**

Professor do Departamento de Engenharia (UFRRJ)

### **Marcos Gervasio Pereira**

Professor do Departamento de Solos (UFRRJ)

se as voçorocas. O objetivo desse estudo foi avaliar a estrutura do solo através da análise da microagregação e verificar a influência desta no processo de formação de voçorocas em diferentes estágios no bioma Mata Atlântica. Foram coletadas amostras deformadas de terra, na camada superficial (0–10 cm), nas faces externas e internas das voçorocas. Para a avaliação da estabilidade de microagregados, três classes de argila foram quantificadas a saber: a) argila dispersível em água (ADA); b) argila refloculável em água (ARA); e c) argila não dispersível em água (AND). Os valores das três classes de argila foram influenciados pelos diferentes estágios de formação e estabilização das voçorocas apenas na fase interna. Através da análise dos resultados, verificou-se que a avaliação da microagregação demonstra a dinâmica da fração argila nos processos erosivos em diferentes níveis de formação e estabilização de voçorocas. Todas as classes de argilas analisadas apresentaram bons resultados, com destaque para ADA e AND, podendo atuar como indicador da qualidade física do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** argila não dispersível, dispersão de argila, estrutura do solo, floculação de argila.

**RESUMO:** A erosão hídrica é um dos processos de degradação que mais afeta o solo em ambientes tropicais e subtropicais em todo o mundo. Quando este processo atinge um estágio mais avançado formam-

## SOIL MICROAGGREGATION IN AN AREA WITH ADVANCED EROSION PROCESSES IN THE ATLANTIC FOREST BIOME

**ABSTRACT:** Water erosion is one of the degradation processes that most affect soil in tropical and subtropical environments around the world. When this process reaches a more advanced stage, gullies are formed. The aim of this study was to assess soil structure through microaggregation analysis and to verify its influence on the gully formation process at different stages in the Atlantic Forest biome. Undisturbed soil samples were collected from the surface layer (0-10 cm) on the external and internal faces of the gullies. To assess the stability of microaggregates, three classes of clay were quantified: a) water-dispersible clay (WDA); b) water-reflocculable clay (WRA); and c) non-water-dispersible clay (ND). The values of the three clay classes were influenced by the different stages of formation and stabilization of the gullies only in the internal phase. The analysis of the results showed that the evaluation of microaggregation demonstrates the dynamics of the clay fraction in erosion processes at different levels of gully formation and stabilization. All the clay classes analyzed showed good results, with ADA and AND standing out, and can act as an indicator of the soil's physical quality.

**KEYWORDS:** clay dispersion, clay flocculation, non-dispersible clay, soil structure.

### INTRODUÇÃO

A erosão hídrica é um dos processos que mais degradam os solos no mundo sendo responsável pela perda de 56% das áreas agricultáveis em todo o planeta (CORREIA et al, 2016) contribuindo para um declínio de 10% na produção agrícola e com perspectivas de remoção de 75 bilhões de toneladas de solo até o ano de 2050 (FAO, 2022). Esse processo de degradação ocorre a partir do momento em que há ruptura do equilíbrio natural existente no solo, e a ação dos fatores climáticos, como a chuva e o vento, passa a ser suficiente para o desequilíbrio desse sistema (PEREIRA, 2003). Ocasionalmente, principalmente, pelo manejo não conservacionista associado à outras práticas como a remoção da cobertura vegetal que mantém o equilíbrio ecológico do agroecossistema. Sem a proteção do solo, as chuvas incidem diretamente sobre a superfície descoberta, que quando se situa em áreas com declives acentuados, causam perda de solo, água, matéria orgânica, fertilizantes, sementes, defensivos agrícolas. Adicionalmente este processo diminui a eficiência operacional das máquinas e implementos, contribuindo para a queda da produtividade e consequentemente aumento do custo da produção e a redução do valor da terra.

O processo erosivo tende a se agravar quando não há intervenções que possam minimizar os efeitos no solo, o que possibilita a evolução do processo erosivo atingindo o seu nível mais avançado de degradação que são as voçorocas. Nesse estágio, os fluxos superficiais e os sub superficiais, bem como, os diversos tipos de movimentos de massa podem atuar de forma isolada ou em conjunto na sua formação e evolução. Para o controle do processo erosivo, tornam-se necessárias ações de conservação. Para isso torna-se necessária a compreensão das propriedades do solo, em especial a agregação do solo.

Com base no exposto e diante da necessidade de fornecer subsídios para o entendimento e monitoramento dos processos de degradação, esse estudo teve como objetivo avaliar a estrutura do solo através da análise da microagregação no processo de formação de voçorocas em diferentes estágios no bioma Mata Atlântica.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Seropédica (RJ), localizado entre as coordenadas 22° 44' 38" de latitude sul, 43° 42' 28" de longitude oeste (Figura 1), na região oeste da Baixada Fluminense. O clima é tropical subúmido classificado como Aw (ALVARES et al., 2013). Na região de estudo foram selecionadas, em uma mesma encosta, quatro voçorocas, previamente classificadas com base no estágio de formação, a saber: inicial (IN), intermediária (INT), madura (MA), e senil (SE) segundo o método descrito por Oka-Fiori e Soares (1976), a partir de imagens do Google Earth 2022, e validado por meio de idas ao campo.

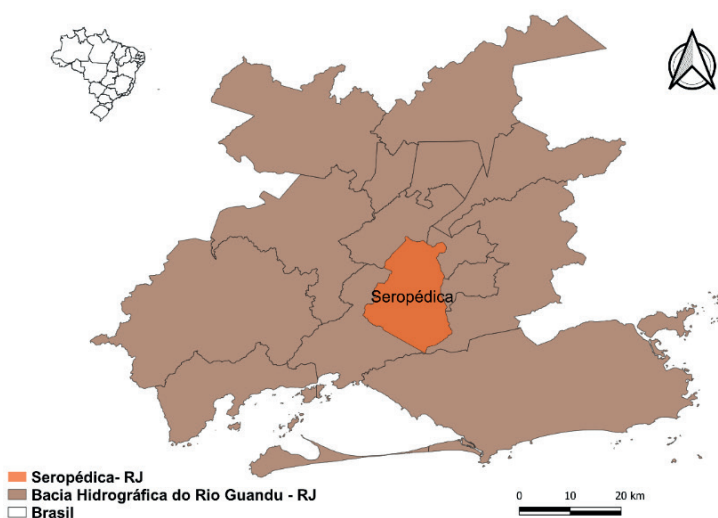


Figura 1: Localização do Município de Seropédica-RJ. Fonte: Autores (2023).

Para a avaliação da estabilidade de microagregados, três classes de argila foram quantificadas conforme o método proposto por Melo et al. (2019), com adaptações em Melo et al. (2021), a saber: a) argila dispersível em água (ADA), classe de argila que é mecanicamente desagregável em água e não floclula em suspensão; b) argila refloculável em água (ARA), classe de argila mecanicamente desagregável e floclula em suspensão; e c) argila não dispersível em água (AND), classe de argila que não é mecanicamente desagregável. Posteriormente os dados de ADA, ARA e AND foram corrigidos em relação à porcentagem de argila total nos agregados.

O estudo foi analisado estatisticamente em esquema fatorial 4 × 2 em delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram analisados quanto a normalidade dos resíduos e a homocedasticidade das variâncias por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. As variáveis que não apresentarem distribuição normal ou homogeneidade foram transformadas de acordo com o teste de Box-Cox e foram novamente testadas. Na sequência, os dados foram submetidos à análise de variância com aplicação do Teste de F (ANOVA) quando os pressupostos de normalidade e homogeneidade foram atendidos (variáveis transformadas ou não) e suas médias comparadas pelo teste de Tukey. Nos casos em que a transformação dos dados foi ineficiente, o teste de Kruskal-Wallis seguido pelo critério de diferença mínima significativa de Fisher foram utilizados para a avaliação das voçorocas e o teste de Wilcoxon foi utilizado para comparar variáveis entre as faces. Todos os testes foram realizados à 5% de significância pelo Software R (R CORE TEAM, 2020).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores das três classes de argila foram influenciados pelos diferentes estágios de formação e estabilização das voçorocas apenas na fase interna (Tabela 1). A dispersão da fração argila é um atributo dinâmico no solo. Portanto, a estabilidade dos agregados é indicadora da resistência estrutural do solo frente à agentes disruptivos, tais como gotas de chuva ou revolvimento mecânico, sob condições de campo (MELO et al., 2019; PINTO et al., 2022).

Tabela 1: Estabilidade de microagregados do solo em voçorocas em diferentes estágios de formação (Inicial; Avançada; Madura; Senil), na profundidade de 0-10 cm, nas faces externa e interna das voçorocas no município de Seropédica, RJ

Estágios	ADA		ARA		AND	
	------(%)-----					
	Externa	Interna	Externa	Interna	Externa	Interna
IN	36,23 Aa	0,10 Bb	0,00 Ab	0,64 Ba	63,77 Ab	99,26 Aa
INT	47,26 Aa	0,81 Bb	0,00 Ab	4,93 Aa	52,74 Ab	94,27 Aa
MA	45,86 Aa	23,07 Ab	1,37 Aa	4,68 Aa	52,76 Ab	72,25 Ba
SE	34,54 Aa	35,73 Aa	0,00 Aa	0,00 Ca	65,46 Aa	64,27 Ba
CV%	29,10		151,57		11,44	

Médias seguidas de letras maiúsculas na coluna não diferem as voçorocas pelo Teste de Kruskal-Wallis + diferença mínima significativa de Fisher. Médias seguidas de letras minúscula na linha não diferem as faces pelo Teste de Kruskal-Wallis + Teste de Wilcoxon. Argila dispersível em água (ADA); argila refloculável em água (ARA) e argila não dispersível (AND)

Para a classe de argila dispersível em água (ADA) foi verificado padrão crescente nos valores em função do grau de formação e estabilização das voçorocas. Os maiores valores de ADA foram observados nos estágios de SE e MA (35,73 e 23,07%, respectivamente) em comparação aos estágios de INT (0,81%) e IN (0,10%). Esse padrão pode ser relacionado a intensa remoção dessa argila nos estágios de formação iniciais (IN e INT), já que a mesma é facilmente deslocada, e nos estágios com maior estabilização do processo erosivo, o aumento dos teores de argila total explica o aumento dos teores da classe de ADA. A análise da classe de ADA avalia como a argila do solo responde às forças mecânicas e à hidratação; logo, é uma avaliação da estabilidade dos microagregados (IGWE; OBALUM, 2013; MELO et al., 2019, PINTO et al., 2022). Comparando entre as faces, houve diferença entre os estágios, com exceção do estágio de SE, em que os valores de ADA entre as duas faces tendem ao equilíbrio, podendo ser explicado pela estabilização do processo erosivo. Esse padrão foi observado também para as classes de ARA e AND (Tabela 1).

Nos estágios de INT e MA foram quantificados os maiores valores de argila refloculável em água (ARA), seguidos pelo estágio IN (Tabela 1). Vale destacar que os valores dessa classe de argila em ambas as faces do estágio de SE foram iguais a zero. Essa classe é supostamente mais transportável do que a classe de argila não dispersível em água (AND), uma vez que a ARA permanece em suspensão enquanto distúrbios mecânicos são experimentados na solução do solo, podendo ser citada a chuva como um exemplo. Quando os distúrbios mecânicos são reduzidos, a classe de ARA tem maior potencial de agregação quando comparada à ADA (MELO et al., 2019; PINTO et al., 2022). Entretanto, a classe ARA não é um indicativo de resistência contra forças mecânicas, mas apenas do balanço de cargas na superfície das partículas, comumente observado em solos extremamente oxidados, como os Latossolos (MELO et al., 2019).

Em relação a classe de AND, esta apresentou padrão oposto aos resultados da classe ADA, tanto entre os estágios como entre as faces. Nos estágios de IN e INT foram observados os maiores valores dessa classe de argila e os menores valores foram verificados em MA e SE (Tabela 1). Na face interna das voçorocas IN, INT e MA foram quantificados os valores mais elevados de AND em comparação a fase externa. Esse padrão pode estar relacionado a estabilização do processo erosivo ocasionado pela vegetação presente na área e a incorporação de matéria orgânica do solo, decorrente do aporte de matéria orgânica na forma de serrapilheira, que promove uma maior cimentação das partículas contribuindo para a redução da dispersão da fração argila. A classe de AND é indicativo de um maior grau de agregação, e pode ocorrer devido a vários processos que envolvem componentes orgânicos e inorgânicos favorecendo a ligação das partículas e/ou quando a carga líquida dispersiva é supostamente zero (RENGASAMY et al., 2016; MELO et al., 2019; PINTO et al., 2022).

## CONCLUSÕES

Os diferentes estágios de formação e estabilização de voçorocas estão afetando de maneira diferenciada a microagregação do solo, padrão que é mais facilmente observável nas áreas mais impactadas pelo processo de erosivo.

A avaliação da estrutura do solo através da microagregação, apresentou resultados que demonstram a dinâmica da fração argila nos processos erosivos em diferentes níveis de formação e estabilização de voçorocas. Todas as classes de argilas analisadas apresentaram bons resultados, com destaque para argila dispersível em água e argila não dispersível, podendo atuar como indicador da qualidade física do solo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Associação Pró-gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – AGEVAP, Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ, Programa Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ e aos Programas de Pós-graduação em Ciências do Solo – PPGA-CS e Engenharia Agrícola e Ambiental - PGEEAmb.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVARES, C.A. et al. Mapa de classificação climática de Köppen para o Brasil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711–728, 2013.

CORREA, S.W. et al. Soil erosion risk associated with climate change at Mantaro River basin, Peruvian Andes. **Catena** v. 147, p. 110–124, 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Catálogo de publicações da Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, 2022 – ISBN 978-92-5-136969-2. Disponível em: <<https://doi.org/10.4060/cc2323en>>. Acesso: 03 de outubro de 2023.

IGWE, C.A. & OBALUM, S.E. Microaggregate Stability of Tropical Soils and its Roles on Soil Erosion Hazard Prediction. **Advances in Agrophysical Research**, p. 175-198, 2013.

MELO, T.R. et al. Clay behavior following macroaggregate breakdown in Ferralsols. **Soil Tillage Research Soil**, v. 207, p. 104862, 2021.

MELO, T.R. et al. A new approach on the structural stability of soils: Method proposal. **Soil Tillage Research Soil**, v. 193, p. 171-79, 2019.

Oka-Fiori, C., & Soares, P.C. Aspectos evolutivos das voçorocas. **Notícia Geomorfológica**. Campinas/ SP, v. 32, p. 114-124, 1976.

PEREIRA, S.B. et al. Desprendimento e arraste do solo pelo escoamento superficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 423-429, 2003.

PINTO, L.A.S.R. et al. Stability, labile organic carbon, and glomalin of biogenic aggregates in sandy soils under management systems in the subtropical region of Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 46, p. e0220074, 2022.

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org>.

RENGASAMY, P., TAVAKKOLI, E., MCDONALD, G.K. Exchangeable cations and clay dispersion: net dispersive charge, a new concept for dispersive soil. **European Journal Soil Science**. v. 7, p. 659–665, 2016.