

## CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE SOLOS DE MANGUEZAIS REPLANTADOS EM FUNÇÃO DA IDADE DE REPLANTIO

THAYNÁ DE CIZA CANTANHÊDE CORRÊA<sup>1</sup>, MARCELA LOPES LÁZARO<sup>2</sup>, ÉRICA CRISTINA FERREIRA<sup>2</sup>, GABRIEL NUTO NÓBREGA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduanda em Ciência Ambiental, UFF, Niterói-RJ; thaynacorra@id.uff.br;

<sup>2</sup>Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Geociências (Geoquímica), UFF, Niterói-RJ. ; mlazaro@id.uff.br; ericabiouff@gmail.com;

<sup>3</sup>Dr. Prof. no Departamento de Geoquímica, UFF, Niterói-RJ; gabrielnn@id.uff.br

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
15 a 17 de setembro de 2021

**RESUMO:** Este trabalho objetivou avaliar as características físico-químicas dos solos de manguezais replantados, presumindo o restabelecimento dos processos pedogenéticos envolvidos na dinâmica de C. Para tanto, amostras de solos de cinco bosques (setores) com diferentes idades de replantio foram coletados na Apa de Guapimirim (Rio de Janeiro, SE Brasil), nas quais foram medidos os valores do potencial redox (Eh) e pH nas diferentes profundidades (0-10, 10-20; 20-30; 30-50 cm). Os resultados possibilitaram a comparação dos parâmetros físico-químicos entre os pontos de coleta indicando que a medida que os bosques têm níveis de recuperação vegetal mais elevado, apresentam menores valores de Eh e de pH, sugerindo a maior ocorrência de gleização e sulfidização. Assim, as características físico-químicas permitem avaliar o processo de restabelecimento ecológico, uma vez que estão relacionadas às idades do replantio, controlando a dinâmica de C, nutrientes e poluentes, além do fornecimento de serviços ecossistêmicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Carbono Azul, Restauração ambiental, Áreas úmidas costeiras, Mudanças climáticas.

### PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF REPLANTED MANGROUN SOILS

**ABSTRACT:** This study aimed to evaluate the physicochemical characteristics of replanted mangrove soils, assessing the reestablishment of the pedogenetic processes involved in carbon dynamics. Soil samples were collected from five forests (sectors) with different ages of replanting in Apa de Guapimirim (Rio de Janeiro, SE-Brazil), and measured the redox potential (Eh) and pH at different depths (0-10, 10-20; 20-30; 30-50 cm). The results made it possible to compare the physical-chemical parameters between the different sectors points, indicating lower Eh and pH values as vegetation is better recovered, which suggests the occurrence of gleization and sulfidization. The physicochemical characteristics are indicators of the restoration processes in mangroves, as it is intrinsically related to the age of replanting, controlling the C, nutrients, and pollutants dynamics, but also the ecosystemic services.

**KEYWORDS:** Blue carbon, Environmental restoration, Coastal wetlands, Climate change.

### INTRODUÇÃO

Os manguezais são ecossistemas florestais costeiros que se distribuem ao longo de regiões intertropicais; em áreas de topografia plana, frequentemente saturados com água salgada; habitado por fauna e flora adaptadas às oscilações dos níveis de maré, da salinidade e das condições redox do solo (Alongi, 2014). Estes ecossistemas cobrem cerca de 138.000 km<sup>2</sup> da zona costeira do planeta, equivalente a 0,7% das áreas vegetadas, sendo encontrado em 124 países (Donato et al., 2011; Giri et al., 2011). No Brasil são encontrados cerca de 7% de toda a extensão de manguezais do mundo, com

florestas encontradas desde o Amapá até o estado de Santa Catarina (Schaeffer-Novelli et al., 1990), de modo que o país figura entre os países com maior extensão deste ecossistema (Giri et al., 2011). Recentemente, os manguezais foram reconhecidos como ecossistemas de grande relevância para o sequestro de carbono, o que levou à criação do termo *Blue Carbon sinks* referente à grande capacidade destes ecossistemas em armazenar C, principalmente em seus solos (Alongi, 2014; Nóbrega et al., 2019). Apesar de cobrir uma pequena porção da superfície da Terra (aproximadamente 0,1%), os manguezais respondem por 11% do sequestro de C das zonas costeiras (Duarte et al., 2005).

Comparativamente, o estoques de C médio em manguezais (valores médios de 956 t C ha<sup>-1</sup>) equivalem a 2 ou 3 vezes o valor quantificado em florestas tropicais (Alongi, 2014), ou até 8 vezes quando comparado com ecossistemas influenciados por clima semi-árido (Nóbrega et al., 2019). Esta capacidade de armazenar grandes quantidades de C nos solos dos manguezais resulta da combinação de uma elevada produtividade primária (Bouillon et al., 2008) e de uma menor taxa de decomposição, resultante do metabolismo anaeróbico provocado pela saturação dos solos com água (Kristensen et al., 2008), resultando em solos com um baixo potencial redox (Eh), apresentando espécies reduzidas de Fe e S; além de baixa emissão de CO<sub>2</sub> (Nóbrega et al., 2016).

Contudo, há uma escassez de informações e dados científicos acerca do restabelecimento do estoque de C em manguezais replantados e da evolução das características físico-químicas dos solos, que regem os processos pedogenéticos. Portanto, considerando-se a importância desse ecossistema, faz-se necessário enriquecer o conhecimento sobre as características físico-químicas (Eh e pH) dos manguezais replantados. Assim, este trabalho tem como objetivo determinar características físico-químicas de solos manguezais em processo de regeneração, visando compreender a dinâmica do C nesses ambientes.

## MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de solos foram coletadas em manguezais replantados na Área de Preservação Ambiental (APA) de Guapimirim, que apresenta uma área de 13.950 ha, localizada no recôncavo da Baía de Guanabara, localizado entre 22°39'30'' e 22°46'50''S; 42°57'00'' e 43°06'40''W (Rio de Janeiro; Figura 1A; Pellens, 2001). O clima predominante da região é classificado como Aw, segundo Koppen, com pluviosidade média anual em torno de 1700 mm (IBGE, 2004; Bernardino et al., 2015). Por ocasião da implantação da APA, antigas áreas de manguezal que foram removidas por atividade antrópica (uso da terra e retirada de madeira) passaram a ser recuperadas seguindo um protocolo de reflorestamento. A metodologia adotada envolveu a coleta de solo em cinco bosques (setores) na APA com diferentes idades de recuperação, sendo um bosque sem vegetação, completamente degradado; um considerado estável, com recuperação natural ao longo de mais de 30 anos e bosques com idades intermediárias, que foram replantados nos anos de 2011, 2013 e 2015 (Figura 1B). Todos os bosques encontravam-se na mesma posição fisiográfica.

Em cada bosque foi feito um transecto (100 m) perpendicular ao leito do rio, durante a maré baixa, onde foram coletadas 6 amostras indeformadas utilizando canos de PVC de 60 x 5 cm com o auxílio de um martelo de borracha. Ainda em campo, em tempo de preservar as características do solo amostrado, essas amostras foram retiradas dos canos e seccionadas em intervalos de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm, nos quais foram avaliados os parâmetros físico-químicos (Eh e pH) após equilíbrio dos eletrodos de campo previamente calibrados. Os valores de Eh e pH foram analisados estatisticamente através da criação de médias entre os diversos pontos de coleta em cada um dos cinco setores (bosques) de acordo com profundidade, gerando assim, os valores médios representativos de cada bosque, como um todo. Com esses dados de Eh e pH é possível criar uma base de entendimento dos processos pedogenéticos que estão ocorrendo na APA e, conseqüentemente, compreender o funcionamento do sequestro de C no local.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de Eh e pH variaram de acordo com os diferentes bosques e profundidades estudadas. O pH refere-se à concentração de H<sup>+</sup> da solução enquanto que o Eh mostra a tendência de um solo doar ou receber elétrons, sendo ambos indicadores importantes, da ocorrência de processos pedogenéticos em situação de inundação (gleização, sulfidização e paludização) que respondem pelo sequestro de C (Nóbrega et al., 2016; Ferreira et al., 2010; Ponnampertuma, 1972), emissão de gases de efeito estufa (e.g., CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O; Otero et al., 2020; Queiroz et al., 2019), além do controle na

biodisponibilidade de elementos potencialmente tóxicos (metais pesados como Cu e Zn; Araújo Júnior et al., 2016).

Considerando todas as áreas, os valores de Eh variaram entre -346 e +382 mV. As alterações nas condições de Eh podem resultar em processos de redução dos óxidos de Fe e redução do sulfato controlando, dentre outras coisas, a dinâmica de C, de metais e nutrientes (por exemplo, P). Em geral, os maiores valores de Eh foram observados em superfície (exceto para o bosque replantado em 2013; Figura 2A) devido à difusão do oxigênio atmosférico (O<sub>2</sub>) pelo perfil do solo facilitado pelas espécies vegetais (Stockmann, 2013). Comparando os valores médios de Eh nos diferentes bosques, o recuperado apresentou -97,4±172 mV enquanto que os replantados há mais tempo, em 2011 e 2013, apresentaram +1,92±102,3 mV e +14,7±124,5 mV, respectivamente. O bosque degradado (não vegetado) e replantado em 2015 apresentaram valores médios de +121,5±146,17 mV e +68,5±88,5 mV, respectivamente.

Quanto aos valores de pH, houve variação entre 5,20 e 7,84 com maiores valores observados em profundidade. Os menores valores de pH foram observados em superfície (0-20 cm), podendo ser explicado por uma menor intensidade de inundação no solo e em consequência da ocorrência de oxidação dos sulfetos, que gera acidez (Nóbrega et al., 2016). Comparando os bosques, os maiores valores de pH foram observados nas áreas não replantadas/degradadas (6,76±0,5; Figura 1B), enquanto que os menores valores foram observados no bosque recuperado (6,15±0,44; Figura 1B). Valores médios intermediários foram observados nos bosques replantados em 2015, 2013 e 2011 (6,18±0,32; 6,26±0,39; 6,74±0,27; respectivamente).

Por fim, com a criação de uma correlação entre os dados de potencial Redox (Eh) com o pH ficou clara a variação das características físico químicas com o replantio (Figura 2), mais evidente pelos efeitos de oxidação e redução nas fases minerais (Clark, 1998), ou seja, são indicativos significativos das mudanças nas intensidades dos processos pedogenéticos de acordo com o tempo de replantio.

Comparando os diferentes bosques com a utilização do Sistema Fe-S-O-H (Figura 2; Brookins, 1988), em áreas como o degradado e o replantado em 2015, a tendência, em geral, é de valores de Eh mais elevados aliados a valores de pH mais baixos, indicando um ambiente oxidante e ácido, o que explica formas de minerais de Fe oxidados, como a hematita (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Araújo, 2016). Enquanto isso, nos demais bosques é evidente a progressão temporal, das áreas mais novas para as mais antigas, para a estabilização crescente com valores de potencial redox mais baixos aliados a valores de pH elevados, indicadores de um ambiente redutor e tendência a neutralidade e alcalinidade, o que explica a evolução para formas de minerais de Fe reduzidos e redução de sulfatos, representado pela presença na área recuperada naturalmente, a mais antiga de replantio, de pirita (FeS<sub>2</sub>; Figura 2; Clark, 1998).

Figura 1. Valores médios de Eh (mV) (A) e valores médios de pH (B) em cada setor estudado da APA de Guapimirim.

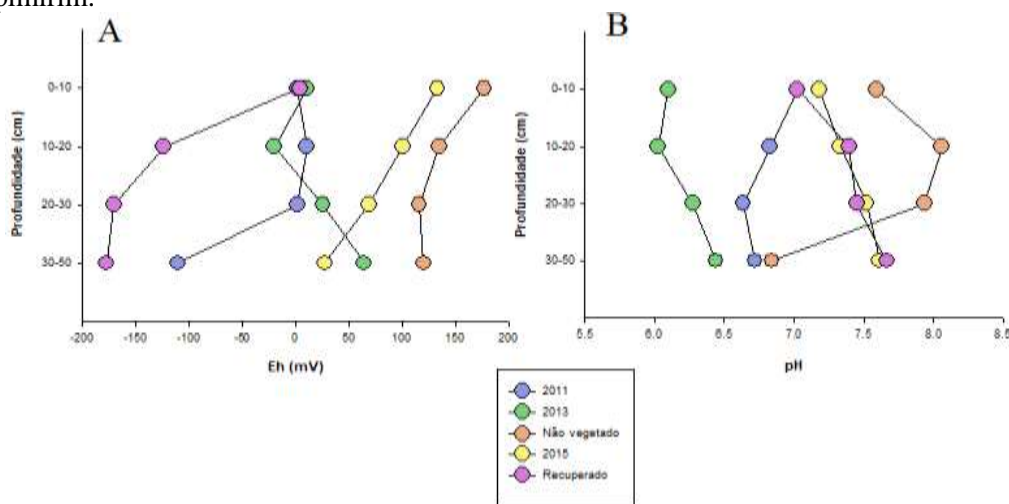
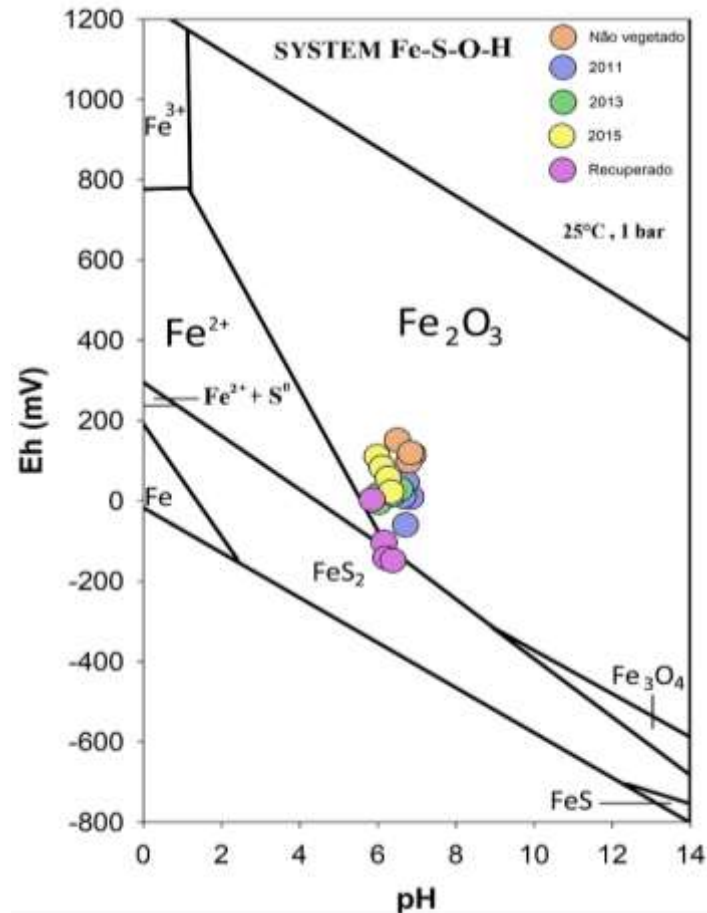


Figura 2. Diagrama Eh-pH (Sistema Fe-S-O-H) para os solos estudados (Fonte: Brookins, 1988).



## CONCLUSÃO

A partir dos dados obtidos pelo estudo foi corroborada a relação das características físico-químicas e da variabilidade de tempo de replantio entre os diferentes bosques analisados, através dos resultados preliminares, o que é um indicativo de que está ocorrendo o restabelecimento de processos pedogenéticos envolvidos na dinâmica de C, de metais e nutrientes (por exemplo, P), e consequentemente, uma progressiva retomada dos serviços ecossistêmicos característico de um manguezal.

## REFERÊNCIAS

- Alongi, D.M. 2014. Carbon Cycling and Storage in Mangrove Forests. *Ann. Rev. Mar. Sci.* 6, 195–219. doi:10.1146/annurev-marine-010213-135020
- Araújo, J. J., Ferreira, T. O., Suarez-Abelenda, M., Nóbrega, G. N., Albuquerque, A. G. B. M., Bezerra, A. C., & Otero, X. L., 2016. The role of bioturbation by *Ucides cordatus* crab in the fractionation and bioavailability of trace metals in tropical semiarid mangroves. *Marine pollution bulletin*, 111(1-2), 194.
- Bernardino, A.F., et al., 2015. Predicting ecological changes on benthic estuarine assemblages through decadal climate trends along Brazilian Marine Ecoregions. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 166, 74–82. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.05.021>
- Bouillon, S. et al., 2008. Mangrove production and carbon sinks: A revision of global budget estimates. *Global Biogeochem. Cycles* 22, n/a-n/a. doi:10.1029/2007GB003052
- Brookins, D.G., 1988. *Eh-pH Diagrams for Geochemistry*. 1st ed. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg <https://doi.org/10.1007/978-3-642-73093-1>.
- Clark, M. W., McConchie, D., Lewis, D. W., & Saenger, P., 1998. Redox stratification and heavy metal partitioning in *Avicennia*-dominated mangrove sediments: a geochemical model. *Chemical Geology*, 149(3-4), 147-171.

- Duarte, C.M., Middelburg, J.J., Caraco, N., 2005. Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle. *Biogeosciences* 2, 1–8.
- Donato, D.C., 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nat. Geosci.* 4, 293–297. doi:10.1038/ngeo1123
- Ferreira, T.O., Otero, X.L., de Souza Junior, V.S., Vidal-Torrado, P., Macías, F., Firme, L.P., 2010. Spatial patterns of soil attributes and components in a mangrove system in Southeast Brazil (São Paulo). *J. Soils Sediments* 10, 995–1006. <https://doi.org/10.1007/s11368-010-0224-4>
- Giri, C. et al., 2011. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 20, 154–159. doi:10.1111/j.1466-8238.2010.00584.x
- Instituto Baía de Guanabara (IBG). Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental de Guapimirim. Rio de Janeiro: Instituto Baía de Guanabara, 2004.
- Kristensen, E. et al., 2008. Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: A review. *Aquat. Bot.* 89, 201–219. doi:10.1016/j.aquabot.2007.12.005
- Nóbrega, G.N., Ferreira, T.O., Siqueira Neto, M. *et al*, 2019. The importance of blue carbon soil stocks in tropical semiarid mangroves: a case study in Northeastern Brazil. *Environ Earth Sci* 78, 369.
- Nóbrega, G.N., Ferreira, T.O., Siqueira Neto, M., Queiroz, H.M., Artur, A.G., Mendonça, E.D.S., Silva, E.D.O., Otero, X.L., 2016. Edaphic factors controlling summer (rainy season) greenhouse gas emissions (CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>) from semiarid mangrove soils (NE-Brazil). *Sci. Total Environ.* 542, 685–693. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.108>
- Otero, X.L. Biogeoquímica de metales pesados em ambientes sedimentarios marinos. Santiago de Compostela, 2000. 308p. Tese (DR) - Universidad de Santiago de Compostela
- Otero, X. L., et al, 2020. Crab Bioturbation and Seasonality Control Nitrous Oxide Emissions in Semiarid Mangrove Forests (Ceará, Brazil). *Applied Sciences*, 10(7), 2215.
- Pellens, R. et al. Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental de Guapi-Mirim. IBAMA, 2001.
- Ponnamperuma, F.N. The chemistry of submerged soils. *Advances Agronomy*, v.24, p. 29-96, 1972.
- Queiroz HM, Artur AG, Taniguchi CAK, et al (2019) Hidden contribution of shrimp farming effluents to greenhouse gas emissions from mangrove soils. *Estuar Coast Shelf Sci* 221:8–14 . doi: 10.1016/j.ecss.2019.03.011
- Schaeffer-Novelli, Y. et al.1990. Variability of Mangrove Ecosystems along the Brazilian Coast. *Estuaries* 13, 204. doi:10.2307/1351590
- Stockmann, U., et al, 2013. The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. *Agric. Ecosyst. Environ.* 164, 80–99.