ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

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

Dinâmica Sazonal de Nutrientes em Estuário Amazônico

Francianne Vieira Mourão¹, Maria de Lourdes Souza Santos², Pedro Henrique Campos Sousa³, Denise Cristina de Souza Ribeiro⁴, Ewertton Souza Gadelha⁵

¹Msc. em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, Eng. Ambiental. Laboratório de Química Ambiental (UFRA), Belém/PA, Brasil. francianne@hotmail.com. (autor correspondente). ²Prof. Dr. Associada da Universidade Federal Rural da Amazônia, mdelssantos@yahoo.com.br. ³Eng. de Pesca, Laboratório de Química Ambiental (UFRA), pedropesca13@gmail.com. ⁴Eng. De Pesca, Laboratório de Química Ambiental (UFRA), denisemq@hotmail.com. ⁵Eng. De Pesca, Laboratório de Química Ambiental (UFRA), ewerttooo@yahoo.com.br.

Artigo recebido em 14/09/2020 e aceito em 01/02/2021

RESUMO

As variações nos ecossistemas naturais exigem uma atenção da sociedade para a água, pois o risco de desabastecimento não é um problema localizado, é uma questão nacional. Avaliou-se o efeito da sazonalidade na qualidade da água no furo do Muriá, Curuçá, Pará. As coletas de água foram realizadas em 21 pontos distribuídos ao longo do Furo, nos meses de fevereiro, março, outubro e novembro de 2015, durante as marés vazante e enchente. As variáveis abióticas foram determinadas *in situ* com utilização de sonda. Foram analisados os parâmetros de Oxigênio Dissolvido (OD), taxa de saturação de OD (%OD), Clorofila *a* (Cl-*a*), Fosfato (Fosf), Nitrito (NO₂), Nitrato (NO₃) e N-amoniacal (N-Amo). As variáveis ambientais apresentaram diferenças significativas entre os períodos analisados ($p < 0,05$), tendendo a um padrão sazonal, exceto N-amoniacal ($p > 0,05$) logo não teve influência sazonal. Levando em consideração as marés as concentrações de salinidade, CE e clorofila-*a* foram significativas durante a maré enchente. A turbidez foi mais elevada durante as marés de vazante ($p < 0,05$). Os parâmetros fosfato e N-amoniacal não apresentaram diferença significativa entre marés ($p > 0,05$). O efeito da sazonalidade pode restringir à variação da qualidade do ambiente, logo indica a relevância do monitoramento do ambiente, assim servir de ferramenta em planos de políticas públicas de melhoria do saneamento da população.

Palavras-chave: clorofila *a*; nutrientes; maré

Sazonal Dynamics of Nutrients in Amazonian Estuary

ABSTRACT

Variations in natural ecosystems require society's attention to water, as the risk of shortages is not a localized problem, it is a national issue. The effect of seasonality on water quality in the Creek Muriá, Curuçá, Pará, Brazil, was evaluated. Water samples were collected at 21 points along the Creek during February, March, October and November 2015, during Tides and flood. Abiotic variables were determined *in situ* using probe. The parameters of Dissolved Oxygen (OD), saturation rate of OD (% OD), Chlorophyll *a* (Cl-*a*), Phosphate (Fosf), Nitrite (NO₂), Nitrate (NO₃) and N-ammonical (N- Master). The environmental variables presented significant differences between the analyzed periods ($p < 0.05$), tending to a seasonal pattern, except for N-ammoniacal ($p > 0.05$), thus not having a seasonal influence. Taking into account the tides the concentrations of salinity, EC and chlorophyll-*a* were significant during tide flood. The turbidity was higher during tidal ebb tides ($p < 0.05$). The phosphate and N-ammonia parameters showed no significant difference between tides ($p > 0.05$). The effect of seasonality may restrict the variation of the quality of the environment, thus indicating the relevance of environmental monitoring, thus serving as a tool in public policy plans to improve population sanitation.

Keywords: Chlorophyll *a*; nutrients; tide

Introdução

As variações nos ecossistemas naturais hoje exigem uma atenção da sociedade para a água, pois o risco de desabastecimento não é um problema localizado, é uma questão nacional.

O Brasil se faz presente no cenário preocupado com a qualidade da água, já que possui uma grande extensão geográfica, e o estado do Pará é o segundo maior em extensão (Cirilo e Almeida, 2019). O sistema hidrográfico composto pelos rios da Amazônia é de vital importância para garantir a biodiversidade aquática, a vida econômica e social da região Norte (Dagosta e Pinna, 2019; Barros et al., 2020).

De acordo com IBGE (2012) e Conceição

et al., (2020), o litoral do estado do Pará possui o seu sistema hidrográfico e suas áreas de produção pesqueira distribuída nos 98.292 km² de águas interiores; 70.000 km² de plataforma continental; 67.972 km² de área oceânica e 562 km² de linha de costa. Desta forma, a preocupação com a degradação destes ambientes aquáticos tem crescido no meio científico, sendo necessário realizar estudos e ampliar os conhecimentos sobre o assunto (Silva et al., 2017).

Dentre os vários recursos hídricos altamente energéticos destacam-se os estuários, ambientes de transição entre ambientes fluviais e marinhos, onde um ou mais rios encontram o mar, e as forças de ambos atuam controlando a dinâmica e distribuição das propriedades químicas, físicas, biológicas e sedimentares (Nascimento et al., 2020). Naturalmente os estuários são altamente complexos e produtivos, especialmente devido às características hidrodinâmicas de circulação, que estimulam a produtividade primária local aprisionando nutrientes e organismos fitoplanctônicos (Feitosa et al., 2014).

Em geral, os estuários amazônicos são dominados por macromarés (< 5,6 m) (DHN, 2013). Os canais-de-maré transportam constantemente nutrientes e matéria orgânica entre o manguezal e o estuário, devido às características hidrológicas e geomorfológicas predominantes. Esses canais inundam e drenam o manguezal na enchente e na vazante das marés de sizígia. Além das marés, a sazonalidade regional também influencia na qualidade das águas estuarinas. No período de chuvas, a drenagem continental também influi na qualidade das águas estuarinas e no transporte de nutrientes e material particulado (Gomes et al., 2013; Moura e Nunes, 2016).

O comportamento dos nutrientes nos estuários envolve uma íntima relação entre sedimentos particulados e dissolvidos de fundo e os

processos de adsorção, dessorção, transporte e transformações biológicas (Correl, 1981; Jordan et al., 1991). Para entender essas relações e seus fatores controladores nas águas estuarinas amazônicas, Moura e Nunes (2016) investigaram o efeito das marés de sizígia e a sazonalidade na qualidade física, química e biológica da água de canais-de-maré no estuário de Caeté, concluíram que a qualidade da água dos canais-de-maré do sistema estuarino do Caeté sofreu influência das condições climáticas, geomorfológicas e hidrológicas.

As principais forças que controlaram as variáveis físicas, químicas e biológicas da água foram a sazonalidade, a vazão do rio e os movimentos das marés de sizígia de acordo com a distribuição espacial desses canais-de-maré. Enquanto, Monteiro et al., (2015) relataram que os parâmetros bióticos e abióticos do rio Paracauari na ilha do Marajó, Pará, apresenta um comportamento regulado por marés e pela sazonalidade climática da região amazônica. Esta variação é mais nítida durante o período chuvoso, pois ocorre um máximo de entrada alóctone através do escoamento superficial e subsuperficial. Alterações longitudinais nos parâmetros foram controladas principalmente pela descarga fluvial, pelos efeitos da precipitação, da maré, das correntes de maré, pela influência do manguezal e da várzea, das águas costeiras da Baía do Marajó.

O presente estudo teve por objetivo investigar o efeito das marés e da sazonalidade regional, períodos seco e chuvoso no comportamento dos parâmetros abióticos (temperatura, salinidade, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e taxa de oxigênio dissolvido), biótico (clorofila-a) e dos nutrientes dissolvidos (nitrato, nitrito, N-amoniaco, fosfato e silicato) da água do furo do Muriá, que apresenta área de mangue, de efluentes domésticos, de embarcações, de entrada de águas dos rios Mocajuba e Curuçá, fatores estes que podem modificar a qualidade de suas águas tão importante para a sobrevivência da comunidade local, no município de Curuçá, costa norte do Brasil.

Devido a dinâmica hidrológica do estuário amazônico esperamos que no período chuvoso ocorra maior concentração de nutrientes, favorecendo a produção fitoplanctônica, e que, no período seco, as águas costeiras influenciem a qualidade das águas estuarinas, com baixa turbidez, alto teor de oxigênio e pH levemente alcalinos.

Material e métodos

A área de estudo, Furo do Muriá (Figura 1), está localizado no estuário do Rio Curuçá,

município de Curuçá, Pará (Nordeste Paraense). Limita-se ao Norte com o Oceano Atlântico; ao Leste com o município de Marapanim; ao Sul com o município de Terra Alta; ao Oeste com o município de São Caetano de Odivelas e São João da Ponta (Pará, 2014). O clima do Município insere-se na categoria equatorial Amazônico, do tipo Am da classificação de Köppen. Temperaturas elevadas, com média de 27° C, e precipitações abundantes que ultrapassam os 2.000 mm anuais, sendo os meses mais chuvosos de janeiro a junho, e menos chuvosos, de julho a dezembro (Pará, 2014).

O Furo do Muriá é formado pelo rio Mocajuba e rio Curuçá, com influência de igarapé e tributários menores (Pará, 2014), deságuam na localidade Beira Bar. A altura máxima de maré possui alcance médio de 4 m, podendo atingir valores superiores nas marés equinociais de sizígia. As fortes correntes atingem velocidades que variam de 1,9 a 2,1 nós (Mácola & El-Robrini, 2004).

Comumente é chamado de rio Muriá o Furo, entretanto, segundo Coelho (1988), rios são correntes de água que circulam pelos continentes, podendo se originar de fontes ou nascentes, águas

da chuva e outras características físicas como: i) cabeceira; ii) curso superior; iii) curso médio; vi) curso inferior. Portanto, a partir dessas características relacionadas, pode-se verificar que a área estudada não se enquadra na condição de rio por não apresentar tais características. Dessa forma a área estudada é considerada como furo, acidente hidrográfico que permite a ligação entre as águas da área estudada ao rio Mocajuba e ao rio Curuçá.

O Furo do Muriá apresenta extensa área de mangue que permite uma das fontes de alimentos dos moradores das comunidades ao entorno, trechos com grande extensão entre as margens e assim permitindo a circulação de embarcações, suas águas tão importantes economicamente e socialmente para a sobrevivência da comunidade local (Pará, 2014).

As coletas de água foram realizadas em 21 pontos distribuídos ao longo do Furo Muriá (Curuçá-PA) (Figura 1), nos meses de fevereiro, março, outubro e novembro de 2015 (considerando a sazonalidade), durante a maré vazante e maré enchente, na camada superficial da água.

Figura 1. Mapa de localização dos pontos de coleta no Furo do Muriá, Município de Curuçá, PA, Brasil.

No momento da coleta foram obtidos os dados de temperatura, salinidade, pH, condutividade elétrica e turbidez com a utilização de uma sonda multiparamétrica da marca HANNA modelo HI9829. Para as demais análises as amostras de água foram encaminhadas para o Laboratório de Química Ambiental (LQA), da Universidade Federal Rural da Amazônia. A análise de Oxigênio Dissolvido – OD foi determinada pelo método de Winkler descrito em Strickland e Parsons (1972), a Taxa de saturação do OD% pela International Oceanographic Tables (UNESCO, 1973), os nutrientes (Fosfato, Nitrito, Nitrato,) por (Grasshof et al., 1983), o N-amoniaco por Nessler (1969), adaptado de Baird

et al., (2017) e Clorofila-*a* – Cl *a* espectrofotometria descrito em Teixeira (1973).

A estatística descritiva (valor mínimo, máximo, média e desvio padrão) foi aplicada a todas as variáveis abióticas e bióticas da água. A normalidade dos dados foi testada através do teste de Shapiro-Wilk. Para identificar diferenças espaciais nas variáveis analisadas foi aplicado Anova um fator, enquanto para uma análise temporal aplicou-se o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, sendo feito o teste de Dunn a posteriori.

Enquanto, o teste não-paramétrico de Mann-Whitney foi utilizado para identificar a diferença significativa das variáveis analisadas

entre os períodos chuvoso e menos chuvoso e entre marés. Para elucidar como as variáveis analisadas se comportam, se aplicou uma análise de componente principal (PCA). Os dados foram padronizados por ranging, e após a padronização os valores de cada coluna variaram entre 0 e 1 (Milligan e Cooper, 1985). A PCA foi efetuada em uma matriz de correlação, e os eixos fatoriais analisados foram aqueles que apresentaram valores significativamente mais elevados do que os produzidos por matrizes da mesma dimensão bootstrapped 1000 vezes (Peres-Neto et al., 2005). Para complementar o resultado obtido pela PCA, utilizou-se a correlação de Spearman para demonstrar o quanto essas variáveis se relacionam. Ambas as análises estatísticas tiveram

poder de 5% e foram realizadas no software PAST versão 3.02 (Hammer et al., 2001).

Resultados

Durante o período de estudo a salinidade, condutividade elétrica, pH, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido, taxa de saturação de oxigênio dissolvido, fosfato, nitrato, N-amoniacal, clorofila *a*, apresentaram diferenças. A média mensal das variáveis analisadas pode ser visualizada na tabela 1, observa-se que as variáveis tiveram diferença significativa entre os meses de estudo ($p < 0,05$), tendendo a um padrão sazonal, exceto N-amoniacal que teve diferença entre todos os meses.

Tabela 1. Variação média $\pm$ desvio padrão dos parâmetros Salinidade (Sal), Condutividade elétrica (CE), Temperatura °C (Temp), Oxigênio dissolvido (OD), Taxa de oxigênio dissolvido (%OD), Fosfato (Fosf), Nitrito (NO_2), Nitrato (NO_3), N-amoniacal (N-Amo), Clorofila-a (Cl-a) no período de fevereiro a março de 2015 e outubro a novembro de 2015.

Variável	Fevereiro	Março	Outubro	Novembro
Sal	20,78 $\pm$ 0,99a	14,99 $\pm$ 1,55b	33,23 $\pm$ 1,86c	35,09 $\pm$ 1,42c
CE ($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$)	32903,33 $\pm$ 2481a	24733,81 $\pm$ 2361b	50836,90 $\pm$ 2527c	53161,90 $\pm$ 1904d
pH	7,50 $\pm$ 0,21a	7,98 $\pm$ 0,41b	8,30 $\pm$ 0,33c	8,26 $\pm$ 0,19c
Temp (°C)	27,85 $\pm$ 0,19a	27,86 $\pm$ 0,13a	28,89 $\pm$ 0,35b	28,85 $\pm$ 0,18b
Turb (UNT)	33,55 $\pm$ 15,26a	71,33 $\pm$ 37,25b	25,21 $\pm$ 11,23a	14,45 $\pm$ 10,76c
OD ($\text{mg}.\text{L}^{-1}$)	2,75 $\pm$ 0,33a	2,64 $\pm$ 0,35a	3,39 $\pm$ 0,33b	3,87 $\pm$ 0,36c
OD%	0,64 $\pm$ 0,07a	0,59 $\pm$ 0,08a	0,85 $\pm$ 0,08b	0,89 $\pm$ 0,04b
Fosf ($\text{mg}.\text{L}^{-1}$)	0,06 $\pm$ 0,02a	0,04 $\pm$ 0,09b	0,06 $\pm$ 0,01a	0,06 $\pm$ 0,02a
NO_2 ($\text{mg}.\text{L}^{-1}$)	0,01 $\pm$ 0,007a	0,012 $\pm$ 0,019a	0,0059 $\pm$ 0,004b	0,0081 $\pm$ 0,006b
NO_3 ($\text{mg}.\text{L}^{-1}$)	0,14 $\pm$ 0,08a	0,51 $\pm$ 0,14b	0,11 $\pm$ 0,14a	0,10 $\pm$ 0,08a
N-Amo ($\text{mg}.\text{L}^{-1}$)	0,75 $\pm$ 1,03a	1,16 $\pm$ 0,61b	0,43 $\pm$ 0,10ac	1,76 $\pm$ 0,59d
Cl-a $\text{mg}.\text{m}^3$	31,54 $\pm$ 39,56a	13,13 $\pm$ 20,15ab	11,50 $\pm$ 16,71bc	12,19 $\pm$ 23,11c

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha significam diferença estatística entre as mesmas segundo o teste Kruskal-Wallis seguido de teste de Dunn (5%).

Os maiores valores de salinidade, CE, pH, oxigênio dissolvido e taxa de saturação de OD% foram significativas no período menos chuvoso ($p < 0,05$) (Tabela 1). Contudo a turbidez, o fosfato, o nitrato e a clorofila *a* foram significativamente superiores no período mais chuvoso ($p < 0,05$) (Tabela 2). A variável N-amoniacal não apresentou diferença estatística significativa entre períodos ($p > 0,05$) afirmando que não teve uma

influência sazonal (Tabela 2).

Levando em consideração as marés as concentrações de salinidade, CE e clorofila-a foram mais elevadas significativamente durante a maré enchente ($p < 0,05$). Ocorrendo o oposto com a turbidez, que foi mais elevada durante as marés de vazante ($p < 0,05$). Os parâmetros fosfato e N-amoniacal não apresentaram diferença significativa entre marés ($p > 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados dos testes de análise estatística das variáveis físicas, químicas e biológica no furo do Muriá separados conforme a sazonalidade da região e em função da maré.

Variáveis Dependentes	Fonte variáveis	n	p	Significância	n	p	Fonte das variáveis	Significância
Salinidade	Sazonalidade	168	p<0,05		168	p<0,05	Maré	
CE ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)		168	p<0,05		168	p<0,05		
pH		168	p<0,05		168	p<0,05		
T ($^{\circ}\text{C}$)		168	p<0,05		168	p<0,05		
Turb (UNT)		168	p<0,05		168	p<0,05		
OD (mg.L^{-1})		168	p<0,05		168	p<0,05		
OD%		168	p<0,05		168	p<0,05		
Fosfato (mg.L^{-1})		168	p<0,05		168	p>0,05		Enchente>Vazante
Nitrito (mg.L^{-1})		168	p<0,05		168	p<0,05		
Nitrato (mg.L^{-1})		168	p<0,05		168	p<0,05		
N-Amonia (mg.L^{-1})		168	p>0,05	Chuvoso<M. Chuvoso	168	p>0,05		Enchente<Vazante
Cl a (mg.m^{-3})		168	p<0,05		168	p<0,05		

A PCA confirma que a sazonalidade possui forte influência sobre as variáveis ambientais no furo do Muriá, onde se observa dois grupos distintos, que se referem aos períodos chuvoso e menos chuvoso. O primeiro eixo foi significativo e concentrou 71,67% da variância total, sendo que as variáveis pH, nitrito, nitrato,

turbidez e clorofila-a aumentam no período chuvoso (Figura 2), sendo o padrão sazonal mais forte sobre a temperatura (0,3837), taxa de saturação de oxigênio dissolvido (0,3572), condutividade elétrica (0,3514) e salinidade (0,3494).

Figura 2. Representação gráfica do plano fatorial do primeiro e segundo eixo da análise de componente principal (PCA) dos dados no período de fevereiro e março/15 (estação chuvosa) e outubro e novembro/15 (estação menos chuvosa). Salinidade (Sal), Condutividade elétrica (CE), Temperatura $^{\circ}\text{C}$ (Temp), Oxigênio dissolvido (OD), Taxa de oxigênio dissolvido (%OD), Fosfato (Fosf), Nitrito (NO₂), Nitrato (NO₃), N-amonical (N-Amo), Clorofila-a (Cl-a).

A maioria das variáveis analisadas teve correlação significativa ($p < 0,05$), contudo, o N-amoniacal não obteve correlação com a maioria das variáveis (salinidade, Condutividade elétrica,

turbidez, taxa de oxigênio dissolvido e o fosfato) ($p > 0,05$), conforme visualizado na tabela 3.

Tabela 3. Correlação de Spearmann (r_s) entre as variáveis analisadas no furo do Muriá. Salinidade (Sal), Condutividade elétrica (CE), Temperatura °C (Temp), Oxigênio dissolvido (OD), Taxa de saturação de oxigênio dissolvido (%OD), Fosfato (Fosf), Nitrito (NO_2), Nitrato (NO_3), N-amoniacal (N-Amo), Clorofila-a (Cl-a).

Variáveis	Sal	CE	pH	Temp	Turb	OD	%OD	Fosf	NO_2	NO_3	N-Amo
Sal											
CE	0,99*										
pH	0,53*	0,53*									
Temp	0,68*	0,68*	0,46*								
Turb	-0,74*	-0,74*	-0,33*	-0,54*							
OD	0,87*	0,87*	0,56*	0,66*	-0,71*						
%OD	0,87*	0,87*	0,56*	0,70*	-0,67*	0,97*					
Fosf	0,27*	0,27*	-0,03	0,40*	-0,17*	0,23*	0,29*				
NO_2	-0,52*	-0,53*	-0,36*	0,02	0,25*	-0,44*	-0,40*	0,03			
NO_3	-0,78*	-0,78*	-0,29*	-0,31*	0,57*	-0,61*	-0,60*	-0,21*	0,70*		
N-Amo	0,05	0,04	0,21*	0,24*	-0,10	0,22*	0,15	-0,14	0,30*	0,27*	
Cl-a	-0,41*	-0,40*	-0,26*	-0,08	0,41*	-0,38*	-0,37*	-0,11	0,40*	0,33*	0,06

*significativo a $p = 0,05$.

Discussão

No ano de 2015 a precipitação acumulada no município de Curuçá atingiu 2428 mm, que é da mesma ordem de grandeza das condições normais para a Mesorregião do Nordeste paraense e para Microrregião do Salgado, com precipitações abundantes que ultrapassam os 2.000 mm anuais (ANA, 2015). Os meses com menor volume de precipitação ocorreram entre agosto e dezembro, com total de 65,1 mm. Enquanto, o período chuvoso apresentou 2111,6 mm de chuva, com os maiores volumes nos meses de março e abril.

As alterações nos volumes de precipitação no Município de Curuçá, nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril refletem a influência do fenômeno El Niño, no ano de 2015. De acordo com Ramos et al., (2015), Marengo et. al (2018) e Medeiros et. al (2020) esse fenômeno tem forte influência no clima do Brasil, principalmente no volume da precipitação, que pode aumentar ou diminuir.

O Furo do Muriá tem influência do rio Curuçá, rio Mocajuba e Oceano Atlântico, possui marés do tipo semidiurna, dominada por um regime de meso a macromarés, com amplitude de 2,67, no período menos chuvoso, e de 2,69 no período chuvoso.

Nos estudos de Gomes et al., (2013) e Rocha et. al (2019), observa-se que diante das

características sazonais, as chuvas têm uma forte influência sobre a disponibilidade de nutrientes na coluna d'água, como: aumento da concentração de clorofila *a*, redução do teor dos sais dissolvidos e menor salinidade. Por outro lado, a inundação dos manguezais adjacentes contribui para o aumento da carga de sedimentos, de nutrientes e de matéria orgânica particulada e dissolvida, que é transportada pelos canais-de-maré ao estuário, aumentando, assim, a biomassa fitoplanctônica, expressa em clorofila *a* (Pamplona et al., 2013; Pardal et al., 2019; Rocha et al., 2019 e Brand et al., 2020).

Devido a esses fatores, o aumento da concentração de clorofila *a* pode ser percebido no Furo do Muriá, durante o período chuvoso, assim como os menores valores de salinidade, o que refletiu a diluição das águas. Também nesse período as águas oriundas dos rios Curuçá e Mocajuba favoreceram as maiores concentrações de turbidez, nitrato e fosfato. A influência e importância que a precipitação pluviométrica exerce sobre parâmetros físico-químicos e biológicos no ambiente aquático, são relatadas desde a década de 50. Em regiões estuarinas as variações sazonais dos parâmetros são bem evidenciadas (Pereira et al., 2010; Alves et al., 2012), semelhantes ao Furo do Muriá, trabalhos feitos por Almeida (2009), Silva (2011) e Lima et al. (2014), Mourão et al. (2020), descrevem a diminuição da salinidade durante período

chuvoso.

As maiores concentrações de Salinidade, Condutividade elétrica, pH, Oxigênio dissolvido, taxa de saturação de OD no período menos chuvoso pode ser favorecido pelas águas costeiras que influenciam a qualidade das águas estuarinas evidenciadas também por estudos de (Moura e Nunes, 2016). As reduções sazonais entre o período chuvoso e menos chuvoso e as variações longitudinais nas concentrações de nutrientes já era um comportamento esperado, pois esse estuário está sujeito a intensa influência: da vegetação, rica em biodiversidade, notadamente em bactérias oxidantes (produzem nitrato) e redutoras (produzem predominantemente amônia); das águas costeiras, menos enriquecidas de nutrientes; e do consumo pelo fitoplâncton, semelhante ao descrito por Guimarães et al., (2019).

O n-amoniaco foi a espécie predominante entre os compostos nitrogenados, que apresentou concentrações estáveis e distribuiu-se linearmente em todo o estuário. Sua variação longitudinal pode estar relacionada ao processo de nitrificação, com o n-amoniaco resultante da conversão do nitrato ou nitrito, tornando as concentrações desta forma relativamente mais baixas, Santos et al., (2020), corrobora em seus estudos o comportamento semelhante na distribuição espaço-temporal dos parâmetros abióticos e bióticos em um estuário Amazônico (Brasil). De acordo com Monteiro (2015) este processo pode ter sido controlado pelo aporte dos sedimentos do fundo, uma vez que ao longo das margens do furo que ficam do lado da comunidade Beira Mar tem-se as menores profundidades.

No presente trabalho verificou-se efeito significativo dos movimentos das marés de sizígia na qualidade da água do furo do Muriá, provavelmente devido ao processo de mistura da drenagem da área de mangue para as águas do furo, em que a água se encontra não homogênea, com alterações diurnas da salinidade, CE e clorofila *a* na maré enchente. Já para a maior concentração de turbidez a maré de maior destaque foi na vazante, segundo Barletta et al., (2010) os canais-de-maré transportam constantemente nutrientes e matéria orgânica entre o manguezal e o estuário, devido às características hidrológicas e geomorfológicas predominantes. Esses canais inundam e drenam o manguezal na enchente e na vazante das marés de sizígia e promovem o aumento de material particulado em suspensão que causa o aumento da concentração de turbidez principalmente na maré vazante (Gomes et al., 2013).

A concentração elevada de turbidez no

período chuvoso e na maré vazante no furo do Muriá, foi semelhante ao encontrado por autores em regiões de estuário da região do nordeste paraense como o descrito no trabalho de Palheta et al., (2012) (estuário de Curuçá – PA) o descrito por Moura e Nunes, (2016) (sistema estuarino do Caeté, Bragança – PA), Souza et al., (2009) (Estuário do rio Cachoeira, Nordeste do Brasil).

Além da turbidez o movimento das marés foi a forte responsável por variações observadas na salinidade, condutividade elétrica, fosfato e clorofila *a*. Na maré enchente, as águas do furo do Muriá apresentaram-se oxigenadas, com pH levemente alcalino devido ao aporte de águas costeiras. Essas águas são mais límpidas, com menores concentrações de matéria orgânica e mais oxigenadas, em razão da circulação e da mistura (Greco et al., (2004); Moura e Nunes, (2016)).

Conclusões

No município de Curuçá a precipitação pluviométrica refletiu a sazonalidade climática típica da região, com duas estações bem definidas: chuvosa e menos chuvosa.

Os valores mínimos, máximos, médias e desvio padrão dos parâmetros abióticos e clorofila *a* ao longo do Furo do Muriá, foram separados conforme a sazonalidade da região e em função da maré. A influência e importância que a precipitação pluviométrica exerce sobre parâmetros físico-químicos e biológicos no ambiente aquático, são relatadas desde a década de 50. Logo mais uma vez pode-se verificar a influência do volume de precipitação na questão de diluição ou concentração de parâmetros ao longo do Furo.

No furo do Muriá, as variáveis ambientais apresentaram diferenças significativas entre os períodos analisados. Com exceção da variável N-amoniaco que não apresentou diferença estatística significativa entre períodos ($p > 0,05$) afirmando que não teve uma influência sazonal.

As características ambientais estudadas no Furo do Muriá afirmam a influência do movimento das marés. O efeito da sazonalidade que pode restringir à variação dos parâmetros de qualidade do ambiente, logo indica a relevância do monitoramento do ambiente, para servir como ferramentas de planos de implantação de políticas públicas locais visando o melhoramento do saneamento básico para população.

Agradecimentos

Ao programa de pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, com o incentivo a pesquisa que resultou em resposta

para a sociedade. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior o apoio financeiro. O projeto Camurin financiado pela SUDAM que permitiu o uso da base técnica CETEMAR. O Laboratório de Química Ambiental da UFRA, pela disponibilização acadêmica e desenvolvimento científico.

Referências

- Almeida, J.B.A. 2009. Efeito de características ambientais no uso dos canais - de - maré por três espécies de peixes bentófagos durante o período transição-seca no estuário de Curuçá (Pará-Brasil). Programa de pós-graduação em ecologia aquática e pesca. 22: 20-26.
- Alves, I.C.C., El-Robrini, M., Santos, M.L.S., Monteiro, S.M., Barbosa, L.P.F., Guimarães, J.T.F. 2012. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). *Acta amazônica*. 42, 115-124.
- Agência Nacional das Águas. ANA., 2015. Rede Nacional para Monitorar Qualidade das Águas. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=124_29>. Acesso em: 13 de Dezembro.
- APHA 1995– American Public Health Association. Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 21th ed., Washington: 1120.
- Baird, R.B., Eaton, A.D., Rice, E.W., 2017. Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, 23th ed., Washington.
- Barletta, M., Jaureguizar, A.J., Baigun, C., Fontoura, N.F., Agostinho, A.A., Almeida-Val, V.M.F., Torres, R.A., Jimenes-Segura, L.F., Giarrizzo T., Fabré, N.N., Batista, V.S., Lasso, C.; Taphorn, D.C., Costa, M.F., Chaves, P.T., Vieira, J.P., Corrêa, M.F.M., 2010. Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical systems. *Journal of Fish Biology*, 76, 2118-2176.
- Barros, B.S.F., Doria, C.R.C., Rodrigues, C.G., Filho, J.A.L., 2020. A ictiofauna de igarapés da microbacia do Belmont, um sistema hidrográfico degradado pela expansão urbana na Amazônia Sul Ocidental. *RBCA* 9, 120 140.
- Brand, E., Montreuil, A.L., Houthuys, R., Chen, M., 2020. Relating Hydrodynamic Forcing and Topographic Response for Tide-Dominated Sandy Beaches. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8, 151.
- Cirilo B.B., Almeida O.T., 2019. O papel do estado como gestor da política de recursos hídricos no Pará: O modelo Rent Seeking. *Espaço & Geografia*. 22, 119 150.
- Coelho, H.N.M.A. 1988. *Geografia Geral. Revisão Ampliada. Org.* 2, 9 12.
- Conceição, L.C.A., Martins, C.M., Santos, M.A.S., Araújo, J.G., Monteiro, E.P. 2020. A pesca artesanal e a sucessão geracional no município de Maracanã, estado do Pará, Brasil. *Guaju, Matinhos*, 6. 70-85.
- Costa, A.K.R., Pereira, L.C.C., Costa, R.M., Monteiro, M.C., Flores-Montes, M.J., 2013. Oceanographic processes in an Amazon estuary during an atypical rainy season. *Journal of Coastal Research*, 1104 1109.
- Correl, D.L., 1981. Nutrient mass balances for the watershed, headwaters intertidal zone, and basin of the Rhode River Estuary. *Limnology and Oceanography* 26, 1142-1149.
- Dagosta, F.C.P. e Pinna, M., 2019. The Fishes of the Amazon: Distribution and Biogeographical Patterns, with a Comprehensive List of Species. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 431, 168.
- DE, T.K., DE, M.S., Chowdhury, C., Ray, R., Jana, T.K., 2011. Phytoplankton abundance in relation to cultural eutrophication at the land-ocean boundary of Sunderbans. NE Coast of Bay of Bengal. *India. J. Environ. Stud. Sci.* 1 169-180.
- DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação, Marinha do Brasil. 2013. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/boxprevisao-mare/tabuas/index.htm>>. Acesso em: 21 de janeiro de 2015.
- Feitosa, F.A.N., Montes, M.J.F., Melo, D.C.M., Santana, J.R., Silva, L.M., Filho, S. J., 2014. Condições ambientais do estuário do rio Timbó (Pernambuco-Brasil): biomassa fitoplanctônica e algumas variáveis ambientais. *Tropical Oceanography*, 42, 156-169.
- Gomes, V.J.C., Freitas, P.T.A., ASP, N.E. 2013. Dynamics and seasonality of the middle sector of a macrotidal estuaries. *Journal of Coastal Research*, 1140-1145.
- Grasshoff, K., Ehrardt, M. e Kremling, K., 1983. Methods of seawater analysis. Weinhein. Verlag Chemie, 419.
- Greco, C.K.S., Feitosa, F.A.N., Silva, M.H., Montes, M.J.F., 2004. Distribuição espacial e sazonal da clorofila fitoplanctônica do estuário rio Timbó (Paulista-PE). *Tropical Oceanography*, 32, 181-199.
- Guimarães, L.M., Lima, T.A.C., De França, E.J., Arruda, G.N., Souza, J.R.B., Albergaria-Barbosaa, A.C.R., 2019. Impactos da mudança de vegetação local no aporte de matéria orgânica para um

- estuário tropical preservado (Estuário do Rio Itapicuru – BA). *Quim. Nova*, 42, 611-618.
- Hammer, O., Harper, D.A.T. e Ryan, P.D.P. 2001. Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electron.* 4, 1-9.
- IBGE. 2012. Banco de dados online. Cidades@Curuçá - PA. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=150290>>. Acessado em: 05/06/2015.
- Jordan, T. E., Correll, D. L., Miklas, J., Weller, D. E., 1991. Nutrients and chlorophyll at the interface of a watershed and an estuary. *Limnology and Oceanography* 36, 251-267.
- Lima, M.W., Alves, M.A.M.S., Santos, M.L.S., Ribeiro, A.M., Santos, E.T. e Nunes, D.M. 2014. Influência do Ciclo de Maré na Variação dos Parâmetros Físico Químicos no Estuário do Rio Curuçá, Nordeste Paraense. *Bol. Téc. Cient. Cepnor*. 14. 09 – 15.
- Mácola, G. e M. El-Robrini, 2004. “Ilha dos Guarás (Mariteua) - Município de Curuçá (NE do Pará): aspectos físicos, meteorológicos e oceanográficos”. Companhia Docas do Pará - CDP (Relatório Final - Cartografia, Hidrografia e Digitalização - CHD & Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros - GEMC).
- Marengo, J.A., Alves, L.M., Alvala, R., Cunha, A. P., Brito, S., e Moraes, O.L., 2018. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v 90, 1973-1985.
- Medeiros, S.A., Nóbrega, R.A., Neto, J.M.M., Barreto, A.B., Vasconcelos, G.N., Diniz, R.R.S. 2020. Investigação da Influência do El Niño e da La Niña Sobre a Variabilidade da Precipitação na Cidade de Patos, Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física* 13, 336-349.
- Milligan G.W.; Cooper M.C. 1985. An examination of procedures for determining the number of clusters in a data set. *Psychometrika* 50: 159-179.
- Milligan, C., Mehlig, U. 2011. Aspects of tree primary production in na equatorial mangrove florest in Brazil. *ZMT-Contribution*, 14-155.
- Monteiro, M.C., Pereira, L.C.C., Oliveira, S.M.O. 2009. Morphodynamic changes of a macrotidal sand beach in the Brazilian Amazon coast (Ajuruteua, Pará). *Journal of Coastal Research, Special Issue*, 56: 103-107.
- Monteiro, S.M., El-Robrini, M., Alves, I.C.C. 2015. Dinâmica sazonal de nutrientes em estuário Amazônico. *Mercator*, 14, 151-162.
- Moura, H.T.G. de S., Nunes, Z.M.P. 2016. Caracterização Sazonal das águas do Sistema Estuarino do Caeté (Bragança-PA). *Bol. Inst. Pesca, São Paulo*, 42 844-854
- Mourão, F.V., Sousa, A.C.S.R., Mendes, R.M.L., Castro, K.M., Silva, A.C., El-Robrini, M., Salomão, U.O., Pereira, J.A.R., Santos, M.L.S. 2020. Water quality and eutrophication in the Curuçá estuary in northern Brazil. *Regional Studies in Marine Science* 39. 101450.
- Nascimento, J.E.F., Farias, C.M.N., Pires, M.L.T., Eschrique, S.A., Silveira, P.C.A., 2020. Variação sazonal de parâmetros físico-químicos na porção estuarina do município de Raposa – MA. *Saúde e Ambiente*, 257 – 271.
- Palheta, G.D.A., Takata, R., Palheta, H.G.A., Melo, N.F.A.C., Rocha, R.M. e Santos, M.L.S. 2012. Índices de Qualidade da Água como Ferramenta no Monitoramento da Carcinicultura Paraense. *Bol. Téc. Cient. Cepnor*, 12 9 – 15.
- Pamplona, F.C., Paes, E.T., Nepomuceno, A. 2013. Nutrients fluctuations in the Quatipuru river: A macrotidal estuarine mangrove system in the Brazilian Amazonian basin. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 133 273-284.
- Pará. 2014. Estatística Municipal Curuçá. Secretaria Executiva de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças. Informações gerais. Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Pará (Idesp). Município de Curuçá. Informações gerais. Disponível em <http://www.idesp.pa.gov.br/pdf/estatisticaMunicipal/pdf/Curuca.pdf>. Acesso em 22/02/2015.
- Pardal, E.C., Pereira, L.C.C., Guimarães, D.O., Oliveira, S.M.O., Trindade, W.N., Costa, R.M., 2011. Influence of oceanography conditions on the spacial and temporal distribution of chlorophyll-a in the coastal Waters of the Brazilian Amazon region (São Luís-MA). *Journal of Coastal Research*, 64 421-424.
- Pardal, E.C., Xavier, D.A., Vilela, I., Camargo, B.P., Flores-Montes, M.J., Barcellos, R.L., 2019. Variabilidade sedimentológica e geoquímica em um sistema estuarino tropical sob forte influência antrópica (Rio Capibaribe, PE). *Pesquisas em Geociências*, 46, 3. e0852.
- Pereira, M.D., Siegle, E., Miranda, L.B., Schettini, C.A.F. 2010. Hidrodinâmica e transporte de material particulado em suspensão sazonal em um estuário dominado por maré: Estuário de Caravelas (BA). *Revista Brasileira de Geofísica*, 28, 427 444.
- Peres-Neto, P., Legendre, P., Dray, S. e Bocard, D., 2005. Variation partitioning of species data matrices: estimation and comparison of fractions. *Ecology*, 87 2614-2625.
- Ramos, H. C., Dallacort, R., Santi, A., Junior, S. S., Queiroz, T. de M., 2015. Precipitação pluvial de Diamantino-MT em anos de ocorrência de EL Niño, LA Niña e neutros. *Revista Brasileira de Meteorologia*. 30 71 – 80.

- Richi, E. 2010. Estuário – definição e caracterização. Aquarismo. Disponível em: <<http://www.aquarismo.info/estuário-definiçãocaracterização/>>. Acesso em: 17 jun. 2016. Aquarismo.
- Rocha, H.M., Cabral, J.B.P., Batista, D.F., Oliveira, L.G., 2019. Avaliação físico-química e microbiológica das águas da bacia hidrográfica do rio Paraíso Jataí-GO. Geosul, Florianópolis, 34, 72, 51-74.
- Santiago, M.F., Cunha, M.G.G.S., Neumann-Leitão, S., Costa, K.M.P., Palmeira, G.C.B.P., Porto Neto, F. F., Nunes, E. S., 2010. Phytoplankton dynamics in a highly eutrofc estuary in tropical Brazil, Braz. J. Oceanogr. 58, 189-205.
- Santos, A.S., Sousa, P.H.C., Melo, N.F.A.C., Castro, K.F., Pereira, J.A.R., Santos, M.L.S. 2020. Distribuição espaçotemporal dos parâmetros abióticos e bióticos em um estuário amazônico (Brasil). Arq. Ciên. Mar, Fortaleza. 53(1): 82 – 97.
- Silva, L.A., Coelho, L.M., Rosolen, V., Coelho, N. M.M., 2011. Especiação do metal em sedimentos superficiais do rio Uberabinha, em Uberlândia, Estado de MG, Brasil. Revista da Sociedade Brasileira de Química. 22 2094-2100.
- Silva, J.R.C., Araújo, C.S., Souza, I.G. e Fontes, M.S., 2017. Estudo dos impactos ambientais em microbacia ocasionado pelas obras de construção do Conjunto João Paulo II na Zona Norte de Manaus – AM. Revista Brasileira de Geografia Física v.10, n.01. p 150-159.
- Souza, M. F. L., Eça, G. F., Silva, M. A. M., Amorim, F.A.C., Lôbo, I.P. 2009. Distribuição de nutrientes dissolvidos e clorofila-a no estuário do rio Cachoeira, Nordeste do Brasil. *Atlântica*. 31(1) 107-121.
- Strickland, J.D.H, Parsons, T.R., 1972. International Oceanographic Tables. Wormly. 2 141.
- Teixeira, C., 1973. Introdução aos métodos para medir a produção primária do fitoplâncton marinho. Bol. Inst. Oceanog. 22 59-92.
- Unesco., 1973. International Oceanographic Tables. Wormly. 2 141.
- Veronez Júnior, P., Bastos, A.C., Quaresma, V.S., Silva, C.G., 2009. Morfologia e distribuição sedimentary em um sistema estuarino tropical: Baía de Vitória, ES. Revista brasileira de Geofísica (RGBf). 27 609-624.