# GEOQUÍMICA DE FÓSFORO EM SOLOS DE PRADARIAS MARINHAS AO LONGO DA COSTA BRASILEIRA

THAYNÁ DE CIZA C. CORRÊA[1], MARIA REGINA GMACH[2], TIAGO OSÓRIO FERREIRA[3], LAÍS ZAYAS COUTINHO JIMENEZ[4], GABRIEL NUTO NÓBREGA[5]

[1]Graduanda em Ciência Ambiental, UFF, Niterói-RJ; thaynacorrea@id.uff.br;
[2]Engenheira Agrônoma, Swedish University of Agricultural Science - SLU, Uppsala, Suécia; Gmachmr@gmail.com;
[3]Engenheiro Agrônomo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), Departamento de Ciência do Solo, Piracicaba - SP; toferreira@usp.br;
[4]Gestora Ambiental, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), Departamento de Ciência do Solo, Piracicaba - SP; lais.jimenez@usp.br;
[5]Dr. Prof. no Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, Niterói, UFF; 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 o fracionamento do P em solos de pradarias marinhas ao longo da costa brasileira, a fim de entender a dinâmica deste elemento nos solos deste ecossistema e os riscos associados à eutrofização. Para tanto, amostras de solos de três regiões costeiras brasileiras nos estados do Ceará (NE), São Paulo (SE) e do Rio Grande do Sul (S) foram coletadas, nas quais foram medidos os valores de Eh e pH nas diferentes profundidades (0-3, 3-6, 6-10, 10-13, 13-16, 16-20, 20-30, 30-40, 40-50 e 50-60 cm), e com as quais foram realizadas a composição granulométrica, carbono orgânico total (COT) e o fracionamento de P. A composição granulométrica dos solos foram semelhantes, apresentando predominância de areia, com médias variando de 61,3 a 96,2%, no geral os valores de pH foram neutros, já os valores de potencial redox (Eh) variaram entre -63 a +334 mV, com médias de -50, +253 e +287 mV para NE, SE e S, respectivamente. O fracionamento de P mostrou diferenças claras entre os locais estudados e a profundidade do solo, através de diferentes predominâncias de conteúdos em cada região, com forma mais abundante em NE, bem como no litoral S, foi P associado aos ácidos húmicos, enquanto para o SE predominou P ligado a carbonatos e apatita (Ca-P). Assim, fornecendo dados para o entendimento do funcionamento desse ecossistema e a dinâmica dos solos em condições climáticas e ambientais diversas.
**PALAVRAS-CHAVE:** Áreas úmidas costeiras, Fracionamento do P, Biogeoquímica, Eutrofização.

## PHOSPHORUS GEOCHEMISTRY IN SEAGRASS MEADOW SOILS ALONG THE BRAZILIAN COAST

**ABSTRACT**: This work aimed to evaluate the fractionation of P in soils of marine prairies along the Brazilian coast, in order to understand the dynamics of this element in the soils of this ecosystem and the risks associated with eutrophication. Therefore, soil samples from three Brazilian coastal regions in the states of Ceará (NE), São Paulo (SE) and Rio Grande do Sul (S) were collected, in which the values of redox potential (Eh) and pH were measured at different depths ( 0-3, 3-6, 6-10, 10-13, 13-16, 16-20, 20-30, 30-40, 40-50 and 50-60 cm), and proceeded the analysis of grain size composition, total organic carbon (TOC) and P fractionation. A granulometric composition of soils was shown, with predominance of sand, with media ranging from 61.3 to 96.2%. The pH for all soils were circumneutral, and with Eh values ranging from -63 to + 334 mV, with average of -50, +253 and +287 mV for NE, SE and S, respectively. P fractionation showed clear differences between the studied locations and the depth of the soil. At the NE and S coast,P was mostly associated with humic acids ,

whereas for SE, P was mostly associated with carbonates and apatite (Ca-P). Thus, providing data for understanding the functioning of this ecosystem and with the resources of different climatic and environmental conditions.
**KEYWORDS:** Coastal wetlands, P fractionation, Biogeochemistry, Eutrophication.

## INTRODUÇÃO

As pradarias marinhas são ecossistemas compostos por monocotiledôneas, com a maioria das espécies crescendo permanentemente submersas em ambientes marinhos, amplamente distribuídas nas regiões tropicais e temperadas, abrangendo mais de 120 países (Spalding et al., 2003), correspondendo a 0,2% das áreas oceânicas (Eakins & Sharman, 2010). As pradarias marinhas são reconhecidas por fornecer uma ampla gama de serviços ecológicos, representando um dos ecossistemas de maior valor econômico do planeta (Short et al., 2011).

Nestes sistemas marinhos, o conteúdo (potencialmente) biodisponível de fósforo (P) é um fator desencadeador de nutrientes para a eutrofização (Diaz et al., 2017). O aumento nas concentrações de P são uma das principais causas de eutrofização em corpos d'água (Fytianos & Kotzakioti, 2005), embora as regiões tropicais pareçam ser tipicamente limitadas por P (Feller et al., 2003). Estudos anteriores indicaram que em solos de áreas úmidas, a maior parte do P está associada a argilas e complexos organo-minerais (principalmente via pontes catiônicas) e com oxi-hidróxidos de Fe (via ligação covalente com o grupo hidroxila) (Vepraskas & Faulkner, 2009). Algumas dessas frações são sensíveis a condições redox oscilantes (por exemplo, hidróxidos de ferro), enquanto outras são diretamente influenciadas por alterações de pH (por exemplo, os carbonatos), que podem alterar profundamente a retenção e liberação de P (Jiménez-Cárceles & Álvarez-Rogel, 2008).

Apesar da importância das pradarias marinhas, o desconhecimento sobre suas características e processos do solo dificulta a implementação de práticas de gerenciamento destes ecossistemas (York et al., 2017). Assim, o reconhecimento das características dos solos das pradarias marinhas ao longo da costa brasileira, sob diferentes condições climáticas e ambientais, é crucial para uma melhor compreensão dos papéis ecológicos desempenhados pelas pradarias marinhas (Copertino et al., 2016). Assim, foi avaliado os conteúdos das frações de P nas pradarias marinhas de três regiões da costa brasileira, para fornecer informações sobre o funcionamento deste ecossistema e para serem usados como dados de linha de base em estudos futuros.

## MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de solos foram coletadas em pradarias marinhas de três compartimentos da costa brasileira apresentando diferentes espécies vegetais: Costa Nordeste Semiárida (NE; no estado do Ceará), e Costa Granítica Sudeste (SE; no estado de São Paulo) vegetadas com *Halodule spp*.; e Costa Sul Quaternária (S; no estado do Rio Grande do Sul) vegetada com *Ruppia maritima*.

Em cada área, três amostras do solo foram coletados usando tubos de policarbonato presos a um amostrador para solo submerso (Nóbrega et al., 2018). Após coletadas, as amostras de solo foram cuidadosamente retiradas, divididas em seções de 0-3, 3-6, 6-10, 10-13, 13-16, 16-20, 20-30, 30-40, 40-50 e 50-60 cm. Imediatamente após a retirada das amostras foram medidos os parâmetros físico-químicos (pH e Eh) com eletrodos previamente calibrados. Após analisados os valores de pH e Eh, as amostras foram armazenadas em sacos plásticos e congeladas até a análise, com as quais foram realizadas a composição granulométrica, carbono orgânico total (COT), bem como o fracionamento de P.

O fracionamento do P foi determinada usando uma extração seqüencial (Paludan & Jensen, 1995; Paludan & Morris, 1999) que permite a identificação de seis frações P operacionalmente definidas: P solúvel e trocável (Ex-P); P associado aos oxi-hidróxidos de Fe e Mn (óxido-P); P associado a silicatos (Silicato-P); P associado aos ácidos húmicos (HA-P); P associado a Ca e Mg (por exemplo, P ligado a carbonatos e apatita P; Ca-P); P residual (matéria orgânica refratária; Res-P). As variáveis foram analisadas usando ANOVA seguida pelo teste de Tukey, ($P < 5\%$), para comparações entre as três regiões.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição granulométrica dos solos em todos os locais estudados foi semelhante, apresentando predominância de areia, com médias variando de 61,3 a 96,2% (Figura 1A), enquanto o

teor de silte variou de 1,1 a 19,5% e argila de 2,5 a 19,8% com maior valor médio de argila registrado no NE (14,5%; Tabela 1). Nos parâmetros físico-químicos, os valores de pH para os três locais foram circumneutral (Figura 1B), apesar de o NE apresentar valores mais baixos, principalmente em superfície (Figura 1B; Tabela 1). Os valores de pH não apresentaram variação significativa em todo o perfil do solo no SE, enquanto NE e S apresentaram oscilação, na qual o NE aumentou na subsuperfície e S diminuiu na subsuperfície.

O potencial redox (Eh) apresentou uma grande variação, com valores variando de -63 a +334 mV, evidenciando condições contrastantes entre os locais estudados (Figura 1B; Tabela 1). O SE e o S apresentaram os maiores valores médios, seguidos pelo NE. As diferenças foram mais evidentes nos primeiros 20 cm, nos quais a média foi de -50 para NE, +253 para SE e +287 mV para S, indicando ambiente anóxico no NE e ambiente sub-óxico no SE e S. A média de conteúdo do TOC foi significativamente maior para NE (2,2%) quando comparado com SE (0,44%) e S (0,52%), com a maior diferença nos primeiros 10 cm (Figura 1B). Os locais SE e S não apresentaram variação no conteúdo de COT ao longo do perfil do solo.

O fracionamento de P mostrou diferenças claras entre os locais estudados e a profundidade do solo. A forma mais abundante no NE foi a forma orgânica HA-P, assim como no S, apesar do menor conteúdo comparado ao NE (Figura 2; Tabela 1). Para a SE, no entanto, a forma inorgânica Ca-P foi predominante. A segunda maior fração no NE e SE foi o Refratário-P, representando a forma refratária da matéria orgânica do solo. O Ex-P foi a fração dos valores mais baixos, mas foi maior no litoral S. Os teores de óxido-P e silicato-P registrados foram semelhantes nos três locais estudados.

Figura 1. A) Composição granulométrica do solo subaquático em cada local estudado. B) Valores médios para pH, Eh (mV) e TOC (%) para os três locais estudados nas diferentes profundidades do solo.

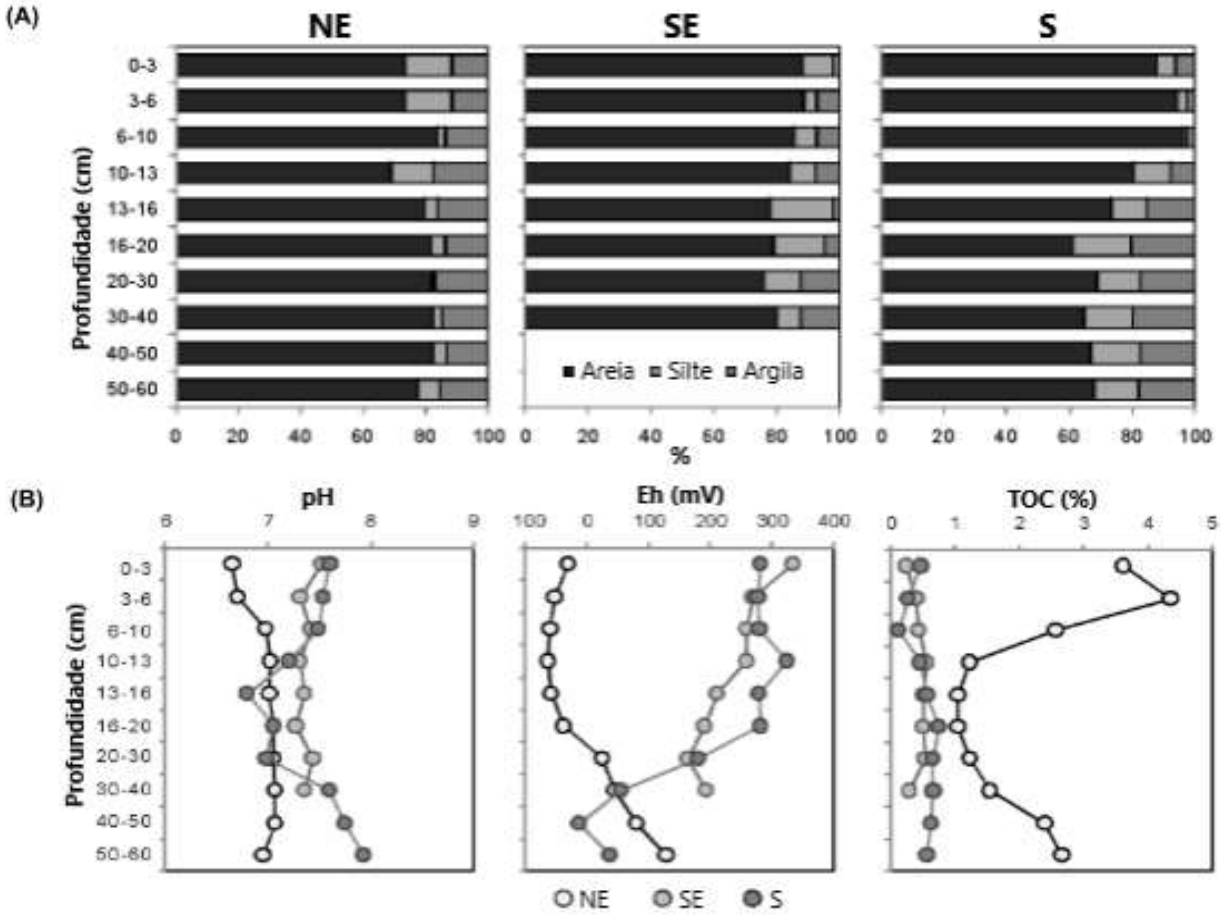
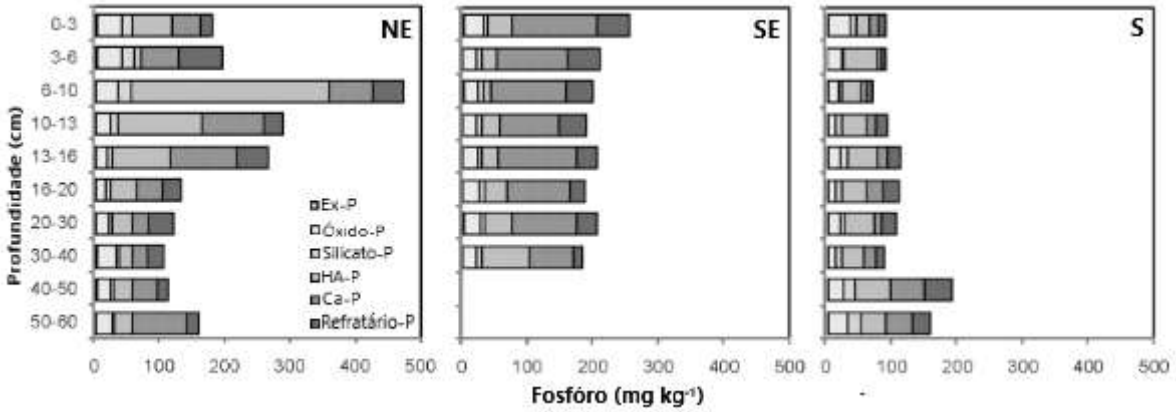


Tabela 1. Resultados da média e ANOVA para as variáveis avaliadas nos três locais estudados.

| Variáveis | Áreas | | |
|---|---|---|---|
| | NE | SE | S |
| Areia(%) | 78.2 a* | 82.3 a | 78.3 a |
| Silte (%) | 7.3 b | 10.4 a | 10.2 a |
| Argila(%) | 14.5 a | 7.2 b | 11.5 ab |
| pH | 7.0 b | 7.4 a | 7.4 a |
| Eh (mV) | -2.2 b | 234.7 a | 198.6 a |
| TOC (%) | 2.2 a | 0.44 b | 0.52 b |
| Ex-P (mg $kg^{-1}$) | 1.6 b | 1.6 b | 2.3 a |
| Óxido-P (mg $kg^{-1}$) | 25.8 a | 22.6 a | 19.5 a |
| Silicato-P (mg $kg^{-1}$) | 9.6 a | 8.7 a | 9.6 a |
| HA-P (mg $kg^{-1}$) | 74.8 a | 33.1 b | 39.4 b |
| Ca-P (mg $kg^{-1}$) | 56.8 b | 103.3 a | 20.5 c |
| Refratário-P (mg $kg^{-1}$) | 34.9 a | 35.4 a | 19.0 b |

* Os valores médios seguidos pela mesma letra em cada variável não diferiram entre si de acordo com o teste de Tukey (p <0,05).

Figura 2. Fracionamento do fósforo em três locais, nas diferentes profundidades do solo.




## CONCLUSÃO

Por fim, ficaram evidenciadas as diferenças entre as três regiões analisadas, apontando diretamente para as suas condições climáticas e ambientais diversas e relacionando com a dinâmica do solo, criando assim, uma base de dados para entender o funcionamento desse ecossistema e um progresso para a comprovação científica da sua relevância ambiental, com o intuito de viabilizar a criação de políticas condizentes para a sua preservação.

## REFERÊNCIAS


Copertino, M. S., Creed, J. C., Lanari, M. O., Magalhães, K., Barros, K., Lana, P. C., Horta, P. A. Seagrass and submerged aquatic vegetation (VAS) habitats of the coast of Brazil: state of knowledge, conservation and main threats. Brazilian Journal of Oceanography, v. 64, p. 53-80, 2016.

Diaz, R., Selman, M., Chique-Canache, C. Global eutrophic and hypoxic coastal systems: eutrophication and hypoxia–nutrient pollution in coastal waters. In: WRI Policy Note. World Resources Institute, 2017.

Eakins, B. W., Sharman, G. F. Volumes of the World´s Oceans from ETOPO1. Boulder, 2010

Feller, I. C., McKee, K. L., Whigham, D. F., O'Neill, J. P. 2003. Nitrogen vs. phosphorus limitation across an ecotonal gradient in a mangrove forest. Biogeochemistry, v. 62, n. 2, p. 145-175, 2003.

Fytianos, K., Kotzakioti, A. 2005. Sequential fractionation of phosphorus in lake sediments of northern Greece. Environmental Monitoring and Assessment, v. 100, n. 1, p. 191-200, 2005.

Jiménez-Cárceles, F. J., Álvares-Rogel, J. Phosphorus fractionation and distribution in a salt marsh soils affected by mine wastes and eutrophicated water: a case study in SE Spain. Geoderma, v. 144, n. 1-2, p. 299-309, 2008.

Nóbrega, G. N., Romero, D. J., Otero, X. L., Ferreira, T. O., 2018. Pedological Studies of Subaqueous Soils as a Contribution to the Protection of Seagrass Meadows in Brazil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 42, 2018.

Paludan, C., Jensen, H. S. Sequential extraction of phosphorus in freshwater wetland and lake sediments: significance of humic acids. Wetlands, v. 15, n. 4, p. 365-373, 1995.

Paludan, C., Morris, J. T. Distribution and speciation of phosphorus along a salinity gradient in intertidal marsh sediments. Biogeochemistry, v. 45, n. 2, p. 197-221, 1999.

Short, F. T., Polidoro, B., Livingstone, S. R., Carpenter, K. E., Bandeira, S., Bujang, J. S., Zieman, J. C.. Extinction risk assessment of the world's seagrass species. Biological Conservation, v. 144, n. 7, p. 1961-1971, 2011.

Spalding, M., Taylor, M., Ravilious, C., Short, F., Green, E. The distribution and status of seagrasses. World atlas seagrasses. University of California Press. Berkeley, California, p. 5-16, 2003.

Vepraskas, M.J., Faulkner, S. P. Redox chemistry of hydric soils. In Richardson, J.L., Vepraskas, M.J. (Eds.), Wetland soils: genesis, hydrology, landscapes and classification. Florida: Lewis Publishers, p. 85–106, 2009.

York, P. H., Smith, T. M., Coles, R. G., McKenna, S. A., Connolly, R. M., Irving, A. D., ... & Whitehead, S. Identifying knowledge gaps in seagrass research and management: An Australian perspective. Marine environmental research, v. 127, p. 163-172, 2017.