



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

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



As atividades Antrópicas na Modulação da Qualidade de Água do rio Guamá, em São Miguel do Guamá, Pará

Eduardo Ribeiro Marinho¹, Maria Isabel Vitorino², Ivan Carlos da Costa Barbosa³, Luiz Gonzaga da Silva Costa⁴, Marcos Ronielly da Silva Santos⁵, Hyago Elias Nascimento Souza⁶.

¹Msc. em Ciências Ambientais, Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, CEP: 66075-110, Belém, Pará (91)3201-8833, e-mail: educnquimica2011@hotmail.com (autor correspondente). ²Dra em Meteorologia, Professora associada - Área: meteorologia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, CEP: 66075-110, Belém, Pará (91)3201-8833, e-mail: vitorino@ufpa.br. ³Msc em Química, Professor efetivo - Área: Química, Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto Sócio Ambiental e dos Recursos Hídricos, Centro de Tecnologia Agropecuária, CEP: 66077-830, Belém, Pará (91) 99221-3433, e-mail: ivan.barbosa@ufra.edu.br. ⁴Dr em Ciências Agrárias, Professor associado - Área: ecologia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto Sócio Ambiental e dos Recursos Hídricos, CEP: 66077-830, Belém, Pará (91) 99221-3433, e-mail: luizgonzagacosta53@gmail.com. ⁵Msc. em Ciências Ambientais, Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, CEP: 66075-110, Belém, Pará (91)3201-8833, e-mail: mronielly@yahoo.com.br. ⁶Msc. em Ciências Ambientais, Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, CEP: 66075-110, Belém, Pará (91)3201-8833, e-mail: eng.hyagosouza@gmail.com.

Artigo recebido em 14/09/2019 e aceito em 26/02/2020

RESUMO

O objetivo do presente estudo visa por analisar os padrões principais dos parâmetros físico químicos de qualidade de água, associados às atividades antrópicas no rio Guamá, em São Miguel do Guamá, Nordeste Paraense. Sendo assim, utilizou-se os parâmetros físico químicos: pH, Oxigênio Dissolvido, Condutividade Elétrica, Sólidos Totais Dissolvidos, Temperatura da água e Turbidez. A coleta de água foi feita em três pontos caracterizados pelo despejo dos resíduos de atividades situadas nas margens do rio, o ponto A (montante) indústria de cerâmica vermelha, o ponto B (centro) esgotos domésticos e o ponto C (jusante) atividade madeireira, e através do método da análise dos componentes principais foram correlacionadas e analisadas em uma escala temporal de 6 coletas mensais entre os anos de 2015 e 2017. A pesquisa revelou que os parâmetros apresentam diferenças estatísticas significativas entre as séries amostrais anuais, e não significativas entre a escala espacial por pontos de coleta, verificando nas Componentes Principais, CPS, fortes correlações em meses de coleta com baixo regime de precipitação na região.

Palavra Chaves: atividades antrópicas, parâmetros físico químicos, qualidade de água.

Anthropological Activities in Modulating the Water quality of Guamá River, In São Miguel do Guamá, Pará.

ABSTRACT

The objective of the present study is to analyze, through the analysis of the main components, the correlation between the physical parameters of water quality and the discharge of waste from anthropic activities in the Guamá River, in. Thus, the chemical parameters were used: pH, Dissolved Oxygen, Electrical Conductivity, Dissolved Total Solids, Water Temperature and Turbidity. The collection of water was done at three points characterized by the dumping of waste from activities located on the banks of the river, PA (boom) red ceramic industry, PB (center) domestic sewage and PC (downstream) logging activity, and through the method of analysis of the main components were correlated and analyzed on a time scale of 6 monthly collections between the years 2015 and 2017. The research revealed that the parameters present significant statistical differences between the annual sample series, and not significant between the spatial scale by points collection, and verified in the SPC strong correlation in months of collection with low precipitation regime in the region.

Key words: anthropic activities, chemical parameters, water quality.

Introdução

Problemas relacionados a qualidade de água apresentam um aspecto potencialmente vasto dentro da área de estudos hidroambientais, e se relacionam na identificação de fontes de contaminação, que podem ser por despejos inadequados de resíduos líquidos ou sólidos, de natureza doméstica ou industrial, alterações geradas por empreendimentos na geração de energia, como também, práticas agrícolas realizadas em pequenas bacias urbanas. (Vasconcelos e Souza, 2011).

A interferência do homem nesse contexto de poluição hídrica relacionada a alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do meio, tem afetado significativamente o potencial da qualidade da água, assim como diminuído a biodiversidade aquática. (Borges et al., 2003). A contaminação e poluição ambiental tem sido uma das grandes preocupações no meio tecnológico e científico na atualidade. (Bonacin Silva, 2001).

Nesse sentido, Tundisi (2005), afirma que como consequência desses processos de poluição, oriundos de descargas residuais humanas e animais, há o transporte de uma variedade de patógenos, entre eles bactérias, vírus, protozoários e organismos multicelulares, que contribuem com a proliferação de inúmeras doenças de veiculação hídrica.

Sustâncias químicas são consideradas outro tipo de contaminante do padrão de qualidade das águas, podendo acarretar uma variedade de enfermidades hídricas. Tais substâncias sendo de origem orgânica, pesticidas, ou inorgânicas, metais pesados, de toxidades elevadas, são prejudiciais a saúde do homem. Problemas referentes aos contaminantes químicos na água estão relacionados com efeitos acumulativos em micro doses ao serem ingeridos em longos períodos (Silva, 2010).

Para Grigoletti (2001), resíduos gerados na produção de materiais de construção aumentam o impacto ambiental e representam um consumo de recursos naturais além do necessário. É importante ressaltar, o aspecto da geração de resíduos na produção de materiais de construção, a significância do desperdício e perdas durante o processo produtivo, assim como, a necessidade de

tais fatores serem reduzidos a partir da adoção de estratégias adequadas. (Grigoletti, 2001).

Nessa perspectiva o objetivo do presente estudo visa por analisar os padrões principais dos parâmetros físico químicos de qualidade de água, associados às atividades antrópicas e a precipitação no rio Guamá, em São Miguel do Guamá, Nordeste Paraense.

Material e métodos

Localização e Caracterização da Área Experimental

A pesquisa em questão compreende o rio Guamá, em sua localidade com a porção do município de São Miguel do Guamá, localizado no Nordeste do Estado do Pará, nas coordenadas geográficas: 1° 37' 40" Sul, 47° 28' 55" Oeste. Conforme a Figura 1. A coleta se deu no rio Guamá, na faixa que corresponde à divisa entre os Municípios de São Miguel do Guamá e Irituia. Dividido em três pontos de coletas distintos, cada um correspondente a porção geográfica do curso de água, Ponto A, PA (Montante do rio) 1°37'44.4"S 47°29'24"W; Ponto B, PB (Centro do rio) 1°37'26.4"S 47°29'24"W; Ponto C, PC (Jusante do rio) 1°37'30"S 47°30'0"W.

São Miguel do Guamá é um município brasileiro do estado do Pará, localizada na mesorregião do nordeste paraense e na microrregião do Guamá, faz fronteiras com os municípios de Santa Maria do Pará e Bonito ao Norte, Ourém a leste, São Domingos do Capim e Irituia ao Sul e Inhangapi e Castanhal a Oeste. São Miguel do Guamá é cortado pelo Rio Guamá, de Oeste para Leste apresenta 9 metros de altitude, situando-se a 48 km de Capitão Poço e a 150 km de Belém (IBGE, 2018).

Os critérios adotados para a escolha dos pontos foram à existência de atividades econômicas e fontes de esgotamento sanitário as margens do rio Guamá, Figura 2, Ponto A, indústria de cerâmica vermelha; Ponto B, quatro afluentes de esgotos domésticos; Ponto C, atividade madeireira. As características sazonais, precipitação e vazão do rio, influem diretamente no despejo de resíduos por tais atividades. Os pontos encontraram-se a uma distância de aproximadamente 200 metros um do outro.

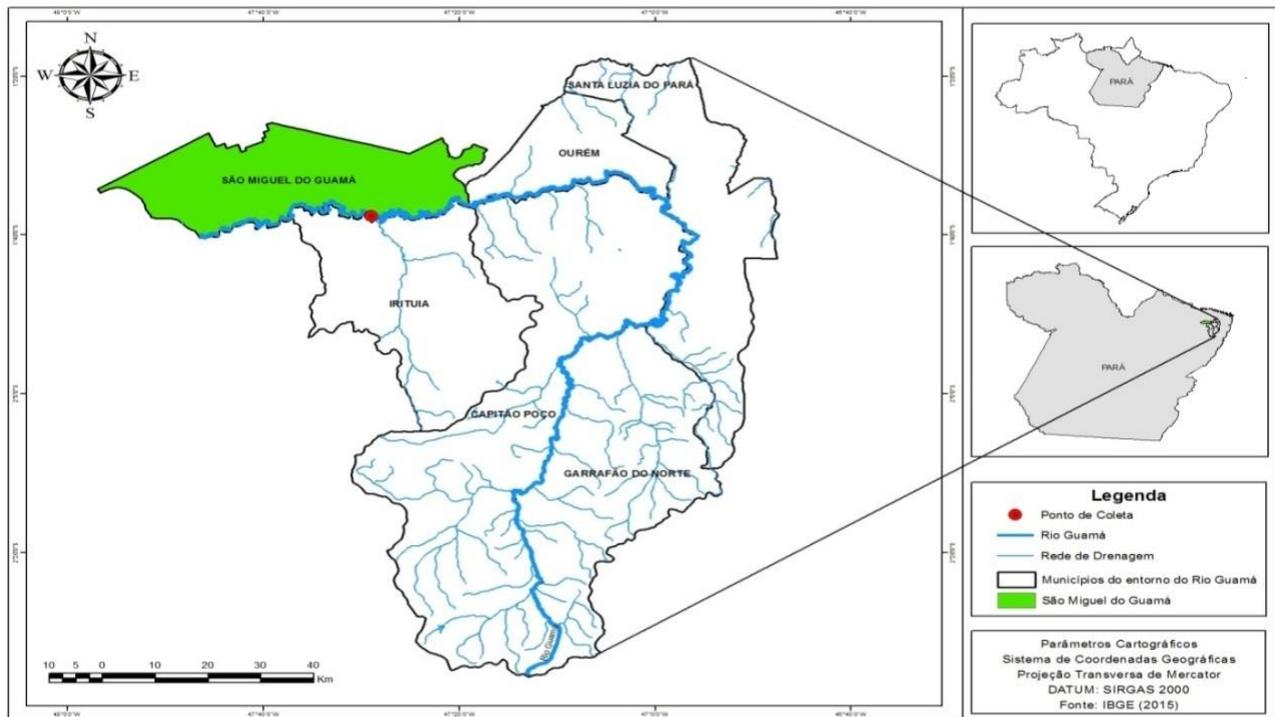


Figura 1. Mapa de localização da Área de Estudo: Rio Guamá, Município de São Miguel do Guamá - PA. Fonte: IBGE (2017), Autores.

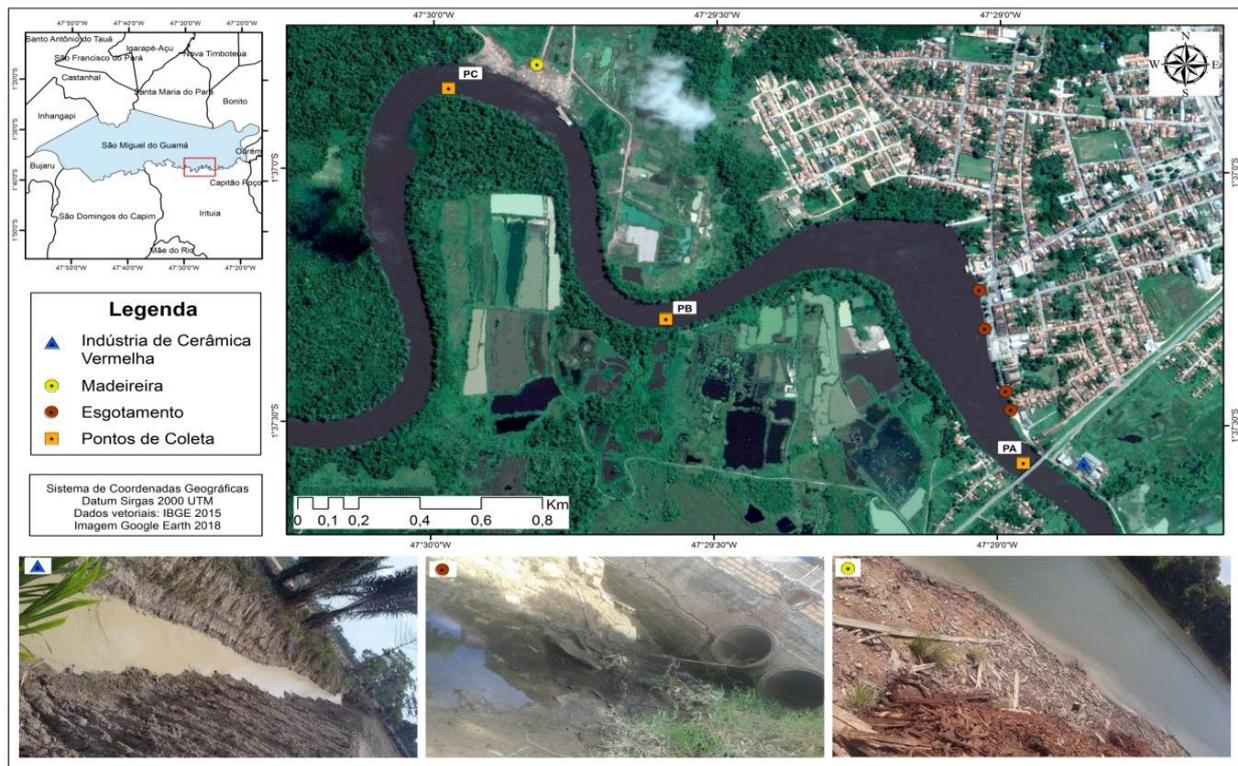


Figura 2. Localização dos pontos de coleta. Fonte: (Google Earth – Set/2017) Autores.

Dados

As informações de qualidade de água foram obtidas por duas coletas anuais feitas durante o período de 2015 (Fev/Jul); 2016 (Jan/Jun); 2017 (Fev/Jul), totalizando um geral de 6 coletas em períodos sazonais distintos. A escolha dos meses reflete a sazonalidade da região em períodos distintos de precipitação.

Os parâmetros de análise para as variáveis físico químicas do presente estudo foram sintetizados conforme a Tabela 1. A escolha de tais parâmetros além de representar as principais variáveis que norteiam os estudos de qualidade de águas em rios para Cetesb (2006) e Conama 357/05 são as que mais sofrem influencia das estações do ano (Silva et al., 2008).

- Análise de Componente Principal (ACP) e teste T – student, com significância de 95%. Foram escolhidos dois experimentos que mostrassem valores de correlação elevadas para os autovetores, acima de 80% da variância total acumulada, nas primeiras CPS. Sendo assim, o primeiro experimento corresponde a correlação de CE, T.Água, TDS, Turb, e o segundo experimento entre o pH e OD.

Na determinação da Componente Principal, CP, o primeiro passo foi calcular a matriz de covariância por meio da normalização dos valores originais, visando eliminar problemas de unidades de medidas e escalas diferenciadas o qual os parâmetros são medidos (Andrade et al., 2007; Hair et al., 2005), em seguida foram

Tabela 1. Parâmetros Físico Químicos analisados, unidades e determinação

Parâmetro	Abreviação	Unidades	Determinação
Potencial Hidrogeniônico	pH	---	
Oxigênio Dissolvido	OD	mg.L ⁻¹	Medidor multiparâmetro, HI 9829.
Condutividade Elétrica	CE	µS.cm ⁻¹	
Sólidos Totais Dissolvidos	TDS	mg.L ⁻¹	
Temperatura da Água	T.Água	°C	Oxímetro MO-910.
Turbidez	Turb	NTU	Turbidímetro TD 300

Os dados climáticos, precipitação, foram obtidos por meio da técnica do Center Morphing Method (CMORPH), com dados estimados e interpolados com resolução 8 e 8 km. (Haile et al., 2015). Utilizaram-se dados diários de precipitação (mm) de 30 minutos e a cada 08 quilômetros, para o período de janeiro de 2015 até Julho de 2017, distribuídos em pontos de grade para o nordeste Paraense, incluindo a região de São Miguel do Guamá, com pares de coordenadas nas extremidades em 1° 37' 40" S, 47° 28' 55" W.

Análise Estatística

A associação entre as variáveis que influenciam a qualidade da água do Rio Guamá e os padrões sazonais da região foram identificadas mediante o uso de análise estatística multivariada

calculados os autovalores, coeficientes de expansão temporal, e os autovetores, coeficientes de expansão espacial, gerando as novas variáveis denominadas de componentes principais.

Os dados originais dos parâmetros, matriz X1 para o primeiro experimento e matriz X2 para o segundo experimento, foram transformados em uma análise de covariância, matriz S1 e S2 coincidindo com o número de experimentos descritos. A matriz de covariância S1 apresentou a característica de S1 (t x s) onde t=6 e s=12, e a S2 (t x s) onde t=6 e s=6. A matriz de covariância S é obtida conforme a Equação 1:

$$(1) S = \frac{1}{N} (X.X^T)$$

Foi empregada a rotação ortogonal, método varimáx, a fim de evitar erros referentes à extração e interpretação da matriz. Tal método é usado para superar as limitações gerando uma nova matriz com melhor interpretação dos dados (Andrade et al., 2007). Em suma, o método consistiu em reescrever as coordenadas das variáveis originais, com suas combinações lineares, em n - componentes principais, com suas ortogonalidades, expressos em ordem decrescente de máxima variância.

Resultados e discussão

A Figura 3 representa a influência da sazonalidade da precipitação na dinâmica na produção da indústria de cerâmica vermelha, no despejo de poluentes por esgoto doméstico, na extração madeira oriunda da atividade madeireira; presentes no entorno do rio Guamá, em São Miguel do Guamá.

A fabricação de telhas e tijolos ocorre em períodos com poucas chuvas, tendo em vista que a sua produção em períodos com precipitação afeta os processos de extração da matéria prima do solo, escavação, e secagem do produto final (Magalhães, 2016). O período chuvoso, transposta maior quantidade de resíduos oriundos do esgotamento sanitário para dentro do rio Guamá, pois conforme Miranda et al.(2009) a precipitação está intimamente relacionada ao escoamento superficial do solo que carrega poluentes para dentro da bacia de drenagem.

A exploração madeireira é realizada, preferencialmente, em períodos com poucas chuvas, tendo em vista que há maiores dificuldades logísticas e operacionais na realização da exploração durante a estação chuvosa (Pires et al., 2015). Mota et al. (2009) defendem que as atividades no setor produtivo são dependentes da variação pluviométrica de cada região, estando a sociedade vulnerável a dinâmica e variabilidade dos sistemas climáticos locais.

A Tabela 2 mostra os valores correspondentes as médias e desvios padrões dos parâmetros físico químicos de qualidade de água nos seus respectivos anos de coleta. Como também os Valores Máximos Permitidos (VMP) conforme a Resolução nº357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente.

Por meio da análise de variância, seguido do Teste de Tukey, é verificado diferenças significativas entre o pH da água nas séries amostrais, com os maiores valores (menores valores) na 3º coleta (5º coleta). Valores de pH no referido estudo se enquadram em uma escala levemente inferior a estipulada pela resolução CONAMA 357/2005, pH: 6 a 9. Tais valores não devem ser caracterizados como indícios de problemáticas ambientais, tendo em vista as águas da região norte do Brasil apresentarem pH baixo.

Vários estudos em rios brasileiros constataam um pH levemente ácido em águas amazônicas, sem contudo causar danos a saúde e ao meio ambiente. (Maier, 1987; Bueno et al., 2005; Silva et al., 2008; Horbe et al., 2009; Alves et al., 2012).

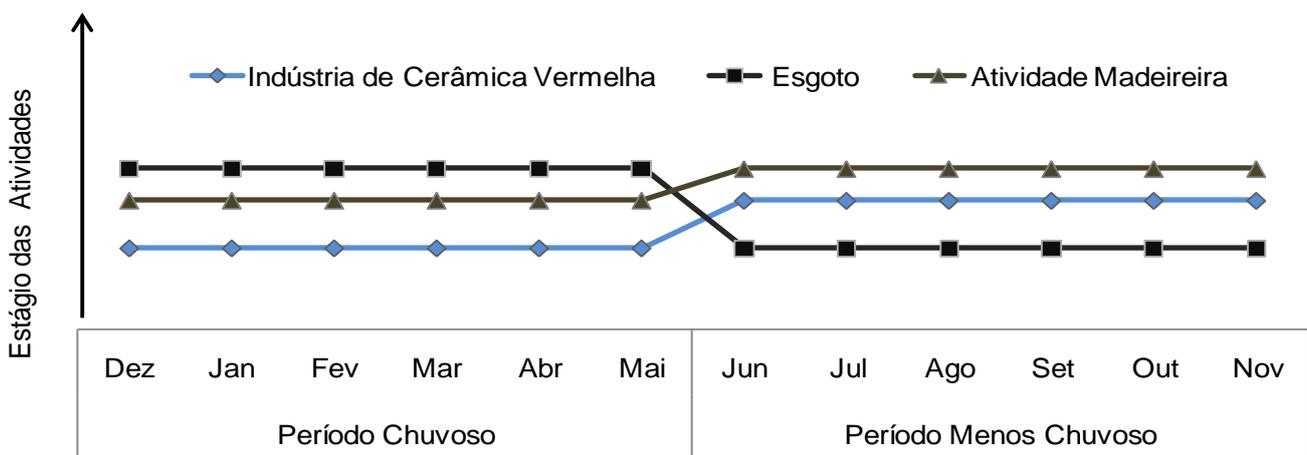


Figura 3. Sazonalidade das atividades antrópicas no entorno do Rio Guamá, São Miguel do Guamá. Fonte: Autores

O pH ácido do rio é justificado pelos processos de escoamento superficial sobre o solo ácido amazônico (Cunha e Pascoaloto, 2006; Horbe et al., 2009).

Os valores de OD, verificados nas séries amostrais, apresentam diferenças significativas ao longo dos períodos de coleta, com destaque para Jun/2015 (2º Coleta) e Fev/2017 (5º Coleta), o qual é constatado valores abaixo do estipulado pela resolução CONAMA 357/2005, < 5 mg.L⁻¹. Tal fato pode ser justificado pela presença de chuvas nos dois períodos citados, o que favorece maiores processos de lixiviação dos solos, maiores fluxo de substâncias para dentro das águas do rio, e conseqüentemente maior consumo de OD pela fauna aquática, diminuindo assim os valores OD no meio (Pinto, 2003; Miranda et al., 2009; Alvarenga et al., 2012). O despejo de argila, proveniente da indústria de cerâmica em PA (montante), os efluentes de esgotamentos domésticos em PB (centro) e a elevada quantidade de madeira oriunda da atividade madeireira em PC (jusante), somada aos meses com chuvas na região, acabam por favorecer a diminuição de OD nas águas do rio Guamá.

Condutividade elétrica apresenta diferenças significativas entre os períodos de coleta de água, com destaque aos anos de Fev/2015 (1º Coleta), Jan/2016 (3º Coleta) e Jun/2016 (4º Coleta), onde apresenta os maiores valores. Tal fato pode ser justificado pela relação de CE com a concentração de materiais orgânicos e inorgânicos presentes na água do rio durante períodos com poucas chuvas.

Para Esteves (1998), a CE depende da composição iônica dos corpos d'água e pode ser influenciado pelas chuvas na região. Tal relação pode ser resultado da cobertura vegetal do local e do regime pluviométrico, que pode favorecer um aporte de materiais do solo para o ambiente aquático e conseqüentemente aumento da concentração de sólidos suspensos e dissolvidos no meio (Carvalho et al., 2011). Descargas de esgotos podem aumentar as concentrações de condutividade elétrica no meio (Miranda et al., 2009; Alves et al., 2012).

Tabela 2: Valores de médias gerais e desvios padrões gerais dos parâmetros (Média±SD). Dados por ponto e período de coleta.

Parâmetro	Ponto	1º Coleta	2º Coleta	3º Coleta	4º Coleta	5º Coleta	6º Coleta	VMP*
pH	PA	5,52±0,26 ^C	5,59±0,03 ^C	6,06±0,08 ^A	5,64±0,15 ^{BC}	5,05±0,05 ^D	5,96±0,00 ^{AB}	6 - 9
	PB	5,85±0,42 ^{AB}	5,58±0,00 ^{ABC}	6,05±0,04 ^A	5,43±0,04 ^{BC}	5,05±0,05 ^C	5,84±0,01 ^{AB}	
	PC	5,83±0,27 ^{AB}	5,63±0,07 ^{BC}	6,07±0,02 ^A	5,74±0,15 ^{AB}	5,23±0,04 ^C	5,88±0,03 ^{AB}	
OD (mg.L ⁻¹)	PA	4,35±0,63 ^C	1,66±0,19 ^E	4,39±0,04 ^C	6,60±0,13 ^A	2,76±0,12 ^D	5,43±0,10 ^B	<5
	PB	5,12±0,17 ^C	3,54±0,05 ^E	4,55±0,06 ^D	6,53±0,09 ^B	3,01±0,02 ^F	7,57±0,11 ^A	
	PC	5,12±0,17 ^{BC}	3,49±0,00 ^E	4,97±0,14 ^C	6,04±0,50 ^B	2,58±0,11 ^F	6,95±0,07 ^A	
CE (µS.cm ⁻¹)	PA	42,33±1,15 ^C	31,66±0,57 ^E	45,33±0,57 ^B	50,00±1,00 ^A	33,66±0,57 ^D	33,00±0,00 ^D	-
	PB	42,33±1,15 ^B	32,06±0,00 ^{CD}	47,00±1,00 ^B	54,66±5,85 ^A	35,33±0,57 ^C	28,00±1,00 ^D	
	PC	42,33±1,15 ^B	33,00±1,00 ^{CD}	45,66±0,57 ^A	28,33±0,57 ^E	34,33±1,15 ^C	31,33±0,57 ^D	
TDS (mg.L ⁻¹)	PA	21,33±0,57 ^B	16,00±0,00 ^C	23,00±0,00 ^{AB}	25,00±1,73 ^A	17,00±0,00 ^C	17,00±0,00 ^C	<500
	PB	21,66±0,57 ^B	16,00±0,00 ^C	23,33±0,57 ^{AB}	27,33±3,51 ^A	16,66±0,57 ^{BC}	16,00±0,00 ^C	
	PC	21,66±0,57 ^B	16,33±0,57 ^{CD}	23,00±0,00 ^A	14,66±0,57 ^E	17,33±0,57 ^C	16,00±0,00 ^D	
T.Água (°C)	PA	27,87±0,02 ^B	26,29±0,01 ^E	29,24±0,00 ^A	27,39±0,11 ^C	26,90±0,00 ^D	26,86±0,01 ^D	-
	PB	27,94±0,01 ^B	26,42±0,04 ^E	29,22±0,00 ^A	27,29±0,01 ^C	26,89±0,00 ^D	26,92±0,00 ^D	
	PC	27,99±0,03 ^B	26,52±0,08 ^E	29,23±0,01 ^A	27,13±0,02 ^C	26,91±0,00 ^D	26,96±0,00 ^D	
Turb (NTU)	PA	8,27±0,45 ^D	11,09±0,10 ^C	5,99±0,29 ^E	12,50±0,16 ^B	14,42±0,20 ^A	12,65±0,22 ^B	<100
	PB	9,62±0,84 ^D	11,06±0,33 ^C	5,71±0,32 ^E	13,23±0,16 ^B	14,54±0,10 ^A	12,97±0,07 ^B	
	PC	9,11±0,80 ^D	11,02±0,08 ^C	5,73±0,35 ^E	14,17±0,76 ^A	14,62±0,19 ^A	12,53±0,24 ^B	

Nota: Médias seguidas pela mesma letra, em uma linha, não apresentam diferença significativa entre si, segundo o teste Tuckey (95%). Os itens com tracejado (-) não são preconizados pela Resolução. *VMP: Valores máximos Permitidos pela Resolução nº357/2005.

Os valores de TDS apresentam um comportamento semelhante a CE na análise estatística, como também, em elevados valores no período com poucas chuvas, Fev/2015 (1º Coleta), Jan/2016 (3º Coleta) e Jun/2016 (4º Coleta). Isso é justificado por Gomes (2009), que explica a proporcionalidade de TDS com CE, em virtude da concentração da carga de íons na água. O conteúdo de sólidos totais geralmente varia de 20 a 1000 mg.L⁻¹ e o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 500 mg.L⁻¹ para os sólidos dissolvidos totais. A característica de dissolução dos íons está intimamente relacionada à presença dos sólidos dissolvidos no meio (Gomes, 2009).

A Temperatura da água manteve-se sempre abaixo de 30° C, com diferença significativa entre as séries amostrais, apresentando maiores valores nos períodos com menos chuvas na região, Fev/2015 (1º Coleta), Jan/2016 (3º Coleta) e Jun/2016 (4º Coleta). Silva et al. (2008), explicam que menores temperaturas da água estão relacionadas com a cobertura de nuvens, que no período chuvoso não permitem a incidência dos raios solares sobre as águas do rio. Diferentemente do período menos chuvoso, o qual a incidência solar sobre as águas do rio é mais intensa e conseqüentemente possibilita o aumento de temperatura da água (Sá filho, 2010; Alves et al., 2012).

Os valores de Turbidez se enquadram abaixo do limiar da resolução 357/05 CONAMA, <100 NTU, ressaltando as diferenças significativas nos valores nos meses de coleta, com destaque aos maiores valores (menores valores) na 5º coleta (3º coleta). A TURB esta diretamente ligada à quantidade de material suspenso presente na água, que dificulta a

penetração da radiação solar no meio (Lima, 2001; Alvarenga et al., 2012).

No estudo em questão, os maiores valores de TURB coincidem com o mês de coleta mais chuvoso da região (5º Coleta), isso pode ser explicado pelo aumento da precipitação e consecutivamente aumento dos sólidos em suspensão (Silva et al., 2009; Arcova e De Cicco, 1999), pois estes dificultam a penetração da luz nos corpos d'água (Silva et al., 2008).

A Figura 4 apresenta a CPI das variáveis CE, T.Água, TDS e TURB com 70% da máxima variância explicada. A análise mostra uma elevada correlação positiva entre os parâmetros, com destaque ao PC (jusante), em Fev/2015 (1º Coleta) e Jan/2016 (3º Coleta), e valores menos expressivos para o PB (centro) para Jun/2016 (4º Coleta).

A forte correlação entre as variáveis para PC (jusante) em Fev/2015 e Jan/2016 pode ser justificada pelas poucas chuvas ocorridas no período, 1º e 3º coleta, favorecendo assim, uma maior concentração dos poluentes na água, oriundos da atividade madeireira, e conseqüentemente uma maior correlação entre os parâmetros físico químicos neste ponto (Alves et al., 2012; Barbosa et al., 2012; Jeppesen et al., 2015).

Isso justifica também, a forte correlação dos parâmetros em PB (centro) em Jun/2016, 4º coleta. Os resíduos de atividades antrópicas, atrelado a um período de poucas chuvas, pode influir em expressivas correlações dos parâmetros nas águas de um rio, podendo ser influenciados diretamente pela contaminação de esgotos domésticos e na ressuspensão de matéria orgânica por atividade madeireira (Vidal et al., 2000; Andrade et al., 2007; Alves et al., 2012).

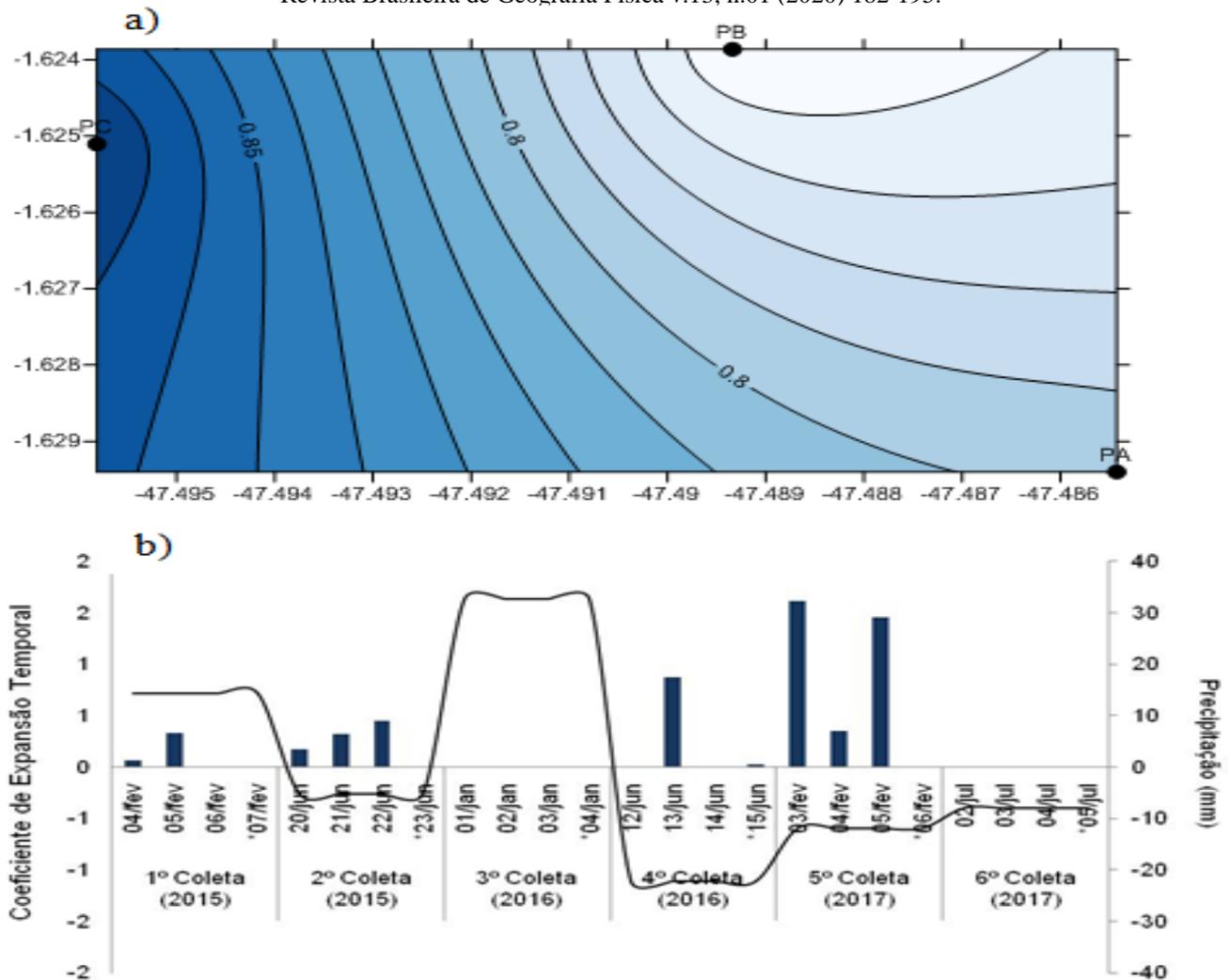


Figura 4: Distribuição espacial e temporal do primeiro modo (CP1) das variáveis CE, TDS, T.Água, TURB, com 70% da variância total explicada, (a) autovetor; (b) autovalor.
 Fonte: Autores

A Figura 5 representa a CP2 existente entre CE, T.Água, TDS e Turb. É nítida a observação entre valores positivos e negativos presentes na componente espacial, figura 5a. É verificada a maior correlação para PA (montante) e PB (centro) em Jan/2016 (3° Coleta) e Jun/2016 (4° Coleta), e maior correlação negativa em PC (jusante) em Jun/2015 (2° Coleta) e Fev/2017 (5° Coleta).

A forte correlação existente entre os parâmetros de qualidade de água para PA (montante) e PB (centro) em Jan/2016 e Jun/2016, 3° e 4° coleta, pode ser justificada pela relação existente entre os resíduos das atividades no

entorno do rio Guamá, com o baixo acumulado de chuva no período.

A diminuição do volume de chuvas em determinada região, faz com que reduza o nível de água no rio, e conseqüentemente, aumente a concentração dos parâmetros existentes no meio (Barbosa et al., 2012). Para Jeppesen et al. (2015) diminuindo a carga externa de nutrientes sobre o curso d'água pela redução das chuvas, a carga interna se eleva, em virtude da maior concentração dos mesmos na água.

A elevada correlação entre as variáveis para PC (jusante) em Jun/2015 e Fev/2017, 2° e 5° coleta, período com chuva, é influenciada pelo escoamento superficial do solo, que atrelado a contaminação das águas pela atividade madeireira na região, soma-se com o direcionamento de material particulado para dentro dos cursos d'água (Oliveira et al., 2008; Medeiros et al., 2009; Dos Santos et al., 2013; Barreto et al., 2014).

que OD influencia diretamente o pH na formação de espécies de ácidos fracos, correlação esta também encontrada nos trabalhos de Miranda et al. (2009), em análise da qualidade da água do rio Tapajós, Santarém – Pará.

A decomposição da matéria orgânica oriunda da atividade madeireira em PC favorece a produção de ácidos orgânicos (Miranda et al., 2009),

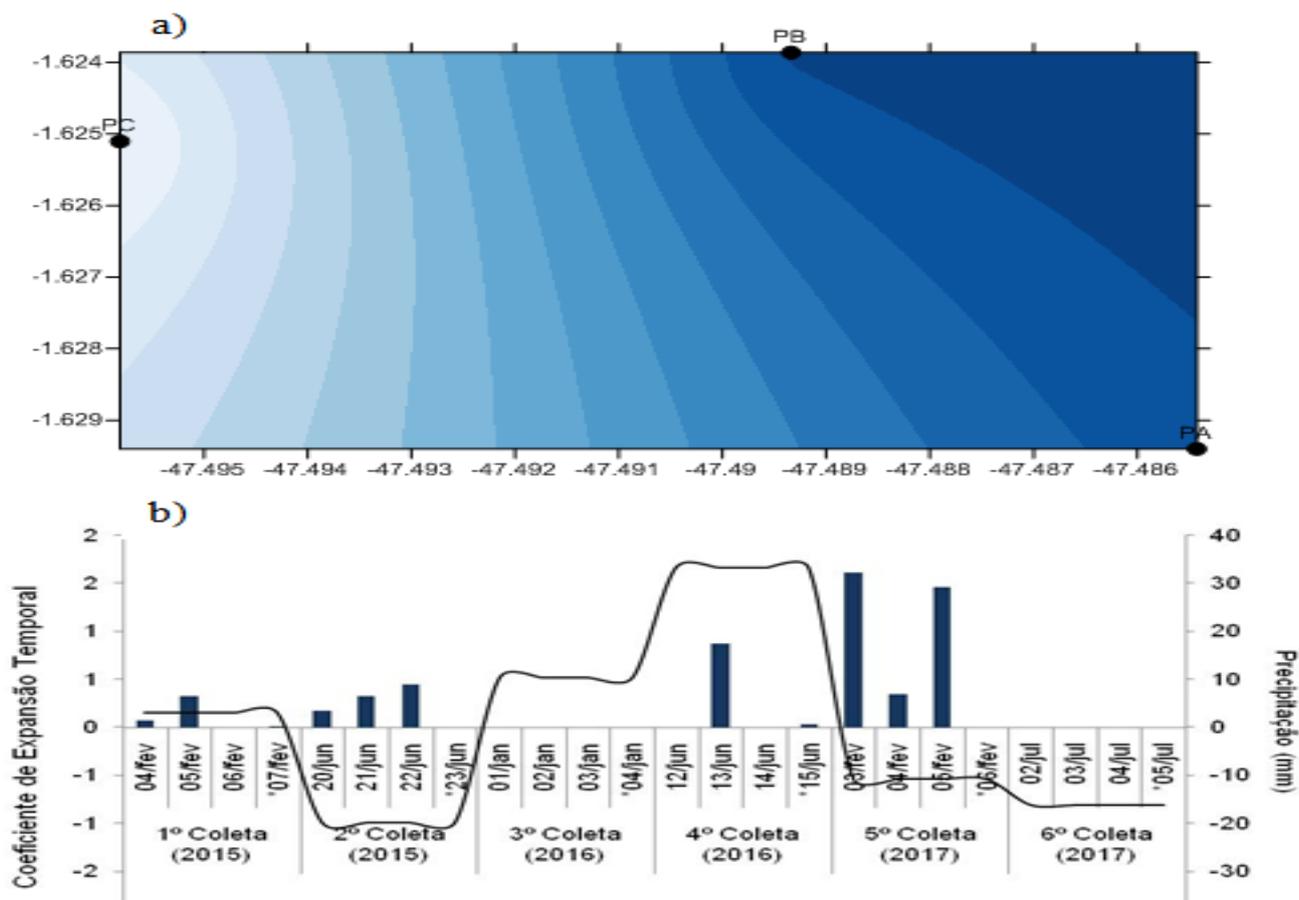


Figura 5: Distribuição espacial e temporal do segundo modo (CP2), das variáveis CE, TDS, T.Água, TURB, com 25,41% da variância total explicada, (a) autovetor; (b) autovalor.

Fonte: Autores

A Figura 6 representa a correlação entre pH e OD, parâmetros analisados em uma relação completamente positiva, com destaque ao ponto C (jusante) para Jun /2016 (4° Coleta), e Jul/2017 (6° Coleta) período com baixo acumulado de chuvas na região, e menores correlações positivas para o ponto B (Centro) nos anos de Jun /2015 (2° Coleta) e Fev/2017 (5° Coleta), maiores acumulados de precipitação.

A correlação verificada em PC (jusante) em Jun/2016 e Jul/2017, 4° e 6° coleta, demonstra

e com isso, uma correlação direta com o pH da água. As elevadas concentrações de OD em um período com poucas chuvas (Alves et al., 2012), associado a ecossistemas com valores baixos de pH (Lima, 2001), pode ser o principal fator que justifique tal correlação.

A correlação em PB (centro) em Jun/2015 e Fev/2017, 2° e 5° coleta, demonstra que o escoamento superficial da água sobre o solo durante os períodos chuvosos é a principal fonte difusa de poluição em corpos hídricos (Alvarenga

et al., 2012; Vasco et al., 2011). Isso evidencia que a relação das variáveis em um ponto caracterizado pelo despejo de esgotamento sanitário doméstico, é diretamente influenciada pelo regime de chuvas na região, gerando assim, valores altos de correlação.

Jul/2017, 3° e 6° coleta, pode ser justificada pelo baixo acumulado de chuva para o período, que faz com que a concentração de poluentes oriundos dos efluentes domésticos neste ponto seja maior, e assim, aumente a correlação das variáveis nas

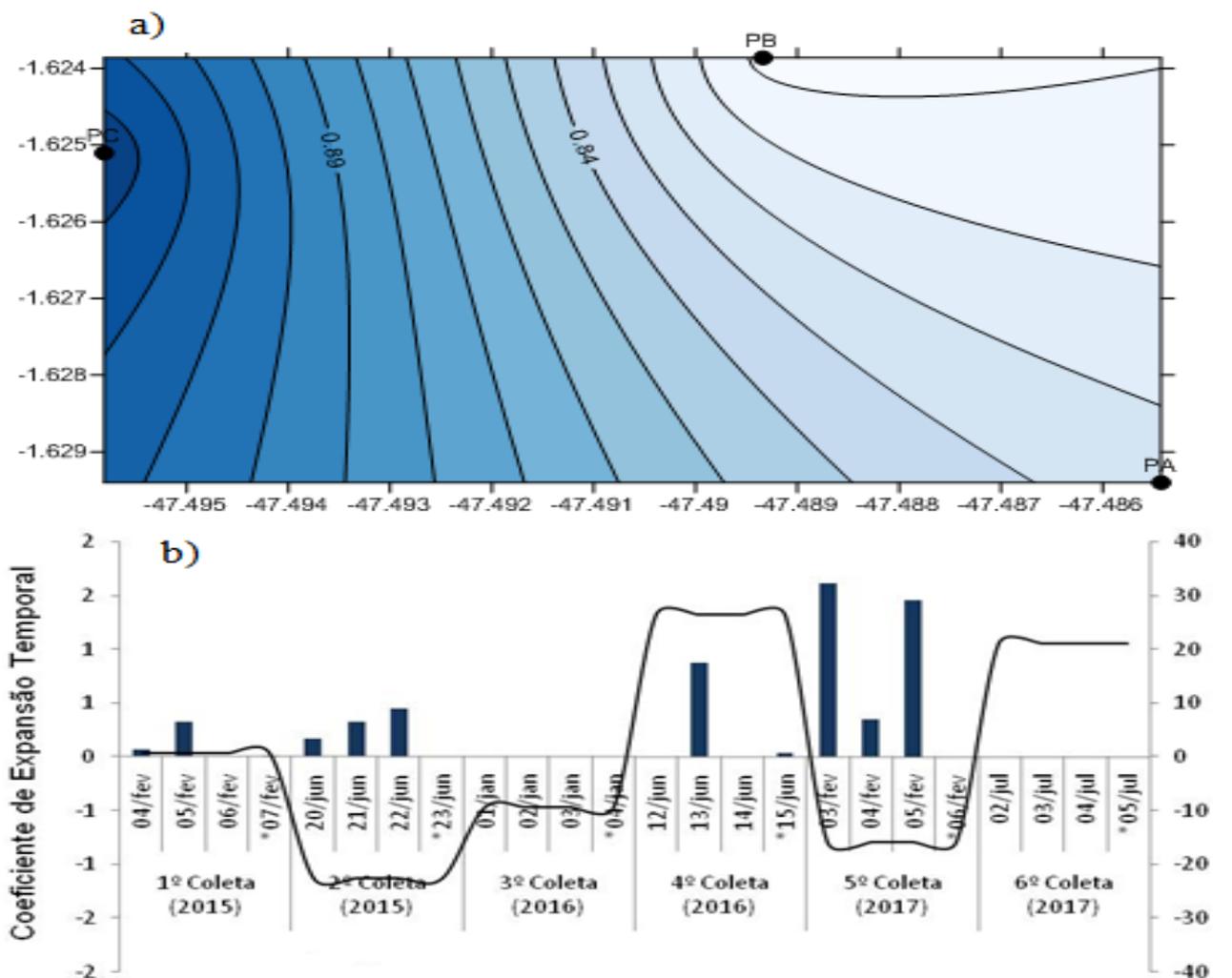


Figura 6: Distribuição espacial e temporal do primeiro modo (CP1), das variáveis pH e OD, com 73,37% da variância total explicada, (a) autovetor; (b) autovalor.

Fonte: Autores

A Figura 7 representa o segundo modo, CP2, na correlação existente entre pH e OD. Na análise temporal, é verificada uma separação entre valores positivos e negativos, figura 7b. Com destaque a uma maior correlação dos parâmetros para PB (centro) em Jan /2016 (3° Coleta) e Jul/2017 (6° Coleta), e menores correlações para PA (montante) em Fev /2017 (5° Coleta).

A forte correlação existente entre os parâmetros para PB (centro) em Jan/2016 e

águas do rio. A carga interna do sistema se altera em decorrência do aumento de concentração de poluentes (Jeppesen et al., 2015), modificando assim, a concentração de parâmetros no meio (Barbosa et al., 2012; Alves et al., 2012; Alvarenga et al., 2012).

A correlação existente em PA (jusante) em Fev/2017, 6° coleta, pode ser justificada pelo acúmulo de argila nas águas do rio, decorrente da atividade da indústria de cerâmica vermelha existente nesse ponto. A lavagem do solo pelo

escoamento superficial, em um período com um quantitativo de chuvas elevado, acaba por influenciar em uma maior correlação dos parâmetros no meio aquático (Jeppesen et al., 2015).

A formação de ácidos orgânicos decorrentes da matéria orgânica que consome oxigênio, diminui os valores de pH das águas do rio (Miranda et al., 2009), fato este que pode ser comparado ao trabalho de Alvarenga et al. (2012), em uma análise da qualidade de água do rio Paraíba do Sul, São Paulo, o qual verificou os mesmos resultados.

Conclusão

A pesquisa constatou por meio das componentes principais, CPS, a existência de fortes correlações entre os parâmetros físico-químicos de qualidade de água no rio Guamá, havendo quase que em sua totalidade diferenças estatísticas significativas entre as séries amostrais anuais, e não significativas entre a escala espacial por pontos de coleta, PA (montante), PB (centro) e PC (jusante).

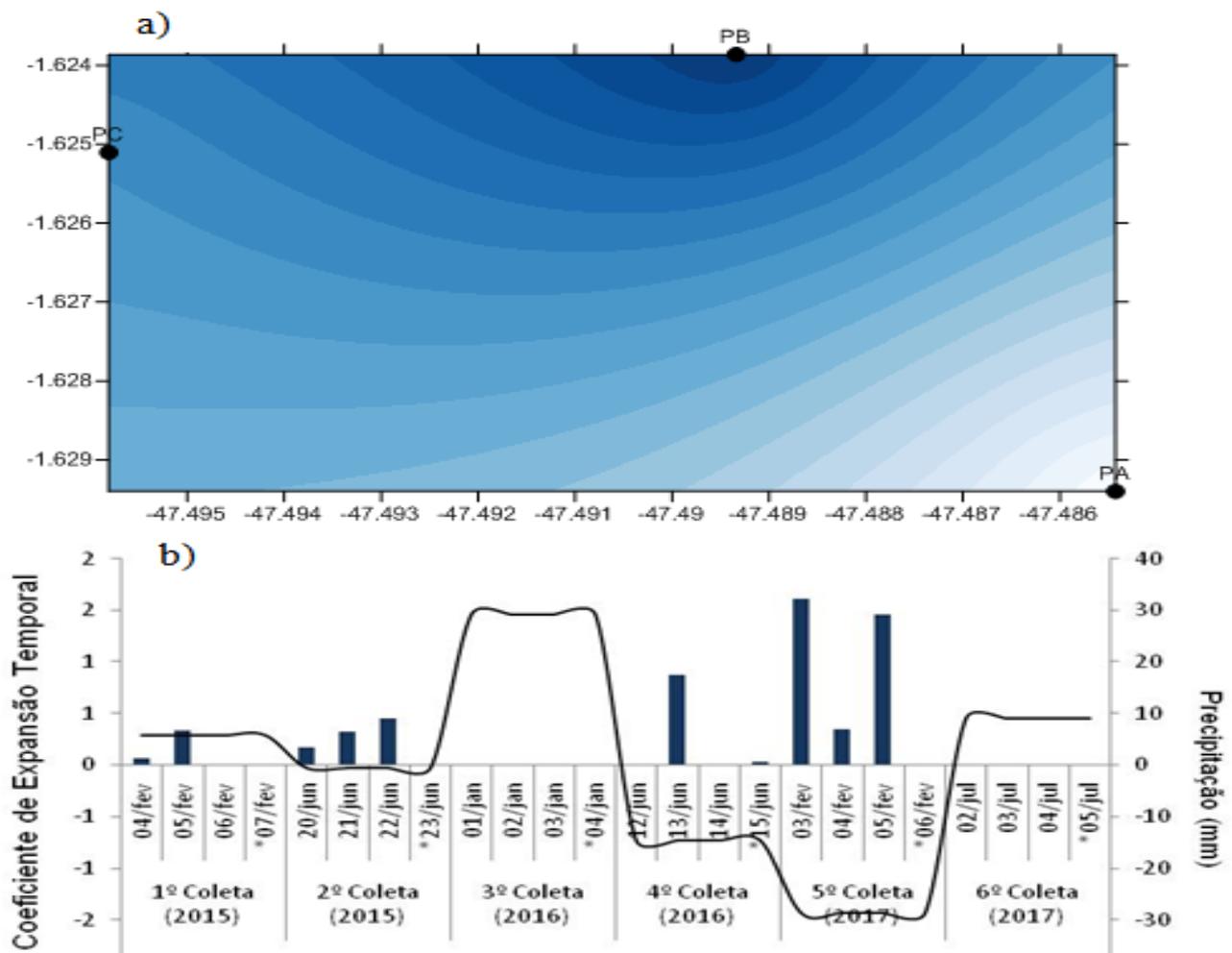


Figura 7: Distribuição espacial e temporal do segundo modo (CP2), das variáveis pH e OD com 21,07% da variância total explicada, (a) autovetor, (b) autovalor.
 Fonte: Autores.

Os parâmetros apresentaram valores condizentes com a resolução 357/2005 CONAMA, com exceção para pH que apresentou características levemente ácidas em quase todas as coletas, e OD que foi abaixo do estipulado, $<5\text{mg.L}^{-1}$, em Jun/2015 (2º Coleta) e Fev/2017 (5º Coleta), períodos com chuvas na região.

No primeiro experimento, a CP1 apresentou elevadas correlações entre CE, TDS, T.Água e TURB em PC (jusante) em Fev/2015 (1º Coleta) e Jan/2016 (3º Coleta) e como também para o PB (centro) para Jun/2016 (4º Coleta), 70% da variância total explicada. A CP2 revelou fortes correlações em PA (montante) e PB (centro) em Jan/2016 (3º Coleta) e Jun/2016 (4º Coleta), e para PC (jusante) em Jun/2015 (2º Coleta) e Fev/2017 (5º Coleta), 25,41% da variância total explicada.

No segundo experimento, a CP1 revelou fortes correlações entre pH e OD em PC (jusante) em Jun /2016 (4º Coleta), e Jul/2017 (6º Coleta), e menores correlações positivas para o ponto B (Centro) nos anos de Jun /2015 (2º Coleta) e Fev/2017 (5º Coleta), 73,37% da variância total explicada. A CP2 com fortes correlações para PB (centro) em em Jan /2016 (3º Coleta) e Jul/2017 (6º Coleta), e menores correlações para PA (montante) em Fev /2017 (5º Coleta), 21,07% da variância total explicada.

Os resíduos das atividades antrópicas no entorno do rio parecem influenciar as concentrações dos parâmetros na água, quando o nível da mesma encontra-se mais baixo. Em síntese é possível afirmar que as correlações existentes entre os parâmetros nas CPS foram influenciadas diretamente pela sazonalidade dos períodos com poucas chuvas na região, tendo em vista as maiores correlações ocorrem em Jan/2016 e Jun/2016, meses de coleta que não apresentaram chuvas em São Miguel do Guamá.

Foi importante a utilização do método da análise dos componentes principais na forma de facilitar a retirada de informações de parâmetros complexos e distintos, sem perdas significativas de dados. A presente pesquisa mostra-se inovadora na região, tendo em vista ser pioneira no estudo da análise das CPS com os parâmetros físico químicos de qualidade de água no nordeste paraense.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA - UFPA) com o

apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). A parceria Universidade Federal do Pará – UFPA e Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, com o apoio do projeto; Desenvolvimento local Integrado: A Socioeconomia, Proteção e Reabilitação Ambiental da Microbacia do Rio Guamá, Pará, Brasil. Financiado pela Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia – SUDAM.

Referências

- Alvarenga, L. A., Martins, M. P. P., Cuartas, L. A., Penteado, V. A., & Andrade, A. (2012). Estudo da qualidade e quantidade da água em microbacia, afluente do rio Paraíba do Sul-São Paulo, após ações de preservação ambiental. *Revista Ambiente & Água*, 7, 228-240.
- Alves, I. C. C., El-Robrini, M., Santos, M. D. L. S., Monteiro, S. D. 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 Amazonica*, 42, 115-124.
- Andrade, E. M. D., Araújo, L. D. F., Rosa, M. F., Disney, W., & Alves, A. B. (2007). Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. *Engenharia agrícola*, 27, 683-690.
- Arcova, F. C. S., & de Cicco, V. (1999). Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. *Scientia Forestalis*, 56, 125-134.
- Barbosa, J. E. D. L., Medeiros, E. S. F., Brasil, J., Cordeiro, R. D. S., Crispim, M. C. B., & Silva, G. H. G. D. (2012). Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 24, 103-118.
- Barreto, L. V., de Souza Fraga, M., Barros, F. M., Rocha, F. A., da Silva Amorim, J., de Carvalho, S. R., ... & da Silva, D. P. (2014). Relação entre vazão e qualidade da água em uma seção de rio. *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 9, 118-129.
- Bonacin Silva, A. L. (2001). Caracterização ambiental e estudo do comportamento do

- chumbo, zinco e boro em área degradada por indústrias cerâmicas-região dos lagos de Santa Gertrudes, SP. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- Borges, M. J., Galbiatti, J. A., & Ferraudo, A. S. (2003). Monitoramento da qualidade hídrica e eficiência de interceptores de esgoto em cursos d'água urbanos da bacia hidrográfica do córrego Jaboticabal. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 8, 161-171.
- Bueno, L. F., Galbiatti, J. A., & Borges, M. J. (2005). Monitoramento de variáveis de qualidade da água do Horto Ouro Verde-Conchal-SP. *Engenharia Agrícola*, 25, 742-748.
- Carvalho, G. L., & de Siqueira, E. Q. (2011). Qualidade da água do Rio Meia Ponte no perímetro urbano do município de Goiânia-Goiás. *REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, 2(1).
- CETESB - Companhia Estadual Técnica de Saneamento Básico e Defesa do meio Ambiente- Variáveis de qualidade das águas. (2006). Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso: 08.06.2017.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2006). Resolução nº357 de 17 de março de 2005. Disponível em <http://www.mma.gov.br/conama>. Acesso: 08.06.2017.
- Cunha, H.B. & Pascoaloto, D. (2006). Hidroquímica dos rios da Amazônia. Manaus: Governo do Estado do Amazonas, Secretaria de Estado da Cultura, Centro Cultural dos Povos da Amazônia. Série Pesquisas, 127pp.
- Dos Santos, Q. R., de Souza Fraga, M., Uliana, E. M., dos Santos Reis, A., & Barros, F. M. (2013). Monitoramento da qualidade da água em uma seção transversal do rio Catolé, Itapetinga-BA.16(9), 1503- 1519.
- Esteves, F.A. (1998). *Fundamentals of Limnology* (in Portuguese) . 2 ed., Interciência, New York.
- Gomes, L. H. (2009). Alterações de propriedades físico-químicas da água tratada com preparados homeopáticos de carbonato de cálcio. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa.
- Grigoletti, G. D. C. (2001). Caracterização de impactos ambientais de indústrias de cerâmica vermelha do Estado do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Haile, A. T., Yan, F., & Habib, E. (2015). Accuracy of the CMORPH satellite-rainfall product over Lake Tana Basin in Eastern Africa. *Atmospheric Research*, 163, 177-187.
- Hair, J.J.F.; Anderson, R.E.; Tatham, R.L.; Black, W.C. , 2005, *Análise multivariada de dados*. 5.ed, Bookman, Porto Alegre.
- Horbe, A. M. C., Pinto, A. G. N., Silva, M. D. S. R. D., Miranda, S. A. F., Pascoaloto, D., & Santos, H. M. D. C. (2009). Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do rio Negro na orla de Manaus/AM. *Acta amazonica*, 39(3), 627-638.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2018). Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/sao-miguel-do-guama/panorama>, : Acesso em: 24.jan. 2018.
- Jeppesen, E., Brucet, S., Naselli-Flores, L., Papastergiadou, E., Stefanidis, K., Noges, T., ... & Bucak, T. (2015). Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due to changes in water level and related changes in salinity. *Hydrobiologia*, 750(1), 201-227.
- Lima, E. B. N. (2001). Modelação integrada para gestão da qualidade da água na bacia do rio Cuiabá. *Rio de Janeiro*, 102(1), 1-102.
- Magalhães, C. F. B. (2016). *Análise Do Processo Produtivo Dos Tijolos Cerâmicos Na Fábrica Nova São José de Itacoatiara/AM: Um Estudo De Caso*. Tese de doutorado. Universidade Federal do Pará.
- Maier, M. H., & Tolentino, M. (1987). Ecologia da Bacia do Rio Jacaré Pepira (47°55"–18°55'W e 22°30'–21°55' S): Fisiografia (Geomorfologia, Geologia e Hidrografia) e

- Uso do Solo. Boletim do Instituto de Pesca, 13, 121-133.
- Medeiros, G. A., Archanjo, P., Simionato, R., & Reis, F. A. G. V. (2009). Diagnóstico da qualidade da água na microbacia do córrego recanto, em americana, no estado de São Paulo. *Geociências*, 28, 181-191.
- Miranda, R. G., Pereira, S. D. F. P., Alves, D. T. V., & Oliveira, G. R. F. (2009). Qualidade dos recursos hídricos da Amazônia-Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físico-químicos. *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 4, 75-92.
- Mota, Galdino Viana., Souza, E. B. D., Lopes, M. N., da Rocha, E. J., Souza, J. R. S., Cunha, A. C. D., Silva, R. R. D., ... & Guimarães, P. L. (2009). Precipitação sazonal sobre a Amazônia oriental no período chuvoso: Observações e simulações regionais com o RegCM3. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 24, 111-124.
- Oliveira, L. C. D., Gomes, B. M., Baumgartner, G., & Sebastien, N. Y. (2008). Variação espacial e temporal dos fatores limnológicos em riachos da microbacia do Rio São Francisco Verdadeiro. *Engenharia Agrícola*, 28(4), 770-781.
- Pinto, A. L. (2003). Saneamento básico e qualidade das águas subterrâneas. Moretti, Edvaldo C. E Calixto, Maria José MS (Org.), 11.
- Pires, Iran P; Miranda, André M; Couto, Celso S; Lentini, Marco W; Zweede, Johan C. (2015) Exploração de impacto reduzido em período chuvoso em florestas de terra firme da Amazônia brasileira: considerações técnicas, minimização de impactos e índices de produtividade. *Boletim Técnico do Instituto Floresta Tropical*.
- Sá Filho, J. A. R. D. (2010). Avaliação qualitativa das águas no sistema de macrodrenagem da bacia do Tabuleiro dos Martins–Maceió/AL. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Alagoas.
- Silva, A. E. P., Angelis, C. F., Machado, L. A. T., & Waichaman, A. V. (2008). Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. *Acta amazônica*, 38(4), 733-742.
- Silva, A. P. D. S., Dias, H. C. T., Bastos, R. K. X., & Silva, E. (2009). Qualidade da água do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, Minas Gerais. *Revista Árvore*, 33(6), 1063-1069.
- Silva, J. D. (2010). Avaliação da qualidade da Água Superficial utilizada no sistema de abastecimento público do município de Belém (PA). Dissertação de Mestrado. ITEC/UFPA. Belém, PA, Brasil.(Unpublished)).
- Tundisi, J. G (2005). Recursos hídricos. Parcerias estratégicas, Brasília – DF, 20, 727-746.
- Vasco, A. N. D., Britto, F. B., Pereira, A. P. S., Garcia, C. A. B., Mélló Júnior, A. V., & Nogueira, L. C. (2011). Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil.
- Vasconcelos, V. D. M. M., & Souza, C. F. (2011). Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 6, 605-624.
- Vidal, M., López, A., Santoalla, M. C., & Valles, V. (2000). Factor analysis for the study of water resources contamination due to the use of livestock slurries as fertilizer. *Agricultural Water Management*, 45, 1-15.