PKS

PUBLIC
KNOWLEDGE
PROJECT

REVISTA DE
GEOGRAFIA

Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE

OJS

OPEN
JOURNAL
SYSTEMS

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia>

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE MANANCIAIS DO ESTADO DE PERNAMBUCO POR CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Maria Tatiane Leonardo Chaves¹, Gilderlane Souza de Lima², Maria de Fátima Araújo Alves³, Douglas Monteiro Cavalcante⁴, Rosângela Gomes Tavares⁵

¹Engenheira ambiental, formada pela Universidade Federal de Campina Grande, atualmente mestranda em Engenharia ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, no Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. E-mail: taty_leonardo@hotmail.com

² Engenheira Química – UNICAMP; Mestranda em Engenharia Ambiental – UFRPE. E-mail: gilderlaineeq@gmail.com

³ Engenheira Ambiental – UFCG; Mestranda em Engenharia Ambiental – UFRPE. E-mail: mariaufcg2013@gmail.com

⁴ Engenheiro Agrônomo – UFRPE; Doutorado em Ciência do Solo – UFRPE. E-mail: cavalcante.doug@gmail.com

⁵ Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. E-mail: rosangelagtavares@gmail.com

Artigo recebido em 26/04/2019 e aceito em 25/11/2019

Resumo: Ao longo do tempo, a necessidade do monitoramento eficiente da qualidade da água devido à demanda crescente, impulsionou a criação de agências e órgãos reguladores, assim como o desenvolvimento de pesquisas para assessorar as atividades de controle e manejo. O monitoramento da qualidade da água pode ser desafiador, pois o impacto da terra na dinâmica do fluxo é particularmente severo em áreas urbanizadas. Objetivou-se com esse trabalho selecionar parâmetros mais relevantes para o monitoramento de três mananciais localizados nas Mesorregiões da Mata, do Agreste e o do São Francisco Pernambucano. A avaliação foi realizada a partir de dados mensais de dezoito parâmetros físico-químicos disponibilizados pela Companhia Pernambucana de Saneamento, que detém a concessão dos serviços públicos de saneamento básico no Estado de Pernambuco. Os dados foram avaliados estatisticamente usando análises uni e multivariadas e em relação à resolução do CONAMA nº 357/2005. O manancial Barragem Carpina apresentou os níveis mais críticos dos parâmetros físico-químicos avaliados, segundo os dados obtidos para o ano de 2017. O monitoramento da qualidade da água através de parâmetros físico-químicos nas Mesorregiões do Estado de Pernambuco é de grande relevância para o gerenciamento de recursos hídricos, consideradas as especificidades de cada bacia hidrográfica e manancial correspondente.

Palavras-chave: Qualidade da Água, Parâmetros Físico-Químicos, Mananciais, Pernambuco.

WATER QUALITY ASSESSMENT OF WATER SOURCES IN THE STATE OF PERNAMBUCO BY CHARACTERIZATION OF PHYSICAL-CHEMICAL PARAMETERS

Abstract: Over time, the need efficient monitoring of water quality due to increasing demand has led to the creation of agencies and regulatory agencies, as well as the development of research to advise control and management activities. Monitoring water quality can be challenging as the impact of land on flow dynamics is particularly severe in urbanized areas. The objective of this work was to select more relevant parameters for the monitoring of three sources located in the Mesoregions of Mata, Agreste and São Francisco Pernambucano. The

evaluation was carried out from monthly data of eighteen physical and chemical parameters made available by Pernambucana Sanitation Company, which holds the concession of public basic sanitation services in the State of Pernambuco. The data were statistically evaluated using univariate and multivariate analyzes and in relation to the resolution of CONAMA nº 357/2005. The Carpina dam presented the most critical levels of the physicochemical parameters evaluated, according to the data obtained for the year 2017. The monitoring of the water quality through physical-chemical parameters in the Mesoregions of the State of Pernambuco is of great relevance for the management of water resources, taking into account the specificities of each river basin and corresponding water source.

Key-words: Water Quality, Physical-Chemical Parameters, Water Source, Pernambuco

1. INTRODUÇÃO

O estudo e avaliação da qualidade da água de mananciais são de grande importância, pois influi diretamente no consumo e na saúde humana. De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA) as principais atividades que afetam a qualidade da água incluem a produção agrícola, industrial e mineradora, além do lançamento direto de efluentes domésticos, não ou parcialmente tratados em sistemas aquáticos (ANA, 2011).

Segundo Folegatti et al. (2010), o Nordeste brasileiro é caracterizado por possuir a menor disponibilidade hídrica do Brasil, cerca de 3%, além disso, a deposição de resíduos por meio das atividades antrópicas contribui para a diminuição da qualidade das águas nas bacias hidrográficas da região. Ainda nessa perspectiva, o estado de Pernambuco é o mais pobre em quantidade de água do País, sendo o mesmo detentor de uma disponibilidade per capita de 1.320 m³ hab⁻¹ ano⁻¹, o equivalente a 3,5% da disponibilidade per capita da média nacional (PERNAMBUCO, 2018).

Estudos direcionados a hidrologia e a qualidade da água em bacias tropicais são geralmente escassos (FUJIEDA et al., 1997). Além disso, a compreensão da resposta da qualidade da água de uma bacia tropical pode constituir um desafio, porque os processos hidrológicos nessas regiões são altamente difíceis de avaliar (MARMONTEL et al., 2018). É evidente o quanto é importante avaliação da qualidade da água e a variabilidade dos fatores sob diferentes usos da terra em mananciais de regiões tropicais, nesse contexto, o conhecimento das características físico-químicas dos mananciais deve ser realçado e melhorado.

Diversos estudos apontam que os abatedouros com descarte de efluentes sem tratamento, a deposição de resíduos sólidos às margens dos corpos d'água e o escoamento superficial de áreas agrícolas com fertilizantes químicos e agrotóxicos em excesso, tem contribuído substancialmente para a poluição dos recursos hídricos em alguns estados do Nordeste brasileiro (TAVARES et al., 2018; MORAIS, 2015; ALVES et al., 2012; ANDRADE et al., 2007). Nesse sentido, o gerenciamento dos recursos hídricos de forma adequada tem sido

alvo de discussão dos gestores públicos, para a adequação do fornecimento de água em quantidade e qualidade suficiente para a população. Para isso, deve-se estabelecer um monitoramento contínuo das águas, principalmente daquelas que são fontes de abastecimento. Em Pernambuco, 91% dos domicílios urbanos estão conectados às redes públicas de abastecimento, sendo estes operados pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA).

Específicas avaliações da qualidade da água no Brasil são pouco encontradas, e quando disponíveis não são publicadas em jornais científicos, então, os impactos do uso da terra nos sistemas aquáticos, como, a poluição de nutrientes e pesticidas e suas consequências, não são bem compreendidos (HUNKE et al., 2015)

Com base nas orientações legais que tratam da qualidade das águas no Brasil, a resolução nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2005), dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, estabelecendo limites individuais a cada substância a ser analisada. Como também, a portaria nº 5, de 28 de setembro de 2017 (BRASIL, 2017), que consolida as normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde (SUS), estabelece os parâmetros para o padrão de potabilidade e qualidade da água, e os valores máximos permitidos (VMP).

Os parâmetros físico-químicos são os principais avaliados quando o objetivo é analisar a qualidade da água, principalmente no que diz respeito ao pH, condutividade, turbidez, cor, alcalinidade, dureza e as concentrações de cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto, sulfato, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, fosfato, carbonato e fluoreto. Esses parâmetros indicam o grau de contaminação das águas, como também podem revelar o tempo da poluição, a exemplo do nitrogênio amoniacal (MATOS, 2015).

A água para o consumo humano deve apresentar padrões de qualidade que obedeçam aos prescritos na legislação vigente, para assim, promover saúde a todos os seres que a consomem, e, portanto, está associada à veiculação de agentes contaminantes e/ou patogênicos, portanto, deve ser obtida através de fontes de abastecimentos confiáveis (DE ASSIS et al., 2017).

Diante do contexto, objetivou-se selecionar os parâmetros físico-químicos mais relevantes para o monitoramento de três mananciais localizados nas Mesorregiões da Mata, do Agreste e o do São Francisco Pernambucano, através de abordagens multivariadas que são úteis para obter informações significativas, promovendo a redução do número de variáveis com o

mínimo de perdas das informações, como também, confrontar os dados obtidos com a “legislação” vigente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

As áreas e a localização dos mananciais onde foram realizadas as amostragens d'água encontram-se na **tabela 1**.

Tabela 1. Localização dos mananciais onde realizaram-se as captações de água.

Manancial	Captação	Latitude	Longitude	Mesorregião
Barragem Carpina ^(BC)	Lagoa do Carro	7°53'33,23"S	35°20'22,19"W	Mata
Barragem do Prata ^(BP)	Camocim de São Félix	8°31'31,07"S	35°50'13,84"W	Agreste
Rio São Francisco ^(SF)	Belém de São Francisco	8°33'26,88"S	39° 0'38,35"W	São Francisco
Rio São Francisco ^(SF)	Cabrobó	8°30'29,83"S	39°18'38,87"W	São Francisco
Rio São Francisco ^(SF)	Orocó	8°31'21,70"S	39°34'31,90"W	São Francisco
Rio São Francisco ^(SF)	Santa Maria da Boa Vista	8°47'58,89"S	39°49'37,44"W	São Francisco
Rio São Francisco ^(SF)	Vermelho	9° 4'48,57"S	40° 7'17,78"W	São Francisco
Rio São Francisco ^(SF)	Petrolina	9°24'43,07"S	40°32'14,01"W	São Francisco

Fonte: Autores, 2019.

2.2. Obtenção dos dados

Os parâmetros físico-químicos foram disponibilizados e analisados pela Companhia Pernambucana de Saneamento – Compesa, quem detém a concessão dos serviços públicos de saneamento básico no Estado de Pernambuco. Nas análises foram adotados os métodos padrões da Standard Methods of Analyses for the Examination of Water and Wastewater (CLESCERI et al., 2005), de autoria das Instituições American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF), e das normas publicadas pela International Standartization Organization (ISO).

Os dados analisados foram referentes às medições mensais realizadas no ano de 2017, havendo, entretanto, ausência de dados em alguns meses, os quais foram desconsiderados nas análises. Ao todo foram realizadas coletas durante 6 meses na Barragem de Carpina, 8 meses

na Barragem do Prata e 10 meses no São Francisco. Foram analisados os seguintes parâmetros físico-químicos de qualidade de água: pH, condutividade elétrica - Condut ($\mu\text{S cm}^{-1}$), turbidez - Turbid (uT), cor (uH), alcalinidade - Alcal (mg L^{-1} CaCO_3), dureza - Dur (mg L^{-1} de CaCO_3), cálcio - Ca^{2+} (mg L^{-1} de Ca), manganêsio - Mg^{2+} (mg L^{-1} de Mg), sódio - Na^+ (mg L^{-1}), potássio - K^+ (mg L^{-1} de K), cloreto - Cl^- (mg L^{-1} de Cl), sulfato - SO_4^{2-} (mg L^{-1} de SO_4), nitrogênio amoniacal - NH_3 (mg L^{-1} de N), nitrito - NO_2^- (mg L^{-1} de N), nitrato - NO_3^- (mg L^{-1} de N), fosfato - PO_4^{3-} (mg L^{-1} de P), carbonato - CO_3^{2-} (mg L^{-1} de CO_3), fluoreto - F^- (mg L^{-1} de F). Para observar a qualidade da água de acordo com Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, os resultados das análises físico-químicas foram avaliados com os padrões de qualidade de água definidos pela Resolução Conama nº 357/2005 (BRASIL, 2005).

2.3. Tratamento dos dados

De modo a explorar as similaridades entre os mananciais, através dos parâmetros de qualidade da água, e promover a redução do número de variáveis com o mínimo de perdas das informações foram utilizadas técnicas multivariadas. A Análise de Componentes Principais (ACP) com a utilização da rotação ortogonal pelo método Varimax e Normalização de Kaiser, permitiu um melhor ajuste ao modelo fatorial possível de explicação. Os fatores que apresentaram Comunalidade $> 0,5$ (proporção da variação do atributo explicada pelos fatores retidos) foram mantidos, sendo estes, ordenados através de um gráfico biplot, onde consta a disposição espacial dos mananciais e parâmetros de qualidade da água, que condicionam tal distribuição. As diferenças entre os parâmetros de qualidade da água dos mananciais foram obtidas por análise de variância (ANOVA). Os dados foram analisados com uso do software para Microsoft Excel XLSTAT (ADDINSOFT, 2018).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo de qualquer análise estatística, inclusive a multidimensional é inferir propriedades da população a partir de amostras estudadas. Com os resultados obtidos por Análise de Componentes Principais - ACP, houve a redução dimensional das 18 variáveis originais sem que houvessem perdas das informações.

A **tabela 2** apresenta os pesos fatoriais que indicam a contribuição que cada variável possui com a componente principal, assim como, as comunalidades que estimam a proporção da variância em cada atributo do solo que é explicada pelos fatores. Como as comunalidades

foram maiores que 0,5, não houve exclusão de variáveis. As duas Componentes Principais CP1 e CP2 foram responsáveis por 100% da variação total, sobre os parâmetros de qualidade da água dos mananciais (**Figura 1**), mesmo após a rotação varimax. Dentro da primeira componente principal (CP1) cujo a variação total foi explicada por 64,26%, destacaram-se 72% dos parâmetros de qualidade da água (**Tabela 2 e Figura 1**). Entretanto, seguindo o nível de correlação, das treze variáveis observadas, duas variáveis apresentaram correlação negativa na CP1: Turbidez e Amoníaco (**Tabela 2**). Na segunda componente principal (CP2), a variação total foi explicada por 35,24%, cinco variáveis foram observadas, com a Cor apresentando correlação negativa (**Tabela 2**).

Tabela 2. Matriz de pesos fatoriais e autovalores dos parâmetros de qualidade da água dos mananciais nas duas componentes principais rotacionadas.

Parâmetros	CP 1	CP 2	Comunalidades
pH	0,438	0,899	0,81
Condutividade	0,848	0,530	0,72
Turbidez	-0,968	-0,249	0,94
Cor	0,203	-0,979	0,96
Alcalinidade	0,811	0,586	0,66
Dureza	0,816	0,578	0,67
Ca	0,691	0,723	0,52
Mg	0,831	0,556	0,69
Na	0,840	0,542	0,71
K	0,876	0,483	0,77
Cl	0,840	0,542	0,71
SO ₄	0,850	0,526	0,72
NH ₃	-0,989	-0,150	0,98
NO ₂	0,827	0,562	0,68
NO ₃	0,993	-0,114	0,99
PO ₄	0,949	0,315	0,90
CO ₃	0,648	0,762	0,58
F	0,636	0,771	0,59
Autovalores	15,89	2,11	
Porcentagem da variância explicada	64,76	35,24	

*Números em negrito são os melhores pesos fatoriais para determinada Componente Principal (CP).

Fonte: Autores, 2019.

O resultado da análise de componentes principais, mostrado num gráfico biplot (**Figura 1**), confirma a separação entre mananciais e parâmetros físico-químicos de qualidade da água e fornece informações sobre a relação entre estes. Dessa forma, podemos observar que o

manancial Barragem Carpina (BC) está recebendo influência da maior parte dos parâmetros físico-químicos, assim como, os parâmetros Turbidez e Amoníaco são importantes para os mananciais Barragem do Prata (BP) e Rio São Francisco (SF), e a Cor da água é o parâmetro mais importante na BP.

Figura 1. Análise de Componentes Principais (ACP) com coordenação de 18 variáveis (Parâmetros Físico-Químicos da Água: pH, condutividade elétrica - Condut ($\mu\text{S cm}^{-1}$), turbidez - Turbid (uT), cor (uH), alcalinidade - Alcal ($\text{mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$), dureza - Dur ($\text{mg L}^{-1} \text{ de CaCO}_3$), cálcio - Ca^{2+} ($\text{mg L}^{-1} \text{ de Ca}$), magnésio - Mg^{2+} ($\text{mg L}^{-1} \text{ de Mg}$), sódio - Na^+ (mg L^{-1}), potássio - K^+ ($\text{mg L}^{-1} \text{ de K}$), cloreto - Cl^- ($\text{mg L}^{-1} \text{ de Cl}$), sulfato - SO_4^{2-} ($\text{mg L}^{-1} \text{ de SO}_4$), nitrogênio amoniacal - NH_3 ($\text{mg L}^{-1} \text{ de N}$), nitrito - NO_2^- ($\text{mg L}^{-1} \text{ de N}$), nitrato - NO_3^- ($\text{mg L}^{-1} \text{ de N}$), fosfato - PO_4^{3-} ($\text{mg L}^{-1} \text{ de P}$), carbonato - CO_3^{2-} ($\text{mg L}^{-1} \text{ de CO}_3$), fluoreto - F^- ($\text{mg L}^{-1} \text{ de F}$)), de três mananciais localizados nas Mesorregiões da Zona da Mata, do Agreste e do São Francisco Pernambucano. Componentes principais explicam a variância de 64,76% (CP1) e 35,24% (CP2).

Na **tabela 3**, são apresentados os dados médios dos parâmetros físico-químicos da água dos mananciais São Francisco, Prata e Carpina. Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os parâmetros físico-químicos da água, analisados para SF, BP e BC (**Tabela 3**). Como na análise de componentes principais, dentre os parâmetros avaliados, quinze variáveis apresentaram maiores médias no manancial BC, duas no SF e apenas uma em BP.

Maiores valores de condutividade elétrica (CE) foram encontrados no manancial BC (**Tabela 3**). A condutividade está relacionada com a presença de sais na água, indicando

indiretamente uma medida da concentração de poluentes (CETESB, 2009). Neste estudo, a CE da água teve uma correlação de 100% com os teores de Na^+ , Cl^- e SO_4^{2-} , e de 99% com o a alcalinidade, dureza, Mg^{2+} , K^+ e NO_2^- .

Tabela 3. Parâmetros físico-químicos da água de mananciais de três Mesorregiões do Estado de Pernambuco.

Parâmetros		Rio São Francisco	Barragem do Prata	Barragem Carpina
pH		7,22 b	6,58 c	7,90 a
Condutividade	$\mu\text{S cm}^{-1}$	82,43 c	200,93 b	2112,75 a
Turbidez	uT	8,51 a	7,62 b	6,00 c
Cor	uH	30,91 c	193,54 a	51,67 b
Alcalinidade	$\text{mg L}^{-1} \text{CaCO}_3$	34,38 b	30,98 c	222,29 a
Dureza	$\text{mg L}^{-1} \text{CaCO}_3$	30,76 b	28,20 c	409,59 a
Ca	mg L^{-1}	8,73 b	4,65 c	24,32 a
Mg	mg L^{-1}	2,13 c	4,03 b	84,76 a
Na	mg L^{-1}	3,35 c	19,13 b	378,18 a
K	mg L^{-1}	1,73 c	3,60 b	17,85 a
Cl	mg L^{-1}	5,39 c	39,09 b	810,81 a
SO_4	mg L^{-1}	2,03 c	4,83 b	46,83 a
NH_3	mg L^{-1}	0,05 a	0,03 b	0,00 c
NO_2	mg L^{-1}	0,00 c	0,01 b	0,06 a
NO_3	mg L^{-1}	0,44 c	1,24 b	1,62 a
PO_4	mg L^{-1}	0,03 c	0,09 b	0,23 a
CO_3	mg L^{-1}	2,29 b	0,00 c	8,72 a
F	mg L^{-1}	0,26 b	0,06 c	0,78 a

A Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água, define que águas Salobras apresentam salinidade superior a 0,5‰ e inferior 30‰ (‰, permilagem). Neste estudo, a CE da água do manancial BC foi em média 1,05‰, o que a classifica como Salobra – Classe 1. Sendo os outros dois mananciais classificados como água Doce – Classe 2. Segundo Rocha e Pereira (2016), a condutividade da água é proporcional ao aumento de sólidos dissolvidos. Isso pode ser explicado pelos altos valores encontrados de Na e Cl, além de outros cátions e ânions (Tabela 3). A presença desses elementos pode tornar o gosto dessa água desagradável e imprópria para o consumo humano.

A presença de cloreto pode estar relacionada ao lançamento de efluentes domésticos no corpo hídrico. O cloreto está presente na urina humana e estima-se que cada pessoa expele

através da urina cerca 6 g de cloreto por dia, o que faz com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam a 15 mg L^{-1} (CETESB, 2009). Maior valor do ânion Cloreto foi encontrado no manancial BC ($800,81 \text{ mg L}^{-1}$), apesar disto, ainda não existe um parâmetro deste íon para águas Salobras no CONAMA 357/05. As variações de concentrações de cloreto em mananciais devem ser investigadas, pois ele é altamente poluidor.

O pH é um parâmetro indicador de qualidade da água que exerce influência nos processos unitários de tratamento de água, como a coagulação, a floculação, a desinfecção e controle da dureza e de agressividade da água (BROUYÈRE et al., 2004; BRITO et al., 2012), relacionando-se diretamente com duas características químicas importantes da água, a acidez e a alcalinidade. Entretanto, neste estudo, o parâmetro pH não apresentou correlação significativa com nenhuma outra variável, dessa forma ela foi excluída do quadro de correlações (**Tabela 4**). O pH da água foi em média de 6,58, 7,22 e 7,90 para os mananciais BP, SF e BC, respectivamente (**Tabela 3**), enquadrando-se dentro dos valores aceitáveis de acordo com a Resolução do CONAMA 357/05 (pH: 6,0 – 9,0).

Maiores valores de alcalinidade no manancial BC, evidenciaram que o constituinte principal da alcalinidade da água é o bicarbonato com uma concentração igual a $222,29 \text{ mg L}^{-1}$. A alcalinidade não apresenta risco potencial para o meio ambiente, porém alguns de seus constituintes conferem alteração do gosto da água, podendo impossibilitar o uso da água para consumo humano (ROLIM et al., 2014).

Outro fator importante é a dureza da água, também expressa pela maior alcalinidade e pela presença de sais de Ca e Mg. Valores encontrados no manancial BC classificam a água como muito dura, por apresentar valores de dureza maiores do que 350 mg L^{-1} ou ppm. A água dura pode ser indesejável para alguns processos industriais, pode causar depósitos de calcita em caldeiras, máquinas de lavar e canos.

As contaminações por nitrato (NO_3^-), têm sido amplamente relacionadas ao uso de fertilizantes nitrogenados na atividade agrícola, entretanto, fontes não agrícolas, como a disposição inadequada de efluentes domésticos e industriais sem tratamento prévio, também propiciam a contaminação das águas dos mananciais superficiais e subterrâneos por nitrato (WAKIDA; LERNER, 2005). O consumo de água com altas concentrações de nitrato pode trazer sérios problemas de saúde a quem consome essas águas.

Neste estudo, as concentrações médias de nitrato (NO_3^-) foram 0,44, 1,24 e $1,62 \text{ mg L}^{-1} \text{ N}$ e nitrito (NO_2^-) 0,00, 0,01 e $0,06 \text{ mg L}^{-1} \text{ N}$, respectivamente para os mananciais SF, BP e

BC, indicando que todos os mananciais apresentam contaminação por nitrato, estando tais valores acima dos limites preconizados pela Resolução do CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), para a classificação dos corpos de água e lançamentos de efluentes. Os níveis de nitrito estão abaixo dos padrões de qualidade da água. Além disso, todos os mananciais encontram-se com níveis de fosfato total acima dos níveis aceitáveis de acordo a legislação vigente (**Tabela 3**). O fósforo quando contaminante causa eutrofização das águas e mortandade de peixes. Entretanto, a ausência de uma definição da espécie de P e a metodologia padrão, conforme a resolução 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) podem levar à possibilidade de se utilizar, como padrão, uma forma química que apresente riscos menores que os reais ou uma metodologia de baixa representatividade (GEBLER et al., 2012).

Tabela 4. Matriz de correlação dos Parâmetros físico-químicos da água de mananciais de três Mesorregiões do Estado de Pernambuco.

	Condu	Turbid	Alcal	Dur	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	CO ₃
Turbid	-0,95										
Alcal	0,99**	-0,93									
Dur	0,99**	-0,95	1,00*								
Ca	0,96	-0,85	0,98	0,92							
Mg	0,99**	-0,94	0,99**	0,99**	0,96						
Na	1,00*	-0,94	0,99**	0,99**	0,93	0,99**					
K	0,99**	-0,96	0,93	0,94	0,94	0,96	0,99**				
Cl	1,00*	-0,94	0,99**	0,99**	0,93	0,99**	1,00*	0,99**			
SO ₄	1,00*	-0,95	0,99**	0,99**	0,96	0,99**	0,99**	0,99**	0,99**		
NO ₂	0,99**	-0,94	0,99**	0,99**	0,97	1,00*	0,99**	0,96	0,99**	0,99**	
PO ₄	0,92	-0,99**	0,95	0,95	0,88	0,94	0,96	0,93	0,96	0,93	
CO ₃	0,95	-0,81	0,91	0,96	0,99**	0,92	0,95	0,93	0,95	0,92	
F	0,94	-0,80	0,96	0,95	0,99**	0,95	0,93	0,93	0,93	0,94	1,00*

Condutividade elétrica - Condu ($\mu\text{S cm}^{-1}$), turbidez - Turbid (uT), cor (uH), alcalinidade - Alcal (mg L^{-1} CaCO₃), dureza - Dur (mg L^{-1} de CaCO₃), cálcio - Ca²⁺ (mg L^{-1} de Ca), manganês - Mg²⁺ (mg L^{-1} de Mg), sódio - Na⁺ (mg L^{-1}), potássio - K⁺ (mg L^{-1} de K), cloreto - Cl⁻ (mg L^{-1} de Cl), sulfato - SO₄²⁻ (mg L^{-1} de SO₄), nitrito - NO₂⁻ (mg L^{-1} de N), fosfato - PO₄³⁻ (mg L^{-1} de P), carbonato - CO₃²⁻ (mg L^{-1} de CO₃), fluoreto - F⁻ (mg L^{-1} de F). * ($p < 0,01$); ** ($p < 0,05$).

4. CONCLUSÕES

A análise multivariada de Componentes Principais contribuiu para a caracterização das variáveis que afetam a qualidade da água dos mananciais das Mesorregiões da Mata, do Agreste e do São Francisco Pernambucano.

O manancial Barragem Carpina apresentou os níveis mais críticos dos parâmetros físico-químicos avaliados, segundo os dados obtidos para o ano de 2017.

O monitoramento da qualidade da água através de parâmetros físico-químicos nas Mesorregiões do Estado de Pernambuco é de grande relevância para o gerenciamento de recursos hídricos, consideradas as especificidades de cada bacia hidrográfica e manancial correspondente.

As informações obtidas podem apoiar decisões sobre planejamento ambiental e uso da terra, além de reduzir riscos ao ambiente e custos com monitoramento.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UFRPE e a Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) pelo fornecimento dos dados.

6. REFERÊNCIAS

ADDINSOFT. XLSTAT 2018: **Data Analysis and Statistical Solution for Microsoft Excel**. 2018.

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Cuidando das águas**: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos. Brasília, 2011, 154 p.

ANDRADE, E.M.; ARAÚJO, L.F.P.; ROSA, M.F.; DISNEY, W.; ALVES, B. A. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v.27, n.3, p.683-690, 2007.

ALVES, T.L.B.; LIMA, V.L.A.; FARIAS, A.A. Impactos ambientais no rio Paraíba na área do Município de Caraúbas – PB: Região contemplada pela integração com a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia v. 13, n. 43, p. 160–173, 2012.

BRASIL. **Resolução Conama nº 357, 17 de março de 2005**. Diário Oficial da União, Brasília, 17 mar. 2005. Disponível em www.mma.gov.br/port/conama/res/res_05/res35705.pdf. Acesso em: 23 abril 2019.

BRASIL. **Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017**. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.

BRITO, I.A.; FREIRE, C.A.; YAMAMOTO, F.Y.; ASSIS, H.C.S.; SOUZA-BASTOS, L.R.; CESTARI, M.M. et al. Monitoring water quality in reservoirs for human supply through multi-biomarker evaluation in tropical fish. **J. Environ. Monit.** v. 14, p. 615-625, 2012. <http://dx.doi.org/10.1039/C2EM10461J>.

BROUYÈRE, S.; DASSARGUES, A.; HALLET, V. Migration of contaminants through the unsaturated zone overlying the Hesbaye chalky aquifer in Belgium: a field investigation. **J.**

Contam. Hydrol., v. 72, n. 1/4, p. 135-164, 2004.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jconhyd.2003.10.009>

CLESCERI, L.S.; GREENBER, A.E.; EATON, A.D. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20th. Ed. Washington, DC: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation, 1325 p. 1998.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo**. São Paulo, 2009. 43p.

DE ASSIS, D.M.S.; DE LIMA, A.B.; DA SILVA, E.R.M.; SILVA, A.S.; BARBOSA, I.C.C. Avaliação dos Parâmetros Físico-Químicos da Água de Abastecimento em Diferentes Bairros do Município de Salvaterra (Arquipélago do Marajó, PA). **Rev. Virtual Quím.** v. 9, nº 5, 2017.

FOLEGATTI, M.V. et al. **Gestão dos recursos hídricos e agricultura irrigada no Brasil**. In: BICUDO, C.E. de M. et al. **Águas do Brasil: análises estratégicas**. Instituto de Botânica. São Paulo, 2010.

FUJIEDA, M.; KUDOH, T.; CICCIO, V.; CALVARCHO, J.L. Hydrological processes at two subtropical forest catchments: the Serra do Mar, São Paulo, Brazil. **J. Hydrol.** 196, 26–46. 1997.

GEBLER, L.; LOUZADAS, J.A.S.; BERTOL, I.; RAMOS, R.R.; MIQUELLUTI, D.J.; SCHRAMMELS, B.M. Adaptação metodológica no cálculo de cargas contaminantes de P em bacias hidrográficas gaúchas. **Rev. Bras. Eng. Agr. Amb.**, v.16, n.7, p.769–776, 2012.

HUNKE, P.; MUELLER, E.N.; SCHRÖDER, B.; ZEILHOFER, P. The Brazilian Cerrado: assessment of water and soil degradation in catchments under intensive agricultural use. **Ecohydrology**, v. 8 (6), p. 1154–1180, 2015.

MARMONTEL, C.V.F.; BORJAB, M.E.L.; RODRIGUES, V.A.; ZEMA, D.A. Effects of land use and sampling distance on water quality in tropical headwater springs (Pimenta creek, São Paulo State, Brazil). **Sci. Total Environ.** p. 690–701, 2018.

MATOS, R.R.A. **Estimativa dos componentes azul e verde da pegada hídrica da batata-doce no agreste sergipano**. Dissertação (mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2015.

MORAIS, D.F. **Prevalência e fatores de risco *Cysticercus tenuicollis* em caprinos e ovinos e condições físicas e higiênico-sanitárias dos abatedouros da Paraíba**. 2015. Dissertação apresentada no curso de ciências biológicas da Universidade Federal de Campina Grande, Patos-PB, 2015.

PERNAMBUCO. Sistema Integrado de Recursos Hídricos e Energéticos – SIRH/Secretaria de Recursos Hídricos – SRH. **Projeto de Sustentabilidade Hídrica – PSHPE. Manual de Operações do Projeto – Volume I.** Disponível em: http://www.sirh.srh.pe.gov.br/site/attachments/article/309/MANUAL%20DE%20OPERA%C3%87OES_PSHPE.pdf. Acesso em: 17 de novembro de 2018.

ROCHA, C.H.B.; PEREIRA, A.M. Análise multivariada para seleção de parâmetros de monitoramento em manancial de Juiz de Fora, Minas Gerais. **Rev. Ambient. Água**. vol. 11, n. 1, 2016.

ROLIM, M.M.; LYRA, M.R.C.C.; DUARTE, A.M.S.; MEDEIROS, P.R.F.; SILVA, E.F.F.; PEDROSA, E.M.R. Influência de uma lagoa de distribuição de vinhaça na qualidade da água freática. **Rev. Amb. Água**, v. 8, n.1, 2013. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1014>

TAVARES, B.S. Water quality in Una River Basin – Pernambuco. **Rev. Geama**, Recife – v. 4 (1), p. 026-032, 2018.

WAKIDA, F.T.; LERNER, D. N. Non-agricultural sources of groundwater nitrate: a review and case study. **Water Research**, v. 39, p. 3–16, 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2004.07.026>