Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgf>

Classificação dos solos da Planície do Delta do Parnaíba, PI ⁽¹⁾

Léya Jéssyka Rodrigues Silva Cabral², Gustavo Souza Valladares³, Marcos Gervasio Pereira⁴, Carlos Roberto Pinheiro Júnior⁵, Andréa Maciel Lima⁶, Jéssica Cristina Oliveira Frota⁷, João Victor Alves Amorim⁸

(1) Extraído de parte da dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia (em nível de mestrado) da Universidade Federal do Piauí (UFPI). (2) Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFPI, Autor correspondente: leyarodrigues@hotmail.com; (3) Professor Associado da Universidade Federal do Piauí, Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq, UFPI, valladares@ufpi.edu.br; (4) Professor Titular do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq, UFRJ, mgervasiopereira01@gmail.com; (5) Mestrando do curso de Pós-graduação em Agronomia - Ciência do Solo, UFRJ, robertopinheiro.19@hotmail.com; (6) Mestranda em Geografia pelo Instituto de Estudos Socioambientais - IESA, UFG, andreaamacieli12@hotmail.com; (7) Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFPI, jessykcristina@hotmail.com; (8) Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFPI, amorim1994@hotmail.com..

Artigo recebido em 24/01/2019 e aceito em 23/10/2019

RESUMO

A diversidade natural dos solos reflete na paisagem a sua própria evolução, sendo estes resultados das interações entre os fatores de formação: material de origem, relevo, clima, organismos e tempo. Tais fatores, adjuntos aos processos pedogenéticos na evolução dos solos, definirão suas propriedades físicas e químicas, fundamentais para a caracterização dos solos. Nesse sentido, este estudo tem como objetivo geral caracterizar e classificar os tipos de solos da planície do Delta do Parnaíba, localizada na região do Norte Piauiense, tendo como limite natural os rios Parnaíba e Igarapé e o oceano Atlântico. Para a identificação e caracterização dos perfis de solos, foram realizadas atividades de campo, a fim de descrever e coletar os solos mais representativos na área de estudo. Foram descritos e coletados quinze perfis de solo por meio de trincheiras e tradagens, com extensões profundamente suficientes para avaliação das características morfológicas. Os critérios e procedimentos metodológicos seguiram a padronização adotada no Brasil. As análises físicas e químicas foram realizadas no Laboratório de Gênese e Classificação dos Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Através dos resultados analisados foi possível classificar os solos de acordo com os níveis categóricos do Sistema Brasileiro de Classificação dos solos. As principais ordens de solos encontradas na área de estudo foram os Neossolos, Planossolos, Gleissolos, Espodossolos, Cambissolos e os Vertissolos. Novas classificações foram sugeridas, devido a características significativas encontradas nos perfis de solos que não se enquadraram no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

Palavras-chaves: Classificação dos solos; Delta do Parnaíba: processos pedogenéticos.

Soil classification of the Parnaíba Delta Plain, PI ⁽¹⁾

ABSTRACT

The natural diversity of the soils reflects in the landscape its own evolution, being these results of the interactions between the factors of formation: material of origin, relief, climate, organisms and time. These factors, coupled with pedogenetic processes in soil evolution, will define their physical and chemical properties, fundamental for soil characterization. In this sense, this study has the general objective of characterizing and classifying the soil types of the Parnaíba Delta plains, located in the North Piauiense region, with the Parnaíba and Igarapé rivers and the Atlantic Ocean as their natural limit. For the identification and characterization of soil profiles, field activities were carried out in order to describe and collect the most representative soils in the study area. Fifteen soil profiles were described and collected through trenches and traditions, with extensions deep enough to evaluate the morphological characteristics. The criteria and methodological procedures followed the standardization adopted in Brazil. Physical and chemical analyzes were performed at the Genesis and Soil Classification Laboratory of the Federal Rural University of Rio de Janeiro. Through the analyzed results it was possible to classify the soils according to the categorical levels of the Brazilian Soil Classification System. The main orders of soils found in the study area were the Neosols, Planosols, Gleysols, Spodosols, Cambisols and Vertisols. New classifications were suggested, due to significant characteristics found in soil profiles that do not fit into the Brazilian Soil Classification System.

Keywords: Soil classification; Parnaíba Delta: pedogenetic processes.

Introdução

É bastante conhecida e difundida a importância do solo para a humanidade. Definir-lo, entretanto, nem sempre é tarefa simples, tanto que não existe uma definição universalmente aceita para esse fim. A razão disso é, sem dúvida, a multiplicidade de interesses quanto à ampla possibilidade do uso dos solos, do ponto de vista agrícola (produção de alimentos, madeiras, fibras, medicamentos etc.) ou não (material para aterros, fabricação de tijolos, telhas, aquecimento de ambientes etc.). (Santos et al., 2015).

Obter um conhecimento e o entendimento dos tipos de solos de uma região é de fundamental importância para um planejamento racional dos recursos naturais em função da velocidade e do tipo de ocupação do espaço físico. Essa utilização racional garante a sustentabilidade produtiva pela adequação de uso desses recursos respeitando suas vocações naturais. Para isso, deve haver um gerenciamento da base dos recursos naturais e uma orientação técnica (Miguel, 2010).

A diversidade natural das classes de solo na paisagem é resultado de complexas interações entre os fatores de formação: material de origem, relevo, clima, organismos e tempo (Resende et al., 2014). Esses fatores, adjuntos aos processos pedogenéticos na evolução dos solos, definirão suas propriedades físicas, químicas e mineralógicas de cada classe de solo. Os estudos abrangendo a caracterização dos solos são fundamentais para explicar questões referentes ao seu comportamento físico, químico e morfológico.

É por essa razão que nota-se a importância da caracterização dos solos, pois permite entre outros aspectos: entender as relações e comportamento entre os homens; relembrar propriedades dos objetos classificados; identificar o melhor uso do solo em um determinado lugar para um determinado fim; estimar a produtividade de um talhão e prover temas para pesquisa. (Oliveira, 2011).

Para o Estado do Piauí, temos como base o levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado do Piauí, realizado com o apoio da Embrapa e SUDENE, em 1986, apresentando uma visão geral dos diversos solos existentes no estado. Jacomine et al. (1986) relatam que o trabalho objetiva um levantamento dos recursos relativos nos solos, como vista a confecção de um mapa de solos de todo o Brasil, em escala 1:1.000.000.

Estudos mais recentes retratam uma atualização dos solos, tendo como base os mapeamentos realizados pelo projeto RADAMBRASIL, seguindo a nova caracterização

do Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SIBCS), publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), através da Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. A pesquisa realizou levantamentos de solo com o nível de detalhamento de 1:250.000 (Diretoria de Geociências - DGC / Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais – CREN, 2013), através de imagens de satélites e verificação no campo. Segundo a pesquisa os solos do delta do Parnaíba estão classificados em apenas duas classes de solo, confirmando uma deficiência no nível de detalhamento dos solos da planície do Delta do Parnaíba.

No caso da planície do Delta do Parnaíba, há necessidade de maior detalhamento dos solos, os quais são primordiais no planejamento ambiental, na prevenção de degradação dos solos em áreas com ocupação desordenada, manejo e conservação do solo. Para Silva (2012) as planícies litorâneas e fluviais são ambientes com grande fragilidade, os solos nestes ambientes são formados através do acúmulo de sedimentos de origem aluvial, eólica e marinha de composição química e física variada.

Da Silva Gomes et al. (2018) afirmam que as zonas costeiras são espaços bastante dinâmicos e complexos, de elevada fragilidade e instabilidade natural. As intensas modificações acarretadas pelas ações antrópicas no ambiente costeiro são agravantes significativos na acentuação dos processos erosivos.

Ao passo que a análise dos solos surge com alternativa para fornecer informações relativas da sua formação e distribuição, percebe-se a importância da classificação mais detalhada dos solos. Isto porque poderão se constituir em subsídios para delineamento de pesquisas, ampliação de conhecimento sobre a distribuição das classes de solos, bem como a sua relação com as unidades litoestratigráficas, tendo em vista a sua importância para a sociedade, sua transformação, planejamento e conservação. A busca pela pesquisa está ligada a carência encontrada durante toda a graduação referente a pesquisas mais atuais sobre o a planície do Delta do Parnaíba.

O estudo justificou-se pela necessidade de ampliar os conhecimentos sobre os solos da planície do delta do Parnaíba, já que os mesmos são elementos essenciais para o equilíbrio dos ecossistemas costeiros. Partindo dessas premissas e no sentido de contribuir para o conhecimento dos aspectos referentes às características dos solos, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar e classificar os tipos de solos presentes na planície do delta do Parnaíba no

Caracterização da Área de estudo

tendo como limite natural os rios Parnaíba e Igarapé e o oceano Atlântico (Figura1). A área de estudo concentra-se nos limites da Área de Proteção Ambiental do Delta do Parnaíba. A vazão do rio encontra-se disposta a ondas de SW e correntes de W-NW (Corrente Norte do Brasil) (Szczygielski et al., 2015).

Figura 1: Mapa de localização da planície delta do Parnaíba.

Foram identificadas seis unidades de mapeamento: Depósitos Litorâneos de Praias Recentes (Q2lp), formadas por areias finas e grossas, contendo restos de conchas, matéria orgânicas e minerais pesados; Depósitos Eólicos

Litorâneos (Q2e), originados por processos eólicos de tração, saltação e suspensão subaérea, formados por areias esbranquiçadas, de granulação fina a média, quartzosas, com grãos de quartzo foscos e arredondados; Depósitos Eólicos Litorâneos (Qe), originados por processos eólicos de tração, saltação e suspensão subaérea, formados por areias de granulação fina a média, raramente siltosas, quartzosas ou quartzo feldspáticas; Depósito de Pântanos e Mangues (Qpm), formados por sedimentos argilo-siltosos e turfas, originados em ambientes transicionais ou mistos, formados pela sedimentação de origem continental e marinha; Depósito Aluvionares (Qa), formados por sedimentos argilosos, arenosos e siltosos, e ainda por turfas, resultante da acumulação fluvial, sujeito a inundações periódicas e Paleodunas (Qd),

corresponde à primeira geração de dunas da área, formadas provavelmente em episódio de nível relativo do mar mais elevado que o atual ocorrido durante o Pleistoceno. Formadas por areias de granulometria variável, com estabilização mantida pela cobertura vegetal (Valladares e Cabral, 2017).

A hidrografia da planície do delta do Parnaíba está formada principalmente pela bacia hidrográfica do rio Parnaíba e seu principal afluente o rio Igarapé, com uma rede de drenagem perene, que próximos à costa dividem-se em vários canais, formando igarapés, rios riachos, áreas de inundação e lagoas. A baixa energia desses cursos de água favorece os processos deposicionais, propiciando a ocorrência de formações sedimentares (Sousa, et al., 2014; Sousa, 2015).

Sousa et al. (2014), afirmam que as unidades geomorfológicas que compõem a área em estudo abrangem os relevos de agradação, onde predominam os processos deposicionais, que por sua vez podem ser do tipo continental ou litorâneo. Classificaram as unidades geomorfológicas da planície costeira do estado do Piauí, tendo o Delta do Parnaíba inserido nas unidades: Cordão arenoso; Planície eólica; Dunas móveis; Dunas fixas; Paleodunas; Planície flúvio-marinha; Planície e terraço-fluvial.

Com tipologia climática quente e úmida, no qual os rigores da latitude são amenizados pela proximidade do oceano, com fortes ventanias no decorrer do ano e um alto índice pluviométrico nos primeiros meses do ano. A área de estudo apresenta essas características climáticas decorrentes da atuação da Massa de ar Equatorial Atlântico Norte, Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Linhas de instabilidade, Complexos Convecivos de Mesoescala, Brisa Marítima e Brisa terrestre. (Ferreira e Mello, 2005).

Aquino da Silva et al. (2015) observaram em um período de 45 anos, a média da precipitação acumulada anual foi de 1210 mm / ano no Delta do rio Parnaíba. Onde valores extremos foram observados em 1974 (3127mm) e 1983 (523mm). Somente em 1974 e 1985, a precipitação cumulativa anual foi superior a 2000 mm; portanto, chuvas excepcionalmente altas são raras nessa região. Entre 1965 e 2009, 36,91% dos meses foram classificados como meses úmidos, enquanto 63,09% foram considerados secos. Anualmente, o período seco começa em junho e se estende até dezembro e o período úmido vai de janeiro a maio.

Santos-Filho et al. (2010) em seus estudos realizados na planície do Delta do Parnaíba, relatou que no município de Ilha Grande Santa Isabel, considerada a maior ilha flúvio-marinha do Delta do Parnaíba, apresentou fisionomias de restinga

frutícetos inundáveis e não inundáveis nucleados por espécies arbóreas, sendo estas demarcadas por áreas de depressão, resultante da atividade eólica sobre as dunas, inundáveis, no período chuvoso, bem como formações de campos e carnaubais. Destacou também a presença de 60% de cobertura herbácea.

O autor ainda explana que embora semelhantes com relação à fisionomia predominante, as áreas de Ilha Grande e Parnaíba exibiram diferenças no padrão de distribuição de espécies. Seu estudo revelou que 11,4% das espécies são exclusivas e abundantes das restingas piauienses, quando comparadas com as floras de outras restingas nordestinas (Santos-Filho et al., 2010; Santos-Filho et al., 2015; Santos-Filho et al., 2017).

Em estudos sobre uso e cobertura das terras através da classificação supervisionada, Sousa et al. (2016) conseguiram caracterizar quatro grupos vegetacionais presentes na planície do Delta do Parnaíba: Vegetação de mangue; Vegetação arbóreo-arbustiva; Vegetação mista; Vegetação de Várzea associado a carnaúbas.

Sousa et al. (2016) destacam a perda de parte da vegetação de mangue dos anos de 1999 a 2013, sendo este substituído pela vegetação do tipo aninga, utilizadas para impedir a erosão das margens, devido ao desmatamento ocorrido para o cultivo de arroz (rizicultura). Atualmente esse tipo de atividade tem diminuído consideravelmente devido ao aumento da fiscalização na região da APA.

Materiais e Métodos

Para a caracterização dos solos da planície do delta do Parnaíba, a metodologia abrangeu as seguintes etapas: levantamento de dados; a pesquisa de campo através da observação e coleta de dados; elaboração de mapas temáticos e análises desenvolvidas no laboratório de solos e sedimentos da UFPI e UFRRJ.

Os procedimentos metodológicos iniciais tiveram como escopo a delimitação da área em que se efetuará o estudo, a partir desse critério, a delimitação da área partiu de um recorte concentrado na folha topográfica da SUDENE/DSG, Parnaíba (SA 24 Y-A-IV), escala 1:100.000, projeção UTM, Datum Córrego Alegre-Minas Gerais, fuso 24 Sul, elaborada pela Divisão de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro, com um recorte natural dos rios Parnaíba e Igarapé, sendo estes inseridos no município de Ilha Grande e parte do município de Parnaíba.

No desenvolvimento do trabalho foram utilizadas imagens de satélite LANDSAT 8 OLI, pancromática com resolução espacial de 15 metros, Projeção UTM, Datum WGS 84, para a utilização da imagem foi feita uma composição falsa cor com as bandas 6, 5 e 4, utilização de imagens Rapideye, através do catálogo de imagens de satélite RAPIDEYE do Ministério do Meio Ambiente disponível no sítio (geocatalogo.mma.gov.br) disponíveis para órgãos federais, estaduais, municipais e universidades públicas sendo estes cadastrados.

A etapa seguinte foi fundamentada em análises das condições naturais da planície do delta do Parnaíba, destacando as suas características físicas (geologia, clima, vegetação, topografia), assim como no estabelecimento e caracterização dos solos encontrados na área.

Para essas análises foram utilizados sites de pesquisas com IBGE, CPRM, PLANAP, INPE, INMET, RADAM Brasil. O uso de técnicas de sensoriamento remoto, através dos sistemas de informações geográficas (SIG), permitiu a compilação de dados pré-existent das características físicas da área de estudo, assim como a elaboração do mapa de solos.

Para um estudo dos solos da planície do delta do Parnaíba, fez-se necessário, trabalhos de campo. As expedições foram realizadas nos meses de dezembro de 2015, fevereiro e dezembro de 2016, a fim de coletar os mais representativos solos da região. SANTOS et al. (2015) afirmam que a escolha do local onde se examina e descreve um perfil de solos varia de acordo com as finalidades.

Para os casos de mapeamentos de solos, onde o objetivo principal é a representação das unidades de mapeamento, a escolha dos locais para as descrições dos perfis e coleta de material é muito criteriosa. Deve-se haver um cuidado em escolher locais representativos e que permitam a caracterização adequada do referido perfil. Por isso a seleção do local deve ser feita após reconhecimento da área (IBGE, 2015).

Para a identificação e caracterização dos perfis de solos, foram descritos e coletados quinze perfis por meio de trincheiras e de tradagens, com extensões profundamente suficientes para avaliação das características morfológicas, registros fotográficos e coleta de material, obedecendo aos critérios de uniformidade de cor, relevo e vegetação.

O material coletado foi descrito em fichas com as propriedades detectadas supracitadas, além das informações gerais como: coordenadas geográficas, localização, formações geológicas e material de origem, relevo local e regional,

declividade, vegetação, uso do solo, drenagem, erosão, pedregosidade e rochosidade, que são diferenciados basicamente pela variação perceptível das características morfológicas através de uma avaliação conjunta.

As análises físicas e químicas seguiram os procedimentos propostos por Camargo et al. (2009), EMBAPA (2017a) e EMBRAPA (2017b), conforme expostos nos tópicos seguintes, sendo realizadas no Laboratório de Gênese e Classificação dos Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Foram realizadas interpretação e discussão das análises laboratoriais e feita a caracterização dos solos seguindo os padrões do SiBCS (EMBRAPA, 2018).

Resultados e Discussão

Foram descritos e coletados quinze perfis de solos completos interpretados a partir dos resultados das análises morfológicas, físicas e químicas, sendo possível classificar os solos segundo critérios estabelecidos pelo SiBCS (EMBRAPA, 2018). Além da realização de 29 pontos de observações, com auxílio de trado, abertura de minitrincheiras ou observações em barrancos ou corte de estrada indispensável para identificação dos diferentes solos que ocorrem na área, a determinação de sua distribuição geográfica, e delimitação das áreas por eles ocupadas (Figura 2).

Foram identificadas as seguintes ordens de solos: Cambissolos, Espodossolos, Gleissolos, Planossolos, Neossolos e Vertissolos. O Quadro 1 apresenta a classificação até o quarto nível categórico, como também proposta de classificação para alguns perfis que não se enquadraram adequadamente ao SiBCS.

Figura 2: Pontos dos perfis de solos e observações de solo da planície do delta do Parnaíba

PERFIL	CLASSIFICAÇÃO SiBCS	PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO ⁽¹⁾
PD01	NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico	-
PD02	NEOSSOLO FLÚVICO Sódico típico	-
PD03	PLANOSSOLO NÁTRICO Sílico neofluvissílico	-
PD04	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico sódico
PD05	GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico	-
PD06	GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico neofluvissílico	-
PD07	GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico sódico	GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico sódico neofluvissílico
PD08	GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico sódico	-
PD09	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico típico	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico sílico sódico
PD10	ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico arênico	ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico arênico sódico
PD11	ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico arênico	ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico arênico neofluvissílico sódico
PD12	VERTISSOLO HÁPLICO Sódico típico	-
PD13	GLEISSOLO HÁPLICO Sódico neofluvissílico	-
PD14	GLEISSOLO HÁPLICO Sódico neofluvissílico	-
PD15	CAMBISSOLO FLÚVICO Sódico salino	CAMBISSOLO FLÚVICO Sódico vertissílico salino

(1) classificação colocada a título de sugestão.

Quadro 1: Classificação dos solos da planície do delta do Parnaíba-PI

Os perfis PD01 e PD02 foram caracterizados como Neossolos Flúvicos no primeiro e segundo níveis categóricos, são solos minerais pouco evoluídos, formados a partir de depósitos aluviais recentes. Os perfis apresentam camadas estratificadas, com variações irregulares de granulometria em profundidade, representada pelos teores de silte, areia e argila, outra característica evidenciada é a distribuição irregular do conteúdo de carbono orgânico, com valores iniciais de 2,32 g kg⁻¹ no horizonte Ap1, tendo um decréscimo no horizonte C1 ficando com 0,10 g kg⁻¹ e elevando para 4,94 g kg⁻¹ no horizonte C2. O mesmo acontece no perfil PD02, sendo estas

usadas para identificar o caráter flúvico conforme figura 3.

O perfil PD01 é caracterizado como Ta Eutrófico no terceiro nível categórico, já que possui uma alta saturação por bases, com valores maiores que 79% e por apresentar argila de atividade alta, capacidade de troca de cátions (CTC) da fração argila maior que 27 cmol.kg⁻¹, no horizonte Cg, indicando argilominerais do grupo das esmectitas. O perfil PD02 apresentou horizontes com caráter sódico (valor de saturação por sódio maior que 15%, dentro dos 120 cm), o caracterizando como sódico no 3º nível categórico. Ambos se enquadram como típico no 4º nível categórico.

Figura 3: Perfil PD01 caracterizado como NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico.

No perfil PD03 (Figura 4) foi identificado um horizonte subsuperficial B, com mudança textural abrupta. Esta característica, associada às cores com predomínio de matiz 10YR e 7,5YR com valores de croma 4, com estrutura prismática e drenagem imperfeita, permitiram diagnosticar o horizonte B plânico, caracterizando o perfil como Planossolo no 1º nível categórico.

O perfil apresentou caráter sódico imediatamente abaixo do horizonte A, com valores percentagem de sódio trocável (PST) de 29,5% e 28,8%, caracterizando o solo com Nátrico no 2º nível. No terceiro nível categórico, como sálico, por apresentar valor de condutividade elétrica (CE) maior que 7 dS m^{-1} em todos os horizontes, com

valores de $15,08 \text{ dS m}^{-1}$; $15,57 \text{ dS m}^{-1}$; $18,35 \text{ dS m}^{-1}$ nos horizontes A, Btv1 e Btv2, respectivamente.

A classificação no 4º nível categórico como neofluvissólico surge devido ao solo apresentar caráter flúvico dentro de 120 cm da superfície do solo. Para haver um caráter flúvico o solo deve ser formado sob forte influência de sedimentos da natureza aluvionar ou colúvio-aluvionar. O solo em questão apresenta uma variação irregular granulométrica em profundidade, que pode ser percebido na descontinuidade da fração areia no horizonte A para o Btv1, caracterizando um dos requisitos deste caráter, além de apresentar como material de origem sedimentos aluviais conforme tabela 1.

Figura 4: Perfil
Planossolo Nátrico Sílico

PD03 caracterizado como
neofluvisólico.

Horiz	A Grossa	A Fina	Silte	Argila	Silte/Argila
-----g kg ⁻¹ -----					
Perfil - PD 01					
Ap1	11	713	243	33	7,4
Ap2	2	503	450	45	10
C1	5	728	235	32	7,3
C2	5	359	522	114	4,6
Perfil - PD 02					
A	19	268	543	170	3,2
C1	42	223	604	131	4,6
C2	414	530	12	44	0,3
C3	20	152	703	125	5,6
Perfil - PD 03					
A	20	406	361	213	1,7
Btv1	4	47	401	548	0,7
Btv2	4	33	454	509	0,9
Perfil - PD 04					
A	753	133	100	14	7,1
AC	729	51	193	27	7,1
C	864	23	99	14	7,1
Perfil - PD 05					
Ag	10	28	719	243	3,0
Cg1	12	15	698	275	2,5
Cg2	17	38	612	333	1,8
Perfil - PD 06					
Ag	12	130	576	282	2,0
CA	8	410	410	172	2,4
Cg	13	56	565	366	1,5
Perfil - PD 07					
A	11	173	761	55	13,8
Btg	25	21	658	296	2,2
Cgj	21	47	518	414	1,3
Perfil - PD 08					
Ag	10	243	494	253	2,0
AC	7	185	548	260	2,1
Cgj	16	142	496	346	1,4
Perfil - PD 09					
A	240	737	20	3	6,7
C1	169	816	6	9	0,7
C2	144	838	8	10	0,8
Perfil - PD 10					
A	739	156	80	25	3,2
EA	758	143	81	18	4,5
E	800	119	67	14	4,8
Bh	325	581	52	42	1,2
Perfil - PD 11					
A	677	266	48	9	5,3
E1	688	246	55	11	5,0
E2	675	238	77	10	7,7
Bh	661	242	71	26	2,7
Hdob	65	723	130	82	1,6
Cgb	273	490	147	90	1,6
Perfil - PD 12					
A	19	63	435	483	0,9
Bv	49	90	448	413	1,1
Cg	62	138	613	187	3,3
Perfil - PD 13					
A	286	670	22	22	1,0
Cg1	487	497	5	11	0,5
Cg2	292	666	35	7	5,0
Perfil - PD 14					
A	307	413	132	148	0,9
Cg1	415	423	73	89	0,8
Cg2	333	551	86	30	2,9
Perfil - PD 15					
A	9	46	350	595	0,6
Bv	11	36	797	157	5,1

Tabela 1: Valores granulométricos dos solos da planície do Delta do Parnaíba

Os perfis PD04 e PD09 foram caracterizados como Neossolos Quartzarênicos (figura 5), estes não apresentam contato lítico dentro dos 50 cm de profundidade, com sequências A-AC-C e A-C1-C2, respectivamente. A textura é arenosa em todos os horizontes, com estrutura grãos simples e maciça.

Albuquerque et al. (2014), em estudos sobre os solos das planícies de maré hipersalinas no Ceará, denominadas apicum, possuem em sua predominância fração areia, com presença de argilas de alta atividade e fração argila compreendendo caulinita, ilita e esmectita, indicativa de uma pedogênese associada à adição superficial de material mineral, bem como os solos da planície do Delta do Parnaíba.

No 3º nível o perfil PD09 é classificado como Hidromórfico devido a presença do lençol freático a pequena profundidade, durante todo o ano, e matiz de 2,5Y com croma 3 e 2 na sequência

dos horizontes. O perfil PD04 por não se enquadrar na classe hidromórfica, é classificado como Órtico.

O enquadramento do 4º nível categórico para o perfil PD04 e 4º nível para o perfil PD09 como sódico surgem devido aos solos serem enquadrados apenas como típico nos níveis descritos pelo SiBCS, sendo que os perfis em questão apresentam características suficientes para melhores descrições. As características que esses solos apresentam são de teores de PST acima de 15%, onde no perfil PD09 apresentaram valores de 25,3%, 67,7% e 40,2%, respectivamente nos horizontes A, C1 e C2, particularidade do caráter sódico.

Para o subgrupo do perfil PD09, foram encontrados altos valores de condutividade elétrica no extrato de saturação maiores que 7 dS m⁻¹, dentro dos 120 cm a partir da superfície do solo, com valores de CE: 12,47 dS m⁻¹; 9,39 dS m⁻¹ e 7,59 dS m⁻¹, nos horizontes respectivamente.

Figura 5: Perfil PD04 caracterizado como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico sódico.

Os perfis PD05, PD06, PD07, PD08, PD13 e PD14, têm como classificação no 1º nível categórico, os Gleissolos compreendidos como solos minerais, hidromórficos, com redução do ferro e prevalência no estado reduzido, devido à estagnação da água por influência do lençol freático, o horizonte glei dos perfis estudados são de horizontes C. Apresenta mosqueado ou variegado, podendo admitir qualquer matizes e

valores, desde que o croma seja menor ou igual a 2 (figura 6).

Para o 2º nível categórico os perfis PD07 e PD08 foram caracterizados com Tiomórficos, por possuir um horizonte sulfúrico. Para ser caracterizado como um horizonte sulfúrico, o valor de pH em água deve ser de 3,5 ou menor, evidenciando a presença de forte acidez, demonstrados pelos valores de pH de 2,8 e 2,9 no

horizonte Cgj dos perfis supracitados respectivamente.

Santos-Filho et al. (2013) fizeram análises química do solo em 25 amostras de solo com profundidade de 0-20cm, em diferentes áreas do litoral piauiense, entre eles Parnaíba e Ilha Grande. A análise química do solo revelou que as áreas de restinga da costa do Piauí apresentaram solos arenosos com pH variando de ácido (5,62) a alcalino (8,34), sendo que 16 das 25 amostras se mostrou-se com pH ácido.

O horizonte Cgj do perfil PD07 é formado pela oxidação de materiais orgânico, como restos de caules e raízes, mas com teores de carbono orgânico insuficientes para caracterizar material orgânico. Os materiais sulfídricos são resultantes de áreas encharcadas, acumulados em ambientes permanentemente saturados e geralmente próximos ao litoral.

Gomes et al. (2016), estudaram os manguezais de Ilhéus- BA, onde todos os solos apresentaram textura arenosa, relacionada ao material de origem. A ação das marés condiciona o hidromorfismo, responsáveis pelo processo de paludização. Os solos apresentam elevados valores de condutividade elétrica (CE) e dominância de Na^+ , bem como a presença de material sulfídrico, responsáveis pelos processos de salinização, solodização e sulfidização, respectivamente.

Os perfis PD05, PD06, PD13 e PD14 se enquadraram na subordem dos Háplicos. Os perfis PD13 e PD14 apresentam valores de pH alcalinos, que variam de 7,7 a 8,9. Os valores de pH em H_2O encontrados na área de estudo variam de 2,8 a 8,9 estes valores se assemelham aos encontrados nos trabalhos de Valladares (2009) e Silva (2012).

Estes perfis são semelhantes em suas características, sendo caracterizados no 3º nível como sódicos, por possuírem valores elevados de PST nos horizontes Cg1 e Cg2, evidenciado pelo caráter sódico já descrito em perfis anteriores e o 4º categórico nível categórico como neofluvissólico, por apresentar características do caráter flúvico, sendo formados sob forte influência de sedimentos de natureza aluvionar, com descontinuidade na granulometria da fração areia e silte.

Os perfis PD05 e PD06 possuem saturação por bases alta (V%) com valores superiores a 50% nos horizontes evidenciando a alta saturação de solos eutróficos, definido como Ta Eutrófico no 3º nível categórico. O subgrupo do perfil PD06 é caracterizado como neofluvissólico por apresentar caráter flúvico, dentro dos 100 cm, com descontinuidade na granulometria e o PD05 como típico, por não se enquadrar em nenhum outro subgrupo conforme tabela 1.

Figura 6: Perfis caracterizados como Gleissolos, sendo (A) o Perfil PD05 caracterizado como GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico e (B) o perfil PD07 caracterizado como GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico sódico neofluvissólico.

Por não se enquadrarem em nenhum dos grandes grupos do nível dos Tiomórficos, os perfis PD07 e PD08, foram classificados como Órticos. No 4º nível categórico foram descritos como sódicos devido os valores de PST serem maiores ou igual a 15%, dentro dos 100 cm a partir da superfície do solo, chegando a 34,73 no horizonte AC do perfil PD08. Dentre as diferentes características que o solo apresentou, foi possível definir o perfil PD07, como neofluvisólico, devido ao solo apresentar caráter flúvico dentro de 100 cm a partir da superfície do solo conforme tabela 1.

Bomfim et al. (2015), relataram a presença de GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico sódico neofluvisólico, em solos de mangue na Bacia do Rio Subaé - BA, com características químicas, físicas e morfológicas distintas, sobre as influências marinhas e fluviais. São solos mal drenados devido a ação das marés, que favorecem o encharcamento dos solos, afetando os processos de remoção, translocação e transformação dos compostos de Fe, resultando em cores azuladas e esverdeadas, com vermelho ou manchas amareladas nos horizontes e camadas.

O perfil possui um caráter flúvico por ser formado sob forte influência de sedimentos da natureza aluvionar. O solo em questão apresenta

uma variação irregular granulométrica em profundidade, que pode ser percebido na descontinuidade da fração argila no horizonte A para o Btg, caracterizando um dos requisitos deste caráter conforme a tabela 1.

Os perfis PD10 e PD11 possuem as mesmas características de solo, tendo as mesmas classificações até o 3º nível categórico. A classe do 1º nível categórico dos perfis é Espodossolo, apresentando um horizonte B espódico, com acumulação iluvial de matéria orgânica humificada, com cor cinzenta muito escuro (10YR 3/1) no horizonte Bh do perfil PD10 e no perfil PD11 o horizonte Bh de cor preta (7,5YR 2,5/1), característica também para o 2º nível categórico como Humilúvico (figura 7).

Perfis de Espodossolos foram estudados por Lopes-Mazzetto et al. (2018a); Lopes-Mazzetto et al. (2018b); Martinez et al. (2018), na parte costeira da ilha Comprida -SP, formada por uma vegetação de restinga, com solos mal drenados, formados por horizontes Bhm extremamente espessos (3 m) sem Fe, indicando que foram formados sob más condições de drenagem.

Figura 7: Perfis caracterizados como ESPODOSSOLOS HUMILÚVICOS Hidromórficos arênicos, sendo (A) o Perfil PD10 e (B) o perfil PD11

No PD11 dentro de 120 cm de profundidade há o afloramento do lençol freático, e um horizonte hístico soterrado (Hbod) de cor preta (N2,5/), com espessura de 15 cm, seguido de um horizonte Cgb, caracteriza o 3º nível como Hidromórfico. Para o 4º nível categórico, ambos

foram classificados com arênicos por possuírem textura arenosa, até os 100 cm de profundidade.

Ainda no 4º nível categórico os perfis PD10 e PD11 foram classificados como sódicos, pois apresentam valores de saturação por sódio (PTS %) $\geq$ a 15% em todos os horizontes, valor este padronizados para distinção de solos com caráter

sódico. O PD11 foi classificado como neofluvissólico. A justificativa para a classificação de neofluvissólico é devido o solo apresentar uma descontinuidade granulométrica em profundidade, caracterizando um dos requisitos deste caráter.

A classificação do perfil PD12 foi de Vertissolo no nível de ordem, devido às características vérticas apresentadas nos horizontes, com teores de argila de 483 g kg^{-1} nos primeiros 20 cm, o aparecimento de fenda vertical no período seco, devido a contração e expansão da argila, denomina a superfície de fricção (slickensides) (figura 8).

O perfil se enquadrou no 2º nível como Háplico. Os Vertissolos Háplicos foram

identificados por Marques et al. (2014), na ilha de Fernando de Noronha. Os solos da ilha, assim como os solos da planície do Delta apresentam textura argilosa a muito argilosa, superfícies de fricção (slickensides) e o fendilhamento horizontal e vertical quando secos. Esses solos são imperfeitamente a mal drenados e sofrem alagamento temporário no período de maior concentração das chuvas. Apresentam elevados valores de soma e saturação por bases, além de acumulações de sais.

No 3º nível categórico, o mesmo foi classificado como Sódico, por possuir um caráter sódico nos horizontes dentro dos 100 cm. E no 4º nível descrito como típico.

Figura 8: Solo com caráter vértico, caracterizando o VERTISSOLO HÁPLICO Sódico típico do Perfil PD12.

O perfil PD15 foi classificado como Cambissolo no 1º nível categórico, sendo este constituído por material mineral com horizonte B incipiente, representado por 2Biv, subjacente ao horizonte A, com grau de desenvolvimento não muito avançado.

No 2º nível categórico o perfil é classificado como Flúvico, devido as variações irregulares de granulometria em profundidade, o que exemplifica os dados de silte, areia e argila nos horizontes A e 2Biv (tabela 1), outra característica evidenciada é a distribuição irregular do conteúdo de carbono orgânico, com valores iniciais de $20,2 \text{ g kg}^{-1}$ no horizonte A, com um decréscimo no horizonte 2Biv ficando com $10,4 \text{ g kg}^{-1}$.

O perfil apresenta caráter sódico por possuir saturação por Na $> 15\%$ e o pH em água é $< 8,4$, caracterizando o perfil como sódico no 3º nível categórico. O valor do ki (3,31) indica um

solo pouco intemperizado. O solo apresenta alta saturação por bases (79%), sendo considerado um solo eutrófico.

A textura é argilosa/média, pois há uma variação de textura argilosa na primeira camada com a presença de argila em grande quantidade, diminuindo para mais da metade no segundo horizonte, com uma textura franco-siltosa. A consistência é muito dura quando seca, firme quando molhada e muito plástica e muito pegajosa quando úmida.

O caráter vértico evidenciado em campo com a presença de fendilhamento e superfícies de compressão, fazem com que seja sugerido a classificação de vertissólico no 4º nível categórico, assim como salino por apresentar valores de condutividade elétrica igual ou maior que 4 dSm^{-1} e menor que 7 dSm^{-1} , com valor de $4,5 \text{ dSm}^{-1}$ no horizonte A.

O sódio apresentou valores altos, principalmente nos perfis PD02, PD03, PD04, PD07(exceto no horizonte Cgj), PD08, PD09, PD08, PD09, PD10, PD12(exceto no horizonte Bv), PD13, PD14 e PD15 onde o acúmulo de sais contribuiu para que o valor do percentual de saturação por sódio (PST) fosse maior que 15%, atingindo valor máximo de 65,5%, atribuindo a estes solos o caráter sódico. Os perfis PD01, PD05, PD06, apresentaram valores baixos de sódio, atribuindo a estes perfis o caráter solódico.

Silva (2012) relata que a influência flúvio-marinha e a alta taxa de evapotranspiração, associada com a interferência do lençol freático, favorece o acúmulo e aumento de sais que contém principalmente Na e Mg nas camadas e horizontes de solo pela ascensão capilar de águas subterrâneas.

A condutividade elétrica do extrato de saturação, assim como os sais solúveis revelaram teores de sais levados. O perfil PD03 apresentou os maiores valores de condutividade com valores de 15,03 dSm-1 horizonte superficial, chegando a 18,35 dSm-1 nos 60 cm do horizonte Btv2 associado a elevados teores de Na do extrato salino. Estes valores se assemelham aos encontrados em Silva (2012), Nascimento et al. (2013), caracterizando solos com caráter sálico. O perfil PD15 apresentou valor de 4,5 dSm-1 no horizonte A característico de solos com caráter salino.

Conclusões

Foram classificados 15 perfis de solos distribuídos em seis ordens dentro do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos: Gleissolos, Neossolos, Espodossolos, Planossolos, Vertissolos e Cambissolos. De forma geral, a planície do Delta do Parnaíba apresentou solos formados por sedimentos de granulometria variada, havendo predomínio de sedimentos arenosos mais próximos à costa, representados principalmente por solos da ordem dos Neossolos Quartzarênicos e Espodossolos Humilúvicos.

Nas áreas de ocorrência de mangues e várzeas, a saturação do solo favorece condições de hidromorfismo, caracterizando os Gleissolos. Nos terraços aluviais, com a constante deposição de sedimentos, bem como a variações irregulares de granulometria, identificam a ocorrência de Neossolos Flúvicos, Planossolos Nátricos, Cambissolos Flúvicos e Vertissolos Hápticos.

Os elevados teores de argila e o aparecimento de slickensides nos períodos secos caracterizam os Vertissolos. Os Espodossolos encontrados foram caracterizados devido a

translocação de matéria orgânica no perfil. E os Planossolos com drenagem imperfeita, com permeabilidade lenta devido a altas concentrações de argila, baixa porosidade e alta saturação por sódio.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro ao longo deste trabalho, por meio dos processos 443176/2014-0 e 301254/2017-6.

Referências

- Albuquerque, A. G. B. M., Ferreira, T. O., Nóbrega, G. N., Romero, R. E., Júnior, V. S., Meireles, A. J. A., Otero, X. L., 2014. Soil genesis on hypersaline tidal flats (apicum ecosystem) in a tropical semi-arid estuary (Ceará, Brazil). *Soil Research* [online] 52. Disponível: <http://www.publish.csiro.au/sr/sr13179>. Acesso: 07 jan. 2019.
- Aquino da Silva, A. G., Stattegger, K., Schwarzer, K., Vital, H., Heise, B., Silva, A. G. A., 2015. The influence of climatic variations on river delta hydrodynamics and morphodynamics in the parnaíba delta, brazil. *Journal of Coastal Research* [online] 31. Disponível: <https://www.jcronline.org/doi/pdf/10.2112/JC-OASTRES-D-14-00078.1>. Acesso: 23 abr. 2018.
- Bomfim, M. R., Santos, J. A. G., Costa, O. V., Otero, X. L., Boas, G. da S. V., Capelão, Valdinei da S., Santos, E. de S. dos, Nacif, P. G. S., 2015. Genesis, Characterization, and Classification of Mangrove Soils in the Subaé River Basin, Bahia, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39. Disponível: <https://dx.doi.org/10.1590/01000683rbc20140555>. Acesso: 06 fev. 2019.
- Camargo, O. A., Moniz, A. C., Jorge, J. A., Valadares, J. M. A. S., 2009. Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas. Instituto Agrônomo, Boletim técnico [online] 106. Disponível: http://www.iac.sp.gov.br/produtoseservicos/analisedosolo/docs/Boletim_Tecnico_106_rev_atual_2009.pdf. Acesso: 10 abr. 2018.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil, 2006. Mapa Geológico do Estado do Piauí: 2ª versão. Piauí.

- Da Silva Gomes, E. J., Batista, I. S., Lima, Z. M. C., 2018. Cobertura, ocupação do solo e erosão no entorno da Laguna Guaraíras /RN, Brasil. HOLOS [online] 1. Disponível: <https://doi.org/10.15628/holos.2018.5509>. Acesso: 10 abr, 2018.
- DGC. Diretoria de Geociências / Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais – CREN, 2013. Mapa de Solos da Folha SA.23. São Luís.
- EMBRAPA - Embrapa Solos, 2017a. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 3. Ed, Brasília.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2017b. Manual de métodos de análise de solos. Brasília.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 2018. Sistema Brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro.
- Ferreira, Antonio Geraldo, Mello, Namir Giovanni da Silva, 2005. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. Revista Brasileira de Climatologia [online] 1. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v1i1.25215>. Acesso: 23 abr. 2018.
- Gomes, Felipe Haenel, Ker, João Carlos, Ferreira, Tiago Osório, Moreau, Ana Maria Souza dos Santos, e Moreau, Maurício Santana, 2016. Caracterização e pedogênese de manguezais de Ilhéus-BA. Revista Ciência Agronômica [online] 47. Disponível: <https://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20160072>. Acesso: 07 fev. 2019.
- IBGE. Coordenação Geral de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2015. Manual Técnico de Pedologia. 3. Ed. Governo Federal, Rio de Janeiro.
- Jacomine, P.K. T., 1986. Levantamento exploratório de reconhecimento de solos do Estado do Piauí. Rio de Janeiro: Embrapa. SNLCS/SUDENE-DRN.
- Lopes-Mazzetto, J. M., Buurman, P., Schellekens, J., de Moraes Martinez, P. H. R., Vidal-Torrado, P., 2018a. Soil morphology related to hydrology and degradation in tropical coastal podzols (SE Brazil). Catena [online] 162. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.11.007>. Acesso: 07 fev.2019.
- Lopes-Mazzetto, J. M., Schellekens, J., Vidal-Torrado, P., Buurman, P., 2018b. Impact of drainage and soil hydrology on sources and degradation of organic matter in tropical coastal podzols. Geoderma [online] 33. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.05.015>. Acesso: 07 fev. 2019.
- Marques, F. A., Souza, R. A. D. S., Souza, J. E. S. D., Lima, J. F. W. F., Souza Júnior, V. S. D., 2014. Characterization of vertisols from the island of Fernando de Noronha, Pernambuco, Brazil. Revista Brasileira de Ciência do Solo [online] 38. Disponível: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v38n4/02.pdf> 1051-1065. Acesso: 07 jan. 2019.
- Martinez, P., Buurman, P., Lopes-Mazzetto, J. M., Giannini, P. C. F., Schellekens, J., Vidal-Torrado, P., 2018. Geomorphological control on podzolisation—An example from a tropical barrier island. Geomorphology [online] 309. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.02.030>. Acesso: 23 nov. 2018.
- Miguel, P., 2010. Caracterização pedológica, uso da terra e modelagem da perda de solo em áreas de encosta do rebordo do planalto do RS. Dissertação (Mestrado). Santa Maria, UFSM.
- Nascimento, P do. C., Lani, J. L., Zoffoli, H. J. O., 2013. Characterization, classification, and genesis of hydromorphic soils in coastal regions of the state of Espírito Santo, Brazil. Científica(Jaboticabal) [online] 41. Disponível: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133266912>. Acesso: 23 abr. 2018.
- Oliveira, João Bertoldo de, 2011. Pedologia Aplicada, 4 ed. Funep, Jaboticabal.
- Resende, M., Curi, N., Rezende, S. B., Corrêa, G. F., 2014. Pedologia: Base para distinção de ambientes, 6 ed. UFLA, Viçosa.
- Santos, R.D. dos, Lemos, R.C. De, Santos, H.G. dos, Ker, J.C., Anjos, L.H.C. Dos, Shimizu, S. H., 2015. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 7. Ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa.
- Santos-Filho, F. S., Almeida Jr., E. B., Soares, C. J. R. S., Zickel, C. S, 2015. Flora and Woody Vegetation in an Insular Area of Restinga in Brazil. International Journal of Ecology and Environmental Sciences [online] 41. Disponível: <http://www.nieindia.org/Journal/index.php/ijee/s/article/view/661>. Acesso: 23 abr.,2018.

- Santos-Filho, F. S., Almeida Junior, E.B. De, Soares, C.J. Dos R. S., Zickel, C.S, 2010. Fisionomias das restingas do delta do Parnaíba, Nordeste, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 3. Disponível: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232605>. Acesso: 23 abr. 2018.
- Santos-Filho, F. S.; Silva, J. F. A.; Cabral, L. J. R. S, 2017. Preferential areas for allopatry based on Piauí relief (Brazil): an inferential study. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 10. Disponível: <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20170051>. Acesso: 23 abr. 2018.
- Santos-Filho, Francisco Soares; Almeida Jr, Eduardo Bezerra; Zickel, Carmen Sílvia, 2013. Do edaphic aspects alter vegetation structures in the Brazilian restinga. *Acta Botânica Brasílica* [online] 27. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062013000300019> . Acesso: 23 abr. 2018.
- Silva, R. C., 2012. Gênese e classificação de solos em ambientes de planícies da região Nordeste do Brasil. *Dissertação (Mestrado)*. Fortaleza, UFC.
- Sousa, R. S., Valladares, G. S., Espindola, G. M., 2016. Mapeamento multitemporal do uso e cobertura da terra da planície costeira do estado do Piauí. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 9. Disponível: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233812>. Acesso:10 abr. 2018.
- Sousa, R. S., Valladares, G. S., 2015. Mapeamento dos depósitos sedimentares da planície costeira do estado do Piauí. *Revista Equador* [online] 4. Disponível: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador/article/view/4321> Acesso: 14 abr. 2018.
- Sousa, R. S., Valladares, G. S, Aquino, R.P., 2014. Mapeamento das unidades geomorfológicas da planície costeira do estado do Piauí. *Revista Geonorte* [online] 10. Disponível: www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/1338/1226. Acesso:10 abr. 2018.
- Sousa, Roneide dos Santos, 2015. Planície Costeira do Estado do Piauí: mapeamento das unidades de paisagem, uso e cobertura da terra e vulnerabilidade ambiental. *Dissertação (Mestrado)*. Teresina, UFPI.
- Szczygielski, Agata; Stattegger, Karl, Schwarzer, Klaus, Silva, André G. Aquino Da., Vital, Helenice, Koenig, Juliane, 2015. Evolution of the Parnaíba Delta (NE Brazil) during the late Holocene. *Geo-Marine Letters* [online] 35. Disponível: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00367-014-0395-x>. Acesso em: 20. nov. 2018.
- Valladares, Gustavo Souza, 2009. Caracterização química e granulométrica de solos do Golfão maranhense. *Acta Amazônica* [online] 39. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672009000400020>. Acesso em: 20. nov. 2018.
- Valladares, Gustavo S., Cabral, Léya J.R.S., 2017. Mapeamento Geológico da Planície do Delta do Parnaíba-PI. In: *Simpósio de Geologia Do Nordeste. Anais...*[online] 27. Disponível: http://www.geologiadonordeste.com.br/safetysa/rea/v3.0/trabalhos/resumo_pdf/411.pdf. Acesso: 20. nov. 2018.