

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA PERIURBANA NO MUNICÍPIO DE CAPITÃO POÇO/PA

*Igor Campos da Silva Cavalcante ¹
Raimunda da Silva e Silva ¹
Claudio José Cavalcante Blanco ¹
Luiza Carla Girard Mendes Teixeira ¹
Lindemberg Lima Fernandes ¹

WATER QUALITY ANALYSIS OF A PERI-URBAN WATERSHED IN THE MUNICIPALITY OF CAPITÃO POÇO/PA

Recibido el 21 de diciembre de 2017; Aceptado el 9 de abril de 2019

Abstract

The objective of this study was to analyze the water quality of the Igarapé da Prata, in the municipality of Capitão Poço/PA, to identify the most relevant quality parameters in the determination of water quality indicatives, using descriptive and multivariate statistics. Therefore, 3 sampling points were selected along the hydrous body, considering rainy periods and dry periods, using a total of 11 parameters of water quality. By analyzing the main components, it was verified that the first 4 components explained 73.7% of the total variance of the samples for the rainy season and the first 3 components of the dry period explained 67.5% of the total variance. The factorial analysis allowed the rotation of the matrix of the main components, maximizing the variance and reducing the number of relevant parameters for the water quality to 6, among the rainier and less rainy periods. It was performed the creation of scores based on the values of the rotated factors and raw data, to create quality ranking among the sampling points, which showed that the PT-01 presented the worst water quality indicatives because it was located in an area with few riparian forests and with a higher concentration of residences and agricultural activities.

Keywords: hydrous body, water quality, multivariate statistics, main components.

¹ Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Pará (UFPA), Campus Belém, Brasil.

*Autor correspondente: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (LAESA), Universidad Federal de Pará. Calle Augusto Corrêa, 01, Guamá, Campus Belém. Belém, Pará, Brasil. CEP 66075-110. E-mail: eng.igorcampos@gmail.com

Resumo

O objetivo deste trabalho foi analisar a qualidade da água do Igarapé da Prata, no município de Capitão Poço/PA, para identificação dos parâmetros de qualidade mais relevantes na determinação de indicadores de qualidade da água, com auxílio da estatística descritiva e multivariada. Desta forma, foram selecionados 3 pontos de amostragem ao longo do corpo hídrico, considerando períodos chuvosos e períodos secos, utilizando um total de 11 parâmetros de qualidade da água. A partir da análise das componentes principais, verificou-se que as 4 primeiras componentes explicaram 73,7% da variância total das amostras para o período chuvoso e as 3 primeiras componentes do período seco explicaram 67,5% da variância total. A análise fatorial permitiu a rotação da matriz das componentes principais, maximizando a variância e reduzindo para 6 o número de parâmetros relevantes para a qualidade da água, sendo estes distintos entre os períodos mais chuvosos e menos chuvosos. Foi realizado ainda a criação de scores baseados nos valores dos fatores rotacionados e dados brutos, para criação de ranking de qualidade entre os pontos de amostragem, que mostraram que o PT-01 apresentou os piores índices de qualidade por estar localizado em uma área com pouca mata ciliar e com maior concentração de residências e atividades agrícolas.

Palavras chave: corpo hídrico, qualidade da água, estatística multivariada, componentes principais.

Introdução

As bacias hidrográficas são unidades importantes para o gerenciamento dos recursos naturais e para o planejamento ambiental, constituindo unidades de administração para maior facilidade de controle ambiental. Os componentes das bacias hidrográficas coexistem, gerando indicadores de natureza antrópica e natural (Rodrigues *et al.* 2016).

Em uma bacia hidrográfica, os cursos d'água possuem dois regimes hidrológicos bem definidos, em função de suas vazões, sendo os períodos de cheia e de estiagem, configurando-se como fenômenos naturais cíclicos (Collischonn *et al.* 2005). O período de cheia ocorre com os maiores índices pluviométricos na bacia, fazendo com que os rios recebam contribuição dessas precipitações, causando seus maiores índices de vazões durante o ano. O oposto ocorre nos períodos de estiagem, onde, em sua maioria, os rios recebem contribuição somente da lenta drenagem da água armazenada nos lençóis subterrâneos (Linnansaari *et al.* 2013).

O processo de uso e ocupação do solo, intensificado com a urbanização do meio, é um dos fatores que interferem diretamente na dinâmica natural da água, podendo influenciar o ciclo hidrológico, por exemplo, diminuindo a quantidade de evapotranspiração devido à supressão de áreas verdes (Braga, 2008). Outros produtos dessa intensa ocupação, à exemplo da impermeabilização do solo da bacia e lançamento de efluentes, impactam diretamente a qualidade de vida e a salubridade do meio, bem como da população local (Marmontel e Rodrigues, 2015).

Conforme Libânio *et al.* (2005) e Carreira *et al.* (2001) dispõem, a contaminação das águas superficiais mostra-se como um dos principais riscos à saúde pública, impactando diretamente a qualidade de vida da população. Uma das principais razões para alteração na qualidade ambiental dos recursos hídricos é a disposição de efluentes brutos, que resultará em mudanças das

condições naturais, com variações de turbidez e pH, por exemplo, além da ocorrência de organismos patogênicos.

Além do eventual despejo de efluentes sem tratamento, o escoamento superficial pode ser um fator ponderante da qualidade das águas superficiais, haja vista que pode possuir, em sua composição, sedimentos, matéria orgânica, agentes tóxicos, compostos estáveis e instáveis. Desta forma, quando a bacia hidrográfica possui características morfológicas que favorecem o escoamento superficial, tais como formato, declividade e baixa permeabilidade do solo, o escoamento superficial pode ser caracterizado como um fator de degradação ambiental (Ferreira, 2008).

Vasco *et al.* (2011) indicam que as atividades exercidas na bacia, as quais, em sua maioria, necessitam de água para usos consuntivos ou não consuntivos, podem determinar o grau de degradação ambiental dos recursos hídricos superficiais. As bacias hidrográficas rurais, em sua maioria extensas e com atividades de agricultura e pecuária, comportam-se como fontes de poluição intensas e difusas, devido à pluralidade de processos envolvidos nestas atividades, tais como utilização de compostos químicos como adubo e de compostos hormonais para pecuária. As atividades agropecuárias no país possuem grande escala, haja vista que possuem potencial econômico para geração de lucro, fato que dificulta o diagnóstico da degradação causada e uma possível execução de planos de controle ambiental (Pinto, 2007).

O levantamento e monitoramento de dados de qualidade da água apresenta-se portanto como uma ferramenta para a gestão sustentável dos recursos hídricos, agindo principalmente na preservação da ecologia e da biodiversidade local, conforme afirma Rodrigues *et al.* (2010). Além da aquisição de dados primários de qualidade, a interpretação destes constitui outra etapa imprescindível na avaliação da qualidade das águas, que irá resultar em parâmetros concisos e acessíveis à população em geral.

A autora França (2009) explica a importância da análise estatística dos dados, especialmente a análise multivariada, alertando que mesmo em países desenvolvidos, que normalmente possuem uma rede de monitoramento de qualidade da água extensa e desenvolvida, ainda existem dificuldades para interpretação dos dados, haja vista que são muitas variáveis interdependentes, demonstrando que não são necessários somente estações de monitoramento e laboratórios de análises, mas também a obtenção dos significados de cada parâmetro e sua relevância para o meio ambiente.

Yidana *et al.* (2008) aplicaram análise de componentes principais em 3 localidades da bacia hidrográfica de Ankobra, em Gana, e obtiveram redução do número de pontos de monitoramento de qualidade da água de 30, 33 e 33 pontos de monitoramento para 4, 3 e 4 respectivamente para cada localidade, onde as componentes principais permitiram a identificação de poluição por

minerais. Tavakol *et al.* (2017) coletaram dados de 12 parâmetros de qualidade da água em 15 estações de monitoramento por 1 ano na bacia hidrográfica Haraz, no Irã. A análise de componentes principais e a análise fatorial permitiram a divisão entre grupos de baixa, média e alta poluição, indicando pontos mais críticos na bacia.

Este monitoramento da qualidade da água torna-se ainda mais importante para áreas com grande extensão e com uma pluralidade de atividades, como nas bacias amazônicas. Esta região, alocada em sua maioria na região norte do Brasil, extrapolando ainda as fronteiras nacionais, possui uma grande reserva hídrica e concentra 81% da disponibilidade dos recursos hídricos brasileiros, que por sua vez concentra 12% dos recursos mundiais (ANA, 2011). Cravo *et al.* (2002) explicaram que os solos amazônicos são originados a partir de rochas sedimentares, e sofrem, em sua maioria, influência dos regimes de cheia dos rios, o que favorece o arraste de sedimentos ao leito destes, podendo conferir altas concentrações de minerais, matéria orgânica, acidez e materiais em suspensão, causando a característica de água “turva”.

Desta forma, o objetivo desta pesquisa, conduzida em uma bacia amazônica, consistiu em realizar o diagnóstico da qualidade da água do Igarapé da Prata e identificar as variáveis que são mais relevantes, utilizando estatística multivariada.

Metodologia

A bacia do Igarapé da Prata está localizada no município de Capitão Poço/PA, na região nordeste do estado, distante aproximadamente 160 km da capital Belém. Está incluída no clima tropical úmido, predominante no estado, com dois regimes chuvosos anuais bem definidos, sendo junho à novembro o de menor precipitação, e de dezembro à maio o de maior precipitação (INMET, 2016).

A área de estudo encontra-se inserida, em sua maior parte, na classificação de solos Latossólicos, caracterizados pelo tipo Latossolo Amarelo (Carriello *et al.*, 2014; Gomide 2010; Rocha, 2013 citados por Rodrigues *et al.*, 2016). São solos muito comuns nas planícies sedimentares amazônicas, caracterizando-se por baixa concentração de minerais. Na foz da bacia, encontra-se a ocorrência de solo do tipo gleissolo hápico. No que diz respeito à formação geológica da bacia hidrográfica em estudo, esta é composta por sedimentos dos tipos Aluviões Holocênicos, Granito Ourém, Barreiras e Granito Jonasa.

Há a presença de cenários distintos na configuração do espaço, como floresta primária, isto é, vegetação virgem com pouca ou nenhuma interferência antrópica; área de cultivo de diversas culturas, à exemplo da pimenta e laranja; pastagem para gado e terreno descoberto, com áreas de 13.64 km², 2.16 km², 16.12 km² e 4.96 km² respectivamente (Gomide *et al.* 2010). Na Figura 1 está mostrada a localização espacial da bacia hidrográfica.

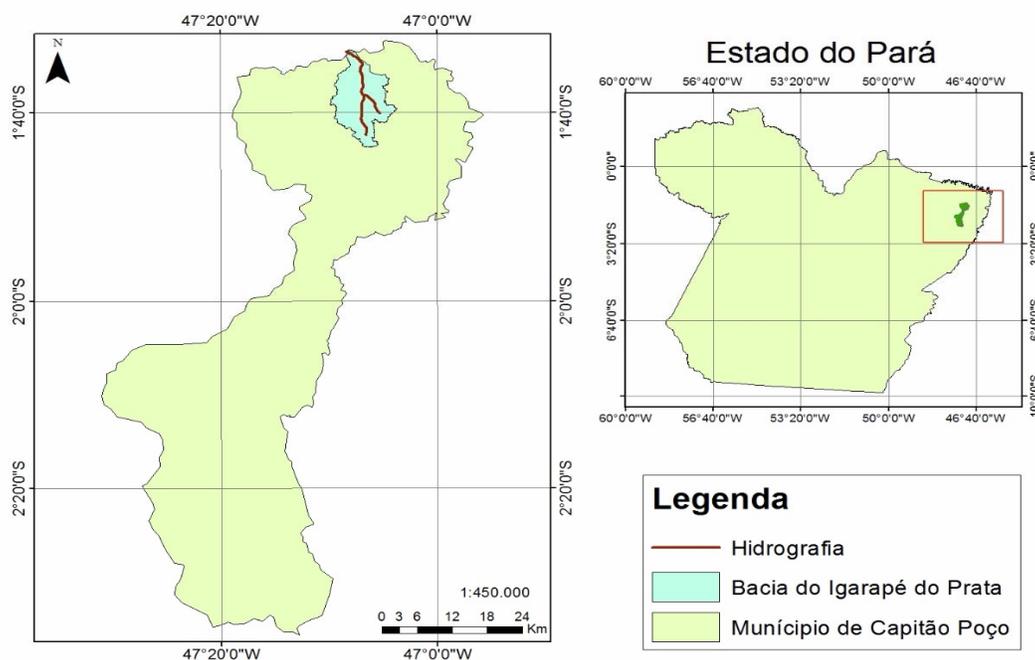


Figura 1. Limites do município de Capitão Poço e demarcação da bacia hidrográfica.

O perfil geomorfológico e a antropização da bacia hidrográfica foram verificados *in loco* e através de imagens de satélites, que auxiliaram na definição das variáveis de estudo. Buscou-se também considerar as variáveis necessárias ao cálculo do IQA (Índice de Qualidade das Águas) disposto por CETESB (1975), para pesquisas futuras.

Para esta pesquisa foram selecionadas as variáveis de estudo oxigênio dissolvido, coliformes totais, *E. Coli*, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total (Ptotal), temperatura, nitrogênio total (Ntotal), turbidez, condutividade e sólidos totais (ST), totalizando 11 parâmetros avaliados ao longo de 15 campanhas com um total de 495 dados de entrada, objetivando a análise da qualidade da água em 3 pontos de monitoramento para realização de um diagnóstico da bacia.

A pesquisa foi dividida em 3 etapas. A primeira etapa consistiu no levantamento bibliográfico e na definição dos métodos de coleta e análise, bem como a seleção das variáveis de estudo e definição dos pontos de coleta. A etapa seguinte consistiu na realização das coletas e análises em laboratório. A última etapa consistiu no tratamento dos dados brutos.

Considerou-se um trecho do igarapé de aproximadamente 4,50 km, do ponto 1 (PT-01) ao ponto 3 (PT-03) e outro trecho de 2 km do contribuinte ponto 2 (PT-02), que é um curso d'água contribuinte do igarapé principal, ao ponto 3, com escoamento natural. Em seu percurso o

igarapé passa por residências e em sua foz por um estabelecimento comercial de hospedagem, o que torna pertinente a adoção dos pontos. Foram realizadas 15 campanhas, as quais compostas por 11 parâmetros cada, utilizando os métodos de coleta e análise segundo o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). Posteriormente, realizou-se levantamento de campo para determinação dos pontos de coleta georreferenciados, conforme ilustra a Figura 2.

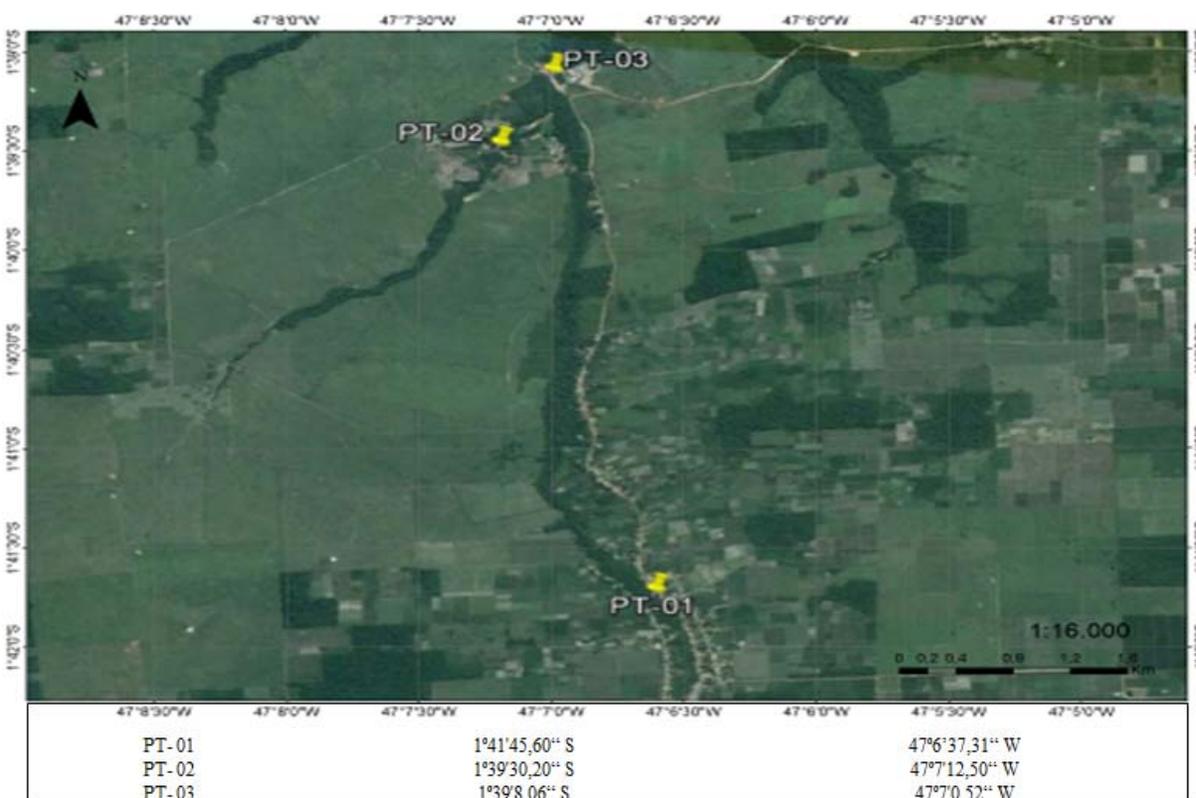


Figura 2. Pontos de amostragem na bacia do Igarapé da Prata.

As coletas foram realizadas com análise integrada por sensor *in loco*, com auxílio de sonda multiparamétrica, e com coleta simples, com auxílio de um coletor manual, para as análises em laboratório. Foram realizadas em regime mensal e ocorreram de 2015 à 2017, considerando 3 períodos chuvosos e 2 períodos secos. As análises foram realizadas no Laboratório Multiusuário de Tratabilidade de Águas e Esgoto (LAMAG), localizado na Universidade Federal do Pará (UFPA).

A amostragem simples não considera as variações ocorridas ao longo do dia, que podem ser referentes à vazão, concentração de poluentes, dentre outros. Entretanto, na tentativa de minimizar este fato, buscou-se realizar as coletas no mesmo período do dia, pelo turno da tarde.

As amostras foram transportadas em caixas de isopor lacradas e com temperatura média de 4°C. Na Figura 3 estão destacados os pontos de coleta.



Figura 3. Fotografias dos pontos de amostragem ao longo do percurso do Igarapé da Prata a) PT – 01 b) PT – 02 c) PT - 03

O tratamento dos dados obtidos foi realizado em duas etapas, sendo a primeira a aplicação da estatística descritiva, com análise de matriz de correlação; a segunda etapa consistiu na aplicação da estatística multivariada, através da análise de componentes principais (ACP) via matriz de correlação, para padronização das diferentes escalas. A ACP demanda três etapas, sendo a primeira a preparação da matriz de correlação [R]; a segunda consiste na extração dos fatores comuns e a redução de variáveis explicativas e originais; a terceira consiste na rotação dos eixos relativos aos fatores comuns, com o objetivo de tornar a solução mais simples, resultando nos componentes principais da série de dados (Guedes *et al.* 2012) e (França, 2009). Foi realizada ainda a análise fatorial para maximização da variância explicada pelos componentes principais através do método de rotação de matriz *Varimax*, sem perda de proporção explicativa total, conforme afirma (Andrade *et al.* 2007a). Estas foram determinadas com auxílio do software Minitab versão 18 e a organização de planilhas e aplicação de estatística descritiva com o software Microsoft Excel 2010. Para melhor avaliação da sazonalidade das precipitações pluviométricas, os resultados das análises foram divididos entre período seco e período chuvoso.

Os critérios considerados para extração das componentes principais foram matriz de correlação de dados, com nível de significância de 5% (valor-p = 0.05) e o percentual de variância acumulada das componentes geradas, a fim de escolher as variáveis que expliquem a maior parte da variância da amostra. Para confirmação do número de fatores considerados, também foi aplicado o Critério de Kaiser, conforme explica Hair *et al.* (2005), para autovalores maiores do que 1, sendo aqueles

menores do que 1 considerados insignificantes. A análise de *outliers* foi realizada através da distância de Mahalanobis.

Foi realizada também geração de scores em função dos componentes encontrados, para melhor entendimento do significado físico das relações numéricas. Este procedimento consiste no produto dos autovalores em função dos dados brutos coletados para geração de índices (Mingoti, 2013).

Os valores referentes à coliformes totais não foram levados em consideração na matriz de correlação e na ACP devido à sua grande variabilidade, o que poderia ocasionar um deslocamento dos autovalores para componentes menos explicativas. Optou-se pela inclusão dos dados de *E. Coli*, apesar da grande variabilidade, por ser um forte indicativo de contaminação fecal, dando mais relevância à interpretação dos dados no contexto da bacia.

Resultados e discussões

A matriz de correlação para os pontos PT-01, PT-02 e PT-03, utilizando os parâmetros selecionados no estudo, tanto no período seco quanto no período chuvoso, está apresentada na Tabela 1. Os pares de variáveis que apresentaram maiores correlações foram: *E. Coli* – pH; DBO - pH; Condutividade - pH; DBO - Turbidez; Ntotal – Turbidez; OD – Turbidez; OD – *E. Coli* e OD - DBO.

O par *E. Coli* – pH mostra uma correlação negativa ($r = -0.399$) indica que estes variam em sentidos opostos. Esta correlação pode estar indicando a relação entre o aumento ou diminuição da população de bactérias pela faixa de pH, que corresponde à um importante requisito para realização das atividades metabólicas da bactéria.

O par DBO – pH é muito utilizado para avaliação da qualidade da água em diversos trabalhos, haja vista que constituem um importante indicativo de poluição dos recursos hídricos. Sua correlação negativa ($r = -0.367$) mostra que estes variam de forma inversa. A decomposição de matéria orgânica na água contribui para a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido, gerando gases como subproduto, ao exemplo do gás sulfídrico, podendo ocasionar diminuição no valor do pH, conforme explica Nozaki *et al.* (2014). Desta forma, haveria uma demanda por oxigênio para reestabelecimento de equilíbrio no corpo hídrico, variando os valores de DBO.

A correlação negativa Condutividade – pH ($r = -0.345$) mostra um deslocamento em direções opostas. Isto pode ser explicado devido à diferenciação do significado matemático e do significado físico do pH, haja vista que quanto menor o valor de pH, maior a concentração de íons H^+ na água, que por sua vez encontra-se mais ionizada e tem sua capacidade de conduzir eletricidade aumentada.

Tabela 1. Matriz de correlação de Pearson para os parâmetros selecionados para a pesquisa.

	pH	Temperatura	Turbidez	<i>E. Coli</i>	DBO	Ntotal	Ptotal	OD	ST
Temperatura	0.014 0.928								
Turbidez	0.180 0.237	0.080 0.600							
<i>E. Coli</i>	0.399 0.007	-0.070 0.650	0.283 0.059						
DBO	0.367 0.013	0.211 0.164	0.287 0.040	-0.117 0.444					
Ntotal	0.112 0.462	0.069 0.651	0.727 0.050	0.231 0.127	0.006 0.970				
Ptotal	-0.174 0.252	0.185 0.224	0.179 0.240	0.018 0.908	-0.035 0.819	-0.002 0.988			
OD	0.006 0.967	-0.114 0.456	-0.377 0.011	-0.395 0.007	-0.308 0.039	-0.210 0.165	0.006 0.968		
ST	-0.159 0.298	-0.025 0.873	0.268 0.075	0.277 0.065	-0.103 0.501	0.235 0.120	-0.051 0.742	-0.178 0.242	
Condutividade	0.345 0.020	0.225 0.138	-0.121 0.429	-0.043 0.780	0.045 0.767	-0.224 0.140	0.293 0.051	0.262 0.082	0.025 0.870

Correlação de Pearson
Valor-p

No que diz respeito aos pares DBO – Turbidez, Ntotal – Turbidez e OD - Turbidez, tem-se correlações positivas para os primeiros pares ($r = 0.287$ e $r = 0.727$ respectivamente) e uma correlação negativa para o último par ($r = -0.377$), indicando que a presença de matéria orgânica e nutrientes está fortemente relacionada à concentração de sólidos suspensos, resultantes de escoamento superficial na bacia, por exemplo, que por sua vez variam diretamente as concentrações de oxigênio dissolvido no corpo hídrico. Este escoamento varia em função da incidência de chuvas, impactando de diferentes formas o corpo hídrico, mais intensamente no período chuvoso, com maiores precipitações pluviométricas.

O par OD – *E. Coli* apresentou correlação negativa ($r = -0.395$) pode indicar que as variações de OD influenciam na população de bactérias, configurando-se portanto como um parâmetro requisito para essas bactérias, assim como pH e temperatura. A correlação negativa do par OD – DBO ($r = -0.308$) já era esperada, haja vista que seus significados físicos são antagônicos. Estão apresentados na Tabela 2 os dados tratados com estatística descritiva para os períodos seco e chuvoso.

Tabela 2. Estatística descritiva dos dados obtidos nos pontos de coleta

Variável		pH	Temp.	Turbidez	Coliforme Tot.	<i>E - coli</i>	DBO	Ntotal	Ptotal	OD	ST	Condutividade	
Unidade		-	C°	UNT	NMP/100mL	NMP/100mL	mg/L	mgN/L	mgP/L	mg/L	mg/L	µS/cm ²	
PERÍODO CHUVOSO	PT-01	Máximo	8.08	27.90	442.00	>2420	>2420	22.00	15.22	1.58	6.58	282.00	63.00
		Média	5.84	26.02	89.23	1997.56	970.89	9.00	3.94	0.38	4.82	95.67	26.75
		Mínimo	4.59	21.40	2.08	17.00	11.00	1.00	0.31	0.02	2.81	23.00	15.01
	PT-02	Máximo	7.35	27.40	52.00	>2420	1349.00	18.00	4.00	0.32	7.64	568.00	60.00
		Média	5.72	25.59	14.37	2273.00	475.89	6.96	1.71	0.10	5.51	116.22	24.64
		Mínimo	4.32	20.90	2.55	457.00	33.00	1.00	0.29	0.02	2.33	29.00	13.04
	PT-03	Máximo	8.00	26.58	42.10	>2420	1950.00	12.00	4.18	0.52	8.69	420.00	63.00
		Média	6.03	25.47	19.37	2027.97	556.56	6.06	1.84	0.16	6.16	97.56	23.99
		Mínimo	4.83	20.70	3.89	47.00	66.00	1.00	0.29	0.02	3.17	26.00	12.91
		Média	5.86	25.69	40.99	2099.51	667.78	7.34	2.49	0.21	5.50	103.15	25.12
		Mediana	5.70	26.10	14.50	2500.00	373.00	6.00	1.17	0.11	5.68	65.00	21.50
		Desvio Padrão	1.11	1.78	89.08	829.61	725.10	6.42	3.28	0.33	1.47	125.63	13.84
	Máximo	8.08	27.90	442.00	>2420	>2420	22.00	15.22	1.58	8.69	568.00	63.00	
	Mínimo	4.32	20.70	2.08	17.00	11.00	1.00	0.29	0.02	2.33	23.00	12.91	
PERÍODO SECO	PT-01	Máximo	7.20	27.88	114.00	>2420	>2420	12.00	1.10	0.73	7.65	842.00	80.00
		Média	5.30	27.11	28.66	1619.83	871.00	6.33	0.75	0.40	5.49	198.00	38.88
		Mínimo	4.23	25.55	1.71	613.00	22.00	5.00	0.49	0.02	4.30	20.00	23.00
	PT-02	Máximo	9.60	26.55	8.34	>2420	>2420	12.00	1.01	0.63	7.20	89.00	67.00
		Média	5.55	26.23	4.94	1256.17	459.00	7.67	0.71	0.33	5.92	40.67	32.43
		Mínimo	3.53	25.43	3.12	248.00	17.00	5.00	0.30	0.17	4.30	8.00	19.60
	PT-03	Máximo	6.20	26.49	83.00	>2420	>2420	10.00	1.15	0.60	7.07	294.00	73.00
		Média	4.95	26.09	18.03	1742.00	517.00	4.83	0.64	0.26	5.89	99.67	31.65
		Mínimo	3.24	25.07	1.95	345.00	8.00	2.00	0.25	0.03	4.30	21.00	16.00
		Média	5.26	26.48	17.21	1539.33	615.67	6.28	0.70	0.33	5.77	112.78	34.32
		Mediana	4.99	26.42	5.33	1537.00	66.00	5.00	0.71	0.27	5.97	64.00	26.15
		Desvio Padrão	1.53	0.74	31.30	940.16	1041.10	2.82	0.25	0.22	1.33	192.69	19.43
	Máximo	9.60	27.88	114.00	>2420	>2420	12.00	1.15	0.73	7.65	842.00	80.00	
	Mínimo	3.24	25.07	1.71	248.00	8.00	2.00	0.25	0.02	4.30	8.00	16.00	
SECO E CHUVOSO		Média	5.62	26.01	31.48	1875.44	646.93	6.91	1.78	0.26	5.61	107.00	28.80
		Mediana	5.30	26.22	6.73	2500.00	179.00	5.00	0.82	0.17	5.71	65.00	23.40
		Desvio Padrão	1.31	1.50	72.15	908.42	854.47	5.27	2.68	0.29	1.41	153.93	16.72
		Máximo	9.60	27.90	442.00	>2420	>2420	22.00	15.22	1.58	8.69	842.00	80.00
		Mínimo	3.24	20.70	1.71	17.00	8.00	1.00	0.25	0.02	2.33	8.00	12.91

A presença de bactérias do grupo coliformes totais e *E. Coli* indica contaminação fecal, podendo ser oriunda da deposição de esgotos domésticos no corpo d'água (Oliveira *et al.* 2012). A ocorrência destes aumenta no período chuvoso, o que pode ser explicado pelo carreamento de sedimentos por escoamento superficial até o igarapé em todos os pontos de amostragem. Os maiores desvios padrão percebidos foram dos parâmetros turbidez, coliformes totais, *E. Coli*, ST e condutividade. Isto pode ser explicado pela variação mais sensível destes parâmetros aos regimes de chuva, com maior variação em função da média.

Os valores máximos para Ntotal e Ptotal, 15.22 mg/L e 1.58 mg/L respectivamente, ocorreram no período chuvoso e podem ser explicados pela lixiviação de resíduos de adubos orgânicos utilizados em plantações, haja vista que é notória a presença de plantações de culturas em toda a área de estudo, sobretudo nos entornos do PT – 01. Observações semelhantes, no que diz respeito ao carreamento de sedimentos oriundos de áreas agrícolas e aumento da concentração dos compostos fosforados e nitrogenados na água, foram feitas por Pinheiro *et al.* (2014) na avaliação da qualidade da água do Rio Duas Mamas, em Santa Catarina. Além disso, o carreamento de sólidos ao igarapé também pode provocar aumento nas concentrações destes parâmetros, devido à uma possível adsorção de minerais e matéria orgânica nestas partículas, que também podem ser atrelados ao valor máximo de DBO encontrado (22 mg/L) em uma única campanha no período chuvoso.

Em relação às médias para condutividade obteve-se um valor maior no período seco (34.3 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$) do que no período chuvoso (25.1 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$), indicando a provável concentração mais expressiva de íons em solução no período seco, devido às menores lâminas d'água, decorrentes da menor ocorrência de chuvas (Wetzel e Likens, 2001).

O valor máximo para ST foi maior no período seco (842 mg/L) do que no período chuvoso (568 mg/L). Cabe ressaltar que as bacias hidrográficas amazônicas possuem alto índice pluviométrico, que mesmo nos denominados períodos “secos”, apresentam índices pluviométricos da ordem de 230 mm (Moraes *et al.* 2005). No caso do valor máximo a coleta foi feita em dia de chuva.

A variável temperatura não demonstrou grandes variações, como mostra o desvio padrão (1.50) considerando os dois períodos, o que pode ser explicado pela pouca variação do clima tropical da região.

Considerando-se o par pH e OD, utilizados como fortes indicativos na avaliação de qualidade da água, tem-se que os valores obtidos variaram do período chuvoso ao período seco. As médias de pH nos pontos PT-01, PT-02 e PT-03 variaram de 5.8, 5.7 e 6.0 para 5.3, 5.6 e 4.9 respectivamente; OD nos mesmos pontos variaram de 4.8, 5.5 e 6.2 mgO_2/L para 5.5, 5.9 e 5.9 mgO_2/L respectivamente. Nozaki *et al.* (2014) encontraram comportamento semelhante na avaliação de pH e OD nos rios Tamandateí, Dos Meninos e nos córregos Utinga, Grotas e dos Moinhos, no

estado de São Paulo, onde afirmaram que a concentração de OD não influenciou os valores de pH. Desta forma, as menores concentrações de OD observadas no período chuvoso podem estar relacionadas à maior quantidade de sedimentos no Igarapé da Prata, que podem ocasionar esta depleção de OD por conta dos processos de decomposição da matéria orgânica possivelmente adsorvida nestes. Portanto, infere-se que, mesmo no período seco, a troca de oxigênio entre a atmosfera e a superfície da água é eficiente, gerando maiores concentrações. No que diz respeito à diminuição dos valores de pH, esta pode ocorrer pela introdução de gases provenientes da atmosfera, como gás carbônico (CO₂), e da decomposição de algas e vegetações aquáticas, as quais foram identificadas no local de estudo. Não foram encontrados *outliers* para os dados obtidos.

No que diz respeito à análise multivariada, as componentes principais (CP) obtidas a partir das variáveis de estudo para o período chuvoso foram 10, totalizando 100% de variância acumulada. Foram consideradas as componentes principais CP1, CP2, CP3 e CP4, por possuírem autovalores iguais ou maiores que 1, conforme dispõe Hair *et al.* (2005), explicando juntas 73.7 % da variância dos dados. As significâncias de explicação das componentes principais selecionadas foram 28.2 %, 20.3%, 13.8% e 11.4% respectivamente. Para o período seco, foram obtidas 10 componentes principais e consideradas as primeiras 3 componentes, que juntas explicaram 67.5% da variância total da amostra. A componente CP1 explicou com significância 32% dos dados; CP2 com 22.3% e CP3 13.3%. De acordo com Liu *et al.* (2003), fatores que possuem carga fatorial maior que 0.75, possuem indicativos de forte carga entre as variáveis de qualidade de água, e que aqueles abaixo de 0.70 devem ser descartados. Na análise de carga fatorial, das componentes principais, nenhum valor ultrapassou 0.70, o que pode estar ligado às altas variações dos dados de entrada. Desta forma, aplicou-se a transformação ortogonal dos eixos através do algoritmo varimax, o qual maximiza a variância entre os fatores e altera a raiz característica sem afetar a proporção da variância total explicada pelo conjunto (Andrade *et al.* 2007a).

Na Tabela 3 são mostradas as componentes principais obtidas, bem como os fatores originados a partir destas, após aplicação do algoritmo varimax, para os períodos chuvoso e seco. No que diz respeito ao período chuvoso, os parâmetros turbidez, Ntotal, DBO, condutividade e *E. Coli* apresentaram carga fatorial superior a 0.75, indicando que estes são fortes indicativos de variação da qualidade da água na área de estudo. O Fator 1 representa o aumento da carga orgânica em função da presença de sedimentos no corpo hídrico, ocasionados pelo escoamento superficial, especialmente em épocas de maior precipitação. Esta relação torna-se mais explicativa ainda pelo fato da área de estudo se tratar de uma bacia com características rurais marcantes e que favorecem o escoamento superficial, tais como índice de circularidade, coeficiente de compacidade e fator de forma, encontrados por Rodrigues *et al.* (2016). Além disso, este fator é um indicativo de carga de nutrientes provenientes de esgotos domésticos e insumos agrícolas, mostrando a potencialidade do escoamento superficial como um fator de degradação ambiental de maior relevância na área de estudo. Guedes *et al.* (2012) também obtiveram em seu primeiro

fator rotacionado, na análise da qualidade da água do médio Rio Pomba em Minas Gerais, uma forte relação entre compostos nitrogenados e ST.

Tabela 3. Componentes principais e cargas fatoriais rotacionadas pelo algoritmo varimax para os períodos chuvoso e seco.

Variável	PERÍODO CHUVOSO				PERÍODO SECO			
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP1	CP2	CP3	
COMPONENTES PRINCIPAIS	pH	0.382	-0.446	0.018	-0.1	0.395	0.254	0.324
	Temperatura	0.168	0.094	-0.606	-0.105	0.291	-0.073	-0.023
	Turbidez	0.467	0.264	-0.086	-0.196	-0.415	0.024	0.307
	E - coli	0.111	0.398	0.115	0.612	-0.498	-0.005	0.112
	DBO	0.347	-0.377	-0.285	-0.035	0.107	-0.594	0.064
	Ntotal	0.37	0.433	0.129	-0.13	0.068	0.133	0.778
	Ptotal	0.029	0.296	-0.423	0.264	0.11	-0.432	0.257
	OD	-0.451	0.114	0.054	-0.317	0.465	0.073	0.136
	Sol. Totais	0.171	0.325	0.266	-0.555	-0.306	-0.012	0.293
	Condutividade	-0.323	0.171	-0.511	-0.263	0.012	-0.606	0.086
	Autovalor	2.8237	2.0293	1.3754	1.1374	3.1976	2.2251	1.3277
	Proporção	0.282	0.203	0.138	0.114	0.32	0.223	0.133
	Acumulado	0.282	0.485	0.623	0.737	0.32	0.542	0.675
		Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 1	Fator 2	Fator 3
FATORES ROTACIONADOS PELO ALGORITMO VARIMAX	pH	0.118	0.363	0.24	-0.241	-0.118	-0.257	0.077
	Temperatura	0.091	0.128	-0.12	0.006	0.061	-0.115	0.125
	Turbidez	0.828	0.254	-0.032	0.076	-0.077	0.955	-0.065
	E - coli	0.184	-0.071	0.073	0.960	0	0.774	-0.277
	DBO	0.051	0.934	0.082	-0.074	0.932	-0.151	0.088
	Ntotal	0.933	-0.085	0.131	0.177	-0.049	0.078	-0.067
	Ptotal	0.087	-0.05	-0.085	0.067	0.283	-0.026	0.052
	OD	-0.151	-0.192	-0.252	-0.111	0.016	-0.337	0.169
	Sol. Totais	0.247	-0.074	0.062	-0.026	0.023	0.157	-0.966
	Condutividade	-0.083	-0.085	-0.934	-0.078	0.932	0.067	-0.119

Os fatores 2, 3 e 4 foram explicados por somente uma variável, o que não significa que estes devam ser descartados, pois apresentam carga fatorial grande (> 0.75), e por isso são fortemente responsáveis por alterações na qualidade da água, de aspectos químicos para os fatores 2 e 3; biológicos para o fator 4.

O Fator 2 foi explicado pelo parâmetro DBO, que também pode estar relacionado ao escoamento superficial com carreamento de sólidos oriundos de insumos agrícolas, bem como da deposição de esgotamento sanitário e fezes de animais. A hipótese de contribuição de matéria orgânica por artigos agrícolas, tais como adubos e fertilizantes, é pertinente devido à intensa atividade agrícola na bacia, com cultivo de culturas como laranja, pimenta, maracujá etc. Este fator está relacionado com o aumento da atividade microbiana para estabilização da matéria orgânica depositada no corpo hídrico, deslocando os valores de OD, alterando conseqüentemente os valores de DBO. Sabino *et al.* (2008) notaram grande relação entre DBO e nitrogênio em uma de suas componentes principais.

No que diz respeito ao Fator 3, representado pela condutividade elétrica, tem-se as alterações causadas nos aspectos físicos da água, proveniente da dinâmica da bacia já mencionada. Este parâmetro pode ser utilizado como medida indireta da concentração de sólidos e tem seu valor aumentado pela presença de íons na água.

Para o Fator 4, representado pela ocorrência de *E. Coli*, tem-se alterações de origem biológica, haja vista que estas podem ser derivadas de esgotamento sanitário e de fezes de animais. O fato de o Fator 4 estar representado no período chuvoso, indica que o aumento deste parâmetro pode estar relacionado com a lixiviação de sólidos para o corpo hídrico, em decorrência das chuvas, que podem trazer aderidos em sua superfície, matéria orgânica, nutrientes e microrganismos.

Para o período seco, os parâmetros mais relevantes para alteração da qualidade da água foram DBO, condutividade, turbidez, *E. Coli* e ST. Em comparativo com o período chuvoso, percebe-se a permanência dos parâmetros turbidez, *E. Coli*, DBO e condutividade como sendo responsáveis pela explicação dos fatores.

O Fator 1 do período seco foi explicado pelos parâmetros DBO e condutividade, onde tornam-se expressivas possivelmente pela diminuição da lâmina d'água, decorrente de menores índices pluviométricos, gerando uma menor diluição dos compostos presentes no corpo hídrico, causando a expressividade destes parâmetros como indicativos do período seco. Apesar de estes parâmetros também estarem presentes na análise do período chuvoso, no período seco estes apresentaram-se no mesmo fator, indicando uma maior correlação, sugerindo que são determinantes para alterações na qualidade da água.

O Fator 2 foi explicado pelos parâmetros turbidez e *E. Coli*, que refletem alterações de natureza física, química e biológica da água, haja vista que pode ocorrer adsorção de organismos patogênicos e nutrientes aos sólidos em suspensão. Estes parâmetros mostraram-se presentes na análise do período chuvoso, entretanto, para o período seco, apresentaram-se no mesmo fator, indicando uma relação mais intensa. Dessa forma, a ocorrência de *E. Coli* no Igarapé da Prata está fortemente associada à presença de sólidos em suspensão neste.

O Fator 3 é expressado pelos ST, isto é, concentração de sólidos dissolvidos e em suspensão, reforçando a presença de sólidos na água, já explicados pelo Fator 2, que podem gerar alterações em sua composição, através de compostos orgânicos e inorgânicos, em parâmetros como condutividade e pH. Infere-se que a ocorrência de ST, no período seco, está associado à fração de sólidos dissolvidos, devido às menores lâminas d'água.

Percebeu-se na análise realizada para períodos chuvosos e secos que estes diferiram na presença de indicadores de poluição por artigos agrícolas e de excremento de animais. Para o período chuvoso, percebeu-se uma forte relação com o escoamento superficial e carreamento de sólidos, através dos parâmetros nitrogênio total e turbidez; para o período seco foi percebida a relação do aumento da concentração de uma possível poluição por esgotos domésticos e fezes de animais, por conta da menor diluição destes no período seco, devido aos indicadores *E. Coli*, ST e DBO. As cargas fatoriais estão representadas graficamente na Figura 4.

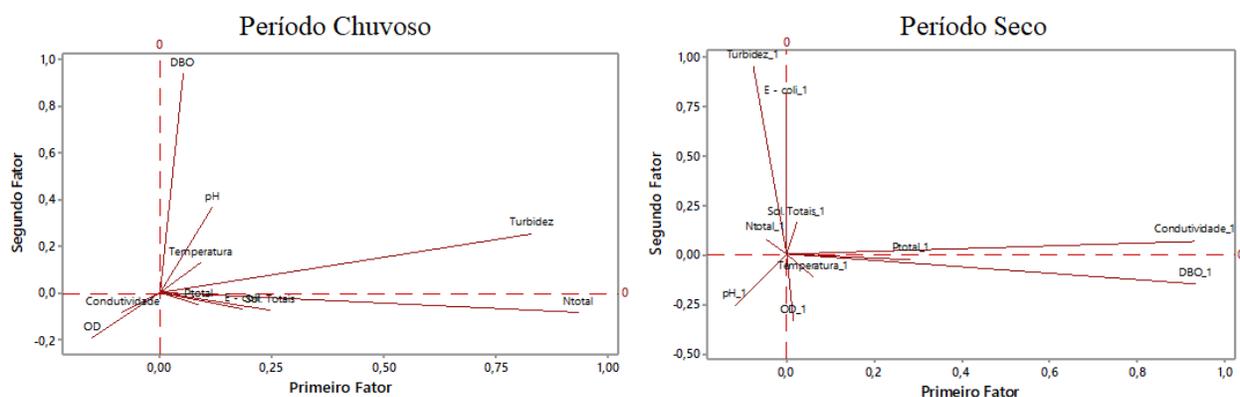


Figura 4. Representação gráfica das cargas fatoriais dos dois primeiros fatores obtidos por análise fatorial para os períodos chuvoso e seco.

Para melhor avaliação das cargas fatoriais, foram gerados scores para os parâmetros do primeiro fator rotacionado de cada um dos períodos, chuvoso e seco, e a Figura 5 ilustra a distribuição destes. Optou-se pela obtenção dos scores a partir dos primeiros fatores rotacionados, para cada um dos períodos, pelo fato de estes apresentarem autovalores expressivos e relacionarem mais de um parâmetro. Para o período chuvoso, tem-se os maiores autovalores de turbidez e Ntotal, representando uma característica física e outra química de qualidade da água, respectivamente. Já para o período seco, os maiores autovalores expressam uma relação entre DBO e condutividade. Desta forma, os scores obtidos mostram-se como um índice de qualidade da água geral, entretanto, com maior peso dos parâmetros turbidez e Ntotal para o período chuvoso e DBO e condutividade para o período seco.

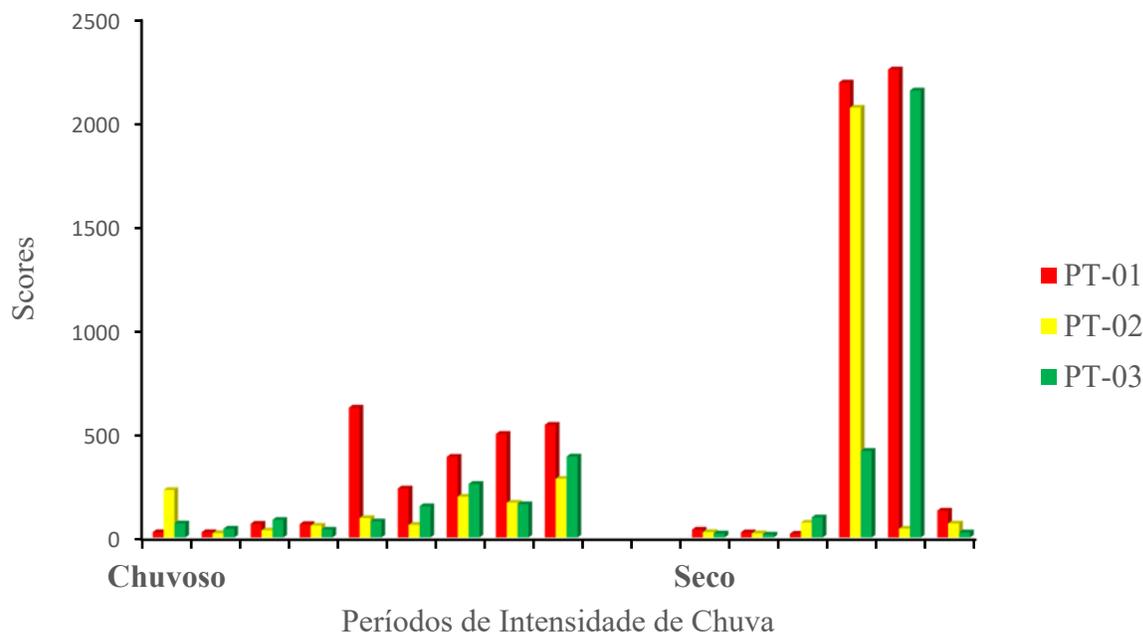


Figura 5. Scores obtidos a partir dos fatores rotacionados para os períodos chuvoso e seco

Foi percebido que quanto maior o valor do score, piores são os índices de qualidade da água. Consequentemente, os menores valores estão associados à uma melhor qualidade da água. O menor score percebido no período chuvoso está associado ao PT-02, enquanto que o pior é representado pelo PT-01. O PT-02 possui menor número de ocupações em seu entorno, sendo que estas encontram-se um pouco distantes do igarapé, conferindo uma segurança relativa, que pode estar relacionada à melhor qualidade da água nos eventos considerados. O PT-01 é o ponto inicial de monitoramento e está à jusante de outras possíveis contribuições em áreas não consideradas neste estudo, além de concentrar muitas residências e plantações ao seu redor, o que pode explicar a ocorrência do evento com piores índices de qualidade. Outro fator que pode mostrar-se ponderante é a existência pouco expressiva de mata ciliar neste ponto.

Para o período seco, o score com melhor índice de qualidade identifica o PT-03, foz da bacia. Isto pode estar relacionado ao alargamento da seção do igarapé neste ponto, o que pode garantir uma maior capacidade de diluição, mesmo em períodos com menores precipitações. Os valores obtidos no tratamento dos dados com estatística descritiva mostraram maiores concentrações de OD no PT-03, o que fortalece a hipótese. O pior índice de qualidade novamente mostrou-se associado ao PT-01.

Foi percebida a ocorrência de duas campanhas com índices de qualidade ruins no período seco, que destacam-se das outras de forma expressiva, especialmente para os pontos PT-01 e PT-02 na 4ª campanha e PT-01 e PT-03 na 5ª campanha. Estas coletas foram realizadas com ocorrência de chuvas, o que pode explicar os resultados obtidos.

Conclusões

A aplicação de técnicas de estatística multivariada, através da análise de componentes principais, mostrou-se eficiente na realização do diagnóstico de qualidade da água da bacia, com a determinação dos parâmetros mais relevantes, haja vista que houve redução do número de variáveis selecionadas, onde 6 dos 10 parâmetros considerados para as análises multivariadas mostraram-se expressivos, permitindo uma maior facilidade de interpretação dos dados. Para o período chuvoso, as 4 componentes principais explicaram 73.7% da variância total das amostras, enquanto que para o período seco, as 3 primeiras componentes explicaram 67.5 % da variância total.

A análise fatorial permitiu a identificação das variáveis mais expressivas para alteração da qualidade da água, sendo estas turbidez, nitrogênio total, condutividade, DBO e *E. Coli* para o período chuvoso; turbidez, *E. Coli*, ST, condutividade e DBO para o período seco. As relações percebidas revelam a relação do escoamento superficial com sólidos, nutrientes e matéria orgânica no período de maior precipitação, e o aumento da concentração de poluentes possivelmente originados de fezes de animais e deposição de esgoto doméstico, por menor capacidade de diluição em períodos menos chuvosos.

Os scores fatoriais, obtidos a partir da matriz rotacionada de componentes principais, facilitaram o entendimento do significado ambiental dos parâmetros, indicando que o PT-01 apresentou os piores índices de qualidade da água, tanto para o período seco quanto para o período chuvoso, o que foi verificado em campo, devido à concentração de moradias e menor existência de mata ciliar. Mostrou ainda que para o período seco, o melhor índice de qualidade foi do PT-03, e para o período chuvoso obteve-se o PT-02.

A diminuição dos parâmetros inicialmente planejados para a pesquisa é útil no planejamento de monitoramento à longo prazo, objetivando diminuição nos custos de coleta, análise e tratamento dos dados, direcionando os pesquisadores aos parâmetros mais expressivos. Estas constatações são importantes para elaboração de um plano de recuperação da bacia, que busque melhorar os indicativos de saúde pública e saneamento, dando direções mais exatas para possíveis planos de controle ambiental.

Referências bibliográficas

- ANA, Agência Nacional de Águas (2011) Atlas brasil: abastecimento urbano de água. Panorama Nacional. Brasília.
- Andrade, E. M. de, Araújo, L. de F. P., Rosa, M. de 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.
- APHA, American Public Health Association (2005) *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21.ed. New York: American Water Works Association.
- Braga, R. (2008) Estrutura urbana e sustentabilidade ambiental em cidades de porte médio: uma análise da cidade de Rio Claro-SP. III Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável-PLURIS.
- Carreira, R., Wagener, A. de L. R., Readman, J. W., Fileman, T. (2001) Distribuição de coprostanol (5 β (h)-coleston-3 β -ol) em sedimentos superficiais da baía de guanabara: indicador da poluição recente por esgotos domésticos. *Quim. Nova*, **24**(1), 37-42.
- Carrielo, B. L., Blanco, C. J. C., Gomide, I. S.; Barbosa, A. J. S., Santos, D. B. O. (2014) Analysis of the Modified Universal Soil Loss Equation to estimate the sediment yield in a small Amazon catchment. *SYLWAN*, **158**, 347-359.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (1975) Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo: CETESB.
- Collischonn, W., Agra, S. G., Freitas, G. K., Priante, G. R., Tassi, R., Souza, C. F. (2005) Em busca do hidrograma ecológico. *Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*.
- Cravo, M. da S., Xavier, José J. B. N., Dias, M. C., Barreto, J. F. (2002) Características, uso agrícola atual e potencial das várzeas no estado do Amazonas, Brasil. *Acta Amazônica*, **32**(3), 351-365.
- Ferreira, L. C. de A. (2008) *Variação da Qualidade da Água do Escoamento Superficial de Duas Bacias de Drenagem de Natal/RN – Brasil*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- França, M. S. (2009) *Análise estatística multivariada dos dados de Monitoramento de qualidade de água da bacia do alto Iguaçu: uma ferramenta para a gestão de recursos hídricos*. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná.
- Guedes, H. A. S., Silva, D. D. da, Elesbon, A. A. A., Ribeiro, C. B. M., Matos, A. T. de, Soares, J. H. P. (2012) Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, **16**(5),558-563.
- Gomide, I. de S., Blanco, C. J.C., Soares, R. S.S. (2010) Aplicação do modelo usle para estimar a perda de solo da bacia do igarapé da prata em Capitão Poço – Pará. *IX Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos*.
- Hair, J. F. Jr., A., R., Tathan, R. L., Black, W. C. (2005) *Análise Multivariada de dados*. Tradução Adonai Schlup Sant’Anna e Anselmo Chaves Neto. 5. ed. Porto Alegre: Bookman.
- Instituto Nacional de Meteorologia (2017) Banco de dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Acesso em: 01 abril 2017. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>
- Libânio, P. A.C., Chernicharo, C. A. de L., Nascimento, N. de O. (2001) A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, **10**(3), 219-228.
- Linnansaari, T., Monk, W.A., Baird, D.J., Curry, R.A. (2013) Review of approaches and methods to assess Environmental Flows across Canada and internationally, *Canadian Science Advisory Secretariat*, Research document 2012/039, Acesso em: 18 jan. 2017, disponível em www.dfompo.gc.ca/library/348885.pdf.
- Liu, C. W., Lin, K. H., Kuo, Y. M. (2003) Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a Blackfoot disease área in Twain. *Science in the Total Environment*, **313**,77-89.
- Marmontel, C. V. F., Rodrigues, V. A. (2015) Parâmetros Indicativos para Qualidade da Água em Nascentes com Diferentes Coberturas de Terra e Conservação da Vegetação Ciliar. *Revista Floresta e Ambiente*, **22**(2), 171-181.

- Mingoti, S. A. (2013) *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada*. Editoria UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Moraes, B. C. de, Costa, J. M. N. da, Costa, A. C. Lôla da, Costa, M. H. (2005) Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Revista Acta Amazônica*, **35**(2), 207-214
- Nozaki, C. T., Marcondes, M. A., Lopes, F. A., Santos, K. F. dos, Larizzatti, P. S. da C. (2014) Comportamento temporal de oxigênio dissolvido e pH nos rios e córregos urbanos. *ATAS de Saúde Ambiental – ASA*. **2**(1), 29-44.
- Oliveira, D. V., Silva, T. C. da, Zanin, J. G., Nachtigall, G., Medeiros, A. W., Frazzon, A. P. G., Van Der Sand, S. T. (2012) Qualidade da água e identificação de bactérias gram-negativas isoladas do arroio dilúvio, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Evidência: biotecnologia e alimentos*, **12**(1), 51-62.
- Pinheiro, A., Schoen, C., Schultz, J., Heinz, K. G. H., Pinheiro, I. G., Deschamps, F. C. (2014) Relação entre o uso do solo e a qualidade da água em bacia hidrográfica rural no bioma mata atlântica. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **19**(3), 127-139.
- Pinto, D. B. F. (2007) *Qualidade dos Recursos Hídricos Superficiais em Sub-Bacias Hidrográficas da Região Alto Rio Grande – MG*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Lavras.
- Rocha, D. Di P. N. (2013) *As territorialidades das pequenas empresas de mineração no Nordeste Paraense: O caso do município de Capitão Poço (PA)* 104f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Pará, Belém.
- Rodrigues, A. S. de L., Malafaia, G., Castro, P. de T. A. (2010) A importância da avaliação do habitat no monitoramento da qualidade dos recursos hídricos: Uma revisão. *SaBios: Rev. Saúde e Biol.*, **5**(1), 26-42.
- Rodrigues, R. S. S., Fernandes, L. L., Crispim, D. L., Vieira, A. S. de A., Pessoa, F. C. L. (2016) Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé da Prata, Capitão Poço, Pará, Brasil. *Revista Verde*, **11**(3), 143-150.
- Sabino, C. V. S., Abreu, J. F., Lobato, W., Sabino, G. S., Knup, E. A. N. (2008) Análise de alguns aspectos da qualidade da água da Bacia do Rio Paraopeba utilizando estatística multivariada, *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, **8**(2), 6-18.
- Tavakol, M., Arjmandi, R., Shayeghi, M., Monavari, S. M., Karbassi, A. (2017) Application of Multivariate Statistical Methods to Optimize Water Quality Monitoring Network with Emphasis on the Pollution Caused by Fish Farms. *Iranian Journal of Public Health*, **46**(1), 83-92.
- Vasco, A. N., Britto, F. B., Pereira, A. P. S., Mélo Júnior, A. V. M., Garcia, C. A. B., Nogueira, L. C. (2011) Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. *Ambi-Agua*, **6**(1), 118-130. doi:10.4136/ambi-agua.178.
- Wetzel, R.G., Likens, G.E. (2001) *Limnological analyses*. 2 ed. New York: Springer. Verlag.
- Yidana, S. M., Ophori, D., Banoeng-Yakubo, B. (2008) A Multivariate Statistical Analysis of Surface Water Chemistry Data – the Ankobra Basin, Ghana, *Journal of Environmental Management*, **86**(1), 80-7.