

Efeitos da mudança de uso da terra em atributos do solo ripário no nordeste brasileiro

Effects of land use change on riparian soil attributes in northeastern Brazil

DOI:10.34117/bjdv7n3-425

Recebimento dos originais: 17/02/2021

Aceitação para publicação: 16/03/2021

Anna Letícia Araújo da Mata

Bacharel em Engenharia Ambiental
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Avenida Senador Salgado Filho S/N Campus Universitário Natal – RN
E-mail: leticiaaraujodamata@outlook.com

Jéssica Freire Gonçalves de Melo

Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Avenida Senador Salgado Filho S/N Campus Universitário Natal – RN
E-mail: jessicafgm@hotmail.com

Giulliana Karine Gabriel Cunha

Mestranda em Engenharia Sanitária e Ambiental
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Avenida Senador Salgado Filho S/N Campus Universitário Natal – RN
E-mail: giullianakarine12@gmail.com

Karina Patrícia Viera da Cunha

Doutora em Ciência do Solo
Professora do Departamento de Engenharia Civil
Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Avenida Senador Salgado Filho S/N Campus Universitário Natal – RN
E-mail: cunhakpv@yahoo.com.br

RESUMO

O desenvolvimento de atividades antrópicas em zonas ripárias reduz a qualidade do solo. Dessa forma, perde-se serviços ecossistêmicos da zona ripária que comprometem a qualidade da água em mananciais. Este trabalho objetivou analisar atributos físicos e químicos do solo da zona ripária da Lagoa do Bonfim/RN e avaliar o uso e ocupação do solo, de modo a identificar os processos de degradação do solo decorrentes da ocupação antrópica. Para o levantamento dos dados foram coletadas amostras de solo em quatro classes de uso na zona ripária da Lagoa do Bonfim: Urbano, Agricultura, Solo Exposto e Pecuária. Os seguintes atributos físicos foram analisados: granulometria, densidade do solo, densidade

de partículas e porosidade total. Os atributos químicos: pH em água, condutividade elétrica, carbono orgânico do solo e teor de fósforo disponível. Imagem do Sentinel 2A foi usada para determinar a distribuição das classes de uso através do geoprocessamento. A avaliação dos dados obtidos foi feita mediante análise descritiva e análise de componentes principais. A zona ripária da lagoa do Bonfim apresenta baixa variabilidade dos fatores naturais e alta variabilidade do fator antrópico. A classe de uso predominante é a de Solo Exposto (63,49%), que também engloba áreas residenciais e de pecuária, e em seguida tem-se a Agricultura (34,78%). A classe Vegetação Nativa teve a menor porcentagem de cobertura, apenas 1,73% da zona ripária. Os usos antrópicos provocam redução da qualidade do solo que amplia o potencial de comprometer a qualidade da água. A conversão da paisagem natural em usos antrópicos resultou em compactação do solo e erosão, enriquecimento excessivo de fósforo e sais. O solo Urbano, a Pecuária e Solo Exposto estão associadas a perdas de fração mais fina do solo por processos erosivos. Áreas com uso do solo sob influência da agricultura podem atuar como fontes difusas de fósforo. Os atributos físicos e químicos selecionados foram eficientes como indicadores de qualidade do solo e distinção de ambientes antrópicos e naturais.

Palavras-chave: Lagoa do Bonfim, Fósforo disponível, Área de Preservação Permanente, Geoprocessamento.

ABSTRACT

The anthropic activities development in the riparian zones causes a soil quality decrease. Thus, the riparian zone ecosystem services are lost, what may contribute to water quality to be reduced in water fountains. This work seeks to analyze the soil physical and chemical attributes in Lagoa do Bonfim/RN riparian zone, and to evaluate the land use cover, in order to identify the soil degradation processes due to the anthropogenic occupation. For the information gathering, soil samples of four Lagoa do Bonfim riparian zone usage classes were collected: Urban, Agriculture, Exposed Ground and Livestock. The following physical attributes were analyzed: granulometry, soil density, particle density and total porosity. The chemical attributes: water pH, electric conductivity, organic carbon, organic matter and available phosphorus percentage. Sentinel 2A image were used to determinate the usage classes distribution through the geoprocessing. The evaluation of the obtained data were made through descriptive analysis and principal component analysis. The riparian zone of Lagoa do Bonfim/RN shows low variation of natural factors and high variation of anthropic factors. The predominant usage class is Exposed Ground (63,49%), which includes residential and livestock areas, followed by Agriculture (34,78%). The Native Vegetation class had the lowest percentage of coverage, only 1,73% in the riparian zone. The anthropic use causes reduction in soil quality, which increases the potential to compromise the water quality. The natural land scape conversion for the anthropic uses resulted in soil compaction and erosion, excessive enrichment of phosphorus and salts. The Urban, Livestock and Exposed Ground soils are associated with to the loss of the thinner fraction of the soil through erosion. Areas with soil use under influence agriculture may act as phosphorus diffuse sources. The selected physical and chemical attributes proved to be efficient to demonstrate the soil quality and difference between anthropic and natural environments.

Keywords: Lagoa do Bonfim, Available phosphorus, Permanent preservation área, Geoprocessing.

1 INTRODUÇÃO

O processo de ocupação do território brasileiro foi caracterizado pela exploração demasiada dos recursos naturais, com conseqüente supressão da vegetação nativa e exposição do solo a variados processos de degradação ambiental. Atualmente, muito tem sido discutido sobre a ocupação antrópica e sua influência na qualidade das bacias hidrográficas (CAPOANE; TIECHER; SANTOS, 2016; MENEZES et al., 2016; MOURI; TAKIZAWA; OKI, 2011; PINHEIRO et al., 2011; SILVA et al., 2020; CHAGAS et al., 2020). Sabe-se que quanto mais as atividades antrópicas se estendem aos solos ripários, mais os impactos ambientais ao longo da bacia hidrográfica são acentuados (COELHO; BUFFON; GUERRA, 2011; SARAIVA et al., 2020). Isso se dá pelas zonas ripárias perderem seus serviços ecossistêmicos fundamentais e desse modo ameaçarem a resiliência das bacias hidrográficas e, conseqüentemente, a qualidade da água nos corpos hídricos (COELHO; BUFFON; GUERRA, 2011).

As zonas ripárias são áreas de saturação hídrica que se localizam em torno das margens de cursos hídricos, e se caracterizam como ambientes dinâmicos que compreendem o solo, a vegetação e o corpo hídrico (GONZÁLEZ et al., 2017). Essas funcionam como filtros, retendo grande parte das substâncias e sedimentos oriundos das áreas a montante (AGUIAR et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2010). A mata ciliar atua como proteção natural contra o assoreamento (GEIBLER et al., 2012), pois diminui a velocidade das águas pluviais, resultando em maior quantidade de água infiltrando, e menor fluxo de escoamento superficial (FERNANDES et al., 2013).

No Brasil, as zonas ripárias são legalmente protegidas como áreas de preservação permanente (APP) pelo Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012), mas essa delimitação é frequentemente negligenciada. O não cumprimento do Código Florestal resultou em processos de urbanização que suprimiram áreas ripárias, ou as modificaram trazendo prejuízos e destruição da sua funcionalidade ecológica (SILVA; NETTO, 2012).

Na bacia hidrográfica, a atmosfera e os ambientes terrestre e aquático estão interligados. Logo, as alterações causadas pelo uso e ocupação desordenados não se restringem apenas ao solo, mas também aos corpos hídricos, tanto os superficiais (TANIWAKI et al., 2013) quanto os subterrâneos (MENEZES et al., 2014b), pois o solo se torna fonte de poluição difusa. A qualidade da água está então diretamente relacionada à qualidade do solo.

Entende-se por qualidade do solo a capacidade de um tipo específico de solo de funcionar, em um dado ecossistema, como suporte a plantas e animais, além de conservar a

qualidade ambiental (KARLEN et al., 1997). A qualidade do solo não pode ser medida diretamente, mas pode ser inferida a partir da avaliação de atributos físicos e químicos, que são os indicadores de qualidade. Para tanto, eles devem ser sensíveis às modificações resultantes das atividades antrópicas.

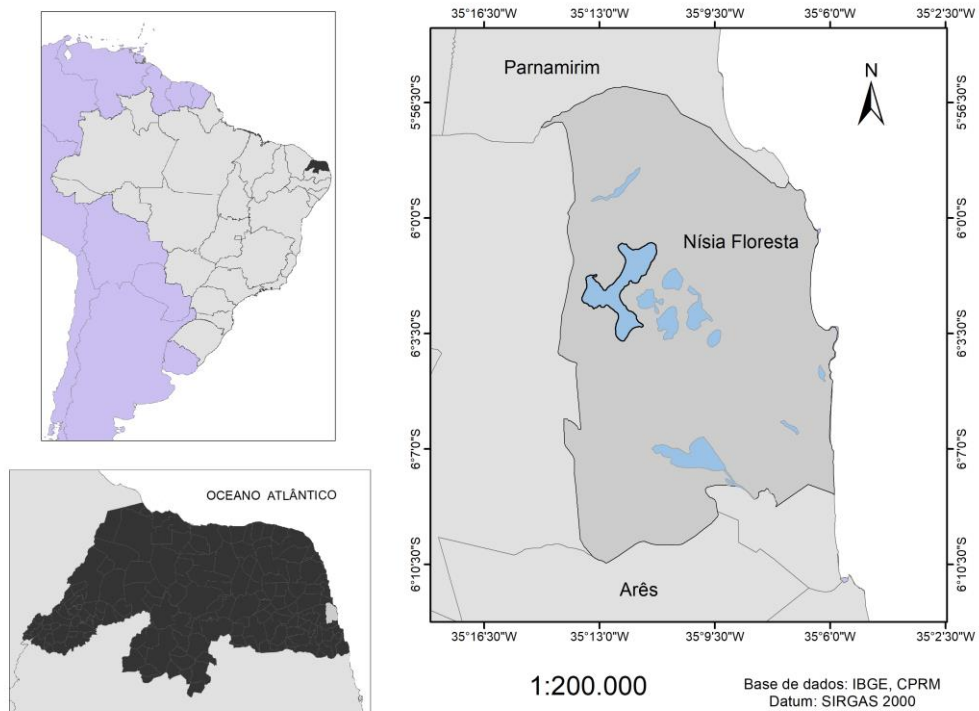
Considerando que as atividades humanas podem modificar o solo e torná-lo uma fonte difusa de nutrientes e contaminantes, a avaliação da qualidade do solo pode ser vista como indicador da capacidade de este atuar na deterioração da qualidade da água. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo analisar atributos físicos e químicos do solo em diferentes classes de uso e ocupação da zona ripária de um manancial, de modo a identificar os processos de degradação do solo decorrentes da ocupação antrópica, além de determinar a distribuição das classes de uso utilizando técnicas de geoprocessamento.

2 MATERIAS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abrange a zona ripária da Lagoa do Bonfim que se localiza no município de Nísia Floresta no estado do Rio Grande do Norte (Figura 1), com coordenadas 6°03'05,53'' S e 35°12'03,99'' W. A Lagoa do Bonfim pertencente à bacia Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso. Com uma área do espelho d'água de aproximadamente 9 km² e uma capacidade de acumulação de 84 milhões de metros cúbicos (SEMARH, 2019), é um dos maiores mananciais da região litorânea do estado do Rio Grande do Norte.

Figura 1- Localização da Lagoa do Bonfim no município de Nísia Floresta no Rio Grande do Norte, Brasil



Fonte: Elaborado pela autora.

A Lagoa do Bonfim fornece água para a Adutora Monsenhor Expedito, que atende cerca de 30 municípios, além de várias comunidades rurais (CASTRO, 2018). O clima característico da região é o As, equatorial com verão quente e seco (ALVARES *et al.*, 2013). As classes de solo presentes no município de Nísia Floresta/RN são Latossolo Vermelho-Amarelo e Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 2018). A formação vegetal predominante é a Mata Atlântica.

2.2 ANÁLISE DE USO E OCUPAÇÃO E ELABORAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS

Para a análise de uso e ocupação da zona ripária da Lagoa do Bonfim foi utilizada imagem do satélite Sentinel 2A, com resolução espacial de 10 metros, obtida no site do Serviço Geológico Americano (USGS). A escolha da imagem foi baseada na data de coleta das amostras de solo e na menor interferência de nuvens possível.

Inicialmente, a imagem foi reprojeta para o sistema de coordenadas geográficas UTM - SIRGAS 2000 25 S. Em seguida, foi feito o recorte da área de interesse, utilizando a delimitação de zona ripária como sendo uma faixa de 100 metros a partir da margem. Para isso, a ferramenta *Buffer* foi usada, tendo como base a vetorização da Lagoa no ano de 2018. Depois, foi confeccionada a composição colorida utilizando as bandas espectrais 4(R) 3(G) 2(B), de modo a melhorar a distinção dos alvos.

Para delimitar as classes de uso, foi utilizada a ferramenta Classificação de imagem. Neste estudo optou-se por fazer a classificação do tipo supervisionada. Foram definidas quatro classes de uso, sendo elas: Agricultura, Solo Exposto, Vegetação Nativa e Água (Tabela 1). Apesar de existirem residências dentro da área de interesse, não foi possível identificar as casas de maneira razoável, de modo que melhores resultados foram obtidos ao classificá-las como áreas de Solo Exposto. Da mesma forma, não foi possível perceber as áreas de pecuária na imagem, por essa razão também foram incluídas na classe Solo Exposto.

As cores das classes foram definidas com base no Manual Técnico de Uso de Terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2013). Todo o processamento descrito foi realizado no software ARCGIS, no laboratório de modelagem ambiental do Centro Tecnológico de Engenharias (CTEC) na UFRN.

Tabela 1: Descrição das classes de uso e ocupação do solo selecionadas para execução da classificação supervisionada de imagem de satélite da zona ripária da Lagoa do Bonfim

Classes	Descrição
Agricultura	Áreas com vegetação não característica do bioma da região e áreas de uso agrícola
Solo Exposto	Áreas sem cobertura vegetal, áreas urbanas e áreas de pecuária
Vegetação Nativa	Áreas com vegetação do bioma típico da região
Água	Corpo hídrico

Para caracterizar os fatores naturais da zona ripária foram elaborados mapas de classes de solo e de declividade. O mapa de solos foi feito a partir do shapefile de solos do Brasil, fornecido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1971), levando em consideração a nova classificação dos solos (EMBRAPA, 2018). A declividade foi obtida através do Modelo Digital de Elevação (MDE) do Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM), disponibilizado pelo INPE (2008) através do projeto Topodata. Foram considerados as classes de declividade indicadas pela EMBRAPA. Para a elaboração dos mapas os dados foram recortados a partir do shapefile do município, as informações foram trabalhadas no software ARCGIS.

2.3 ANÁLISE DA QUALIDADE DO SOLO

Para a análise da qualidade do solo, foram coletadas amostras de solo nas classes de uso na zona ripária da Lagoa do Bonfim: (1) Urbano; (2) Agricultura; (3) Solo Exposto; e (4) Pecuária e (5) Vegetação Nativa, esta última corresponde a uma área com pouca ou

nenhuma ocupação antrópica para servir como referência de qualidade do solo. As amostras de solo foram coletadas em agosto de 2018.

Em cada ponto de coleta selecionado, amostras compostas foram preparadas a partir da mistura de cinco amostras simples, coletadas na profundidade de 0 a 20 cm. Para cada área, foram retiradas três repetições coletadas em caminhos percorridos aleatoriamente. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos lacrados com identificação adequada, mantidas em temperatura ambiente para análise no laboratório. No procedimento padronizado que antecede a análise, o solo foi seco em estufa, destorroado e passado em peneira de 2 mm de abertura de malha para a retirada da terra fina seca em estufa (TFSE), que foi submetida as análises (TEXEIRA et al., 2017).

Para avaliar a qualidade do solo, foram analisados os seguintes atributos físicos: (1) granulometria, pelo método da pipeta; (2) classificação textural, através do Diagrama Triangular simplificado; (3) densidade do solo (D_s), pelo método da proveta; (4) densidade de partículas (D_p), com o método do balão volumétrico; e (5) porosidade total (PT), estimada pela equação $Pt = [1 - (D_s/D_p)] \times 100$. Com relação aos atributos químicos, os indicadores de qualidade foram: (1) pH em água, na proporção (1:2,5); (2) condutividade elétrica (CE) em água (1:1), medido diretamente a partir de um condutivímetro; (3) carbono orgânico, através do método de Walkley-Black modificado; (4) matéria orgânica (MO), estimada pelo produto do valor do carbono orgânico por 1,724 e (5) teor de fósforo disponível (P), por fotolorimetria, após extração com Mehlich 1 (TEXEIRA et al., 2017).

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

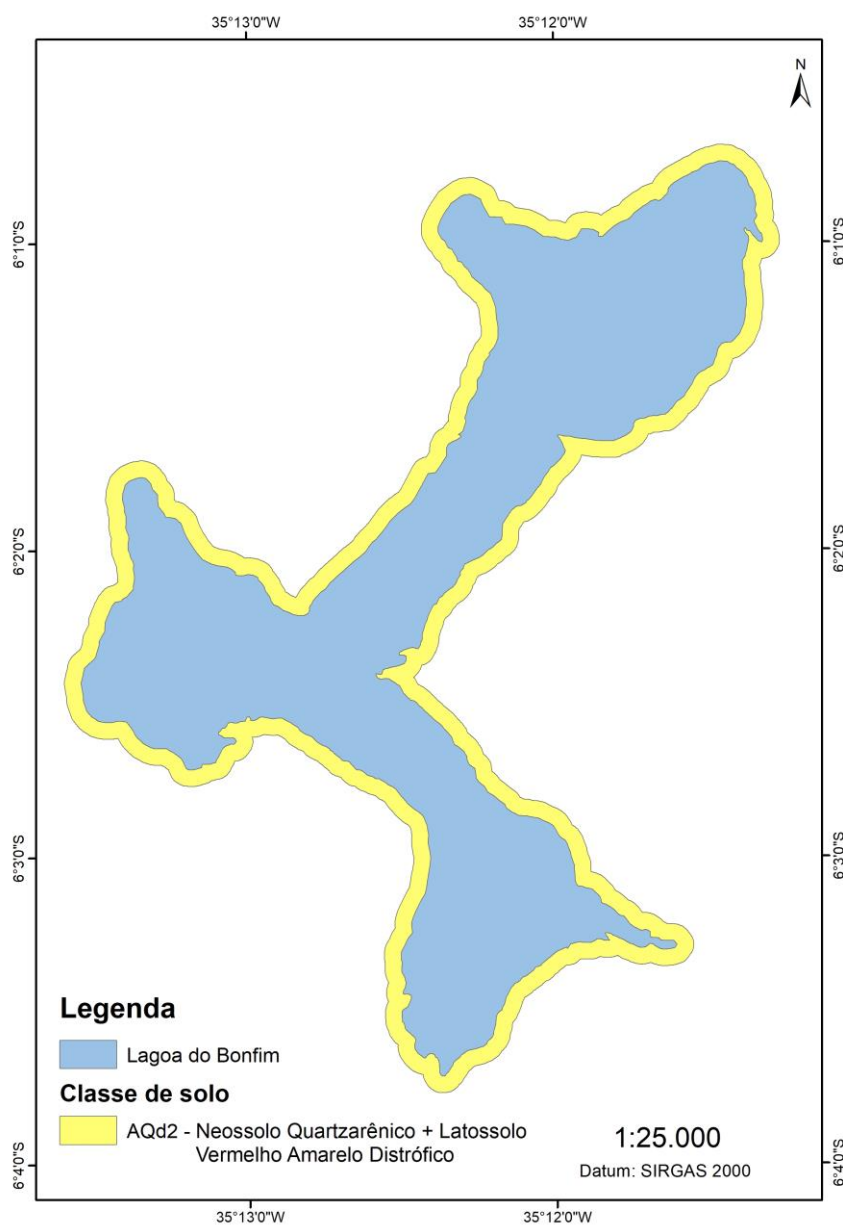
A avaliação dos dados obtidos foi feita através de estatística descritiva e da correlação linear de Pearson. Essas análises viabilizaram a quantificação das alterações no solo indicando a resposta dos atributos do solo aos usos do solo no entorno da Lagoa, bem como verificaram o grau de correlação entre esses atributos do solo. Para esses estudos estatísticos, foi usado o programa SAS (Statistical Analysis System, versão 8). Uma análise de componentes principais (PCA) foi feita para os atributos físicos e químicos do solo, de modo a quantificar e relacionar as mudanças provocadas no solo com as classes de uso e ocupação na zona ripária da Lagoa do Bonfim. O programa PC-ORD foi usado para essa análise.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na zona ripária da Lagoa do Bonfim, os fatores naturais apresentam baixa variabilidade (Figuras 2 e 3). Os solos coletados apresentaram características típicas da

classe Neossolo Quartzarênico, que é caracterizada pela textura arenosa e fertilidade natural muito baixa, são solos excessivamente drenados e profundos (Figura 2) (EMBRAPA, 2018). Por serem muito arenosos e apresentarem baixos teores matéria orgânica, esses solos têm como característica a baixa capacidade de agregação de partículas, o que facilita a ocorrência de erosão. O potencial de lixiviação é elevado, característico de solos arenosos que são mais permeáveis.

Figura 2 – Classes de solo predominante na zona ripária da Lagoa do Bonfim, localizada no município Nísia Floresta/RN

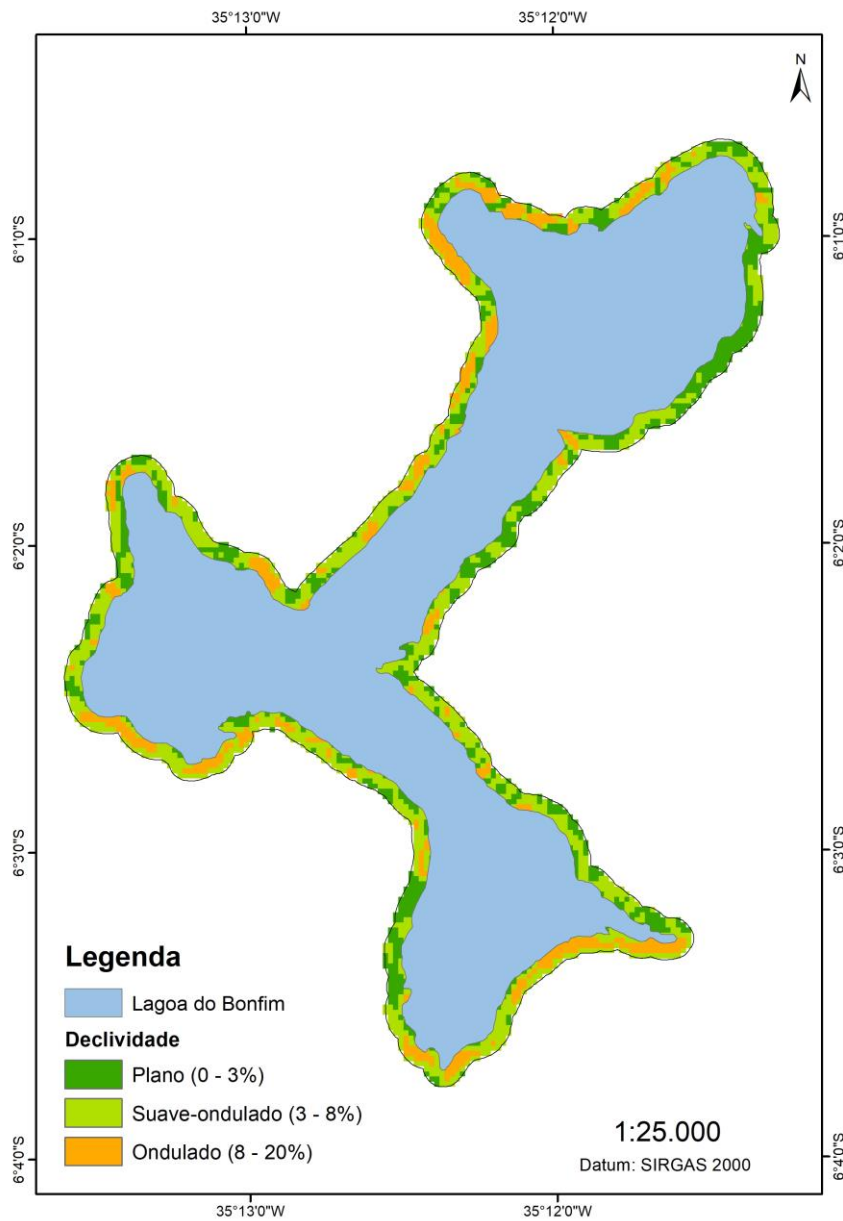


Fonte: Elaborado pela autora.

A respeito da declividade (Figura 3), a zona ripária apresenta predominância de terrenos planos e suave-ondulados. A baixa declividade pode ser vista como fator facilitador

da ocupação antrópica, pois regiões mais planas são mais acessíveis para o estabelecimento das atividades.

Figura 3 – Classes de declividade na zona ripária da Lagoa do Bonfim, localizada no município Nísia Floresta/RN



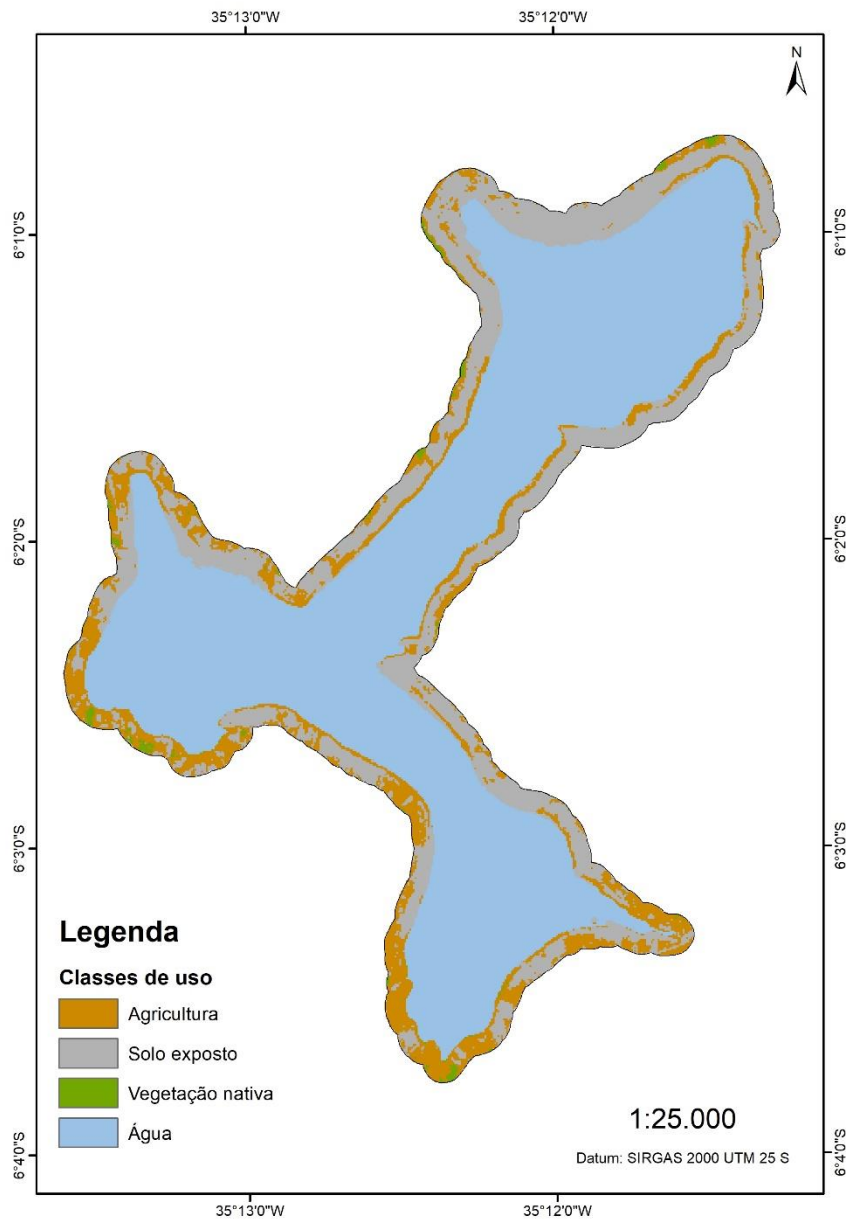
Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 2 – Áreas das classes de declividade na zona ripária da Lagoa do Bonfim

Classes	Área <i>km²</i>	Área %
Plano	0,6559	22,82
Suave-ondulado	1,7945	62,42
Ondulado	0,4244	14,76

O mapa de uso e ocupação evidencia a predominância das atividades antrópicas no entorno da Lagoa do Bonfim (Figura 4).

Figura 4 – Mapa do uso e ocupação do solo da zona ripária da Lagoa do Bonfim, obtido por classificação supervisionada, referente ao ano 2018



Fonte: Elaborado pela autora.

A zona ripária apresentou três classes principais de uso e ocupação do solo: Vegetação Nativa, Agricultura e Solo Exposto. O Solo Exposto, que também engloba áreas residenciais e de pecuária, foi a classe de uso predominante e em seguida tem-se a classe Agricultura (Tabela 3). A classe Vegetação Nativa teve a menor porcentagem de cobertura, apenas 1,73% da zona ripária. A baixa representatividade da classe Vegetação Nativa na zona ripária corrobora a afirmação de que a predominância de pouca declividade favorece a ocupação antrópica.

Tabela 3: Ocupação da zona ripária da Lagoa do Bonfim

Classes	Área <i>km²</i>	Área <i>%</i>
Agricultura	0,9999	34,78
Solo Exposto	1,8251	63,49
Vegetação Nativa	0,0498	1,73

Os solos da zona ripária da Lagoa sob uso antrópico mostraram predominância da fração granulométrica areia, com teores de até 930,43 g kg⁻¹, enquanto a fração argila não ultrapassou 111 g kg⁻¹ (Tabela 4). Entre os ambientes antrópicos não houve variação significativa na classe textural. Com exceção do solo sob uso Urbano, todos os outros ambientes apresentaram classe textural areia-franca.

Ao comparar com a Vegetação Nativa, percebe-se um aumento da fração areia e diminuição do teor de argila em todos os ambientes, o que resultou na correlação negativa entre esses atributos ($r = -0,95$ $p < 0,0001$). A areia também apresentou correlação negativa com a matéria orgânica ($r = -0,76$ $p = 0,001$) que, de forma similar a argila, mostrou valores inferiores aos de referência em todas as classes de uso. A matéria orgânica esteve também correlacionada com o teor de argila ($r = 0,84$ $p = 0,0001$), indicando que estão sendo perdidas pelo mesmo mecanismo. Essas correlações e o aumento do teor de areia sugerem que as perdas de fração mais finas do solo ocorreram por processos erosivos, com maiores perdas no ambiente urbano.

A densidade do solo apresentou correlação positiva com a fração de areia ($r = 0,73$ $p = 0,002$) e de silte ($r = 0,58$ $p = 0,02$). Todos os ambientes mostraram aumento da Ds em relação ao solo da Vegetação Nativa, e conseqüente redução da porosidade total. Os maiores aumentos da Ds ocorreram na Pecuária e no Solo Exposto, este que apresentou o menor valor de porosidade total. É de se esperar que esses ambientes apresentem maior grau de compactação do solo, considerando o movimento de animais e pessoas, além da ausência de vegetação. O aumento da Ds também intensifica o escoamento superficial (CASTRO et al., 2012), que promove o transporte das frações mais finas do solo. De fato, a densidade do solo está correlacionada negativamente com o teor de argila ($r = -0,84$ $p = 0,0001$) e com a matéria orgânica ($r = -0,84$ $p = 0,0001$). Essas relações corroboram a hipótese de que o mecanismo de perda das frações de argila e matéria orgânica é a erosão (MA et al., 2014; VEZZANI; MIELNICZUK, 2011).

Houve acréscimo no teor de silte em todas as classes de uso antrópico. É provável que esse crescimento seja decorrente da passagem dos grãos de areia para fração silte por

meio do intemperismo. O solo sob uso da agricultura apresentou o maior valor médio de silte, possivelmente devido ao acréscimo de água na área para irrigação.

O aumento da densidade de partículas ocorreu em todos as classes de uso, o que era esperado tendo em conta que a perda das frações mais finas como da matéria orgânica leva a um aumento da Dp (MELLONI; MELLONI; VIEIRA, 2013). Os maiores valores de Dp foram sob os usos Pecuária e Urbano, ambientes com maior redução do teor de argila e de matéria orgânica.

Com exceção da agricultura, todos os ambientes mostraram redução de P e aumento do pH (Tabela 5). Os solos sob uso da Pecuária e Solo Exposto apresentaram valores muito inferiores ao da vegetação. Tal comportamento pode estar associado a precipitação, ocasionada pelo aumento do pH, do Al^3 trocável na forma de fosfato de alumínio, ocasionada pelo aumento do pH, que sequestrou o fosfato da solução (CORRÊA; NASCIMENTO; ROCHA, 2011). Como esse atributo não foi analisado, não é possível confirmar essa hipótese.

O solo sob uso da Agricultura apresentou o teor de P máximo de $45,24 \text{ mg dm}^{-3}$, além do maior valor médio de pH, resultando na correlação entre esses atributos ($r = 0,83$ $p = 0,0001$). Com o aumento do pH, a adsorção de fósforo é reduzida, o que aumenta a proporção de fósforo em solução e facilita a lixiviação. Isso indica que essa classe de uso favorecem a atuação do solo como fonte difusa de fósforo para a Lagoa. É esperado que a agricultura contribua para o incremento de fósforo, uma vez que frequentemente é acompanhada pela aplicação de fertilizantes. Essa atividade também apresentou o maior valor médio de matéria orgânica dentre os usos antrópicos, nessas áreas é comum preparar a terra com excretas animais.

Houve aumento da condutividade elétrica quando comparado com a Vegetação Nativa, mostrando que o uso e ocupação antrópica contribuiu para o aumento da concentração de sais no solo. O maior valor médio de CE foi no uso Agricultura, $235.00 \mu\text{s cm}^{-1}$, com máximo de $259.00 \mu\text{s cm}^{-1}$.

Tabela 4: Estatísticas descritivas (média, desvio padrão, mínima e máxima) dos atributos físicos e classificação textural dos solos amostrados na zona ripária da Lagoa do Bonfim

Ambiente	Ds $g\ cm^{-3}$	Dp	PT %	Areia	Silte $g\ kg^{-1}$	Argila	Classificação Textural
Vegetação Nativa	1,32±0,02 (1,31 - 1,34)	2,67±0,10 (2,60 - 2,78)	50,48±2,16 (48,49 - 52,78)	752,7±3,40 (749,75 - 756,41)	10,20±8,40 (1,41 - 18,16)	237,1±5,10 (232,09 - 242,18)	Franco argilo arenosa
Urbano	1,46±0,03 (1,44 - 1,50)	2,83±0,03 (2,81 - 2,87)	48,33±0,33 (47,97 - 48,63)	923,71±8,44 (914,21 - 930,43)	18,33±8,69 (12,86 - 28,35)	57,97±13,98 (45,20 - 72,90)	Areia
Agricultura	1,49±0,04 (1,45 - 1,53)	2,77±0,05 (2,71 - 2,81)	46,09±1,02 (44,92 - 46,09)	845,47±13,66 (831,76 - 859,08)	50,53±16,38 (39,42 - 69,34)	104,00±6,71 (98,90 - 111,60)	Areia franca
Solo Exposto	1,53±0,01 (1,52 - 1,53)	2,76±0,09 (2,67 - 2,85)	44,61±1,84 (42,70 - 46,38)	880,39±12,85 (869,44 - 894,54)	28,58±14,13 (12,66 - 39,66)	91,03±1,70 (89,40 - 92,80)	Areia franca
Pecuária	1,55±0,05 (1,52 - 1,61)	2,98±0,45 (2,71 - 3,50)	47,21±8,34 (40,58 - 56,57)	876,20±10,20 (866,00 - 886,40)	44,50±28,00 (16,50 - 72,50)	79,30±17,80 (61,50 - 97,10)	Areia franca

Atributos: Ds = Densidade do solo; Dp = Densidade de partículas; PT = porosidade total.

Tabela 5: Estatísticas descritivas (média, desvio padrão, mínima e máxima) dos atributos químicos amostrados na zona ripária da Lagoa do Bonfim

Ambiente	pH (H_2O)	MO $g\ kg^{-1}$	CE $\mu s\ cm^{-1}$	P $mg\ kg^{-1}$
Vegetação Nativa	4,91±0,05 (4,86 – 4,95)	19,61±1,58 (17,80 – 20,67)	45,03±2,25 (43,40 – 47,60)	19,87±2,90 (17,55 – 23,12)
Urbano	5,87±0,16 (5,72 - 6,04)	9,24±3,58 (5,12 - 11,62)	133,67±18,50 (122,00 - 155,00)	14,52±11,38 (2,02 - 24,26)
Agricultura	6,27±1,81 (4,20 - 7,53)	12,28±0,59 (11,62 - 12,74)	235,00±20,78 (223,00 - 259,00)	29,78±23,64 (2,56 - 45,24)
Solo Exposto	5,08±0,26 (4,78 - 5,26)	10,79±1,06 (9,56 - 11,43)	133,33±11,50 (122,00 - 145,00)	5,16±0,85 (4,25 - 5,94)
Pecuária	4,54±0,07 (4,46 - 4,60)	3,69±0,32 (3,50 - 4,06)	76,67±2,08 (75,00 - 79,00)	2,33±0,66 (1,72 - 3,03)

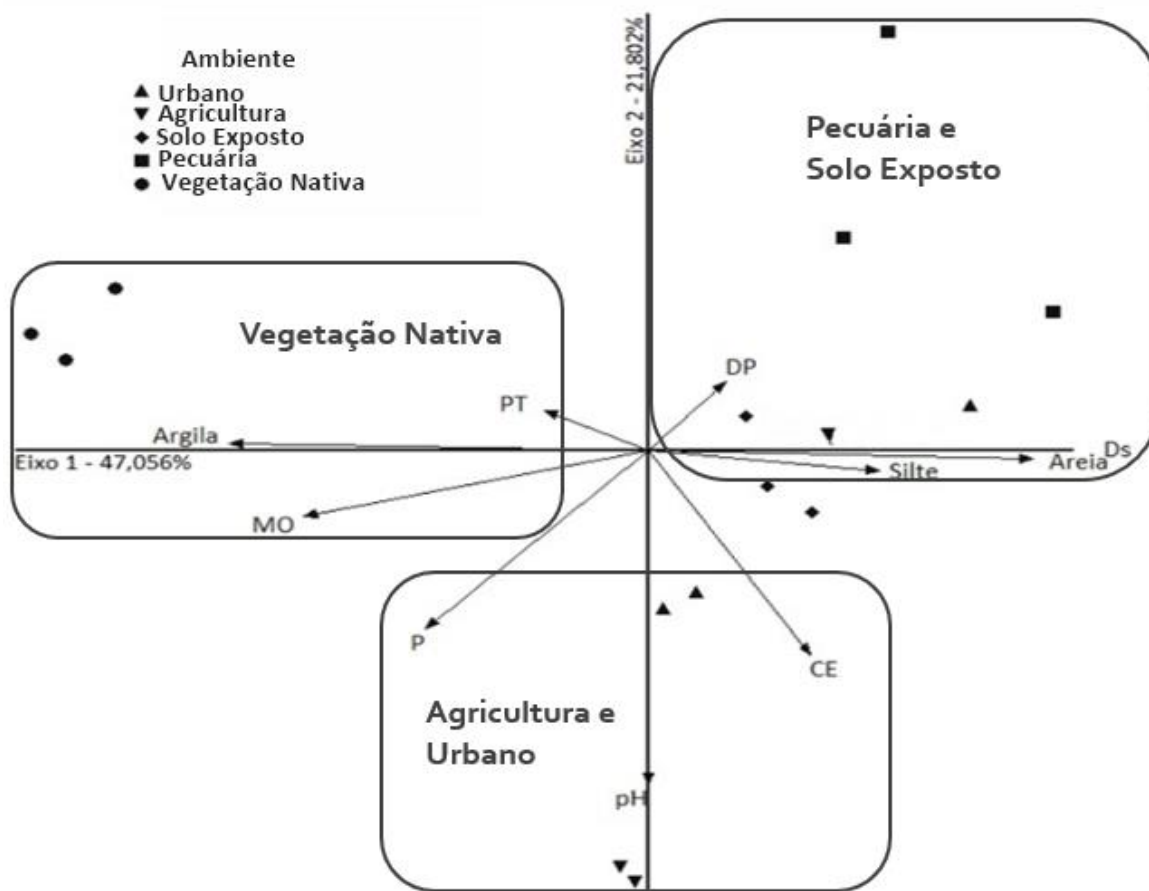
MO = Matéria orgânica; CE = Condutividade elétrica; P = Fósforo disponível;

A Análise de Componentes Principais (PCA) dos atributos físico e químicos do solo explicou 68,86% da variabilidade dos dados nos dois eixos analisados. O eixo 1 explicou 47% ($p=0,001$) e o eixo 2 explicou 21,8% ($p=0,142$). As variáveis mais importantes para a ordenação do primeiro eixo foram Ds (0,949), argila (- 0,905), areia (0,867), MO (-0,822) e silte (0,672). E para o segundo eixo as variáveis mais importantes foram pH (-0,885), CE (-0,694) e P (-0,649) (Figura 5).

A PCA indica que o eixo 1 reflete o gradiente de processos erosivos, enquanto o eixo 2 reflete o grau de salinização do solo. Os solos sob uso Pecuária e Solo Exposto ficaram bem relacionados com o lado positivo do eixo 1 e com as variáveis Ds, Dp, areia e silte. Por sua vez, O solo da Vegetação Nativa ficou bem relacionado com os atributos argila, PT e MO, portanto, indicadores da qualidade desse ambiente. No eixo 2 o solo da classe Agricultura e Urbano se associaram ao aumento de pH, CE e P.

A PCA indica um gradiente de degradação da qualidade ambiental do solo em função da modalidade de uso e ocupação, destacando que os solos sob os usos Solo Exposto e Pecuária estão mais suscetíveis à erosão, e as classes de uso Agricultura e Urbano estão associadas a maiores valores de fósforo e ao enriquecimento de sais do solo. Além disso, ressaltou a diferença entre os pontos amostrais para as classes Agricultura e Urbano.

Figura 5 - Análise de componentes Principais (PCA) de variáveis de qualidade do solo na zona ripária da Lagoa do Bonfim/RN



Variáveis: MO = matéria orgânica; PT = porosidade total; P = fósforo; CE = condutividade elétrica; DP = Densidade de partículas; DS = densidade do solo.

4 CONCLUSÃO

1. As alterações no uso da terra ao longo da zona ripária da Lagoa do Bonfim provocaram redução da qualidade do solo que aumenta o potencial do solo comprometer a qualidade da água.
2. Áreas com uso do solo Urbano, Pecuária e Solo Exposto estão associadas a perdas de fração mais fina do solo por processos erosivos.
3. Áreas com uso do solo sob influência da agricultura podem atuar como fontes difusas de fósforo para o manancial.
4. Os atributos físicos e químicos selecionados foram eficientes como indicadores de qualidade do solo e distinção de ambientes antrópicos e naturais.

REFERÊNCIAS

1. Dye BA, Hsu KL, Afful J. Prevalence and measurement of dental caries in young children. *Pediatr Dent*. 2015;37(3):200-16.
2. Glick M, Williams D. A New Definition of Oral Health: Executive summary. *FDI World Dent Fed*. 2020;1:1-4.
3. Edelstein BL, Ng MW. Chronic disease management strategies of early childhood caries: Support from the medical and dental literature. *Pediatr Dent*. 2015;37(7):281-7.
4. Simón-Soro A, Mira A. Solving the etiology of dental caries. *Trends Microbiol*. 2015;23:76-82.
5. Yoon RK, Smaldone AM, Edelstein BL. Early childhood caries screening tools: A comparison of four approaches. *J Am Dent Assoc*. 2012;143:756-63.
6. Gao X, Di Wu I, Lo EC, Chu CH, Hsu CY, Wong MC. Validity of caries risk assessment programmes in preschool children. *J Dent*. 2013;41(9):787-95.
7. Bradshaw DJ, Lynch RJM. Diet and the microbial aetiology of dental caries: new paradigms. *Int Dent J*. 2013;63(2):64-72.
8. Januário BS, Figueiredo MC, Faustino-Silva DD. Avaliação de protocolos de manejo de cárie em crianças de 0 a 3 anos de idade baseada no risco. *Stomatos*. 2017;23:14-27.
9. Frencken JE, De Amorim RG, Faber J, Leal SC. The Caries Assessment Spectrum and Treatment (CAST) index: Rational and development. *Int Dent J*. 2011;61(3):117-23.
10. Kerry KC. *Cambra: A Comprehensive Caries Management Guide for Dental Professionals*, 2019, Cda Cambra Guide.
11. Cochran W. *Sampling Technique*. 2nd ed. John Wiley and Sons Inc. 1963.
12. Ribeiro LGM, Maltz M, Hashizume LN. Effect of different 1% chlorhexidine varnish regimens on biochemical composition of the dental biofilm. *Rev Odonto Cienc*. 2011;26:30-4.
13. Featherstone JDB, Crystal YO, Chaffee BW, Zhan L, Ramos-Gomez FJ. An Updated CAMBRA Caries Risk Assessment Tool for Ages 0 to 5 Years. *J Calif Dent Assoc*. 2019; 47(1):37-47.
14. Mejåre I, Axelsson S, Dahlén G, Espelid I, Norlund A, Tranæus S, Twetman S. Caries risk assessment. A systematic review. *Acta Odontol Scand*. 2014;72(2):81-91.
15. Fontana M. The Clinical, Environmental, and Behavioral Factors That Foster Early Childhood Caries: Evidence for Caries Risk Assessment. *Pediatr Dent*. 2015;37:217-25.

16. Leal SC, Ribeiro APD, Frencken JE. Caries Assessment Spectrum and Treatment (CAST): A Novel Epidemiological Instrument. *Caries Res.* 2017;51:500–6.
17. Ionta FQ. et al. Changes in oral health-related behavior of infants following a preventive program of continuing education directed to their parents. *Pesqui Bras Odontopediatria Clin Integ.* 2015;15(1):31–9.
18. Ministério da Saúde. Pesquisa Nacional de Saúde Bucal (SB BRASIL 2010). 2014.
19. Albino J, Tiwari T. Preventing Childhood Caries: A Review of Recent Behavioral Research. *J Dent Res.* 2016;95:35–42.
20. Huong DM. et al. Prevalence of early childhood caries and its related risk factors in preschoolers: Result from a cross sectional study in Vietnam. *Pediatr Dent J.* 2017;27(2):79–84.
21. Chaffee BW, Cheng J, Featherstone JDB. Baseline Caries Risk Assessment as a Predictor of Caries Incidence. *J Dent.* 2015;43(5):518–24.
22. Eden E. Evidence-based caries prevention. 1st ed. Springer 2016.
23. Rocha NB, Moimay SAS, Garbin AJI, Saliba O, Garbin CAO. Relationship between perception of oral health, clinical conditions and socio-behavioral factors of mother-child. *Brazilian Res Pediatr Dent Integr Clin.* 2015;15(1):113–21.
24. Walsh T, Worthington HV, Glenny AM, Marinho VC, Jeroncic A. Fluoride toothpastes of different concentrations for preventing dental caries. *Cochrane Database Syst Rev.* 2019;3(3):CD007868.
25. Divaris K. Predicting Dental Caries Outcomes in Children. *J Dent Res.* 2019;95(3): 248–54.
26. Twetman S. Caries risk assessment in children: how accurate are we? *Eur Arch Paediatr Dent.* 2016;17:27–32.
27. Custodio-Lumsden CL, Wolf RL, Contento IR, Basch CE, Zybert PA, Koch PA, Edelstein BL. Validation of an early childhood caries risk assessment tool in a low-income Hispanic population. *J Public Health Dent.* 2016;76(2):136-42.
28. Naidu R, Nunn J, Donnelly-Swift E. Oral health-related quality of life and early childhood caries among preschool children in Trinidad. *BMC Oral Health.* 2016;16(128):1-9.