

XXV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO ESTUÁRIO DO RIO PARÁ E SEUS TRIBUTÁRIOS

Maria Gabriella da Silva Araújo¹; Emerson Renato Maciel da Silva²; Maria de Lourdes Cavalcanti Barros³; Rafael Keiichi Nagashima⁴; Juliana Feitosa Felizzola⁵; Vania Neu⁶

Abstract: There are still many unknowns about the dynamics of some Amazonian ecosystems, such as the Pará estuary, which still lacks details about its hydrodynamics and biogeochemistry. This work aims to carry out a physical-chemical characterization of the different waters of the estuarine system of the Pará River, in the Boiçu and Breves straits, Tocantins, Pará, Acará, and Guamá rivers. The water parameters electrical conductivity (EC), dissolved oxygen (OD), pH, fine and coarse sediment in suspension (FSS and CSS), chlorophyll (*Chl-a*), dissolved total solids (STD), and water turbidity were determined, punctually, in the 6 rivers and the first expedition was carried out in November-December 2022. The cluster analyses and the principal components carried out with the physical-chemical parameters generated a marked compartmentalization of these rivers forming the Boiçu-Breve, Tocantins-Pará, and Acará-Guamá groupings. This result reinforces how the chemistry of the types of water in Amazonian rivers differs and how these ecosystems have characteristics that are reflections of similar factors. Tocantins had the pH closest to neutrality and the highest OD, while the FSS and CSS concentrations were the lowest among the points. On the other hand, the waters of the Boiçu and Breves straits adopted the highest EC and FSS values, similar to the waters of the Amazon River; while the Acará and Guamá rivers had the most turbid waters, with the highest concentration of CSS and *Chl-a*. For the Pará River, intermediate values of the parameters were observed, interspersing similarities with the Tocantins and Acará.

Resumo: Muitas incógnitas ainda existem sobre a dinâmica de alguns ecossistemas amazônicos, a exemplo do estuário do rio Pará, que ainda carece de detalhamentos acerca de sua hidrodinâmica e biogeoquímica. O presente trabalho objetiva realizar uma caracterização físico-química das diferentes águas do sistema estuarino do Rio Pará, nos estreitos de Boiçú, Breves, rios Tocantins, Pará, Acará e Guamá. Os parâmetros condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido (OD), pH, sedimento fino e grosso em suspensão (SFS e SGS), clorofila (*Chl-a*), sólidos totais dissolvidos (STD) e turbidez da água foram determinados, pontualmente, nos 6 rios e a primeira expedição foi realizada em novembro-dezembro de 2022. As análises de *cluster* e dos componentes principais realizadas com os parâmetros físico-químicos gerou uma marcante compartimentação desses rios formando os agrupamentos Boiçu-Breve, Tocantins-Pará e Acará-Guamá. Esse resultado reforça como a química dos tipos de água dos rios amazônicos se distinguem e como esses ecossistemas apresentam características que são reflexos de fatores semelhantes. O Tocantins teve o pH mais próximo da

1) Centro de Energia Nuclear na Agricultura - USP, Avenida Centenários, 303, Bairro São Dimas, Piracicaba, SP, 13416-000. Email: gabriella.araujo@usp.br

2) Programa de Pós-graduação em ciências ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém, PA, 66075-110. Email: emersonrvs255@gmail.com

3) Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa, 01, Guamá, Belém, PA, 66075-110. Email: mlcb.ufpj@gmail.com

4) Instituto Ciberespacial (ICIBE), Universidade Federal Rural da Amazônia, Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501, Bairro Terra Firme, Belém, PA, 66077-530. Email: rafaelk.nagashima@gmail.com

5) Embrapa Amazônia Oriental, Tv. Dr. Enéas Pinheiro s/n, Bairro Marco, Belém, PA, 66095-903. Email: julianafelizzola@gmail.com

6) Instituto Sócio Ambiental e dos Recursos Hídricos, Universidade Federal Rural da Amazônia, Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501, Bairro Terra Firme, Belém, PA, 66077-530. Email: bioneu@yahoo.com.br

neutralidade e OD mais elevado, enquanto as concentrações de SFS e SGS as menores dentre os pontos. Já as águas dos estreitos de Boiuçu e Breves apresentaram os maiores valores de CE e SFS, similar as águas do rio Amazonas; enquanto os rios Acará e o Guamá, apresentaram as águas mais turbidas, com maior concentração de SGS e *Chl-a*. Para o rio Pará, observou-se valores intermediário dos parâmetros, intercalando semelhanças ao Tocantins e ao Acará.

Palavras-Chave – Sistema estuarino; Biogeoquímica fluvial; Rios Amazônicos.

INTRODUÇÃO

A caracterização físico-química das águas é uma maneira de avaliar a intensidade das alterações ambientais causadas pelo homem. É fundamental para entender a dinâmica de um ecossistema, por meios de seus parâmetros, composições e dinâmica. Fatores como o clima e o solo da região, a vegetação adjacente, o ecossistema aquático e a influência do homem podem atuar diretamente sobre essas variáveis. Assim, percebe-se que os corpos hídricos, sofrem variações temporais e espaciais em decorrência de processos internos e externos do sistema (Aguilar Piratoba *et al.*, 2017). Para Bertossi *et al.*, (2013) são fundamentais avaliações pontuais e o monitoramento da variabilidade espacial e sazonal das características físicas, químicas e microbiológicas da água de um corpo hídrico.

No que tange a bacia amazônica, destacamos três grandes paisagens, que influenciam diretamente a composição química das águas dos diferentes rios, são elas: a Cordilheira do Andes, os Escudos Cristalinos e a Planície sedimentar. As características geológicas do relevo contribuem não apenas para as diferenças químicas dos corpos hídricos, mas também visual, resultando em uma classificação das águas, proposta por Sioli (1950), em águas-brancas, águas-claras e águas-pretas (ROSALES *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2013).

Embora exista um número significativo de estudos hidrobiogeoquímicos realizados na Amazônia (Web of Science, 2023), os quais concentram esforços para entender e determinar o funcionamento do principal rio da região, o Amazonas. No entanto, ainda existem várias incógnitas dentre as quais podem ser citadas as relacionadas com as vazões e comportamento hidrodinâmico de outros rios da região, que se interconectam a esta bacia, e contribuem significativamente para o desconhecimento da biogeoquímica destas águas. Ambientes como o estuário do rio Pará, ainda carecem de detalhamentos acerca da dimensão da exportação de carbono, nutrientes e gases provenientes do Amazonas, que fluem por este estuário. Portanto, partindo desse pressuposto, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma caracterização físico-química das águas superficiais das diferentes águas do sistema estuarino do Rio Pará, nos estreitos de Boiuçu, Breves, rios Tocantins, Pará, Acará e Guamá.

MATERIAL E MÉTODOS

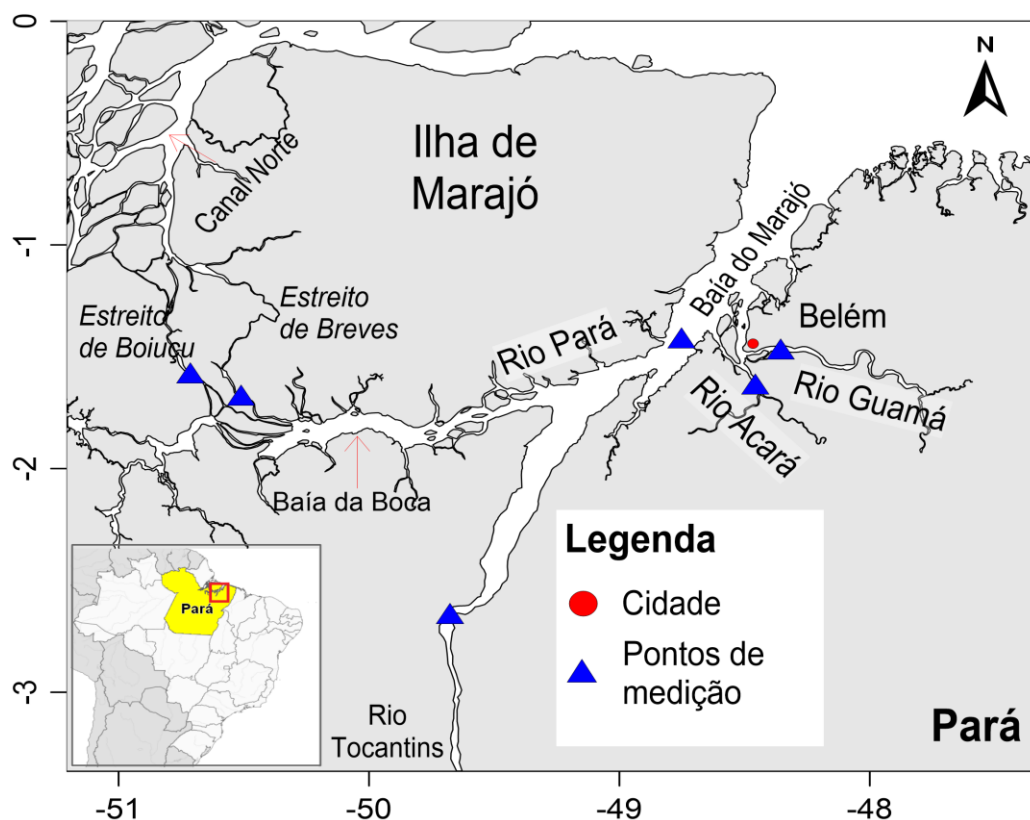
Caracterização da área de estudo

A área em estudo, situa-se na região norte do Brasil, mais especificamente no estado do Pará, entre os paralelos 3° S e 0° N e os meridianos 51° O e 48° W. Compreendendo o estuário do rio Pará, os rios Tocantins, Guamá e Acará, e parte do estuário do rio Amazonas (Figura 1). O rio Pará não possui uma nascente própria. Logo, é iniciado na Baía das Bocas e segue até o Oceano Atlântico circundando o sul e o leste da ilha do Marajó, onde recebe aporte fluvial do rio Amazonas através dos estreitos de Breves e Boiuçu (Callède *et al.*, 2010; Costa, 2014). Na sua porção intermediária depara com o rio Tocantins e mais adiante com sistemas menores, como o rio Guamá e Capim, formando assim o estuário do rio Pará.

Esse estuário faz parte da rede hidrográfica amazônica (Prestes *et al.*, 2020), com uma extensão de cerca de 360 km e foz com largura de 60 km, é considerado um dos maiores do Brasil em extensão e ainda pouco explorado cientificamente. O estuário é influenciado por três grandes bacias hidrográficas: a bacia Amazônica (rios Amazonas, Tapajós e Xingu), bacia do Araguaia-Tocantins (rio Tocantins), e as bacias da Costa Atlântica Norte (rios Guamá e Capim).

Para facilitar o entendimento dos processos dividimos o ano hidrológico em quatro períodos distintos (chuvoso e menos chuvoso e os dois períodos de transições), as quais estão relacionadas com a variação anual de vazão e precipitação. Os maiores níveis de vazão são registrados entre os meses de janeiro e junho (período chuvoso), quando a precipitação mensal é de 200-500 mm, enquanto os níveis mais baixos são registrados entre julho e dezembro (período menos chuvoso), quando a precipitação mensal fica na faixa de 50-200 mm (El-Robrini *et al.*, 2006; Moraes *et al.*, 2005). É uma região bastante dinâmica, cuja vazão do rio associado à energia de maré atingem picos de 300.000 m³/s durante a maré vazante e 200.000 m³/s durante a maré enchente (Prestes *et al.*, 2020).

Figura 1 – Mapa da região de estudo indicando dos seis pontos amostrais localizados nos rios Guamá, Acará, Tocantins, Pará e nos estreitos de Boiuçu e Breves.



Delineamento, amostragem e análise química da água do rio

As amostragens foram realizadas em seis pontos fixos no estuário do rio Pará e tributários, sendo eles: nos estreitos de Boiuçu (50° 42' 49,7" O; 1° 34' 19,59" S), e de Breves (50° 29' 5,65" O; 1° 41' 34,93" S), nos rios Tocantins (49° 11' 23,39" O; 1° 45' 53,13" S), Pará (48° 45' 40,10" S; 1° 25' 50,04" S), Acará (48° 27' 39,98" O; 1° 36' 35,01" S) e Guamá (48° 21' 22,88" O; 1° 28' 1,93" S). Ao longo de todo o transecto de deslocamento da expedição realizou-se medições em tempo real.

A primeira expedição foi realizada entre novembro e dezembro de 2022, compreendendo o período de transição seco para o chuvoso. Devido a influência diária do ciclo da maré sobre as águas desta região, a amostragem foi realizada conforme o ciclo de maré (baixa-mar e preamar).

Em todas as estações de amostragem as coletas ocorreram em duas profundidades, próxima à superfície (50 cm de profundidade) e à 50% de profundidade do rio, para maior representatividade do ambiente estudado. Com uma bomba de imersão, a água do rio foi bombeada para dentro de uma proveta graduada de 2 litros, sendo mantido um fluxo contínuo de água, e as amostragens iniciadas após o volume da proveta transbordar 3 vezes. Com a introdução dos eletrodos na proveta, os parâmetros físico-químicos da água do rio foram determinados em campo, sendo estes: condutividade elétrica, por meio de um condutivímetro portátil da marca Amber Science (modelo 2052); oxigênio dissolvido, por meio do oxímetro de marca YSI (modelo 55); e o pH por meio de um peagâmetro da marca Orion (modelo 290 APlus). Além das coletas em pontos específicos (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), também realizamos a amostragem dos parâmetros concentração de clorofila, turbidez e sólidos totais dissolvidos durante todo o transecto da expedição, por meio de uma sonda multiparâmetro EXO-Sonda (marca YSI EXO2).

A amostragem para determinação da concentração do sedimento em suspensão foi realizada com a separação granulométrica dos sedimentos da água com auxílio de uma peneira, com malha de 63 μm , e o registro do volume peneirado. O material retido pela peneira, referente ao sedimento grosso, foi transferido para um filtro de acetato de celulose (porosidade nominal de 0,45 μm) pré-pesado. Para a quantificação do sedimento fino, a água que passou pela peneira de 63 μm foi transferida a um *splitter*, onde foi homogeneizada para ser filtrada em membrana pré-pesada de acetato de celulose (porosidade nominal de 0,45 μm). Tanto para o sedimento grosso, quanto para o fino, os filtros foram secos, em estufa por 48 horas à 60° C, e pesados antes e após as filtrações. A concentração do sedimento foi determinada pela diferença entre os pesos final e inicial dos filtros e o volume de água filtrado.

Análise estatística

Devido a não normalidade da distribuição dos resíduos das amostras, verificados a partir do teste de Shapiro-Wilk, a uma significância de 5%, utilizamos o teste não paramétrico de Kruskal Wallis para o teste de médias do tratamento *local*, nesse caso, referente aos seis pontos de amostragem nos rios e estreitos. Ademais, foram realizadas análise de *cluster*, para verificar o agrupamento e distanciamento dos rios; e análise de componentes principais (PCA) para determinação das variáveis mais importantes para distribuição dos dados, bem como quantificar a contribuição dessas variáveis. Todo o processamento dos dados e produção dos gráficos foram realizados a partir da plataforma *RStudio* versão 4.3.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

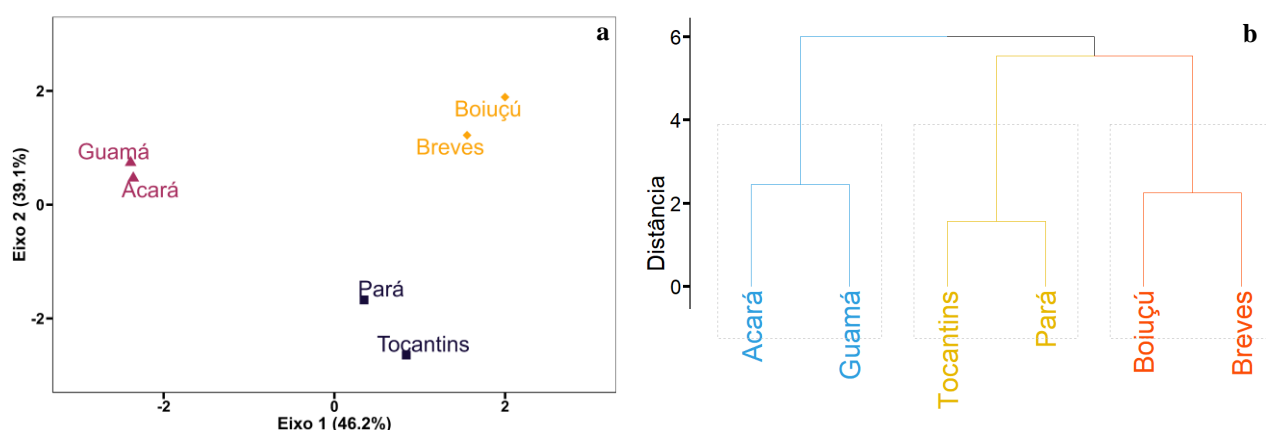
Em média, o pH, foi ligeiramente mais ácido nos estreitos de Boiucú e Breves e mais neutro no rio Tocantins, apesar de não haver significativa diferença de pH ($p > 0.05$) entre os rios. Destacamos que rio Tocantins o pH foi o mais próximo da neutralidade e a concentração de oxigênio dissolvido a mais elevada, enquanto as concentrações de sedimento fino e grosso em suspensão as menores dentre os pontos avaliados. Já as águas dos estreitos de Boiucu e Breves apresentaram os maiores valores de condutividade elétrica e concentração de sedimento fino, similar as águas do rio Amazonas; enquanto os rios Acará e o Guamá, apresentaram as águas mais túrbidas, com maior concentração de sedimento grosso em suspensão e clorofila-a. Para o rio Pará, observou-se valores intermediário dos parâmetros, intercalando semelhanças ao Tocantins e ao Acará (Tabela 1).

Tabela 1 – Média \pm desvio padrão do pH, oxigênio dissolvido – OD (mg/L), condutividade elétrica – CE (μ S/cm), sedimento fino (SFS) e grosso (SGS) em suspensão, concentração de clorofila - *Chl-a* (μ g/L), sólidos totais dissolvidos – STD (mg/L) e turbidez da água do rio nos 6 pontos e por ciclo de maré.

Ponto	Maré	pH	OD	CE	SFS	SGS	<i>Chl-a</i>	STD	Turbidez
Estreito de Boiuçu	Baixa	6,83 \pm 0,02	6,0 \pm 0,02	76,5 \pm 0,1	59,5 \pm 1,3	0,5 \pm 0,02	0,1 \pm 0,01	48,2 \pm 1,3	43,6 \pm 3,5
	Preamar	5,79 \pm 0,00	5,7 \pm 0,2	77,3 \pm 0,1	58,3 \pm 4,1	1,0 \pm 1,0	0,2 \pm 0,02	37,5 \pm 1,9	17,5 \pm 1,3
Estreito de Breves	Baixa	6,81 \pm 0,02	5,2 \pm 0,6	72,9 \pm 0,4	40,9 \pm 1,7	0,2 \pm 0,1	0,9 \pm 0,9	44,7 \pm 1,5	28,4 \pm 0,3
	Preamar	6,76 \pm 0,10	5,3 \pm 0,3	73,8 \pm 1,1	41,8 \pm 5,4	0,3 \pm 0,2	0,7 \pm 0,7	45,5 \pm 0,6	31,2 \pm 3,9
Rio Tocantins	Baixa	7,49 \pm 0,30	6,5 \pm 0,3	47,8 \pm 0,5	0,004 \pm 0,002	0,1 \pm 0,02	2,7 \pm 0,4	31,0 \pm 0,0	0,3 \pm 0,8
	Preamar	6,76 \pm 0,97	6,4 \pm 0,2	47,7 \pm 0,4	0,003 \pm 0,000	0,05 \pm 0,03	2,6 \pm 0,4	31,5 \pm 1,6	0,9 \pm 1,9
Rio Pará	Baixa	6,60 \pm 0,30	6,4 \pm 0,3	47,5 \pm 1,4	18,5 \pm 9,2	0,6 \pm 0,3	1,7 \pm 0,2	27,0 \pm 0,0	12,1 \pm 0,1
	Preamar	7,44 \pm 0,24	6,3 \pm 0,3	47,0 \pm 1,0	25,3 \pm 7,1	0,8 \pm 1,0	0,2 \pm 0,03	29,3 \pm 0,5	11,4 \pm 0,7
Rio Acará	Baixa	7,06 \pm 0,38	5,3 \pm 0,5	17,3 \pm 0,7	17,7 \pm 2,3	1,2 \pm 0,8	40,6 \pm 0,3	15,5 \pm 2,8	39,4 \pm 4,9
	Preamar	6,67 \pm 0,21	5,0 \pm 0,5	17,1 \pm 1,1	21,0 \pm 3,7	1,0 \pm 0,9	30,5 \pm 0,2	42,5 \pm 0,6	85,2 \pm 26,8
Rio Guamá	Baixa	7,06 \pm 0,44	5,5 \pm 0,6	29,4 \pm 0,7	37,5 \pm 12,2	1,9 \pm 2,2	49,4 \pm 0,8	32,6 \pm 2,3	57,5 \pm 4,4
	Preamar	7,0 \pm 0,67	5,6 \pm 0,4	35,3 \pm 1,8	50,9 \pm 14,7	2,3 \pm 1,2	50,5 \pm 0,3	30,0 \pm 0,0	28,2 \pm 0,4

A análise de *cluster* gerada a partir do conjunto de dados aponta a formação de três grupos: Boiuçu-Breves, Tocantins-Pará e Guamá-Acará (Figura 2a). O grupo Tocantins-Pará, dentre os três, foi o que teve a menor similaridade entre os rios, constatada a partir da menor distância de cluster (Figura 2b). Tal observação pode ser resultado de dois fatores que não se repetem nos outros agrupamentos: o maior distanciamento entre os pontos amostrados nesses dois rios; e o tipo de água, que difere das regiões de origem deles, as quais são respectivamente de águas clara e branca, apesar de uma notável similaridade na química entre os rios Tocantins e Pará ($p > 0.05$; Tabela 1). De modo geral, a clusterização formada é reforçada quando comparamos os parâmetros das águas. Os testes de médias apontam uma não diferenciação estatística na química dos rios dentre os grupos (Tabela 1).

Figura 1- Análise de cluster (a) e dendrograma de agrupamento dos rios Acará, Guamá Tocantins, Pará e dos estreitos de Boiuçu e Breves.

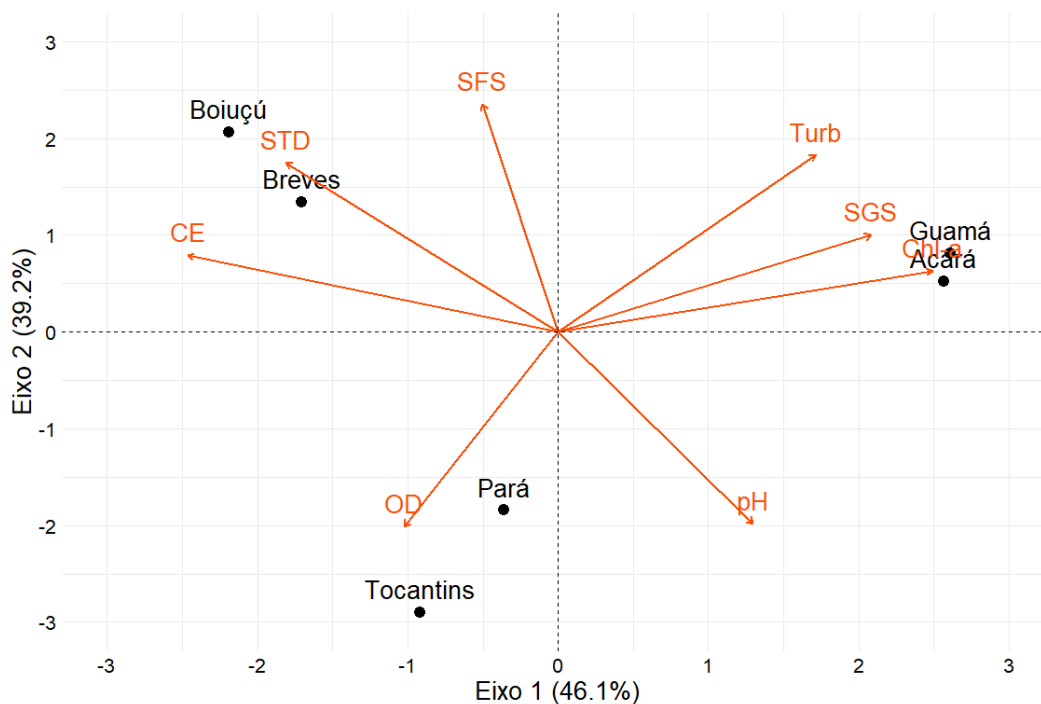


Características físico-químicas e a qualidade das águas dos rios são reflexos das interações naturais e não-naturais que ocorrem em uma bacia hidrográfica, mas principalmente são afetadas pelas chuvas, formação geológica das nascentes e do curso d'água, além do uso e ocupação do solo da bacia (Campos, 2010; Sperling, 2014). As distintas características químicas observadas entre os rios, principalmente quando se compara os agrupamentos, podem estar relacionadas ao tipo de suas

águas, bem como às suas localizações. Foram estudados dois dos três tipos de águas encontradas na Amazônia, água clara (rio Tocantins) e branca (estreitos de Boiuçu e Breves, rios Pará, Acará e Guamá). A diferente coloração das águas dos rios amazônicos reflete variáveis composições físico-químicas e dos sedimentos de suas águas, as quais influenciam diretamente todo o contexto e as regiões adjacentes a estes ecossistemas, como a fertilidade das áreas de várzea, comunidade biológica e atividades humanas (Bento *et al.*, 2021).

A análise de componentes principais dos dados (PCA) gerou uma marcante compartimentação desses rios, e destaca as principais variáveis que foram determinantes para a clusterização destes (Figura 3). A presença dos grupos em quadrantes diferentes e opostos, junto às variáveis físico-químicas, reforçam como a química dos tipos de água dos rios amazônicos se distinguem e como esses ecossistemas apresentam características que são reflexos de fatores semelhantes (Figura 3). Portanto, para os estreitos de Boiuçu e Breves as variáveis de maior influência foram sólidos totais dissolvido (STD), condutividade elétrica (CE) e sedimento fino em suspensão (SFS), sendo o STD o mais importante. Para os rios Acará e Guamá, foram a turbidez, sedimento grosso em suspensão (SGS) e a clorofila-a (*Chl-a*), a qual foi predominante; enquanto para os rios Tocantins e o Pará apenas o oxigênio dissolvido foi mais significativo. O pH não apresentou influência à nem um dos grupos.

Figura 3 – Análise de componentes principais contendo os pontos de amostragem e as variáveis físico-químicas analisadas.



Boiuçu e Breves tem tipicamente características muito semelhantes ao rio Amazonas, também classificado como de água branca, apresentando variação dos parâmetros físico-químicos muito próximas. Ward *et al.* (2015) e Guedes (2020) reportam valores OD, pH, CE e SFS no rio Amazonas, respectivamente, de 5,5 mg/L, 7,0 a 7,1, 77 a 69 $\mu\text{S}/\text{m}$ e 30,2 a 27,4 mg/L, muito próximo ao observado nas águas dos estreitos (Tabela 1). Tal semelhança é resultado do fluxo de água que eflui do Amazonas por meio desses estreitos e chega até o rio Pará. Segundo Prestes *et al.* (2020), dependendo do período hidrológico, essa contribuição chega a ser de até 70%, portanto, justificando a forte semelhança química dessas águas.

A formação do agrupamento dos rios Acará e Guamá pode ser reflexo da proximidade dos pontos de amostragens à foz desses rios (Figura 1), as quais se conectam por meio da baía do Guajará. Essa baía é classificada como um “rio de maré” devido à ocorrência de significativos efeitos de maré no nível do rio, proveniente do Oceano Atlântico (~100 km), mas com ausência de intrusão salina neles (Gregório *et al.*, 2009), o que justifica a baixa condutividade elétrica observada nesses rios. Freitas *et al.* (2012) reportam que esses efeitos de maré são perceptíveis em até 120 km a montante dessa baía, no canal desses rios. Portanto, essa baía é um importante fator de conexão hidrográfica dos rios Acará e Guamá. Por outro lado, essa maré intrusiva atua fortemente nas correntes fluviais, causando intensos processos erosivos, que são evidentes nas altas concentrações de SGS e STD, consequentemente, na turbidez registrada nesses rios (Tabela 1).

O grupo Tocantins-Pará foi um caso atípico de agrupamento uma vez que são rios de classificação de águas diferentes, mas que apresentaram química muito semelhante. No entanto, analisando os dados, o que se observa é que a água do rio Pará foi quimicamente intermediária ao Tocantins e ao Acará-Guamá. Tal correspondência é fruto da contribuição desses três rios, uma vez que são os principais tributários do estuário do Rio Pará (Gregório *et al.*, 2009). Porém, esse ecossistema requer uma análise mais aprofundada devido as características peculiares da sua hidrodinâmica (Bezerra *et al.*, 2011). O Tocantins se analisado individualmente se observa uma clara diferenciação das suas características físico-químicas dos demais rios desse estudo e muito semelhante à química de outros rios de águas claras, como o Tapajós e o Xingu (Miranda *et al.*, 2009; Guedes, 2020; Gagne-Maynard *et al.*, 2017; Lima *et al.*, 2005).

Um ponto importante a se destacar é a concentração de clorofila-a registrada. Esperava-se as maiores concentrações nas águas do Tocantins em relação aos demais locais amostrados, devido a menor turbidez e maior oxigenação desse rio, consequentemente, favorecendo a produção de algas (Gagne-Maynard *et al.*, 2017). No entanto, os rios Acará e Guamá foram mais concentrados em *chl-a*. Isso pode ser resultado da: disponibilidade de nutrientes e baixa salinidade, que são tão importantes quanto a disponibilidade de luz na coluna d’água; a proximidade desses pontos à foz dos rios Amazonas e Pará, as quais Santos *et al.* (2008) encontraram altas concentrações de nutrientes, bem como de clorofila-a; e, assim como o estudo de Santos *et al.* (2008), as amostragens também foram realizadas em superfície na coluna d’água.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como pode-se observar, os rios estudados agruparam-se de maneira muito distinta e a partir de parâmetros físico-químicos que refletem muito o contexto ao qual estão incluídos, apesar de todos estarem presentes da região Amazônica. Tais resultados reforçam a complexidade que fortemente atua nas características hidrográfica na Amazônia devido os inúmeros processos biogeoquímicos, formando sistemas tão diversos e com grande importância ecológica para a região.

Os estreitos de Boiuçu e Breves evidenciaram sua forte semelhança química com o rio Amazonas, resultado da conexão hidrográfica que esses estreitos proporcionam. Tocantins, com suas águas clara, se destaca pela notável diferença química com demais rios de águas barrentas, exceto ao rio Pará, o qual é um sistema estuarino complexo em que a quantidade de estudos ainda são poucos frente a importância da região. Por fim, os rios Acará e Guamá, que compartilham como foz a baía do Guajará, tiveram a química de suas águas fortemente influenciada pelas correntes de maré sobre os sedimentos em suspensão.

A região de estudo ainda carece de uma investigação mais detalhada, o presente estudo apresenta os primeiros resultados de um grande esforço amostral em curso, que ao final, apresentar um levantamento sazonal, espacial e interanual da região.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do Para (SECTET) pelo financiamento desta pesquisa, por meio do Convênio PDI nº 002/2021 e a Fundação de Ciência, Tecnologia, Inovação e Desenvolvimento Sustentável Guamá (Fundação Guamá) pela gestão e execução da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AGUILAR PIRATOBA, A.R.; CAMPOS RIBEIRO, H.M.; MORALES, G.P.; GONÇALVES, W.G. e. (2017). "Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil". *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science* 12(3):435.
- BENTO, M. de S.; BARROS, D.J.; ARAÚJO, M.G. da S.; DA RÓZ, R.; CARVALHO, G.A.; DO CARMO, J.B.; et al. (2021). "Active methane processing microbes and the disproportionate role of NC10 phylum in methane mitigation in Amazonian floodplains". *Biogeochemistry* 156(2):293-317.
- BERTOSSI, A.P.A.; MENEZES, J.P.C. de; CECÍLIO, R.A.; GARCIA, G.D.O.; NEVES, M.A. (2013). "Seleção e agrupamento de indicadores da qualidade de águas utilizando Estatística Multivariada". *Semin Cienc Agrar* 34(5):2025.
- BEZERRA, M.O.; MEDEIROS, C.; KRELLING, A.P.M.; ROSÁRIO, R.P.; ROLLNIC, M. (2011). "Physical oceanographic behavior at the Guama/Acara-moju and the Paracauari river mouths, Amazon Coast (Brazil)". *J Coast Res* 64:1448-52.
- CALLÈDE, J.; COCHONNEAU, G.; ALVES, F.V.; GUYOT, J.-L.; GUIMARÃES, V.S.; DE OLIVEIRA, E. (2010). "Les apports en eau de l'Amazonie à l'Océan Atlantique". *Revue des sciences de l'eau* 23(3):247-73.
- CAMPOS, M.L.A.M. (2010.). "Introdução à biogeoquímica de ambientes aquáticos". *Átomo e Aliena*;
- COSTA, M.S. (2014). "Aporte hídrico e do material particulado em suspensão para a baía do Marajó: influência dos rios Amazonas e Tocantins". Dissertação: Belém.
- EL-ROBRINI, M.; SILVA, M.A.M.A.; SOUZA FILHO, P.W.M.; ELROBRINI, M.H.S.; SILVA JÚNIOR, O.G.; FRANÇA, C.F. (2006). "Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro". In : MUEHE D. *Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro*. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. ;
- FREITAS, P.T.A.; SILVEIRA, O.F.M.; ASP, N.E. (2012). "Tide distortion and attenuation in an amazonian tidal river". *Braz J Oceanogr* 60(4):429-46.
- GAGNE-MAYNARD, W.C.; WARD, N.D.; KEIL, R.G.; SAWAKUCHI, H.O.; DA CUNHA, A.C.; NEU, V.; et al. (2017). "Evaluation of primary production in the lower Amazon River based on a dissolved oxygen stable isotopic mass balance". *Front Mar Sci* 4(FEB):1-12.
- GREGÓRIO, A.M. da S.; MENDES, A.C. (2009). "Characterization of sedimentary deposits at the confluence of two tributaries of the Pará River estuary (Guajará Bay, Amazon)". *Cont Shelf Res* 29(3):609-18.
- GUEDES, V.M. (2020). "Dinâmica do carbono e nitrogênio dissolvidos na região do Baixo Rio Amazonas". Dissertação: Santarém.
- LIMA, J.E.F.W.; LOPES, W.T.A.; DE CARVALHO, N.O.; VIEIRA, M.R.; DA SILVA, E.M. (2005). "Suspended sediment fluxes in the large river basins of Brazil". *IAHS-AISH Publication* (291):355-63.

- MIRANDA, R.; PEREIRA, S.; ALVES, D.; OLIVEIRA, G. (2009). "*Qualidade dos recursos hídricos da Amazônia - Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físico-químicos*". *Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science* 4(2):75-92.
- MORAES, B.C. de; COSTA, J.M.N. da; COSTA, A.C.L. da; COSTA, M.H. (2005). "*Variação espacial e temporal da precipitação no Estado do Pará*". *Acta Amazon* 35(2):207-14.
- PRESTES, Y.O.; BORBA, T.A. da C.; SILVA, A.C. da; ROLLNIC, M. (2020). "*A discharge stationary model for the Pará-Amazon estuarine system*". *J Hydrol Reg Stud* 28(April 2019):100668.
- ROSALES, J.; VARGAS, O.; RODRIGUES, M. (2022). "*Hydrography and ecohydrology of the Guiana Shield Ecoregion*". Paramaribo;
- SANTOS, M.L.S.; MEDEIROS, C.; MUNIZ, K.; FEITOSA, F.A.N.; SCHWAMBORN, R.; MACÊDO, S.J. (2008). "*Influence of the Amazon and Pará Rivers on Water Composition and Phytoplankton Biomass on the Adjacent Shelf*". *J Coast Res* 243(3):585-93.
- SILVA, M. do S.R. da; CUNHA, H.B.; MIRANDA, S.Á.F.; SANTANA, G.P.; PASCOALOTO, D. (2011). "*Química Das Águas De Superfície Dos Rios Da Bacia Amazônica: Uma Contribuição Para Classificação De Acordo Com Seus Usos Preponderantes*". Maceió.
- SILVA, M.D.S.R. da; MIRANDA, S.Á.F.; DOMINGOS, R.N.; SILVA, S.L.R.; SANTANA, G.P. (2013). "*CLASSIFICAÇÃO DOS RIOS DA AMAZÔNIA: UMA ESTRATÉGIA PARA PRESERVAÇÃO DESSES RECURSOS*". *Holos Environment* 13(2):163.
- SIOLI, H. (1950). "*Das Wasser in Amazonasgebiet*". *Fosch, Fortschr*; 274-180 p.
- SPERLING, M. V. (2014). "*Estudos e modelagem da qualidade da água de rios*". 2 Ed. Belo Horizonte: Editora UFMG ;
- WARD, N.D.; KRUSCHE, A. V.; SAWAKUCHI, H.O.; BRITO, D.C.; CUNHA, A.C.; MOURA, J.M.S.; *et al.* (2015). "*The compositional evolution of dissolved and particulate organic matter along the lower Amazon River-Óbidos to the ocean*". *Mar Chem* 177:244-56.