

BIANCA SILVA TAVARES

**QUALIDADE DE ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO UNA -
PERNAMBUCO**

**RECIFE-PE
JULHO- 2014**

BIANCA SILVA TAVARES

QUALIDADE DE ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO UNA -
PERNAMBUCO

Orientador: Prof. Dr. Marcus Metri Corrêa

Tese apresentada à
Universidade Federal Rural de
Pernambuco, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Engenharia
Agrícola, para obtenção do título
de Doutora em Engenharia
Agrícola.

RECIFE-PE
JULHO- 2014

Ficha catalográfica

T231q Tavares, Bianca Silva
Qualidade de água na bacia hidrográfica do rio Una –
Pernambuco / Bianca Silva Tavares. – Recife, 2014.
110 f. : il.

Orientador: Marcus Metri Corrêa.
Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento
de Engenharia Agrícola, Recife, 2014.
Referências.

1. Recursos hídricos 2. Monitoramento 3. Estatística
multivariada 4. Qualidade de água I. Corrêa, Marcus Metri,
orientador II. Título

CDD 631

BIANCA SILVA TAVARES

**QUALIDADE DE ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO UNA -
PERNAMBUCO**

Tese defendida e aprovada pela banca examinadora em 30 de julho de 2014:

Orientador:

Marcus Metri Corrêa

Examinadores:

Ênio Farias de França e Silva



Valmir Cristiano Marques de Arruda

Valdinete Lins da Silva

Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa

“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um
novo começo, qualquer um pode começar
agora e fazer um novo fim.”

Chico Xavier

Rio Una

Lá vai o rio Una vai correndo a galopar
Lá vai o rio Una vai correndo para o mar

É que ele nasce pelas bandas de Capoeiras
Vai descendo as cachoeiras
Ligeiro que nem o vento
Chega em São Bento ele sorri de alegria
A correnteza tá dizendo
Se eu pudesse eu não descia

Lá vai o rio Una vai correndo a galopar
Lá vai o rio Una vai correndo para o mar

Pede licença e entra em Cachoeirinha
É quando vê quatro vaquinhas
Bebendo do seu produto
Se eu pudesse
Eu demorava um tiquinho
Mas vou passar em Altinho
Nem que seja um minuto
Chega em Altinho
Ele se alegra e se agita
Quando vê a moça bonita
Na barreira matutina
Para Agrestina ele corre com emoção
As águas batendo nas pedras
Até parece uma canção

Lá vai o rio Una vai correndo a galopar
Lá vai o rio Una vai correndo para o mar

Chega em Palmares
Ele mata a saudade
Passa dentro da cidade
valente como um leão
Em Água Preta ele deixa de ser arisco
Respeita o padre Francisco
e pede a sua benção
Aí ele entristece
e bota pra chorar
Se despede de Barreiros
E emboca pra dentro do mar

Jorge de Altinho

Dedico e ofereço:

Ao meu esposo Rômulo Vinícius Cordeiro Conceição de Souza, companheiro de todos os momentos.

Ao meu Pai, Rui Tavares Pereira, e minha mãe, Maria Angélica Silva Tavares, que sempre me deram apoio.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente tenho que agradece a Deus por sempre iluminar os meus caminhos e ter me dado força e perseverança.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade de formação acadêmica, especialmente ao Coordenador professor Ênio Farias de França e Silva.

A meu orientador, professor Marcus Metri Corrêa, que esteve presente em toda essa caminhada me apoiando em todas as decisões a serem tomadas sempre oferecendo seus ouvidos e conselhos, além de contribuir de forma significativa para meu crescimento pessoal e profissional.

À FACEPE pela concessão da bolsa de doutorado.

À todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola que muito contribuíram para meu crescimento tanto acadêmico quanto pessoal.

À professora da UFPE Valdinete Lins da Silva que disponibilizou o laboratório para realização das análises. À técnica Ana Maria que me orientou em todas as etapas de análises.

Ao estagiário, estudante de Farmácia, Wemmerson Filipi Albuquerque de Lima e a professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Vânia Carvalho que me auxiliaram nas etapas de análise laboratorial.

A meu esposo, Rômulo Vinícius Cordeiro Conceição de Souza, esteve ao meu lado em todos os momentos sempre me dado apoio, confiando em mim mesmo quando estava desaminada. E compreendeu as minhas ausências e falta de tempo.

A meu Pai, Rui Tavares Pereira, que mesmo a distância sempre me deu força e confiança. Peço desculpas por ter estado ausente, fisicamente, no momento que o senhor mais precisou. Mas esse é o resultado de todo o meu esforço e ausência.

À minha mãe, Maria Angélica Silva Tavares, que também a distância nunca duvidou da minha capacidade me dando força e fé.

À minhas irmãs Argélia Silva Tavares e Evelyn Silva Tavares que sempre confiaram no meu potencial.

À minha querida amiga Daniela Moura sendo minha confidente desde o ensino fundamental e em todos os momentos teve paciência, conselhos, puxões de orelha e sempre torcendo por cada conquista minha.

À meu familiares que sempre me deram apoio, confiança e fé: minha querida prima Birmânia Silva Tavares, meu primo Bergson Silva Tavares, Julinha, Kenya, Cristiane, Tia Maria, Tio Zaim, Tia Evandra.

À Agro-indústria do Vale do São Francisco – AGROVALE, especialmente o Engenheiro Agrônomo Vinicius, aos trabalhadores: Theórgenes, Márcio, Ademar, Raimundo e Francisco por toda ajuda necessária para conduzir o primeiro experimento.

À todos amigos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho: Waldirene, Gledson, Joselina, Silvia, Laura, Michel, Regilene, Priscila, Agenor, Laerte.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT	v
APRESENTAÇÃO.....	6
CAPÍTULO 1: Revisão de literatura.....	8
1. Disponibilidade hídrica	8
2. Qualidade de água	9
3. Bacia Hidrográfica do rio Una.....	10
3.1 Utilização dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Una	13
4. Monitoramento da qualidade de água	14
4.1. Amostragem para qualidade de água	15
5. Parâmetros de monitoramento	16
5.1. Temperatura.....	18
5.2. Potencial Hidrogeniônico (pH).....	18
5.3. Turbidez	19
5.4. Cor	19
5.5. Condutividade elétrica.....	20
5.6. Oxigênio dissolvido (OD)	21
5.7. Demanda Bioquímica de oxigênio (DBO)	21
5.8. Fósforo.....	22
5.9. Potássio	22
5.10. Coliformes termotolerantes e <i>Escherichia Coli</i>	23
6. Análises de Componentes Principais	23
7. Referências	25
CAPÍTULO II	33
Resumo.....	33
Abstract.....	34
1. Introdução	35
2. Material e Métodos.....	37
3. Resultados e Discussão	40

4. Considerações Finais.....	47
5. Referências	48
CAPÍTULO III	53
Resumo.....	53
Abstract.....	54
1.Introdução	55
2. Material e Métodos.....	56
3. Resultados e Discussão.....	60
4. Considerações Finais.....	91
5. Referências	92

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II - Seleção dos indicadores da qualidade de água na bacia hidrográfica do Rio Una- PE pelo emprego da análise estatística multivariada

Tabela 1. Estações de amostragem da rede de monitoramento da Bacia do Rio Una.	38
Tabela 2. Matriz de correlação das variáveis de qualidade de água da Bacia Hidrográfica do Rio Una.....	41
Tabela 3. Medidas descritivas do modelo empregado na extração de fatores nos parâmetros de qualidade de água.....	43
Tabela 4. Fatores das variáveis físico-químicas e biológicas significativas do modelo de análise da componente principal.....	44

CAPÍTULO III - Qualidade de água na bacia hidrográfica do rio Una em Pernambuco

Tabela 1. Localização dos pontos de monitoramento.....	57
Tabela 2. Valores médios dos parâmetros de qualidade de água avaliados.....	62
Tabela 3. População das cidades	90

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II - Seleção dos indicadores da qualidade de água na bacia hidrográfica do Rio Una-PE pelo emprego da análise estatística multivariada

Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Una – PE.....	37
Figura 2. Localização dos pontos de monitoramento.....	38

CAPÍTULO III - Qualidade de água na bacia hidrográfica do rio Una em Pernambuco

Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Una – PE.....	57
Figura 2. Pontos de monitoramento na Bacia Hidrográfica do Rio Una.....	58
Figura 3. Trecho de coleta das amostras.....	58
Figura 4. Precipitação durante o período de amostragem.....	61
Figura 5. Valores do parâmetro temperatura nos pontos de coleta.....	63
Figura 6. Variação do parâmetro temperatura no período de monitoramento.....	63
Figura 7. Concentração de oxigênio dissolvido no período de realização da pesquisa	65
Figura 8. Variação da concentração de oxigênio dissolvido no período de amostragem.....	66
Figura 9. Usina sucroalcooleira.....	67
Figura 10. Ponto 7 e Estação de tratamento de esgoto localizada próxima.....	68
Figura 11. Variação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) nos locais de amostragem	69
Figura 12. Variação da Demanda Bioquímica de Oxigênio durante o período de amostragem.....	70
Figura 13. Variação do Potencial Hidrogeniônico nos locais de amostragem.....	72
Figura 14. Variação do Potencial Hidrogeniônico durante o período de amostragem	72
Figura 15. Principais tipos de solos existentes na Bacia Hidrográfica do Rio Una.....	74

Figura 16. Variação da turbidez nos locais de amostragem.....	75
Figura 17. Variação da cor nos locais de amostragem.....	75
Figura 18. Variação da turbidez durante o período de amostragem.....	76
Figura 19. Variação da cor durante o período de amostragem.....	76
Figura 20. Variação da condutividade elétrica nos locais de amostragem.....	79
Figura 21. Variação da condutividade elétrica durante o período de amostragem.....	80
Figura 22. Variação da concentração de fósforo nos locais de amostragem.....	82
Figura 23. Variação da concentração de fósforo durante o período de amostragem....	83
Figura 24. Variação da concentração de potássio nos locais de amostragem.....	85
Figura 25. Variação da concentração de potássio durante o período de amostragem	85
Figura 26. Variação dos valores do Número Mais Provável (NMP) de coliformes termotolerantes nos locais de amostragem.....	88
Figura 27. Variação dos valores de Escherichia coli nos locais de amostragem.....	88
Figura 28. Variação dos valores de coliformes totais durante o período de amostragem.....	89
Figura 29. Variação dos valores de Escherichia Coli durante o período de amostragem.....	89

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO UNA, PERNAMBUCO

RESUMO

O presente trabalho teve o objetivo de estudar a qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Una em Pernambuco. Para isso, foi utilizada a técnica de estatística multivariada para identificar os parâmetros de maior significância na qualidade das águas com dados oriundos do monitoramento sistemático da Agência Pernambucana de Meio Ambiente (CPRH), durante o período de fevereiro de 2006 à abril de 2013. Realizou-se também um monitoramento na bacia hidrográfica, no período de outubro de 2013 a março de 2014, analisando 11 parâmetros: temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, cor, turbidez, potássio, pH, fósforo total, coliformes termotolerantes e *Escherichia Coli*. Por meio da análise de componentes principais e análise fatorial, os parâmetros de maior significância para a determinação da qualidade de água foram: pH, condutividade elétrica, fósforo total, temperatura, turbidez, cor, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e Coliformes termotolerantes. Quanto ao monitoramento pode-se concluir que a qualidade das águas do rio Una encontra-se fora dos padrões de referência da resolução CONAMA para classe II – água doce, nos parâmetros: oxigênio dissolvido, pH, fósforo, Coliformes termotolerantes e *Escherichia Coli*, mostrando que a ocupação do solo no trecho da bacia hidrográfica entre as cidades de Catende, Palmares e Água Preta influenciaram a qualidade de água nestes parâmetros.

Palavras chave: recursos hídricos, monitoramento, estatística multivariada e resolução CONAMA 357

ASSESSMENT OF WATER QUALITY IN A RIVER BASIN, PERNAMBUCO

ABSTRACT

The present work aimed to study the water quality of the waters of the watershed of the river Una in Pernambuco. For this, the multivariate analysis was used to identify the parameters of greatest significance in water quality monitoring with data from the Pernambuco Environment Agency (CPRH) during the period from February 2006 to April 2013. Was performed also a monitoring in the watershed during the period October 2013 to March 2014, analyzing 11 parameters: temperature, conductivity, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, color, turbidity, potassium, pH, total phosphorus, fecal coliform and *Escherichia coli*. Through principal component analysis and factor analysis, the parameters of greatest significance for the determination of water quality were: pH, electrical conductivity, total phosphorus, temperature, turbidity, color, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand and fecal coliform. Regarding the monitoring can be concluded that the water quality of the River Una is outside the benchmarks of CONAMA Resolution for Class II parameters: dissolved oxygen, pH, phosphorus, thermotolerant coliforms and *E. coli*, showing that the occupation of ground in the stretch of the River Basin between the cities of Catende, Palmares and Black Water influenced the water quality in these parameters.

Keywords: water resources, monitoring, multivariate statistical e CONAMA Resolution 357

APRESENTAÇÃO

A água é um recurso natural essencial à manutenção da vida e primordial para diversas atividades humanas, como abastecimento doméstico e industrial, irrigação, recreação, atividade pesqueira, geração de energia, diluição de efluentes, entre outros. Nas últimas décadas a demanda dos recursos hídricos aumentou, tanto em quantidade quanto em qualidade, principalmente por duas razões: acentuado crescimento demográfico e desenvolvimento econômico.

A avaliação da questão hídrica de uma região não deve restringir-se ao simples balanço entre oferta e demanda, mas deve abranger um estudo mais amplo da utilização dos recursos hídricos, levando em conta diversos aspectos na região hidrográfica como geoambientais, socioculturais, uso e ocupação do solo, conservação dos recursos naturais, entre outros, além de parâmetros relacionados à qualidade de água.

O acelerado crescimento populacional e a ausência de planejamento, principalmente sanitário, nos centros urbanos do Estado de Pernambuco vêm ocasionando um evidente aumento da deterioração dos recursos naturais e principalmente a poluição dos cursos d'água. Esse quadro pode ser observado em diversas bacias hidrográficas do Estado, o que evidencia a necessidade de avaliação da qualidade de água dos corpos hídricos relacionados ao uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica.

A determinação da qualidade de água na bacia hidrográfica do Rio Una é essencial devido a sua importância para a região Mata Sul de Pernambuco. Muitas atividades econômicas nos setores agrícola e agroindustrial dependem da manutenção da qualidade deste corpo hídrico, além do abastecimento humano. Esse manancial encontra-se inserido na problemática de degradação ambiental, pois sofre influência de diversas formas de ocupação do solo como: atividade agrícola, deposição de resíduos de atividades agroindustriais (usinas de cana-de-açúcar) e doméstico, além de diversas cidades que interferem na qualidade de água através do lançamento dos efluentes domésticos. Diante deste contexto torna-se evidente a relevância de monitorar a qualidade de água deste corpo hídrico.

No Capítulo I, realizou-se uma revisão de literatura sobre o tema estudado, fazendo uma contextualização teórica sobre a qualidade de água e as características bióticas e abióticas da bacia hidrográfica do rio Una.

No Capítulo II foi trabalhada a análise dos dados históricos do monitoramento sistemático da qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Una, empregando-se a estatística multivariada através das técnicas de análise fatorial e de componente principal, visando identificar os principais parâmetros relevantes para determinar a qualidade da água na referida bacia.

O Capítulo III abordou a avaliação da qualidade da água da porção baixa da bacia hidrográfica do rio Una utilizando os parâmetros selecionados no Capítulo II.

CAPÍTULO I: REVISÃO DE LITERATURA

1. Disponibilidade hídrica

Apesar da água ser um recurso natural em abundância no planeta, possui disponibilidade pequena para uso humano. A maior parte da água do planeta (97,5%) é salgada. Assim, a água doce corresponde a pouco mais de 2,5% do volume total desse recurso, e apenas uma pequena parcela (0,27%) se apresenta sob forma facilmente utilizável pelo homem em rios e lagos. A água não deve somente ser considerada um bem natural indispensável à sobrevivência dos seres vivos, mas também pelo seu valor político, econômico e social (SOUZA ET AL., 2012; MAGALHÃES, 2004).

O Brasil tem posição privilegiada em relação ao volume de recursos hídricos quando comparado a outros países, possuindo a maior disponibilidade hídrica do mundo, porém a sua distribuição ocorre de forma irregular entre as regiões. Na região Norte do país está concentrado aproximadamente 70% da água disponível para uso, onde habita apenas 7% da população nacional; enquanto os 30% restantes distribuem-se desigualmente pelo país, para atender a 93% da população (LIMA, 2001; GALINDO, 2004).

Os problemas de escassez hídrica no Brasil decorrem, fundamentalmente, da combinação do crescimento exagerado das demandas localizadas e da degradação da qualidade dos corpos hídricos. Esse quadro é consequência do aumento desordenado dos processos de urbanização, industrialização e expansão agrícola, verificado a partir da década de 1950 (LIMA, 2001).

Segundo Maia (2002) além da irregular distribuição, a escassez de água é incrementada pela deterioração da qualidade, o que inviabiliza a utilização de importantes mananciais e conseqüentemente resulta em uma demanda superior à oferta. Dessa forma existe a necessidade urgente de desenvolver mecanismos de gestão e conservação dos recursos hídricos. Atualmente o grande desafio da humanidade é conviver com a baixa disponibilidade de água causada pelo uso excessivo e poluição dos corpos hídricos (PONTES & SCHRAMM, 2004; LUCAS ET. AL., 2010).

2. Qualidade de água

A maior parte dos corpos hídricos superficiais está sujeito aos múltiplos usos antropogênicos e exigências ecológicas, o que reforça a relevância da descrição da situação da qualidade das águas visando atender ao planejamento do gerenciamento dos recursos hídricos (LIMA & CHAVES, 2008).

Uma bacia hidrográfica se configura como a mais adequada unidade de planejamento para o uso e exploração dos recursos naturais, pois seus limites são imutáveis dentro do horizonte de planejamento humano, o que facilita o acompanhamento das alterações naturais ou introduzidas pelo homem na área. Assim, o monitoramento do uso e da ocupação das terras da bacia hidrográfica é o meio mais eficiente de controle dos recursos hídricos que a integram (VAEZA ET AL., 2010). A Política Nacional dos Recursos Hídricos, lei Nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, evidencia a relevância da bacia hidrográfica, instituindo-a como unidade de gestão, tendo como limite o perímetro da área a ser planejada (BRASIL, 1997).

Quando utilizamos o termo "qualidade de água" é necessário compreender que esse termo não se refere, necessariamente, a um estado de pureza, mas simplesmente às características químicas, físicas e biológicas e que, conforme essas características, são estipuladas diferentes finalidades para a água (MERTEN & MINELLA, 2002).

As modificações na qualidade da água estão diretamente relacionadas com as alterações que ocorrem na bacia hidrográfica. Dessa forma a qualidade da água varia em função de diversos fatores, tais como uso e ocupação do solo da bacia de drenagem e da existência de indústrias, com lançamento de efluentes diversificados, tornando-se evidente a importância da análise de qualidade de água, na identificação de trechos mais críticos (TUCCI ET AL., 2004; FARIAS ET AL., 2011).

De acordo com Tucci et al. (2001), a maioria dos rios que atravessam as cidades estão deteriorados, sendo este um dos maiores problemas ambientais brasileiros. Essa deterioração ocorre porque a maioria das cidades não possui coleta e tratamento de esgotos. Nos países em desenvolvimento, a degradação da qualidade dos corpos hídricos está diretamente relacionada à poluição orgânica. A ocupação e o uso desordenado do solo, associado à falta de

implantação dos serviços de saneamento básico promovem a degradação crescente deste recurso natural (HESPANHOL, 2009).

O rápido crescimento da humanidade gerou um descompasso entre a estrutura de muitas cidades e o número de habitantes. Como reflexo, têm-se a precariedade dos sistemas de saneamento e a falta destes torna necessário o despejo de efluentes industriais e domésticos em corpos de água. Esse procedimento não afetaria o equilíbrio ecológico se a quantidade despejada não superasse tanto a capacidade de diluição desses mananciais, contudo não é isto o que se observa na maioria das grandes cidades brasileiras (MORAES & JORDÃO, 2002).

3. Bacia Hidrográfica do rio Una

Os recursos hídricos da região Nordeste vêm sofrendo crescente processo de diminuição da qualidade como consequência dos lançamentos de resíduos das atividades desenvolvidas em suas bacias hidrográficas (BRASIL, 2014).

As principais causas de poluição dos recursos hídricos nesta região são: presença de matadouros com lançamento de efluentes sem o devido tratamento; deposição de resíduos sólidos às margens e no próprio corpo hídrico e escoamento superficial de áreas agrícolas com intensivo uso de fertilizantes químicos e agrotóxico (BRASIL, 2014).

Na maioria das cidades do Nordeste, o baixo índice de cobertura de sistemas de esgotamento sanitário resulta no lançamento de efluentes domésticos nos recursos hídricos superficiais ou na adoção de soluções individuais tipo fossa, as quais contribuem para a poluição das águas subterrâneas (BRASIL, 2014).

De acordo com o levantamento realizado pela Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco é possível constatar que todas as bacias do Estado estão com a sua qualidade comprometida (LEITE, 2005).

Os problemas de poluição por esgotos domésticos estão mais presentes nos recursos hídricos que atravessam áreas onde há maior concentração urbana. Um exemplo dessa situação ocorre nas bacias litorâneas do Estado do Pernambuco. Estudos indicam que os parâmetros oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e coliformes ultrapassam os limites máximos

ou mínimos permitidos para as classes em que os cursos de água foram enquadrados (BRASIL, 2014).

A informação sobre qualidade de água na Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental ainda é esparsa ou inexistente em várias bacias. Poucos Estados possuem redes e programas de monitoramento adequados em termos de frequência, parâmetros e número de pontos de amostragem (BRASIL, 2006).

A qualidade das águas na região hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental apresenta uma grande diversidade de situações como: deposição de esgotos domésticos e outros efluentes urbanos, os efluentes e rejeitos industriais, e a poluição difusa decorrente do uso de agrotóxicos, adubos orgânicos e químicos. Outro fator preponderante que altera consideravelmente a qualidade das águas na Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental é a perenidade dos rios e a sazonalidade da estação chuvosa e do período de seca (BRASIL, 2006).

De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco - PERH-PE, a bacia hidrográfica é a unidade geográfica utilizada para planejar, avaliar e controlar os recursos hídricos. Para atender a essa determinação o território pernambucano foi dividido em 29 Unidades de Planejamento, das quais 13 bacias (rios Goiana, Capibaribe, Ipojuca, Sirinhaém, Una, Mundaú, Ipanema, Moxotó, Pajeú, Terra Nova, Brígida, Garça e Pontal), são as que apresentam maior relevância em relação ao contexto hídrico do Estado. Além dessas bacias existem outras que foram agrupadas, em função de seu pequeno tamanho, constituindo os assim chamados “grupos de bacias hidrográficas de pequenos rios”. De um total de 16 grupos, seis são formados por pequenos rios litorâneos (GL), nove por pequenos rios interiores (GI), além de uma bacia de pequenos cursos d’água que formam a rede de drenagem da Ilha de Fernando de Noronha (PERNAMBUCO, 2006).

O Rio Una é considerado um dos principais corpos hídricos do Estado de Pernambuco. Sua bacia limita-se ao norte com as bacias dos rios Ipojuca e Sirinhaém; ao sul, com a bacia do rio Mundaú, o Estado de Alagoas, o grupo de bacias de pequenos rios litorâneos 5 (GL5), e o grupo de bacias de pequenos rios interiores 1 (GL51); a leste, com o Oceano Atlântico, a bacia do rio Sirinhaém, o GL4 e GL5; e, a oeste, com as bacias dos rios Ipojuca e Ipanema (SOUZA ET AL., 2011).

Com uma extensão de aproximadamente 271 km, o rio Una constitui a bacia de mesmo nome que apresenta uma área de 6.740,31 km², dos quais 6.262,78 km² estão no Estado de Pernambuco, equivalendo a 6,37% da área total do Estado. A bacia hidrográfica do Una assemelha-se a um grande losango recortado no sentido oeste-leste, onde seus eixos principal e secundário medem, respectivamente, cerca de 240 e 70 km (SOUZA et al., 2011; MELO & GOLFARB, 2012).

Nasce na Serra da Boa Vista situada em áreas do município de Capoeiras, a uma altitude de 900 m. O seu curso tem de uma maneira geral a direção oeste-leste. Apresenta-se com escoamento intermitente até o espaço territorial do município de Altinho, quando torna-se perene (PERNAMBUCO, 2006).

Esta bacia hidrográfica compreende 42 municípios, dentre os quais 11 estão inteiramente inseridos na bacia, 15 possuem sede inserida na bacia, e 16 estão parcialmente inseridos. Ao longo de seu percurso tem como principais reservatórios: Brejo do Buraco, Caianinha, Gurjão, Pau Ferro, Poço da Areia e Prata, todos com capacidade máxima acima de um milhão de metros cúbicos (SOUZA et al., 2011; MELO & GOLFARB, 2012).

Por sua configuração se estende desde a região Agreste até o litoral do Estado, essa unidade hídrica faz parte de áreas de duas Mesorregiões (Agreste Pernambucano e Mata Pernambucana), de quatro Microrregiões (Vale do Ipojuca, Garanhuns, Brejo Pernambucano e Mata Meridional Pernambucana) e de três Regiões de Desenvolvimento: Agreste Meridional, Agreste Central e Mata Sul (CEPAN, 2013).

A bacia do rio Una é de grande importância para a Mata Sul Pernambucana, pois, dos 11 municípios totalmente inseridos nesta bacia, sete pertencem à referida região (Belém de Maria, Catende, Jaqueira, Maraiá, Palmares, São Benedito do Sul e Xexéu). Os municípios de Barreiros, Quipapá, São José da Coroa Grande, que possuem suas sedes inseridas na bacia hidrográfica, também fazem parte da região de estudo. Assim, a bacia hidrográfica do Rio Una, destaca-se como sendo a principal, em termos de abrangência e extensão territorial, para a Mata Sul (Amaral & Oliveira Neto, 2013)

3.1. Utilização dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Una

De acordo a Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH), os principais usos do solo na bacia hidrográfica do Rio Una são: policultura, áreas cultivadas com cana-de-açúcar e áreas de Mata Atlântica e Manguezal. A água de sua bacia é utilizada prioritariamente para abastecimento público e recepção de efluentes domésticos, industrial e agroindustrial (PERNAMBUCO, 2006).

A bacia do rio Una apresenta diversidade de usos de água como irrigação e abastecimento público. Destaca-se o uso da água para o lazer e o turismo, principalmente no município de Bonito, nas várias cachoeiras que possui. Também são comuns pequenas captações de água para abastecimento humano e animal, industrial, atividades domésticas, recreação e pesca que ocorrem em diversos locais da bacia do rio Una. Existiam, no ano de 2011, 112 usuários no cadastro de outorgas de águas superficiais, sendo que o maior número de usuários outorgados utiliza a água para abastecimento público e para irrigação (ITEP, 2011).

Nos municípios de São Bento do Una, Capoeiras e Bonito predomina o uso da água para a atividade de avicultura. No setor industrial, a atividade sulcroalcooleira tem destaque na região da Zona da Mata. Esse segmento apresenta significativo consumo de água e potencial poluidor (OLIVEIRA, 2013).

As pequenas captações são feitas a partir de rios e riachos perenes ou de pequenos açudes que são mais frequentes no médio curso do rio Una e seus respectivos afluentes. Dentre os usuários destacam-se: Usina Frei Caneca, Usina Una Açúcar e Energia, e Agropecuária Pirangi. A água também atende a pecuária. O setor industrial é representado por pequenas unidades de indústrias leves de transformação localizadas nas sedes municipais (OLIVEIRA, 2013; ITEP, 2011).

Em seu trajeto, o rio Una passa por cidades agrestinas com economia relativamente dinâmica, tais como São Bento do Una (importante centro de produção avícola) e Cachoeirinha (tradicional centro produtor de queijo e de derivados de couro), bem como os dois maiores centros urbanos da Mata Sul Pernambucana - as cidades de Palmares e Barreiros que, juntamente com algumas usinas constituem-se em fonte de poluição desse importante curso de água (PERNAMBUCO, 2001).

4. Monitoramento da qualidade de água

A ocupação e uso do solo por diferentes atividades alteram sensivelmente os processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais. Estas alterações ocorridas em uma bacia hidrográfica podem ser avaliadas através do monitoramento da qualidade da água. Por meio do ciclo hidrológico, as chuvas precipitadas sobre as vertentes irão formar o deflúvio superficial que irá carrear sedimentos e poluentes para a rede de drenagem. Desta forma, o rio é um integralizador dos fenômenos ocorrentes na área da bacia, que pode ser avaliado pelos parâmetros de qualidade da água (MERTEN & MINELLA, 2002).

A maioria dos rios brasileiros, que são a principal fonte de abastecimento de água para a população, não possuem sistemas de monitoramento da qualidade, algo preocupante tendo em vista a vasta importância dos recursos hídricos para o desenvolvimento da vida humana e das atividades agrícolas e industriais. Por isso, é de fundamental importância o conhecimento da qualidade das águas, pois este permite não somente auxiliar na definição dos usos pretendidos como também avaliar sua qualidade e indicar quais atividades humanas causam ou podem causar sua degradação (HADDAD, 2007).

O monitoramento da qualidade da água é um dos principais instrumentos de sustentação de uma política de planejamento e gestão de recursos hídricos, visto que funciona como um sensor que possibilita o acompanhamento do processo de uso dos corpos hídricos, apresentando seus efeitos sobre as características qualitativas das águas, visando subsidiar as ações de controle ambiental (GUEDES ET AL., 2012).

O monitoramento é uma ferramenta fundamental na gestão dos recursos hídricos, pois o rio é o destino final da trajetória da água na bacia hidrográfica. Segundo esta ótica, é também o reflexo de qualquer ação que ocorra, e que altere de forma significativa o equilíbrio natural do território, uma vez que os efeitos destas atividades a montante de um ponto de análise se farão sentir a jusante de alguma forma naquele elemento. Neste sentido, o rio pode ser considerado um indicador do estado de equilíbrio da bacia hidrográfica, caracterizando ou não o nível de sustentabilidade da bacia (MACEDO, 2004).

O monitoramento deve ser visto como um processo essencial à implantação dos instrumentos de gestão das águas, já que permitem a obtenção de informações estratégicas, acompanhamentos das medidas efetivas, atualização do banco de dados e auxilia a tomada das decisões (MAGALHÃES JÚNIOR, 2000).

De acordo a Ward (1990) et al., o monitoramento da qualidade de água poderá ser utilizado na gestão dos recursos hídricos sendo um componente essencial para as definições de trabalhos nesta área. O sistema de monitoramento da qualidade de água é composto pelos seguintes etapas: coleta de amostra; análises laboratoriais; manejo dos dados; análise dos dados; elaboração do relatório e por fim, a utilização para informação para o entendimento das condições da qualidade de água.

Um dos grandes desafios para um programa de monitoramento da qualidade da água na bacia é conhecer o funcionamento do ecossistema, organizar um banco de dados sobre a qualidade da água e entender os fatores que afetam a qualidade regionalmente (PIRES et al., 2002).

4.1. Amostragem para qualidade de água

Um aspecto importante na avaliação da qualidade da água em um corpo hídrico é fazer um monitoramento ao longo do tempo e do espaço. A análise temporal visa acompanhar a evolução das condições da qualidade da água ao longo do tempo, sendo importante para poder acompanhar a tendência de melhora ou piora da qualidade da água, permitindo aos gestores tomarem medidas rápidas. A análise espacial avalia o comportamento de um determinado parâmetro de qualidade para pontos situados ao longo de um mesmo corpo hídrico. Essa avaliação permite identificar trechos críticos, nos quais a qualidade da água se encontre significativamente comprometida, em função de fatores meteorológicos, de eventual sazonalidade de lançamentos poluidores e de alterações na vazão (OLIVEIRA, 2004).

A necessidade de padronização quanto aos procedimentos rotineiros de trabalho de campo é essencial para o acompanhamento da qualidade da água dos corpos hídricos, o que contribui significativamente para a obtenção de resultados representativos que possam subsidiar medidas relativas à gestão dos recursos hídricos. Os métodos de análise fixam o número de amostras e o volume de água necessário, a fim de que o resultado seja o mais correto

possível, ou seja, represente o estado do corpo hídrico cuja qualidade se deseja saber. O resultado da análise de uma amostra de água revela unicamente as características apresentadas pela água no momento em que foi coletada (LIMA, 2008).

Um plano de amostragem eficiente deve ser elaborado definindo os seguintes pontos: objetivos e precisão; desenho amostral (local, período e frequência de amostragem); amostragem e coleta de dados em campo; volume de amostragem; método de amostragem; método de preservação e de transporte da amostra; métodos e procedimentos analíticos e interpretação dos dados (PARRON et al., 2011).

O planejamento correto das atividades de campo é de importância fundamental para o sucesso dos trabalhos. O primeiro ponto a ser considerado é a seleção de itinerários racionais, observando-se os acessos e o tempo para coleta das amostras. Posteriormente deve-se definir a técnica de preservação das amostras visando o cumprimento do prazo para o envio das amostras aos laboratórios, obedecendo-se o prazo de validade para o ensaio de cada parâmetro, a capacidade analítica e o horário de atendimento e funcionamento dos laboratórios envolvidos (CETESB, 2011).

A etapa de amostragem é crucial no processo de monitoramento da qualidade de água, pois o material coletado deve representar de forma fidedigna o local amostrado. A seleção criteriosa dos pontos de amostragem e a escolha de técnicas adequadas de coleta e preservação de amostras são primordiais para a confiabilidade e representatividade dos dados gerados. A coleta de amostras de água é uma das etapas mais importantes no monitoramento da qualidade de um corpo hídrico tendo como objetivo coletar um volume de água pequeno o bastante para ser transportado convenientemente, manuseado em laboratório e que represente o mais acuradamente possível, o material coletado. A confiabilidade dos resultados e sua interpretação adequada dependem da correta execução da amostragem (CETESB, 2011; PARRON, 2011).

5. Parâmetros de monitoramento

Os padrões de qualidade, segundo a ABNT (NBR 9896/87), são constituídos por um conjunto de parâmetros e respectivos limites. Os padrões são estabelecidos com base em critérios científicos que avaliam o risco para

uma dada vítima e o dano causado pela exposição a uma dose conhecida de um determinado poluente. Cada uma dessas classes corresponde uma determinada qualidade a ser mantida no corpo d'água. Esta qualidade é expressa na forma de padrões através da resolução do Conama (Conselho Nacional de Meio Ambiente) no Brasil (NASCIMENTO & VON SPERLING, 1998).

Os corpos de água foram classificados em nove categorias, sendo cinco classes de água doce (salinidade <0,5%), duas classes salinas (salinidade superior a 30%) e duas salobras (salinidade entre 0,5 e 30%). A classe "especial" é apta para uso doméstico sem tratamento prévio, enquanto o uso doméstico da classe IV é restrito, mesmo após tratamento, devido à presença de substâncias que oferecem risco à saúde humana. A classificação padronizada dos corpos hídricos possibilita que sejam fixadas metas para atingir níveis de indicadores consistentes com a classificação desejada (MERTEN & MINELLA, 2002).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA normatizou, no Brasil, através das Resoluções 357 de 2005 e 396 de 2008 complementada e alterada pela CONAMA 430, o enquadramento das limitações de uso de corpos hídricos perante os padrões de qualidade. A política normativa nacional de uso da água, como consta na Resolução 357/2005 do CONAMA (Brasil, 2005), procurou estabelecer parâmetros que definem limites aceitáveis de elementos presentes nos corpos hídricos, considerando os diferentes usos (MERTEN & MINELLA, 2002).

A qualidade da água depende da finalidade à qual ela se destina. Assim para que a água destinada ao consumo humano seja adequada à manutenção da saúde, são estabelecidos pelos órgãos competentes padrões de potabilidade, que representam as quantidades limítrofes dos diversos elementos que podem ser tolerados nas águas de abastecimento público (CAMPOS et al., 2003).

A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas. Os parâmetros físicos dizem respeito à cor, sabor, cheiro, turbidez e temperatura. Já os químicos, estão relacionados com o pH da água, com os sólidos dissolvidos totais, dureza e concentração dos elementos químicos presentes na água. Os parâmetros biológicos estão relacionados ao nível de

contaminação microbiana por meio da identificação de microrganismos (VON SPERLING, 2005; LIMA & CHAVES, 2008).

5.1. Temperatura

A temperatura indica o grau de agitação das moléculas, esse parâmetro representa a medida da intensidade de calor, constituída pela transferência de calor por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo) para os rios. Os corpos de água toleram variações de temperatura com flutuações climáticas normais e variações sazonais e diárias. A temperatura da superfície é influenciada pela estação do ano, circulação do ar, hora do dia, cobertura de nuvens, profundidade do corpo d'água, vazão, latitude e altitude (PÁDUA, 2014; VON SPERLING, 1996).

A temperatura da água tem importância por sua influência em propriedades como: acelera reações químicas, reduz a solubilidade dos gases, acentua a sensação de sabor e odor, grau de saturação de oxigênio dissolvido e na concentração de dióxido de carbono, entre outras. É um parâmetro que influencia em vários processos que ocorrem nos corpos d'água, como a cinética das reações químicas, atividade microbológica e características físicas do meio. Determina também vários processos químicos, físicos e biológicos que ocorrem em um sistema aquático, tais como o metabolismo dos organismos e a degradação da matéria orgânica (PEREIRA, 2004; LIMA & CHAVES, 2008; LIRA, 2008; ZUIN, et al., 2009).

A importância da temperatura como parâmetro de qualidade da água, é que as elevações da temperatura podem gerar alterações que causam mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis. A temperatura nos corpos d'água deve ser analisada em conjunto com outros parâmetros, como por exemplo, o oxigênio dissolvido (VON SPERLING, 2005).

5.2. Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH indica se água é ácida, básica ou neutra. Se estiver em torno de 7, água é considerada neutra; menor que 6 é ácida e maior que 8 é básica. Em água destinada à irrigação de culturas a faixa de pH adequada varia de 6,5 a 8,4. Valores fora desta faixa podem provocar deterioração de equipamentos de irrigação (AYRES & WESTCOT, 1991).

As alterações de pH podem ter origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais). Em águas de abastecimento, baixos valores de pH podem contribuir para sua corrosividade e agressividade, enquanto valores elevados aumentam a possibilidade de incrustações. Para a adequada manutenção da vida aquática, o pH deve situar-se geralmente na faixa de 6 a 9 (BRASIL, 2006).

O pH de um corpo d'água também pode variar, dependendo da área que este corpo recebe as águas da chuva, os esgotos e a água do lençol freático. Quanto mais ácido for o solo da bacia, mais ácidas serão as águas deste corpo d'água. Ressalta-se que a decomposição natural da matéria orgânica, quando acumulada, pode causar mudanças importantes na concentração de oxigênio e nos valores de pH (MULLER, 2001; LIMA & CHAVES, 2008).

5.3. Turbidez

Turbidez é uma expressão da propriedade ótica que causa a dispersão e absorção da luz, ao invés de sua transmissão em linha reta através da água. É uma característica da água devido à presença de partículas sólidas em suspensão como, por exemplo, silte, argila, areia fina, material mineral, resíduos orgânicos, plâncton e outros organismos microscópicos que impedem a passagem de luz através da água. A presença dessas partículas provoca a dispersão e absorção da luz dando a água uma aparência nebulosa e esteticamente indesejável (LIMA & CHAVES, 2008).

A principal fonte de turbidez é a erosão dos solos, quando na época das chuvas as águas pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d'água. Este fenômeno se agrava em regiões de solos argilosos. Lançamento de esgotos domésticos e industriais, também são fontes importantes que causam uma elevação da turbidez das águas. A alta turbidez da água restringe o consumo humano, o uso industrial, as atividades de recreação e principalmente, impede a penetração dos raios solares, o que prejudica a fotossíntese e afeta o crescimento e preservação dos organismos aquáticos (SCHMIDT, 2014).

5.4. Cor

A cor é responsável pela coloração da água, e está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la. A cor da água é

produzida pela reflexão da luz em partículas minúsculas de dimensões inferiores a 1µm – denominadas colóides – finamente dispersas, de origem orgânica (ácidos húmicos e fúlvicos) ou mineral (resíduos industriais, compostos de ferro e manganês) (CETESB, 2013;BRASIL, 2006).

A água pura é virtualmente ausente de cor. A presença de substâncias dissolvidas ou em suspensão altera a cor da água, dependendo da quantidade e da natureza do material presente (RICHTTER & AZEVEDO NETTO, 2002)

Normalmente, a cor na água é devida aos ácidos húmicos e tanino, originados de decomposição de vegetais e, assim, não apresenta risco algum para a saúde. Porém, quando de origem industrial, pode ou não apresentar toxicidade (VON SPERLING, 1996).

Quando a água, além da cor, apresenta uma turbidez adicional que pode ser removida por centrifugação, diz-se que a cor é aparente. Removida a turbidez, o residual que se mede é a cor verdadeira, O termo cor é utilizado para representar a cor verdadeira, que é a cor da água quando a turbidez for removida. A cor aparente inclui não somente as substâncias dissolvidas, mas também aquela que envolve a matéria orgânica suspensa (MACÊDO, 2004).

Assim, a cor é um parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto, de acordo com a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde o valor máximo permissível de cor na água distribuída é de 15,0 UH (unidades de turbidez) (BRASIL, 2004).

5.5. Condutividade elétrica

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água. O parâmetro condutividade pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem ocasionados por lançamentos de resíduos industriais, mineração, esgotos, entre outros (SILVA, 2009).

Esse parâmetro é útil para avaliar variações na concentração de minerais dissolvidos em água bruta ou em águas residuárias, representa uma medida indireta da concentração de poluentes (CETESB, 2007).

Medidas de condutividade são importantes na prática de irrigação, aquicultura e preservação da corrosão, especialmente na área do reuso de águas. É também uma medida importante na determinação de outros

parâmetros analíticos, entre os quais salinidade, gás sulfídrico e sólidos dissolvidos e na prática de caracterização de águas para diferentes usos (LIMA & CHAVES, 2008).

5.6. Oxigênio dissolvido (OD)

Águas poluídas por esgotos apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido, pois o mesmo é consumido pelos microrganismos no processo de decomposição da matéria orgânica. Águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido mais elevadas, geralmente superiores a 5 mg L^{-1} , exceto se houverem condições naturais que causem baixos valores deste parâmetro (APHA, 1998; ESTEVES, 1988).

Geralmente o oxigênio dissolvido reduz ou desaparece, quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis encontradas, por exemplo, no esgoto doméstico e em certos resíduos industriais (FARIAS, 2006).

O oxigênio dissolvido é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos. O baixo valor de oxigênio dissolvido pode levar ao desaparecimento dos peixes de um determinado corpo d'água, dado que esses organismos são extremamente sensíveis à diminuição OD de seu meio (VON SPERLING, 2005; LIMA & CHAVES, 2008).

5.7. Demanda Bioquímica de oxigênio (DBO)

O parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio é utilizado para indicar a presença de matéria orgânica na água. Sabe-se que a matéria orgânica é responsável pelo principal problema de poluição das águas, que é a redução na concentração de oxigênio dissolvido. Isso ocorre como consequência da atividade respiratória das bactérias para a estabilização da matéria orgânica. Portanto, a avaliação da presença de matéria orgânica na água pode ser feita pela medição do consumo de oxigênio. Indicando o consumo ou a demanda de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica contida na amostra de água (BRASIL, 2006).

Esse parâmetro é amplamente utilizado para determinar o potencial de poluição de águas residuárias domésticas e industriais, em termos de oxigênio que as mesmas necessitarão, se forem despejadas em cursos de água

naturais em que existam condições aeróbicas. Essa demanda pode ser suficientemente grande, para consumir todo o oxigênio dissolvido da água, o que condiciona a morte de todos os organismos aeróbios de respiração subaquática. Essa análise é uma das mais importantes para as atividades de controle de poluição de cursos de água, além de ser indispensável nos trabalhos de regulamentação da qualidade de efluentes e em estudos para avaliar a capacidade de depuração dos corpos de água receptores de despejos (LIMA & CHAVES, 2008).

5.8. Fósforo

O fósforo presente em rios pode ter origem natural (rochas fosfatadas), antrópica da descarga de esgotos sanitários e efluentes industriais, do escoamento superficial de áreas agrícolas ou com criações animais e da drenagem urbana (APHA, 1998; QUEVEDO E PAGANINI, 2011).

O fósforo na água apresenta-se principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Os ortofosfatos têm como origem os fertilizantes fosfatados utilizados na agricultura, os polifosfatos são provenientes de despejos de esgotos domésticos e de alguns despejos industriais que utilizam detergentes sintéticos à base de polifosfatos. O fósforo total, o ortofosfato e a amônia formam o principal grupo de nutrientes com relação direta com o processo de eutrofização de um corpo d'água (CEBALLOS et al., 1998).

Este elemento químico não apresenta problemas de ordem sanitária para as águas de abastecimento. Quando encontrado em grande concentrações em lagos e represas pode contribuir para o crescimento exagerado de algas. É um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005).

5.9. Potássio

Potássio é encontrado em baixas concentrações nas águas naturais, já que rochas que contenham potássio são relativamente resistentes às ações do tempo. Entretanto, sais de potássio são largamente usados na indústria e em

fertilizantes para agricultura, entrando nas águas doces através das descargas industriais e lixiviação das terras agrícolas (CETESB, 2014).

O potássio é usualmente encontrado na forma iônica e os sais são altamente solúveis. Ele é pronto para ser incorporado em estruturas minerais e acumulado pela biota aquática, pois é um elemento nutricional essencial. As concentrações em águas naturais são usualmente menores que 10 mg/L. Valores da ordem de grandeza de 100 e 25.000 mg/L, podem indicar a ocorrência de fontes quentes e salmouras, respectivamente (CETESB, 2014).

5.10. Coliformes termotolerantes e Escherichia Coli

Os coliformes constituem um indicador microbiológico de contaminação da água mundialmente utilizado uma vez que estão presentes em grande quantidade nas fezes de animais de sangue quente (ALMEIDA, 2004; LIRA, 2008).

São empregados como parâmetro bacteriológico na definição de padrões para monitoramento da qualidade das águas destinadas ao consumo humano, bem como para a caracterização e avaliação da qualidade das águas em geral. A contagem de coliformes fecais é o principal indicador da poluição de origem doméstica (APHA, 1992; LIRA, 2008).

A água potável não deve conter microorganismos patogênicos e deve estar livre de bactérias indicadoras de contaminação fecal. Os indicadores de contaminação fecal, tradicionalmente aceitos, pertencem a um grupo de bactérias denominadas coliformes. O principal representante desse grupo de bactérias chama-se *Escherichia coli* (BRASIL, 2006b).

6. Análises De Componentes Principais

Um programa de monitoramento ambiental inclui, em geral, coletas frequentes nos mesmos pontos de amostragem e análise em laboratório de grande número de variáveis, resultando em matriz de grandes dimensões e complexa interpretação. Muitas vezes, um pequeno número dessas variáveis contém as informações mais relevantes enquanto a maioria das variáveis adiciona pouco ou nada à interpretação dos resultados, em termos qualitativos (SIMEONOV et al., 2003).

Os métodos de análise exploratória de dados multivariados são largamente utilizados quando se deseja promover a redução do número

de variáveis com o mínimo de perda de informação. Essas análises permitem a redução da dimensão de dados, facilitando a extração de informações que serão de grande relevância na avaliação da qualidade das águas e no manejo da bacia (HELENA et al., 2000; PALÁCIO, 2004; ANDRADE et al., 2005; MEIRELES et al., 2005).

Para interpretar um grande conjunto de dados, técnicas de estatística multivariada como análise fatorial/análise de componentes principais (ACP) vêm sendo largamente utilizadas em dados de monitoramento de qualidade de água. Este tipo de análise reduz os dados de observação e permite a interpretação de diversos constituintes individualmente, uma vez que indica associações entre amostras e/ou variáveis e, ainda, possibilita identificar os possíveis fatores/fontes que influenciam o sistema de água (SOUZA & TUNDISI, 2000; HELENA et al., 2000; SILVA & SACOMANI, 2001; TOLEDO & NICOLELLA, 2002; MENDIGUCHÍA et al., 2004; ANDRADE et al., 2007a ; GIRÃO et al., 2007; PALÁCIO et al., 2009).

Do ponto de vista estatístico-matemático, a análise dos componentes principais busca transformar o conjunto original das variáveis observadas em um novo conjunto de variáveis, denominadas componentes principais. A principal característica dessas componentes é que são obtidas em ordem decrescente de máxima variância. Portanto, são calculadas de forma que a primeira componente principal explique o máximo da variabilidade total dos dados; a segunda explique o máximo da variabilidade restante dos dados, sendo não-correlacionada com a primeira; a terceira explique o máximo da variabilidade total restante dos dados, sendo não correlacionada com a primeira e a segunda componentes e assim sucessivamente, até que o número de componentes principais seja no máximo igual ao número de variáveis. Esse processo possibilita transformar linearmente um conjunto de variáveis originais em um novo conjunto, menor, de variáveis não-correlacionadas, facilitando o manuseio e a compreensão do fenômeno, sem perda significativa de informação (GUEDES et al., 2012; PALÁCIO, 2004).

Neste tipo de análise é interessante diminuir o espaço amostral uma vez que, reduzindo o número de variáveis de qualidade de água, reduz-se também o número de análises laboratoriais, economizando tempo e recursos, sendo que esses recursos poderiam ser alocados em outras fases do monitoramento dos recursos hídricos (ZENG & RASMUSSEN, 2005).

7. Referências

ALMEIDA, R. M. A. A, ET AL. Qualidade microbiológica do córrego “Ribeirão dos Porcos” no município de Espírito Santo do Sinhal – SP. **Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinal, v.1, n.1, p. 051-056, 2004.**

AMARAL, A. J. & OLIVEIRA NETO, M. B. Embrapa Tabuleiros Costeiros. Acesso em outubro de 2013. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/equipe_editorial.html.

ANDRADE, E. M.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; PAULINO, W. D.; ALVES, A. B. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Engenharia Agrícola, v.27, p.683-690, 2007.**

ANDRADE, E.M.; PALÁCIO, H.A.Q.; CRISÓSTOMO, L.A.; SOUZA, I.H.; TEIXEIRA, A.S. Índice de qualidade de água, uma proposta para o vale do rio Trussu, Ceará. **Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v.36, n.2, p.135-42, 2005.**

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 20ed., Washington D.C./USA, American Public Health Association, 1998.

AYRES, R. S. & WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** Water Quality for Agriculture. Tradução H.R. Ghety e J. F. de Medeiros, UFPB, Campina Grande- PB.1991.217p.

BRASIL, Projeto Aridas – **Uma estratégia de desenvolvimento sustentável para o Nordeste.** MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL Disponível em : http://www.iica.int/Esp/regiones/sur/brasil/Lists/DocumentosTecnicosAbertos/Attachments/628/6.0_Pol%C3%ADticas_de_Desenvolvimento_e_Modelo_de_Gest%C3%A3o_-_S%C3%A9rgio.pdf . Acesso em fevereiro de 2014

BRASIL, **Caderno da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental /** Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. – Brasília: MMA, 2006. 104 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/** Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p. – (Série B. Textos Básicos de Saúde)

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 2ª ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006b.

BRASIL (2005). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Seção 1. Brasília, DF, 18 de março de 2005.

BRASIL. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. **Legislação para águas de consumo humano**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26 de mar. 2004. Seção1.

BRASIL, Presidência da República. Lei Nº 9.433, Política Nacional de Recursos Hídricos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 09 de janeiro de 1997. Seção1.

CAMPOS, J. A.D. B.; FARACHE FILHO, A.; FARIA, J. B. Qualidade da água armazenada em reservatórios domiciliares: parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Alim. Nutr., Araraquara, v.14, n.1, p. 63-67, 2003

CEBALLOS, B. S. O.; DINIZ; C. R.; KONIG, A. Algas como bioindicadores do nível trófico de ecossistemas lênticos do semiárido paraibano. **Rev. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v.3, n.3 e 4, p.137-145, jul./set. e out./dez. 1998.**

CEPAN – Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste. **Memorial Descritivo para Planejamento das Ações de Restauração Ecológica na Bacia Hidrográfica do Rio Una**. Recife, 2013.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão ... [et al.]. -- São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 326 p.: il

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO–CETESB. **Variáveis de qualidade das águas**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp> . Acesso em: 15 outubro de 2013.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO –CETESB. **Águas Superficiais – Variáveis de qualidade das águas**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas#potassio> Acesso em 30 de abril de 2014.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo: índices de qualidade das águas.** São Paulo, 2007. 23 p. Anexo III da série relatórios

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia.** Rio de Janeiro: Interciência 2ª Edição, 1998. 601p.

FARIAS, M. S. S. DE; DANTAS NETO, J.; LIMA, V. L. A. Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo: parâmetros físico-químicos. GEPROS, **Gestão da produção, operações e sistemas. Ano 6, no 1, Jan-Mar/2011, p. 161-170.**

FARIAS, M. S. S. **Monitoramento da qualidade da água na Bacia hidrográfica do rio Cabelo – PB.** Tese de Doutorado, UFCG, Campina Grande – PB, 152 p. 2006.

GALINDO, E. F. **A intersetorialidade como requisito para construção de uma Cidade Saudável: política de Saneamento e de Saúde no Recife (gestão 2001-2004) - Estudo de Caso.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Urbano). Recife, UFPE, 2004.

GIRÃO, E. G.; ANDRADE, E. M.; ROSA, M. F.; ARAÚJO, L. F. P.; MEIRELES, A. C. M. Seleção dos indicadores da qualidade de água no Rio Jaibaras pelo emprego da análise da componente principal. **Revista Ciência Agrônômica, v.38, p.17-24, 2007.**

GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D. DA; ELESBON, A. A. A.; RIBEIRO, C. B. M. ; MATOS, A. T. DE; SOARES, J. H. P. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.16 n. 5 Campina Grande. Maio 2012.**

HADDAD, E. A. **Influencia Antrópica na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio São Miguel, Carste do alto São Francisco, MG.** 2007. 156 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

HELENA, B.; PARDO, R.; VEGA, M.; BARRADO, E.; FERNÁNDEZ, J. M.; FERNÁNDEZ, L. Temporal evolution of groundwater composition in alluvial aquifer (Pisuerga River, Spain) by principal component analysis. **Water Research, v.34, p.807-816, 2000.**

HEPANHOL, K. M. H. **Monitoramento e diagnóstico da qualidade da água do ribeirão morangueiro**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá. Maringá – PR. 2009. 153 p.

ITEP- INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO. **Resumo do Relatório de Impacto Ambiental- RIMA**: Sistema de controle de cheias da Bacia hidrográfica do Rio Uma- Barragem de Serro Azul/ Instituto de Tecnologia de Pernambuco; Unidade Gestora de Projetos Barragens da Mata Sul.- Recife, 2011. 24f.: il. Disponível em: http://www.itep.br/ProjetoBarragens/rimas/Resumo_Rima_Serro_Azul.pdf

LEITE, F. A.A.C.C.M. Pernambuco in: **Gestão Legal dos Recursos Hídricos dos Estados do Nordeste do Brasil**. YankoMarcius de Alencar Xavier, Nizomar Falcão Bezerra (organizadores), - Fortaleza Fundação Konrad Adenauer, 2005.ISBN: 85-7504-080-4

LEMOS, M.; FERREIRA NETO, M.; DIAS, N. DA S. **Sazonalidade e variabilidade espacial da qualidade da água na Lagoa do Apodi, RN**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, p.155–164, 2010.

LIMA, J. E. F. W. **Recursos hídricos no Brasil e no mundo**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 46 p. Documentos/Embrapa Cerrados

LIMA, V. L. A & CHAVES, L. H. G. **Qualidade de água: leis, qualidade e recomendações**. Campina Grande. Gráfica Agenda, 2008. 120 p.

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Departamento de Ciências Florestais- Piracicaba – SP. 2º Ed. 253 f. 2008.

LIRA, J. B. M. L. **Avaliação preliminar das concentrações de metais pesados nos sedimentos da Lagoa do Araçá, Recife – Pernambuco, Brasil**. 2008. 79 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Recife.

LUCAS, A. A. T; FOLEGATTI, M. V. & DUARTE, S. N. Qualidade da água em uma microbacia hidrográfica do Rio Piracicaba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.9, p.937–943, 2010.

MACEDO, M. J. B. **A influência do uso, da ocupação e da conservação do solo na qualidade da água de abastecimento: o caso da Bacia Hidrográfica do Lago Descoberto**. Universidade de Brasília. Brasília-Distrito Federal. Dissertação de mestrado. 173 f. 2004

MAGALHÃESJUNIOR, A.P. A situação do monitoramento das águas no Brasil -Instituições e iniciativas. RBRH.- **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol.5,nº3,jul/set.2000,p.113-115.Porto Alegre/RS:ABRH,2000.

MAGALHÃES, P. C. O custo da água gratuita. In: **Ciência Hoje**, v. 36, nº 211, 2004,p.45-49.

MAIA, A. P. A. **Gestão de recursos hídricos em Pernambuco: o comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Pirapama**. Dissertação (Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais). Recife, UFPE, 2002.

MENDIGUCHÍA, C.; MORENO, C.; GALINDO-RIÂNO, M. D.; GARCÍAVARGA, M. Using chemometric tools to assess anthropogenic effects in river water. A case study: Guadalquivirriver (Spain). **Analytica Química Acta**, v.515, p.143-149, 2004

MELO, A. G. & GOLDFARB, M. C. Contribuição para modelagem de perfil longitudinal Bacia do Rio Una (PE). In: Congresso de Matemática aplicada e computacional. CMAC Nordeste, **Anais...** Natal – RN. 2012.

MEIRELES, A.C.M.; ANDRADE, E.M.; FRISCHKORN, H.; CHAVES, L.C.G.; CRISÓSTOMO, L.A. Identificação dos principais constituintes da salinidade da água no rio Acaraú. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRICOS, 16., 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABRH. 1 CD-ROM.

MERTEN, G.H.; MINELLA, J.P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura**. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Porto Alegre, v.3, n.4, 2002.

MORAES, D.S.L.; JORDÃO, B.Q.; Degradação sobre os recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana; **Revista Saúde Pública**, vol. 36, p.370-374, 2002.

MULLER, S. **Gestão Ambiental de Recursos Hídricos**. Ecolatina, 2001. Belo Horizonte, MG, 2001.

NASCIMENTO, L. V. & VON SPERLING, M. Os padrões brasileiros de qualidade das águas e os critérios para proteção da vida aquática, saúde humana e animal. In: XXVI Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, pp. 1-11 **Anais...** Lima: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. 1998.

OLIVEIRA, E. M. de. **Análise das políticas de gestão dos recursos hídricos e seus reflexos sobre as enchentes provocadas pelo rio Uma em**

Palmares - PE. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental do Instituto de Tecnologia de Pernambuco /. Recife: 2013. 89f.:il

OLIVEIRA, T. M. **Diagnóstico da qualidade físico-química e biológica dos afluentes da bacia do alto rio Pirapó.** Dissertação (Mestrado) - UEM, Maringá, PR, 2004.

PÁDUA, H. B. de. Temperatura (água/ar) em sistemas aquáticos. Disponível em: <http://www.abrappesq.com.br/materia2.htm>. Acesso em abril de 2014.

PALÁCIO, H. A. Q.; ANDRADE, E. M.; LOPES, F. B.; ALEXANDRE, D. M. B. Similaridade da qualidade das águas superficiais da bacia do Curu, Ceará, usando análise multivariada. **Ciência Rural**, v.39, p.2494-2500, 2009.

PALÁCIO, H.A.Q. **Índice de qualidade das águas na parte baixa da bacia hidrográfica do rio Trussu, Ceará.** 2004. 96f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

PARRON, L. M. ; MUNIZ, D. H. DE F.; PEREIRA, C. M. Documento 232 - **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água.** Embrapa Florestas, 2011. 69 f. ISSN 1980-3958; 219

PEREIRA, R. S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. IPH –UFRGS.** v. 1, n. 1. P. 20-36. 2004. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/informacoes/rerh.pdf>

PERNAMBUCO, **Bacia Hidrográfica do Rio Una,** Quarto e Quinto grupos de Bacias Hidrográficas de pequenos rios – GL 4 E GL 5 Série Bacias Hidrográficas de Pernambuco nº 3. Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco– CONDEPE/FIDEM Recife – PE, 85p. 2006.

PONTES, C. A. A. & SCHRAMM, F. R. Bioética da proteção e papel do Estado: problemas morais no acesso desigual à água potável. **Cadernos de Saúde Pública.** Rio de Janeiro, 2004, v. 20, n. 5, p. 1319-1327

PERNAMBUCO, **Diagnóstico Socioambiental do Litoral Sul de Pernambuco.** 2001. - Agência Estadual do Meio Ambiente (CPRH). Disponível em: http://www.cprh.pe.gov.br/central_servicos/centro_documentacao_informacao_ambiental/impressos/39745%3B39641%3B020712%3B0%3B0.asp

QUEVEDO, C. M. G.; PAGANINI, W. S. Impactos das atividades humanas sobre a dinâmica do fósforo no meio ambiente e seus reflexos na saúde pública. Rio de Janeiro: **Ciência e saúde coletiva**, v.16, p.3539-3539, 2011.

RICHTER, C. A., AZEVEDO NETTO J. M. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blucher, 2002. 332p.

SCHMIDT, A. O. **Impactos do uso e ocupação do solo na qualidade física e química do Rio São Francisco verdadeiro**. Tese de Doutorado. UNIOESTE. Cascavel – PR. 77p. 2014.

SILVA, A. M. M.; SACOMANI, L. B. Using chemical and physical parameters to define the quality of Pardo river water (Botucatu – SP - Brasil). **Water Research**, v.35, p.1609- 1616, 2001.

SILVA, D.F. **Análise de aspectos climatológicos, ambientais, agroeconômicos e de seus efeitos sobre a Bacia hidrográfica do rio Mundaú (AL e PE)**. Tese de Doutorado em Recursos Naturais, março 2009, UFCG (PB).

SIMEONOV, V.; STRATIS, J. A.; SAMARA, C.; ZACHARIADIS, G.; VOUTSA, D.; ANTHEMIDIS, A.; SOFONIOU, M.; KOUIMTZIS, T. Assessment of the surface water quality in northern Greece. **Water Research**, v.37, p.119-124, 2003.

SOUZA, A. D. G. & TUNDISI, J. G. Hidrogeochemical comparative study of the Jaú and acaré-Guaçu river watersheds, São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v.60, p. 63-570, 2000.

SOUZA, D. F.; PINTO, A. L.; MENDES, A. M. S.; OLIVEIRA, G. H. Classificação CONAMA das limitações de uso da água superficial da Lagoa Maior, Três Lagoas/MS. **Revista Geonorte**, v. 3, n.4, p. 771-780, 2012.

SOUZA, R. B., SOUZA, J.B., GOLDFARB, M. C., (2011). “ Determinação e análise do perfil longitudinal do rio Una – PE.” in XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió, Pág 11, 12. 2011. **Anais...**

TOLEDO, L. G. & NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, v.59, p.181-186, 2002.

TUCCI, C.E.M. (Organizador). **Hidrologia: Ciência e Aplicação** Porto Alegre, Editora da UFRGS/ABRH , 2004. 3ed.,

TUCCI, C. E. M. **Gestão da água no Brasil** – Brasília: UNESCO, 2001. 156 p.

VAEZA R.F., OLIVEIRA FILHO P.C., MAIA A.G., DISPERATI A.A. Uso e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica Urbana a Partir de Imagens Orbitais de Alta Resolução. **Floresta e Ambiente** 2010; 17(1):23-29

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Vol. 1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2005. 452 p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1996. 2ed.

WARD, R. C.; LOFTIS, J. C.; McBRIDE, G. B. **Design of water quality monitoring systems**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990.

ZENG, X. & RASMUSSEN, T. C. Multivariate statistical characterization of water quality in Lake Lanier, Georgia, USA. **Journal Environmental Quality**, v.34, p.1980-1991, 2005.

ZUIN, V. G., LORIATTI, M. C. S. E MATHEUS, C. E. Emprego de parâmetros físicos e químicos para a avaliação da qualidade de águas naturais: uma proposta para educação química e ambiental na perspectiva CTSA. **QUÍMICA NOVA NA ESCOLA**. Vol. 31 N° 1, FEVEREIRO 2009

CAPÍTULO II: Seleção dos indicadores da qualidade de água na bacia hidrográfica do rio Una- PE pelo emprego da análise estatística multivariada

Resumo

Com o objetivo de identificar os fatores determinantes da qualidade das águas da bacia do rio Una utilizou-se as técnicas de Análise Fatorial e Análise da Componente Principal (AF/ACP) com os dados históricos de monitoramento da Agência Pernambucana de Meio Ambiente (CPRH) durante o período de fevereiro de 2006 à abril de 2013. Os parâmetros de qualidade de água analisados foram: pH, temperatura, cor, turbidez, amônia, potássio total, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes e salinidade. Através das técnicas de estatística multivariada foram selecionadas as variáveis que explicam o maior percentual da variância total dos dados. Cinco componentes são responsáveis pela estrutura da qualidade das águas, explicando 71,57% da variância total. O modelo mostrou que o primeiro fator explicou 22,94% da variância, o segundo explicou 17,64% da variância, o terceiro fator explicou 11,82% da variância, o quarto explicou 10,35 % da variância e o quinto explicou 8,81% da variância dos dados. A aplicação da técnica da estatística multivariada através da análise fatorial e de componentes principais com os dados do monitoramento da qualidade de água promoveu redução no número de variáveis observadas de 11 para 9 variáveis.

Palavras chave: recursos hídricos, monitoramento, análise fatorial, análise de componentes principais

SELECTION OF INDICATORS OF WATER QUALITY IN RIVER BASIN UNA- PE BY USE OF MULTIVARIATE STATISTICAL ANALYSIS

Abstract

In order to identify the determinants of quality of surface waters in the Una River Basin - PE techniques were employed Factor Analysis and Principal Component Analysis (FA / PCA). To identify the determinants of the quality of waters of the Una River Basin were used historical data tracking the Pernambuco Environment Agency (CPRH) during the period from February 2006 to April 2013, a total of 33 monitoring campaigns. The parameters analyzed were: pH, temperature, color, turbidity, ammonia, total K, electrical conductivity, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, fecal coliform and salinity. Through multivariate statistical techniques, the variables that explained the greatest percentage of the total variance of the data were selected. Five components are responsible for the structure of water quality explaining 71.57% of total variance. The model showed that the first factor explained 22.94% of the variance, the second explained 17.64% of the variance, the third factor explained 11.82% of variance explained 10.35% the fourth and fifth of the variance explained 8.81 of the data variance. The application of multivariate statistical technique through factor analysis and principal components, data quality monitoring, water promoted a reduction in the number of variables observed for 9 of 11 variables.

Keywords: water resources, monitoring, factor analysis, principal component analysis

1. Introdução

As atividades humanas são responsáveis pela deterioração da qualidade da água, e muitas vezes, os mananciais servem de depósito para dejetos indesejáveis e esgotos. A diversidade de materiais que são carreados até os corpos de água, como solo, defensivos agrícolas, esgoto doméstico e entre outros materiais, podem resultar em grandes alterações físicas, químicas e biológicas das águas, o que conseqüentemente modifica a qualidade de água na bacia hidrográfica. Dessa forma, reforça-se a importância do estudo da qualidade dos mananciais considerando que são fundamentais na produção de alimentos, abastecimento doméstico, geração de energia, navegação e outros (TRENTIN & FILHO, 2009).

No nosso país, o principal problema a cerca dos recursos hídricos não está apenas na quantidade de água disponível, mas sim na qualidade desta água, reflexo de um passado de gestão inadequada. Dessa forma, existe a necessidade de um manejo adequado dos recursos hídricos, de forma a garantir a água na quantidade e na qualidade desejáveis aos múltiplos usos na bacia hidrográfica (LEITÃO, 2001).

O resultado dos programas de monitoramento de qualidade de água é uma enorme e complexa matriz composta por um grande número de informações, quase sempre de difícil interpretação. Por outro lado, a necessidade do controle das fontes de poluição das águas e a definição do manejo a ser aplicado requerem a identificação das fontes poluentes e suas contribuições qualitativas e quantitativas. Para minimizar ou resolver esse problema, técnicas de estatística multivariada como Análise Fatorial e Análise da Componente Principal vêm sendo aplicadas (FILIZOLA et al., 2002; PALÁCIO, 2004; SILVA & SACOMANI, 2001; HELENA et al., 2000).

Deste modo, abordagens multivariadas, como Análise Fatorial (AF) e Análise de Componentes Principais (ACP), têm sido utilizadas com sucesso para apoiar a gestão dos recursos hídricos e extrair informações significativas a partir dessas bases de dados (LAMBRAKIS et al., 2004; ZENG & RASMUSSEN, 2005; PAPTHEODOROU et al., 2006; MELO JÚNIOR et al., 2006; ANDRADE et al., 2007; LIAO et al., 2008; ZHANG et al., 2010).

A análise de componentes principais (ACP) é uma técnica de compressão da informação que consiste em projetar o máximo de informação

no menor número possível de eixos não correlacionados. Esses eixos são combinações lineares das variáveis originais, com pesos escolhidos de forma a maximizar a variância, que em Estatística é tomada como uma medida da informação. Assim, a primeira componente principal (PC1) representa a direção de máxima variância (e portanto de máxima informação) no espaço multidimensional em que o conjunto de dados está representado. A segunda componente (PC2) é ortogonal à primeira e descreve o máximo da informação ainda não descrita por PC1, e assim por diante (PIMENTEL, 2003).

O acelerado crescimento populacional e a falta de planejamento sanitário nos centros urbanos do Estado de Pernambuco vêm acarretando um visível aumento da deterioração dos recursos naturais, como exemplo, tem-se a poluição de cursos d'água. Esse quadro pode ser observado em diversas bacias hidrográficas do Estado, indicando a necessidade de estudos integrados que contemplem a compreensão do funcionamento básico dessas bacias e gerando subsídios para programas de monitoramento da qualidade da água (FIGUEIRÊDO, 2008).

No Litoral Sul de Pernambuco, as pressões exercidas sobre os recursos naturais pela atividade industrial e usos inerentes ao meio urbano acabam desencadeando respostas que resultam em degradação da qualidade de vida nas cidades e áreas rurais submetidas aos efeitos diretos e indiretos dessa degradação, além da perda de importantes potencialidades dessas áreas. Sobressaem como tais o lançamento no solo, ar e água, sem tratamento adequado, dos resíduos domésticos e industriais e a ocupação desordenada do solo. A bacia hidrográfica do rio Una é de grande importância para a Mata Sul Pernambucana, pois, destaca-se como sendo a principal, em termos de abrangência e extensão territorial para essa região (AMARAL, & OLIVEIRA NETO, 2013; PERNAMBUCO, 1999)

O presente trabalho teve como objetivo a análise estatística de dados históricos do monitoramento da qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Una, identificando os principais parâmetros físicos - químicos e biológicos relevantes para determinar a variabilidade da qualidade da água, empregando-se a estatística multivariada através das técnicas de análise fatorial e de componente principal.

2. Material e Métodos

Essa pesquisa foi desenvolvida na Bacia Hidrográfica do Una (Figura 1), ao Sul do litoral do Estado de Pernambuco, entre os paralelos $08^{\circ}17'14''$ e $08^{\circ}55'28''$ de latitude sul e os meridianos $35^{\circ}07'48''$ e $36^{\circ}42'10''$ de longitude oeste. O estudo foi realizado no Rio Una e dois tributários: rio Pirangi e rio Panelas.

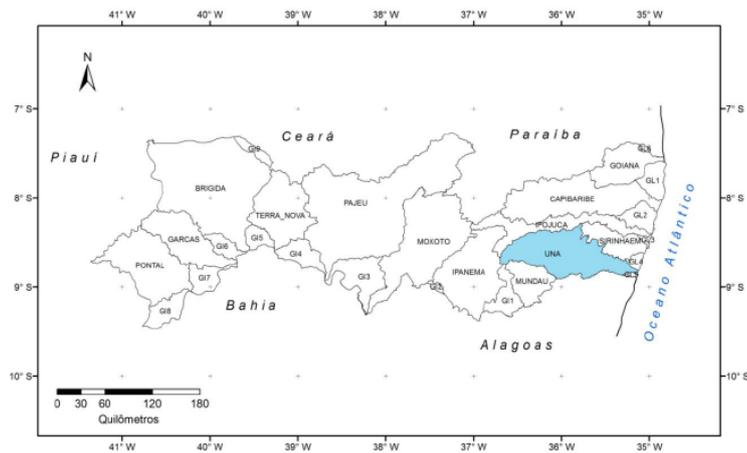


Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Una - PE.

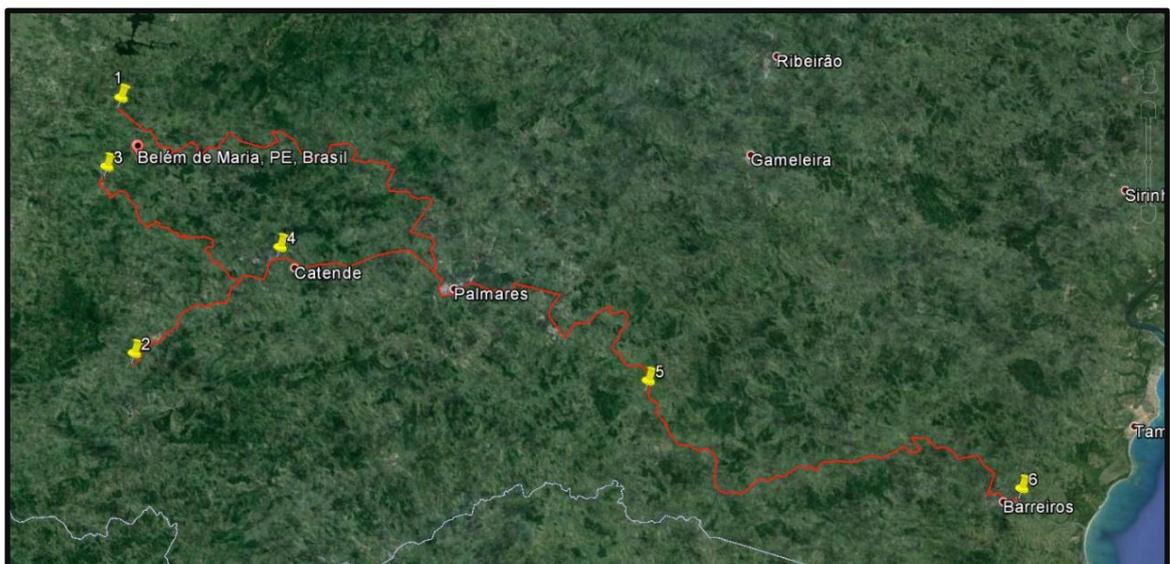
Neste trabalho foi realizado um levantamento bibliográfico sobre a bacia do rio Una e foram obtidos dados de monitoramento da qualidade de água em órgão gestor dos recursos hídricos no Estado de Pernambuco.

A Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH, desde 1984, vem realizando o monitoramento sistemático da qualidade da água nas bacias hidrográficas em Pernambuco, com o objetivo de avaliar o impacto de atividades antrópicas e dos fatores naturais sobre a água nas bacias hidrográficas do Estado (PERNAMBUCO, 2014).

A localização das estações de amostragem nos corpos d'água foi estabelecida em função das zonas homogêneas de qualidade da água, presença de fontes potencialmente poluidoras com lançamento de efluentes nos cursos d'água, corpos d'água afluentes a reservatórios e entre outros. Os pontos de monitoramento da qualidade de água na Bacia do Una estão relacionados na tabela 1 e figura 2 (PERNAMBUCO, 2014).

Tabela 1. Estações de amostragem da rede de monitoramento da Bacia do Rio Una

Ponto	Corpo d'água	Localização	Coordenada
1	Rio Una	Em frente ao Sítio Barra de Timbó, à jusante da cidade de Batateira, em Belém de Maria.	25L 0188190 UTM 9051494
2	Rio Pirangí	Na ponte da PE-125, à jusante da Destilaria São Luiz, em Maraial.	25L 0190286 UTM 9031758
3	Rio Panelas	Na captação da COMPESA, na estrada sombra da barra, no município de Belém de Maria.	25L 0187355 UTM 9046112
4	Rio Panelas	À jusante da Usina Catende, na Cidade de Catende.	25L 0201152 UTM 9040627
5	Rio Una	Na ponte da PE-96, à jusante da cidade de Água Preta, no município de Água Preta.	25L 0230327 UTM 9031892
6	Rio Una	Na pontenaPE-60, à jusante da cidade de Barreiros, no município de Barreiros.	25L 0259872 UTM 9025164

**Figura 2.** Localização dos pontos de monitoramento .Fonte : Google Earth/2014

Para identificar os fatores determinantes da qualidade das águas foram utilizados os dados históricos de monitoramento da Agência Pernambucana de Meio Ambiente (CPRH) durante o período de fevereiro de 2006 à abril de 2013, totalizando 33 campanhas de monitoramento, sendo a amostragem realizada a cada 2 (dois) meses. Os dados fornecidos pela CPRH foram digitados em planilha eletrônica, no formato convencional da análise multivariada, onde cada linha corresponde a uma época de amostragem nos pontos e cada coluna

corresponde a uma variável. Posteriormente a base de dados foi convertida para o do programa computacional Statistica®.

Neste estudo foram considerados os seguintes parâmetros de qualidade de água: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), potencial hidrogeniônico(pH), Oxigênio Dissolvido – OD (mg.l^{-1}), Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (mg.l^{-1}), Turbidez (UNT), Cor (Pt.Co^{-1}), Condutividade elétrica – CE ($\mu\text{S.cm}^{-1}$), Amônia (mg.l^{-1}), Fósforo Total (mg.l^{-1}), Coliformes Termotolerantes (NMP.100ml $^{-1}$) e Salinidade (ups).

As metodologias para determinação dos parâmetros de qualidade de água seguiram os métodos padrões para exame da água e esgoto descritos por APHA (2005). O tratamento dos dados e a sua disponibilização para a pesquisa foram tarefas do Setor de Monitoramento da Qualidade da Água Superficial da Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2014).

2.1. Análises estatísticas

Os dados consistiram em n medidas de diferentes propriedades (variáveis) executadas sobre m amostras (épocas), de modo que a matriz de dados D foi formada por $m \times n$ elementos (m linhas correspondentes às épocas de amostragem e n colunas correspondentes as variáveis) (MOITA NETO & MOITA, 1998). Foi construída uma matriz de dados 246 x 11, ou seja, 246 amostras de água coletadas durante o período de fevereiro de 2006 a abril de 2013, onde foram analisados 11 parâmetros físico-químicos e bacteriológico.

Após a construção da matriz original de dados, procurou-se analisar a ordem de grandeza das variáveis, uma vez que variáveis com ordem de grandeza discrepante devem ser padronizadas para evitar que o fator de escala influencie nas decisões finais de estudo, dando maior ênfase a uma variável de escala maior (com maior módulo da variância em seus dados) em relação a uma variável de escala menor (WILKS, 2006).

A padronização das variáveis foi realizada como é apresentado na equação 1 (GUEDES et al., 2012).

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \overline{X_j}}{S(X_j)} \quad \text{Equação 1.}$$

Em que:

Y_{ij} = variável padronizada;

$S(X_j)$ = desvio-padrão;

X_{ij} = variável original;

X_j = média da variável.

A primeira etapa da análise de componentes principais consiste na preparação da matriz de correlação [R]. A matriz de correlação foi feita utilizando o programa Microsoft Excel®.

Devido o grande número de variáveis analisadas e a quantidade de dados obtidos nos pontos de coletas e em períodos diferentes, optou-se em utilizar a análise de componentes principais (ACP), para manipular e interpretar o grande volume de dados. Para a análise dos dados utilizou-se o software Statística®, versão 7.0.

A utilização deste tipo de análise através da ferramenta computacional objetivou a seleção de um menor número de componentes principais que expliquem a maior parte da variância dos dados sem perda de informação relevante (GUIRAUD et al., 2003).

A análise de componente principal foi aplicada aos dados para avaliar as associações entre as variáveis, evidenciando a participação individual dos elementos, físicos, químicos e biológicos na qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Una.

3. Resultados e Discussão

3.1. Matriz de correlação

A matriz de correlação [R] composta das variáveis estudadas na bacia hidrográfica do rio Una pode ser vista na Tabela 2.

Segundo Helena et al. (2000), coeficientes de correlação superiores a 0,5 expressam uma forte relação entre as variáveis de qualidade de água.

Pode-se verificar através da tabela 2 que a turbidez apresentou forte correlação com o parâmetro cor. A condutividade elétrica apresentou

correlação com os parâmetros fósforo total e salinidade. O fósforo total também apresentou correlação com o parâmetro salinidade.

A turbidez é um dos principais parâmetros físicos de qualidade de água afetados pelo excesso de sedimentos (TUNDISI, 2005). Na Bacia Hidrográfica do Rio Una a variável turbidez apresentou maior correlação positiva ($r = 0,56$) com o parâmetro cor.

Tabela 2. Matriz de correlação das variáveis de qualidade de água da Bacia Hidrográfica do Rio Una.

	Temp	pH	OD	DBO	Turb.	Cor	CE	NH ₄	Pt	Col. ter	Sal
Temp	1										
pH	0,002	1									
OD	-0,277	0,387	1								
DBO	0,198	-0,080	-0,244	1							
Turb.	-0,340	-0,148	-0,008	0,240	1						
Cor	-0,468	0,052	0,110	-0,132	0,565	1					
CE	0,126	0,469	0,099	0,010	-0,093	-0,017	1				
NH ₄	-0,272	0,030	-0,128	0,004	0,409	0,195	-0,032	1			
Pt	0,061	0,063	0,028	0,150	0,330	0,082	0,531	0,215	1		
Col. Ter.	0,040	-0,051	-0,129	0,156	0,098	-0,039	-0,048	0,012	0,057	1	
Sal.	0,124	0,440	0,102	-0,004	-0,087	-0,012	0,962	-0,037	0,509	-0,062	1

Temp– temperatura (°C); pH – potencial hidrogeniônico ; OD– oxigênio dissolvido (mg L^{-1}); DBO– demanda bioquímica de oxigênio (mg L^{-1}); Turb- turbidez (UNT); Cor (Pt/Co); CE– condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$); NH₄– nitrogênio amoniacal(mg L^{-1} - N); PT– fósforo total (mg L^{-1} – PO₄); Col. Ter – Coliformes termotolerantes (NMP/100mL); Sal – salinidade (ups).

Do ponto de vista dos processos erosivos de águas superficiais, dois parâmetros são afetados de forma mais específica: cor e turbidez. Estes podem ser mensuráveis fisicamente, tratando-se então, de parâmetros físicos visíveis. Em relação à cor aparente, que é em parte atribuível à turbidez, é esperada correlação entre essas variáveis. A turbidez pode estar relacionada ao aporte de efluentes, à erosão e a patógenos, que podem se adsorver e proliferar entre os sólidos em suspensão que a determinam (LUÍZ et al 2012; OMS, 1995).

Engel & Assumpção (2007) estudando a correlação estatística da qualidade da água do Rio Toledo verificaram que o parâmetro turbidez apresentou correlação positiva significativa com as variáveis: cor aparente, coliforme total, coliforme termotolerante e nível pluviométrico, porém não apresentou correlação com o pH.

Fritzsos et al. (2009) aplicando a análise de componentes principais na qualidade de água do Rio Captivari – PR observaram que as variáveis cor, turbidez, matéria orgânica e vazão estão correlacionadas de forma positiva, ou seja, na medida em que aumenta a vazão, aumenta a cor, a turbidez e a matéria orgânica.

Morais et al. (2012) ao determinarem indicadores de qualidade na microbacia do Rio Cabeça - SP, observou correlação positiva entre turbidez e cor aparente ($r = 0,99$). Os autores ressaltaram que esta correlação era esperada, pois cor e turbidez são definidas pela reflexão e pela refração da luz sobre materiais dissolvidos ou em suspensão.

O mesmo resultado pôde ser observado por Malheiros et al. (2012) analisando a qualidade de água em uma represa em área agrícola, com correlação significativa ($r = 0,64$) entre essas variáveis.

A correlação muito forte da condutividade elétrica com a salinidade era esperada, uma vez que a condutividade elétrica expressa, de maneira indireta a concentração dos sais na água.

Resultado semelhante foi observado por Andrade e colaboradores (2007) que observaram que houve uma correlação muito forte da condutividade elétrica com o sódio, o magnésio, o cálcio, a dureza e o cloreto.

Existe uma relação de proporcionalidade entre o teor de sais dissolvidos e a condutividade elétrica, podendo-se estimar o teor de sais pela medida de condutividade da água (SANTOS, 1997).

A variável mais empregada para se avaliar a salinidade, ou a concentração de sais solúveis na água de irrigação e no solo, é a condutividade elétrica (CE) a qual corresponde à medida da capacidade dos íons presentes na água conduzir eletricidade e cresce proporcionalmente ao aumento da concentração de sais (RIBEIRO et al., 2005).

A correlação entre a salinidade, a condutividade elétrica e o fósforo total pode ser explicado pela falta de mata ciliar e pelos processos erosivos que contribuem para a entrada de partículas de solo no corpo hídrico que trazem

consigo elementos químicos, como o fósforo, aumentando a turbidez e a cor da água, além de ocasionar um aumento no teor de íons (NETO et al., 1993).

Barcellos et al. (2006) buscando a correlação entre coliformes fecais, turbidez, cor e demanda bioquímica de oxigênio, só encontrou correlação positiva entre a turbidez ($r = 0,66$) e demanda bioquímica de oxigênio ($r = 0,56$) com a cor. Os coliformes não demonstraram correlação ou associação com nenhum dos parâmetros estudados.

3.2. Análise de Componentes Principais

As medidas descritivas obtidas pela Análise Fatorial/Análise da Componente Principal (AF/ACP) para os dados dos parâmetros indicadores da qualidade das águas estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Medidas descritivas do modelo empregado na extração de fatores nos parâmetros de qualidade de água

Componente Principal (CP)	Autovetor	Variância Total (%)	Variância Acumulada (%)
1	2,52	22,94	22,94
2	1,94	17,64	40,58
3	1,30	11,82	52,41
4	1,13	10,35	62,76
5	0,96	8,81	71,57
6	0,90	8,22	79,80
7	0,74	6,73	86,54
8	0,66	6,05	92,60
9	0,46	4,23	96,83
10	0,31	2,84	99,68
11	0,03	0,31	100,00

Os autovetores (Tabela 3) correspondem às componentes principais sendo o resultado do carregamento das variáveis originais em cada um deles. Tais carregamentos podem ser considerados como uma medida da relativa importância de cada variável em relação às componentes principais e os respectivos sinais, se positivos ou negativos, indicam relações direta e inversamente proporcionais (BERNARDI et al., 2009).

A seleção do número de componentes teve como base os princípios sugeridos por Jolliffe (2002), ou seja, que a porcentagem acumulada da variância total entre 70 e 90% oferece uma ideia razoável da representação da variância original.

Pela análise da Tabela 3, o melhor comportamento das variáveis de qualidade de água na Bacia do Rio Una foi aquele composto por cinco componentes. Verifica-se que a primeira, a segunda, a terceira, a quarta e a quinta componente explicaram respectivamente 22,94%, 17,64%, 11,82%, 10,35% e 8,81% da variância total dos dados, concentrando em cinco dimensões 71,57% das informações.

Segundo Guedes et al. (2012), a segunda etapa da análise fatorial concerne à decomposição da matriz de correlação tendo como objetivo identificar os grupos de poluição no corpo hídrico representados pelos fatores comuns e independentes (componente principal). Os fatores das variáveis encontrados no modelo de análise do componente principal são apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Fatores das variáveis físico-químicas e biológicas significativas do modelo de análise da componente principal

Variável	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10
Temp.	-0,08	-0,57	-0,12	0,38	-0,04	-0,26	-0,59	0,26	0,02	0,09
pH	-0,42	0,04	-0,51	0,37	-0,02	-0,08	0,44	0,44	-0,04	-0,07
OD	0,01	-0,01	-0,83	0,14	0,14	-0,02	-0,01	-0,47	0,14	0,10
DBO	0,02	-0,30	-0,49	-0,56	-0,41	0,28	-0,18	0,09	-0,12	-0,20
Turb.	-0,03	-0,82	0,05	-0,23	-0,04	0,15	0,30	0,03	-0,04	0,36
Cor	0,04	-0,60	0,18	0,15	-0,41	-0,46	0,23	-0,29	0,04	-0,20
CE	-0,94	0,11	0,04	-0,06	-0,04	-0,08	-0,07	-0,14	-0,18	0,05
Amônia	-0,03	-0,02	0,04	0,10	0,06	0,18	0,01	-0,09	-0,22	-0,22
PT	-0,73	-0,23	0,12	-0,17	0,12	0,16	-0,01	0,06	0,54	-0,10
Col.Ter.	0,10	0,04	-0,15	-0,61	0,36	-0,65	0,02	0,14	0,01	0,01
Sal.	-0,93	0,12	0,05	-0,07	-0,04	-0,08	-0,06	-0,13	-0,20	0,03

Temp– temperatura (°C); pH – potencial hidrogeniônico ; OD– oxigênio dissolvido (mg L⁻¹); DBO– demanda bioquímica de oxigênio (mg L⁻¹); Turb- turbidez (UNT); Cor (Pt/Co); CE– condutividade elétrica (µS.cm⁻¹); NH4– nitrogênio amoniacal(mg L-1- N); PT– fósforo total (mg L-1– PO4); Col. Ter – Coliformes termotolerantes (NMP/100mL); Sal – salinidade (ups).

Na tabela 4 percebem-se os componentes que expressam a relação entre fatores e variáveis e permitem identificar as variáveis com maiores inter-relações em cada componente.

As variáveis com maiores pesos são aquelas mais correlacionadas com o fator (MINGOTI, 2005), e essas estão destacadas em negrito na tabela 4 para facilitar a visualização. Neste estudo foi atribuído o valor de maior que

0,40 para selecionar as variáveis que tem maior relevância em cada componente principal.

Considera-se que as cargas maiores que 0,30 atingem o nível mínimo aceitável; cargas de 0,40 a 0,50 são consideradas mais importantes; e cargas maiores que 0,50 são consideradas com significância prática. Portanto, quanto maior o valor absoluto da carga fatorial, mais importante ela será na interpretação fatorial (CRUZ & TOPA, 2009).

A componente principal 1 retém 22,94 % da informação original (Tabela 3) e é constituída pelas variáveis pH, condutividade elétrica (CE), fósforo total (PT) e Salinidade (Sal). Os parâmetros condutividade elétrica e salinidade foram considerados com significância prática. Dessa forma, esta componente foi associada a variáveis indicativas de concentração de sais no corpo hídrico.

Barbosa (2002) analisando a água no açude Taperoá II, PA, observou maiores valores de condutividade elétrica associado a maiores concentrações de nitrato e fósforo total no fundo do reservatório. Em áreas agrícolas, a principal forma de perda ou entrada de fósforo ocorre por efeito da erosão, por meio da lixiviação do fósforo do solo para o ambiente aquático (CASSOL et al., 2007).

A componente principal 2 retém 17,64 % da informação original (Tabela 4) e é constituída pelas variáveis temperatura, turbidez e cor.

Resultado semelhante foi encontrado por Andrade et al. (2007) onde a componente principal 3 apresentou uma maior inter-relação com cor e turbidez (peso >0,8). Este componente, basicamente, expressa o efeito do escoamento superficial com uma carga de sedimentos oriundos das áreas agrícolas e a contribuição de esgotos e resíduos sólidos dispostos, inadequadamente, próximos às margens dos cursos d'água.

As correlações entre cor, turbidez e sólidos suspensos podem indicar interferência de processos não naturais, como despejo de efluentes sanitários e industriais gerados nas sedes municipais e atividades agropecuárias (VIDAL et al., 2000)

A turbidez e cor aparente são variáveis relacionadas, pois nos pontos de amostragem que apresentaram turbidez mais elevada, a cor aparente também o foi. Dessa forma, a turbidez interfere diretamente na medida da cor aparente (MALHEIROS et al., 2012).

A componente principal 3 retém 11,82 % da variação total da informação original (Tabela 4) e é constituída pelas variáveis pH, oxigênio dissolvido (OD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

Andrade et al. (2007) selecionando indicadores de qualidade de água na Bacia do Baixo Acaraú percebeu que a componente principal 3 recebeu maior peso do oxigênio dissolvido, ortofosfato solúvel e pH, sendo componente indicadora da poluição orgânica. Apresentando como componente indicativa da ação antrópica na qualidade das águas.

Em estudos de qualidade de água e aportes de poluição em águas do Gomti, na Índia o modelo aplicado mostrou que, para o primeiro componente, foram significantes os parâmetros relacionados com os sais dissolvidos na água; enquanto que, para o segundo, os elementos relacionados com a poluição agrícola apresentaram maior significância e, para o terceiro, os maiores pesos foram atribuídos ao escoamento superficial (SINGH et al., 2005).

A quarta componente principal retém 10,35 % da variação total da informação original (Tabela 4) e é constituída pelas variáveis demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e coliformes termotolerantes.

O fator Coliforme Termotolerante é empregado como parâmetro bacteriológico na definição de padrões para monitoramento da qualidade das águas destinadas ao consumo humano, bem como para a caracterização e avaliação da qualidade das águas em geral. A contagem de coliformes fecais é o principal indicador da poluição de origem doméstica (APHA, 1998; LIRA, 2008).

A quinta componente principal retém 8,81 % da variação total da informação original (Tabela 4) e é constituída pelas variáveis demanda bioquímica de oxigênio e cor.

Analisando os componentes principais (Tabela 4) através das variáveis de maior peso percebe-se que os parâmetros de maior interferência na qualidade de água da Bacia Hidrográfica do Rio Una são:

- Componente principal 1: pH, Condutividade elétrica, Fósforo total e Salinidade;
- Componente principal 2: Temperatura, Turbidez e Cor;
- Componente principal 3: pH, Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de oxigênio;

- Componente principal 4: Demanda Bioquímica de Oxigênio e Coliformes Termotolerantes;
- Componente principal 5: Demanda Bioquímica de Oxigênio e Cor.

O parâmetro salinidade pode ser determinado pela condutividade elétrica e os resultados (Tabela 3) mostraram que esses dois parâmetros tem alta inter-relação, então para estudos posteriores considera-se o parâmetro condutividade elétrica.

O parâmetro amônia (tabela 4) não apresentou carga fatorial significativa em nenhuma componente.

Através das tabelas 3 e 4 percebe-se que os parâmetros de maior peso para a determinação da qualidade de água na Bacia hidrográfica do Rio Una são: pH, condutividade elétrica, fósforo total, temperatura, turbidez, cor, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e Coliformes termotolerantes.

4. Considerações Finais

Através da análise estatística aplicada no estudo foi possível determinar os principais parâmetros que interferem na qualidade de água na Bacia Hidrográfica do Rio Una-PE.

A análise multivariada permitiu a seleção de cinco componentes indicadores de qualidade de água, explicando 71,57 % da variância total dos dados.

A aplicação da técnica da estatística multivariada através da análise fatorial e de componentes principais aos dados do monitoramento da qualidade da água promoveu redução no número de variáveis observadas de 11 para 9 variáveis.

Os parâmetros de maior peso para a determinação de qualidade de água na Bacia Hidrográfica do Rio Una são: pH, condutividade elétrica, fósforo total, temperatura, cor, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e Coliformes termotolerantes.

5. Referências

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

AMARAL, A. J; OLIVEIRA NETO, M. B. **Bacia do Rio Una**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000gt7eon7k02wx7ha087apz2499hthx.html Acesso em 27 de outubro de 2013.

AMORIM, J. R. A.; CRUZ, M. A. S.; RESENDE, R. S. Qualidade da água subterrânea para irrigação na bacia hidrográfica do Rio Piauí, em Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.804-811, 2010.

ANDRADE, E. M. de; ARAÚJO, L. DE F. P.; ROSA, M. DE F.; GOMES, R. B.; LOBATO, F. A. DE O. Fatores determinantes da qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Acaraú, Ceará, Brasil. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.37, n.6, p.1791-1797, nov-dez, 2007

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21st. ed, Washington D.C./USA, American Public Health Association, 2005.

OLIVEIRA ANDRADE, M. C. de. **Atlas escolar de Pernambuco**. João Pessoa – PB: Ed. Grafset, 2003.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (FAO, Irrigação e Drenagem, 29).

BARBOSA, J. E. L. **Dinâmica do fitoplâncton e condicionantes limnológicos na escala de tempo (nictimeral/sazonal) e de espaço (horizontal/vertical) no açude Taperoá II: trópico semi-árido nordestino**. 2002. 201f. Tese(Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.

BERNARDI, J.V.E.; LACERDA, L.D.; DÓREA, J.G.; LANDIM, P.M.B.; GOMES, J.P.O.; ALMEIDA, R.; MANZATTO, A.G.; BASTOS, W.R. Aplicação da análise das componentes principais na ordenação dos parâmetros físico-químicos no alto Rio Madeira e afluentes, Amazônia Ocidental. **Geochimica Brasiliensis**, 23(1): 001-158, 2009.

FIGUEIREDO, A. C.; HINO, K. Caracterização hidrogeoquímica da Bacia do Rio Manso-Cuiabá, Mato Grosso. **Acta Limnológica Brasiliensia, Rio Claro**, v. 6, p. 230-44, 1993.

CASSOL, E. A. DENARDINI, J. E.; KOCHMANN, R. A. Sistema plantio direto: evolução e implicações sobre a conservação do solo e da água. *In: Sociedade Brasileira De Ciência do Solo. Tópicos em ciência do solo. Viçosa*, 2007. p. 333-370.

CRUZ, I. C. & TOPA, M. A. **Análise multivariada como ferramenta de gerenciamento de fornecedores visando um relacionamento com vantagem competitiva.** Monografia de Graduação. Bacharelado em Estatística da Universidade Federal do Paraná. Curitiba – PR. 82 f. 2009

ENGEL, F. N.; ASSUMPÇÃO M. R. A. B. Correlação estatística da qualidade da água do rio toledo com nível pluviométrico. Trabalho apresentado como Comunicação Oral. **Anais...** V ECCI- 5º Encontro Científico-Cultural Interinstitucional da Faculdade Assis Gurgacz – FAG Cascavel – PR. Outubro de 2007

FIGUEIRÊDO, A. C. **Avaliação e Diagnóstico da qualidade de água do Açude Apipucos, Recife-PE.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife – Pe. 2008. 104 p.

FILIZOLA, H.F.; FERRACINI, V. L.; SANS, L. M. A., GOMES, M. A. F. E FERREIRA, C. J. A. Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em águas superficial e subterrânea na região de Guairá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37, n.5, p.659-667, 2002.**

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; ROSA FILHO, E.; PARRON, L. M.; CORREA, A.P. A. Aplicação da análise de componentes principais a qualidade de água do rio capivari, colombo, paraná. **Anais...** XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 22 a 26 de novembro de 2009 - LOCAL: Campo Grande – MS

GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D. DA; ELESBON, A. A. A.; RIBEIRO, C. B. M. ; MATOS, A. T. DE; SOARES, J. H. P. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. vol.16 n.5. 2012.**

GUIRAUD, D.M.C. et al., Avaliação da qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Tibagi, utilizando-se análise de componentes principais (PCA). In: Congresso Brasileiro De Engenharia Sanitária E Ambiental. 22, 2003. P-1-7. Joinville. Anais... Joinville: ABES, 2003. P. 1-5. CD-ROM.

HELENA, B.; PARDO, R.; VEGA, M.; BARRADO, E.; FERNÁNDEZ, J. M.; FERNÁNDEZ, L. Temporal evolution of groundwater composition in na alluvial aquifer (Pisuerga River, Spain) by principal component analysis. **Water Research, v.34, p.807-816, 2000.**

JOLLIFFE, L. T. **Principal component analysis.** New York: Springer, 2002. 487p. 2.ed.

LAMBRAKIS, N.; ANTONAKOS, A.; PANAGOPOULOS, G. The use of multicomponent statistical analysis in hydrogeological environmental research. **Water Research, v.38, p.1862-1872, 2004.**

LEITÃO, S. M. A **Visão da Água: O Desafio do Milênio.** Ecolatina 2001. Belo Horizonte, MG, 2001.

LIAO, S. W.; GAU, H. S.; LAI, W. L.; CHEN, J. J.; LEE, C. G. Identification of pollution of Tapeng Lagoon from neighbouring rivers using multivariate statistical method. **Journal of Environmental Management**, v.88, p.286-292, 2008.

LIRA, J. B. M. L. **Avaliação preliminar das concentrações de metais pesados nos sedimentos da Lagoa do Araçá, Recife – Pernambuco, Brasil**. 2008. 79 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Recife.

LUÍZ, Â. M. E.; PINTO, M. L. C.; SCHEFFER, E. W. DE O. Parâmetros de cor e turbidez como indicadores de impactos resultantes do uso do solo, na bacia hidrográfica do Rio Taquaral, São Mateus do Sul-PR. **Revista o Espaço Geográfico em Análise - RAEGA**. (2012), p. 290-310.

MALHEIROS, C. H.; HARDOIM, E. L.; LIMA, Z. M.; AMORIM, R. S. S. Qualidade da água de uma represa localizada em área agrícola (Campo Verde, MT, Brasil) **Ambi-Agua, Taubaté**, v. 7, n. 2, p. xx-xxx, 2012.

MEDEIROS, J. F.; LISBOA, R. A., OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, p.469-472, 2003.

MELO JÚNIOR, J. C. F. DE; SEDYAMA, G. C.; FERREIRA, P. A.; LEAL, B.G. Determinação de regiões homogêneas quanto à distribuição de frequência de chuvas no leste do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.408-416, 2006.

MINGOTTI, S.A. **Análise de Dados Através de Métodos de Estatística Multivariada: Uma Abordagem Aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

MORAIS, E. B.; TAUKE-TORNISIELO, S. M.; VENTORINI, S. H. Impacto de atividades agropecuárias na qualidade das águas do rio Cabeça, na bacia do rio Corumbataí. **Holos Environment, Rio Claro**, v. 12, n. 1, p. 45-57, 2012.

MOITA NETO, J. E MOITA, G. C. uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. Departamento de Química - Universidade Federal do Piauí - 64.049-550 - Teresina – PI. **QUÍMICA NOVA**, 21(4) (1998).

NETO, M.S. S.; ALVEZ, R.; FIGUEIREDO, A. C.; HINO, K. Caracterização hidrogeoquímica da bacia do rio Manso-Cuiabá, Mato Grosso. **Acta Limnológica Brasiliensia, Rio Claro**, v. 6, p. 230-44, 1993.

PIMENTEL, M. F. **Análise estatística de dados do monitoramento da qualidade das águas do rio Ipojuca e do reservatório Tapacurá**: Relatório Final Consolidado. Programa Nacional do Meio Ambiente II – PNMA II, Projeto: Monitoramento da Qualidade da Água como Instrumento de Controle Ambiental e Gestão de Recursos Hídricos no Estado de Pernambuco. Recife: 2003. 80p.

ORGANIZACION MUNDIAL DE SALUD – OMS. **Guías para la calidad del**

água potable. 2.ed. Genebra: 1995. 195p.

PALÁCIO, H.A.Q. **Índice de qualidade das águas na parte baixa da bacia hidrográfica do rio Trussu, Ceará. 2004**. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004. 96f.

PAPATHEODOROU, G.; DEMOPOULOU, G.; LAMBRAKIS, N.A Long-term study of temporal hydrochemical data in a shallow lake using multivariate statistical techniques. **Ecological Modelling**, v.193, p.759-776, 2006.

PERNAMBUCO- AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE (CPRH). **Diagnóstico Socioambiental do Litoral Sul de Pernambuco. Recife-PE, 1999.** 87p. Disponível em: http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/2diagnostico_ambiental.pdf

PERNAMBUCO. Secretaria de Planejamento. Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco. **Bacia hidrográfica do Rio Una, GL4 e GL 5.** Recife, 2006. 85 p. (Série Bacias Hidrográficas de Pernambuco nº 3).

PERNAMBUCO - AGENCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Relatório de monitoramento de bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco – 2012.** Recife, 104p. Disponível em: http://www.cprh.pe.gov.br/Controle_Ambiental/monitoramento/qualidade_da_agua/bacias_hidrograficas/relatorio_bacias_hidrograficas/41786%3B63044%3B4803010202%3B0%3B0.asp

ROCHA, C. M. B.M. DA ; RODRIGUES, L. DOS S.; COSTA, C. C.; OLIVEIRA, P. R. DE; SILVA, I. J. DA; JESUS, É. F. M. DE; ROLIM, R. G. Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. **Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 22(9):1967-1978, set, 2006**

RIBEIRO, G. M.; MAIA, C. E; MEDEIROS, J. F. DE. Uso da regressão linear para estimativa da relação entre a condutividade elétrica e a composição iônica da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, p.15-22, 2005.**

SANTOS,A.C. **Noções de Hidroquímica.** In: Hidrologia: Conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM/LABHID-UFPE, 1997.

SILVA, A.M.M.; SACOMANI, L.B. Using chemical and physical parameters to define the quality of Pardo river water (Botucatu- SP-Brasil). **Water Research, v.35, n.6, p.1609-1616, 2001.**

SINGH, K.P. et al. Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti river (India) using multivariate statistical techniques-a case study. **Analytica Chimica Acta, v.515, p.143-149, 2005.**

SOUZA, I. A., MACIEL NETTO, A., ANTONINO,A. C. D. e KUNTZE, M. A. G. Variabilidade climática na bacia hidrográfica do rio Una-PE/Brasil e os seus efeitos na agricultura. **Anais...** Congresso Brasileiro de Meteorologia. Edição

XIII - Fortaleza - 2004. Disponível em:
http://www.cbmet.com/edicoes.php?pageNum_Recordset_busca=13&totalRows_Recordset_busca=694&cgid=22

STAT SOFT INC. (2004) Statistica (data analysis software system) version 7. Disponível em <<http://www.statsoft.com>>.

TRENTIN,G.; FILHO, W. P. Características Limnológicas no município de Severiano de Almeida – RS. **Revista eletrônica do curso de geografia, Jataí –GO. n. 12. Jan- jun/2009.**

TUNDISI,J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez.** São Carlos: RIMA/IIE. 2005. 248 p.

VICINI, L. **Análise multivariada da teoria à prática.** Santa Maria : UFSM, CCNE, , 2005. 215 p. : il.

VIDAL, M.; LÓPEZ, A.; SANTOALLA, M.C.; VALLES, V. Factor analysis for the study of water resources contamination due to the use of livestock slurries as fertilizer. **Agricultural Water Management, Netherlands, v.45, n.1, p.1-15, 2000.**

ZENG, X.; RASMUSSEN, T. C. Multivariate statistical characterization of water quality in Lake Lanier, Georgia, USA. **Journal Environmental Quality, v.34, p.1980-1991, 2005.**

ZHANG, X.; WANG, Q.; LIU, Y.; WU, J.; YU, M. Application of multivariate statistical techniques in the assessment of water quality in the Southwest New Territories and Kowloon, Hong Kong. **Environmental Monitoring and Assessment, v.137, p.17-27, 2010.**

CAPÍTULO III: Qualidade de água na bacia hidrográfica do rio Una em Pernambuco

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água da porção baixa da bacia hidrográfica do Rio Una, em Pernambuco, por intermédio da análise de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos e em função do uso e ocupação do solo. O monitoramento foi realizado no período de outubro de 2013 a março de 2014. Os locais de amostragem foram selecionados nas cidades de Catende, Palmares e Água Preta sendo selecionados 3 pontos de coleta em cada município. Foram analisados os parâmetros: temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, cor, turbidez, potássio, pH, fósforo total, Coliformes termotolerantes e *Escherichia Coli*. De acordo com os resultados pode-se concluir que a qualidade de água na Bacia Hidrográfica do rio Una encontra-se fora dos padrões de referência da resolução CONAMA 357/2005 para águas doce da classe II nos parâmetros: oxigênio dissolvido, pH, fósforo, Coliformes termotolerantes e *Escherichia Coli*, mostrando que a ocupação do solo no trecho da Bacia Hidrográfica entre as cidades de Catende, Palmares e Água Preta influenciaram a qualidade de água. Os resultados destes parâmetros também indicaram que a principal fonte de contaminação dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Una foi o lançamento de esgoto doméstico. O resultado da concentração de potássio evidencia o lançamento de efluentes provenientes do processamento da cana-de-açúcar no corpo hídrico.

Palavras-chave : recursos hídricos, monitoramento, resolução CONAMA 357

WATER QUALITY IN RIVER BASIN IN UNA PERNAMBUCO

Abstract

Water resources are of great importance for the maintenance of life on earth and the water quality results from a relationship between natural phenomena, potentially degrading human activities, as well as aspects related to the use and occupation of land. This study aimed to evaluate the water quality of the lower portion of the water shed of the river Una, Pernambuco, through the analysis of physical, chemical and microbiological parameters and depending on the use and occupation of land. The monitoring was carried out from October 2013 to March 2014. Sampling locations were chosen in the cities of Catende, Palmares and Água Preta, 3 being selected sampling points in each municipality. Temperature, conductivity, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, color, turbidity, potassium, pH, total phosphorus, fecal coliform and E. Coli Escherichia: 11 parameters were analyzed. According to the results, it was observed that some parameters evaluated were not classified according to guidelines of the Brazilian legislation. It can be concluded that the water quality in the water shed of the river Una is outside the benchmarks of CONAMA resolution for Class II waters in the parameters: dissolved oxygen, pH, phosphorus, thermotolerant coliforms and Escherichia coli. Showing that land use in the stretch of river basin between the cities of Catende, Palmares and Água Preta influenced the water quality in these parameters. The results of dissolved oxygen, phosphorus, thermotolerant coliforms and Escherichia coli indicated that the main source of contamination of water resources in the basin of the River Una was the release of domestic sewage. The results of the potassium concentrations show the release of waste from the processing of cane sugar in the water body.

Keywords: water resources, monitoring, CONAMA Resolution 357

1. Introdução

A poluição hídrica é uma das modificações imediatas decorrente do processo de uso e ocupação do solo, alterando diversas propriedades da qualidade dos corpos hídricos na bacia hidrográfica (BITTENCOURT & GOBBI, 2006; MOURA et al., 2010).

O processo de crescimento e desenvolvimento da sociedade tem contribuído com uma intensa degradação do meio ambiente, em especial dos recursos hídricos. A água é um elemento essencial para a vida, sendo que todo seu valor pode ser avaliado pelos diversos usos que ela se destina (CARVALHO et al., 2012).

A qualidade da água de um corpo hídrico pode ser definida como um conjunto de características físicas, químicas e biológicas, cujos critérios de avaliação da qualidade dependem do propósito do uso (PIRES et al., 2001).

A avaliação da qualidade de água é feita pela análise de alguns parâmetros de características físicas, químicas e biológicas. Os principais parâmetros físico-químicos analisados para avaliar o grau de poluição são temperatura, pH, turbidez, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, sólidos em suspensão, nitrogênio e fósforo. A escolha dos parâmetros a serem utilizados pode variar dependendo do propósito do uso da água (ESTEVES, 2011; SILVA et al., 2008; MARQUES et al., 2007; CETESB 2007; BRASIL, 2005).

O monitoramento tem possibilitado o conhecimento das condições reinantes do corpo hídrico, os principais objetivos são: avaliar a evolução da qualidade o que propicia o levantamento das áreas prioritárias para o controle da poluição; identificar trechos do rio onde a qualidade d'água possa estar mais degradada, possibilitando ações preventivas e de controle; realizar o diagnóstico da qualidade da água utilizada para o abastecimento público e outros usos, o que dará subsídio técnico para a elaboração dos relatórios de situação dos recursos hídricos, realizados pelos comitês de bacias hidrográficas (CETESB, 2014b).

No Estado de Pernambuco, as pressões exercidas sobre os recursos naturais pela atividade industrial e usos inerentes ao meio urbano, acabam desencadeando respostas que resultam em degradação da qualidade de vida nas cidades e áreas rurais submetidas aos efeitos diretos e indiretos dessa

degradação, além da perda de importantes potencialidades dessas áreas. Nas bacias hidrográficas litorâneas sobressaem como tais o lançamento no solo, ar e água, sem tratamento adequado, dos resíduos domésticos e industriais e a ocupação desordenada do solo, desencadeando processos que põem em risco o patrimônio natural e cultural e, muitas vezes, a vida das comunidades que ali habitam (PERNAMBUCO, 1999).

A Bacia hidrográfica do Rio Una tem uma extensão de aproximadamente 271 km. Sua bacia apresenta uma área de 6.740,31 km², dos quais 6.262,78 km² estão no Estado de Pernambuco, o que equivale a 6,37% da área total do Estado. A bacia hidrográfica do Una assemelha-se a um grande losango recortado no sentido oeste-leste, onde seus eixos principal e secundário medem, respectivamente, cerca de 240 e 70 km (SOUZA et al., 2011; MELO & GOLFARB, 2012).

Com relação ao uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Una foram identificadas duas principais formas. A primeira situação ambiental de maior abrangência na bacia hidrográfica foram as áreas de pasto com 36.487,24 ha (49,4%), ocupando prioritariamente as margens dos rios Panelas e Piranji. Em segundo com maior extensão de área está o plantio da cultura de cana-de-açúcar com 20.328,94ha (27,5%) (CEPAN, 2013).

O objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade da água da porção baixa da Bacia Hidrográfica do Rio Una através do monitoramento de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos e em função do uso e ocupação do solo.

2. Material e Métodos

Essa pesquisa foi desenvolvida na Bacia Hidrográfica do Una localizada ao Sul do litoral do Estado de Pernambuco, entre os paralelos 08°17'14" e 08°55'28" de latitude sul e os meridianos 35°07'48" e 36°42'10" de longitude oeste (Figura 1).

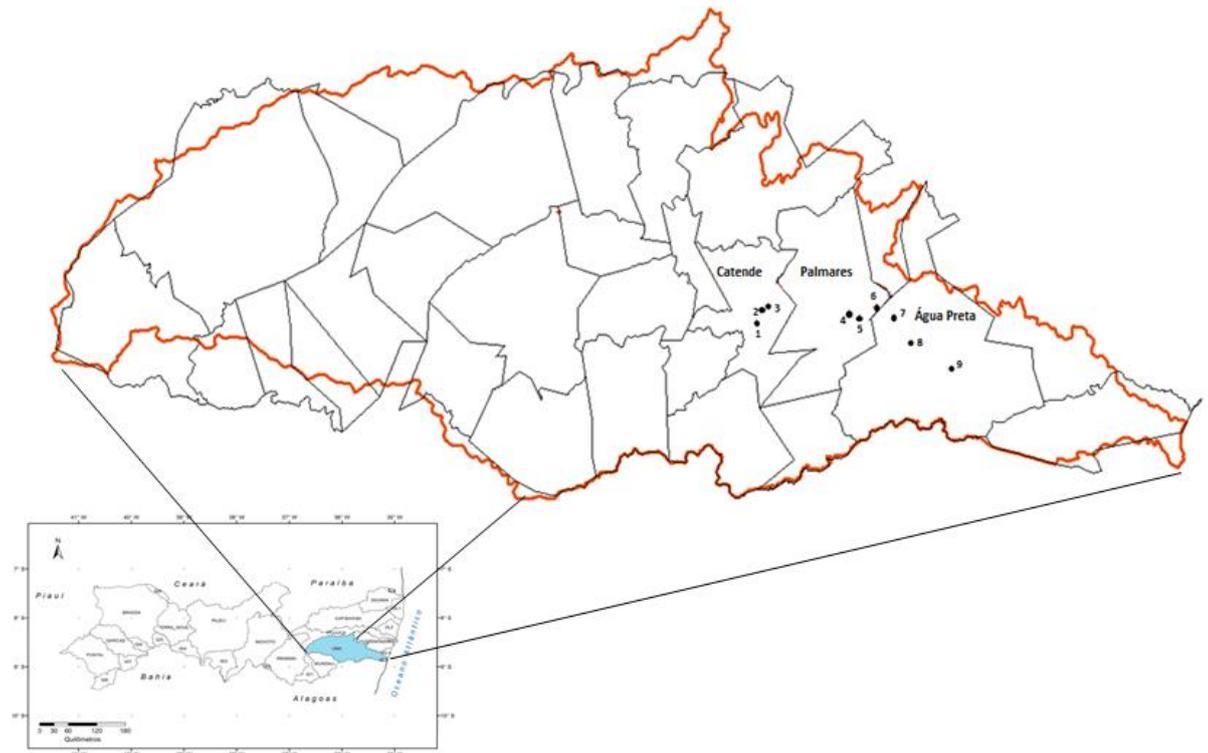


Figura 2. Pontos de monitoramento na Bacia Hidrográfica do Rio Una.

O trecho de estudo totalizou 47,6 km de extensão, iniciando à montante do Município de Catende, percorrendo o município de Palmares e finalizando a jusante do Município de Água Preta no Estado de Pernambuco (Figura 3).

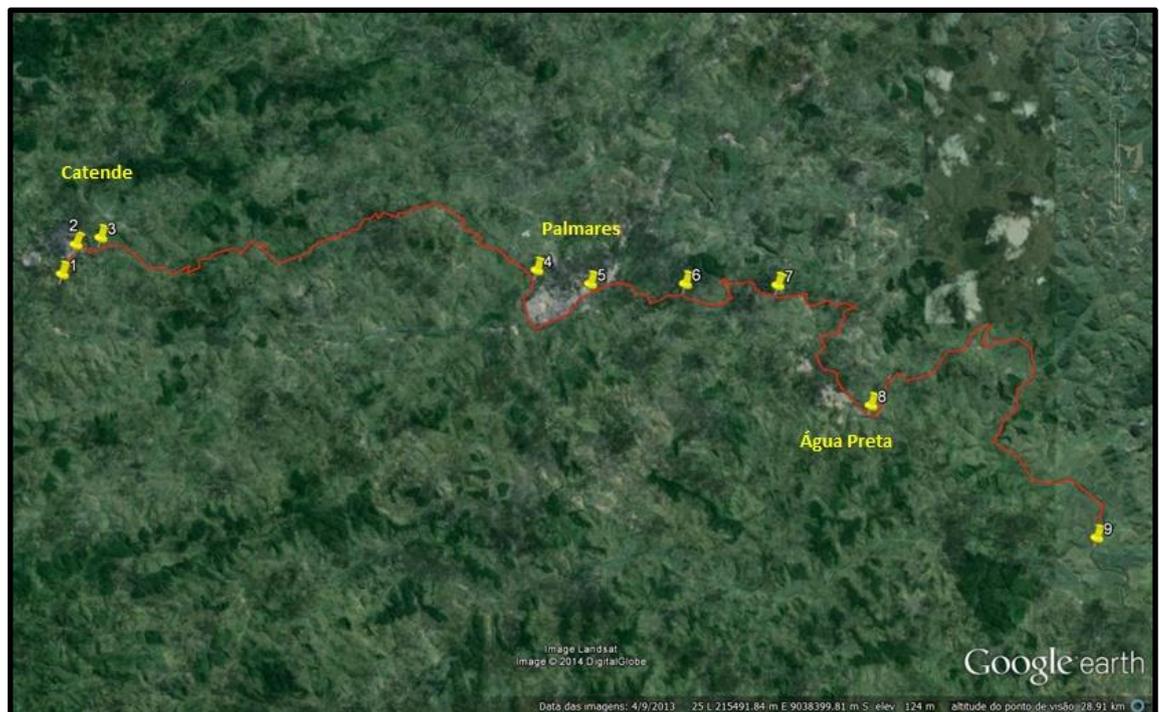


Figura 3. Trecho de coleta das amostras. Fonte: Google Earth/2014.

Visando avaliar a qualidade das águas na Bacia Hidrográfica do Rio Una, foram realizadas coletas mensais de água durante o período de outubro de 2013 a março de 2014. As coletas das amostras foram realizadas sempre no período da manhã.

Os procedimentos de coleta, acondicionamento, armazenamento e preservação das amostras foram realizados de acordo com o que prescreve as normas: NBR9897- Procedimento: planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores e NBR 9898-Procedimento: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores e o Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos (CETESB, 2011; ABNT, 1987 a, b).

Para coleta, tomando todos os cuidados de assepsia, visando a caracterização física-química, foram utilizados frascos de polietileno com o volume de 5 litros. Para a análise microbiológica foi utilizado um frasco esterilizado de polietileno com 100 ml de volume. Para a determinação dos parâmetros oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio foi utilizado um recipiente de vidro com 250 ml de volume.

Após a amostragem os recipientes foram acondicionados em caixa de isopor, a uma temperatura média de 4°C e conduzidas ao Laboratório de Qualidade da Água, da Universidade Federal de Pernambuco e ao laboratório Agrolab em Recife – PE. As análises foram iniciadas sempre no mesmo dia da coleta e para preservação das amostras utilizou-se a técnica da refrigeração por um período máximo de 5 dias.

A partir da análise de Componentes Principais nos dados de monitoramento realizado pela Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco, CPRH(Capítulo I), foram definidos para caracterização da qualidade de água os parâmetros: temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, pH, fósforo total, coliformes termotolerantes, cor e turbidez. Visando uma melhor caracterização desta bacia foram acrescentados os parâmetros potássio e *Esclerichia Coli*.

Os parâmetros condutividade elétrica e temperatura foram mensurados em campo no momento da realização das coletas das amostras, com uma sonda multiparâmetro Instrutherm PH 1500.

Nas análises laboratoriais seguiu-se a metodologia padrão para análise de água e esgoto da APHA (2005):

- A determinação do pH foi realizada pelo método da potenciometria: SMEWW 4500 B.
- A turbidez foi determinada pela metodologia padrão para análise de água e esgoto - SMEWW 2130 B, com o uso de turbidímetro modelo 2100P marcaHach.
- Para determinação do fósforo total utilizou-se a metodologia SMEWW 45000P.
- O potássio utilizou a metodologia SMEWW 3500K B.
- Para a determinação dos parâmetros bacteriológicos foi utilizada a metodologia: SMEWW 9221 C.
- O parâmetro cor foi determinado pela metodologia: SMEWW 2120 C.
- A Demanda Bioquímica de Oxigênio foi determinada pela metodologia: Incubação SMEWW 5210 B: o 5d- DetOD (APHA, 2005).
- O Oxigênio Dissolvido foi determinado pela metodologia: Azida modificada SMEWW 4500 – O – C.

2.1. Caracterização pluviométrica

Durante o período de monitoramento, analisou-se a ocorrência de precipitação, de forma que possibilitasse observar sua influência na qualidade de água. Para tal foram utilizados os dados pluviométricos disponibilizados pela Agência Pernambucana de Águas e Clima-APAC (Pernambuco, 2014).

3. Resultados e Discussão

3.1. Precipitação

A figura 4 apresenta os dados de precipitação durante o período de estudo. Em estudo desenvolvido por Carone et. al. (2009), no Alto Vale do Rio Agre, na região sul da Itália, foram observadas diferenças de qualidade da água entre estações secas e chuvosas, sendo pontuado que, devido à redução da vazão na estação seca a qualidade da água nesta foi inferior à observada na estação chuvosa.

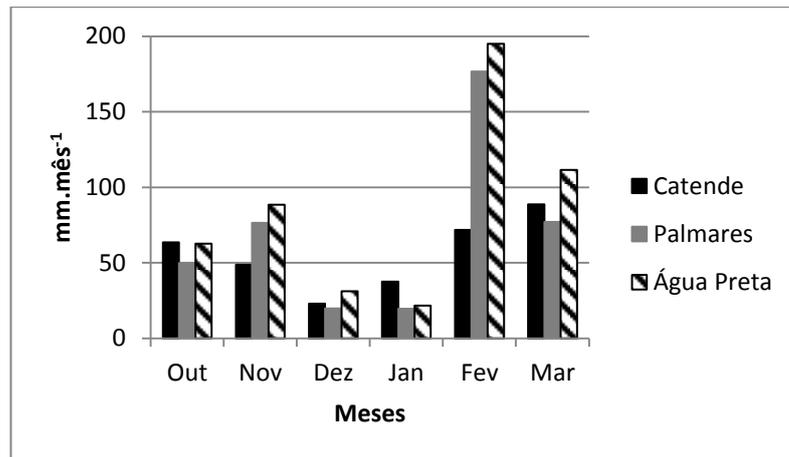


Figura 4. Precipitação durante o período de amostragem. Fonte: APAC/2014.

Especialmente, a qualidade da água está relacionada com o tipo de solo e com o seu uso e ocupação dentro da bacia hidrográfica, enquanto que, temporalmente, a qualidade está associada ao regime hidrológico decorrente da distribuição das chuvas (BRASIL 2012).

Segundo Farias (2006), a precipitação influencia nos diversos parâmetros de qualidade de água na bacia de drenagem e interfere na evolução ou diminuição da poluição da água. Percebe-se através da figura 4 que durante o período de monitoramento os meses de dezembro de 2013 e janeiro de 2014 apresentaram os menores índices pluviométricos. Para as cidades de Água Preta e Palmares a precipitação apresentou o maior valor no mês de fevereiro de 2014, já para Catende a maior precipitação foi encontrada no mês de março.

Silva et al. (2008) avaliando a influência da precipitação na qualidade de água do Rio Purus na Amazônia observaram que o regime pluviométrico em cada local de amostragem apresentou interferência nos valores de algumas das seis variáveis estudadas, sendo estas a temperatura da água, condutividade, pH, turbidez, oxigênio dissolvido e sólidos suspensos totais.

Normalmente, o aumento da vazão no período chuvoso tende a melhorar a qualidade da água, porém os eventos de chuvas intensas sobrepõem este fator, ocasionando aumento da turbidez, muitas vezes acompanhado pelo aumento do número de coliformes termotolerantes na água, caracterizando uma situação de maior susceptibilidade dos mananciais à poluição, com tendências de piora da qualidade hídrica (HADDAD, 2007).

3.2. Parâmetros de qualidade de água

Os valores médios dos parâmetros avaliados nos diferentes locais de coleta são apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Valores médios dos parâmetros de qualidade de água avaliados

Local	Parâmetro										
	OD	pH	Turb.	Cor	DBO	Temp.	CE	Pt	K	Col. term	E. Coli
Ponto 1	5,79	5,99	8,54	24,1	2,08	29,46	207,5	0,05	2,11	56.013	9.696
Ponto 2	5,47	5,79	19,00	34,18	2,04	29,45	165,3	0,12	2,11	335.666	38.583
Ponto 3	5,66	5,98	15,31	32,66	2,02	28,86	188,8	0,07	2,08	319.816	16.833
Ponto 4	6,29	5,97	8,69	23,26	1,10	29,00	132,8	0,06	1,86	44.800	1.238
Ponto 5	3,87	5,91	14,18	28,48	1,30	30,48	133,6	0,10	2,31	50.000	9.933
Ponto 6	4,39	6,01	8,49	21,52	1,72	29,78	140,3	0,09	2,13	42.138	2.750
Ponto 7	3,17	5,94	9,26	23,2	1,24	28,81	144,0	0,10	1,93	283.733	8.325
Ponto 8	5,68	5,58	13,99	24,26	2,96	28,71	135,1	0,12	2,25	31.166	6.016
Ponto 9	4,94	5,91	12,88	28,35	2,08	28,46	120,8	0,08	2,08	31.166	2.200

OD– oxigênio dissolvido (mg L^{-1}); pH – potencial hidrogeniônico; Turb- turbidez (UNT); Cor (uH); DBO– demanda bioquímica de oxigênio (mg.L^{-1}); Temp– temperatura ($^{\circ}\text{C}$); CE– condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$); PT– fósforo total (mg.L^{-1}); K – Potássio (mg.L^{-1}); Col. Ter – Coliformes termotolerantes (NMP/100mL); Escherichia Coli (NMP/100mL).

Na análise dos parâmetros trabalhou-se com a perspectiva de que os limites aceitáveis para as variáveis estudadas estivessem de acordo com a resolução 357/05 – CONAMA (BRASIL, 2005) para enquadramento dos rios doce na classe II.

A seguir, os resultados obtidos para cada parâmetro são apresentados em detalhes e analisados separadamente. Os resultados são apresentados em gráfico tipo Box-Plot, os quais possibilitam a observação da faixa de variação dos dados.

3.2.1. Temperatura

A figura 5 mostra o gráfico box-plot dos valores da temperatura nos pontos amostrados.

Percebe-se que durante o período amostrado em todos os pontos coletados a temperatura teve pouca variação. Indicando que para a temperatura esse trecho da bacia hidrográfica está em equilíbrio. O primeiro ponto apresentou a maior variação de temperatura e o ponto 6 apresentou menor variação neste parâmetro.

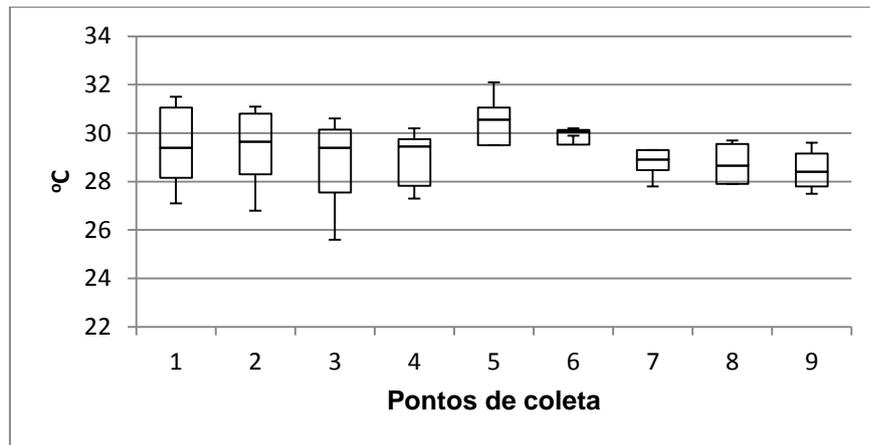


Figura 5. Valores do parâmetro temperatura nos pontos de coleta

A figura 6 apresenta os valores de temperatura durante o período de amostragem nos diferentes pontos de coleta.

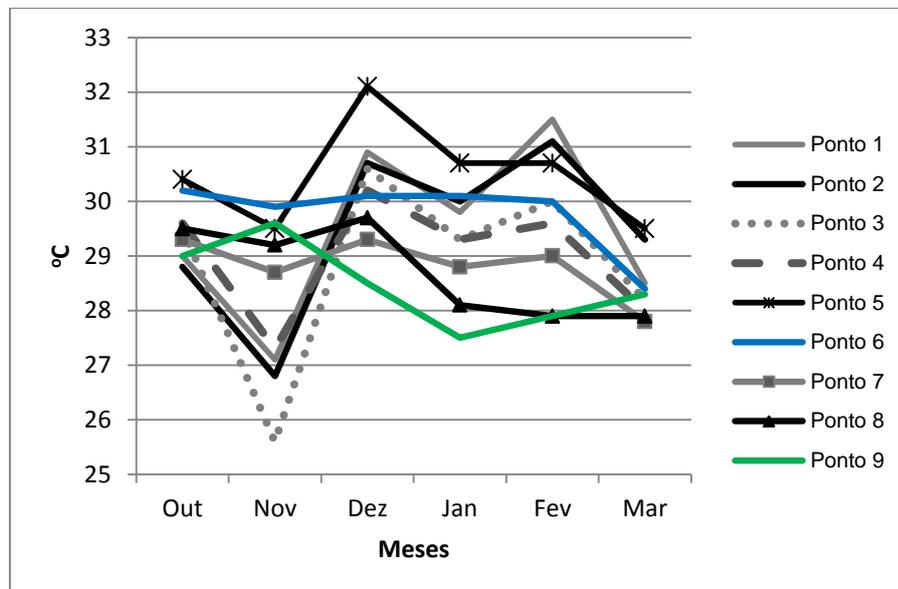


Figura 6. Variação do parâmetro temperatura no período de monitoramento

A Resolução CONAMA nº 357/05 não especifica limites de temperatura para qualquer uma das Classes, porém altas temperaturas diminuem a solubilidade dos gases, reduzindo assim a concentração de oxigênio dissolvido. A faixa de temperatura usual para águas superficiais varia de 4 a 30° C (BARROS, 2008; BRANCO, 1986).

Através da figura 6 nota-se que os valores dos parâmetros temperatura ficaram entre 25 °C e 33°C. De acordo a tabela 2 a média da temperatura nos pontos variou entre 28°C e 30°C. Utilizando o limite de Branco (1986) percebe-se que apenas o ponto 5 no mês de fevereiro estava acima do limite de 30°C.

Os resultados estão próximos aos observados por Araújo et al. (2013) que observaram que ao longo do rio Sirinhaém a temperatura variou entre 24° C a 30° C, mantendo uma temperatura média de 28°C exceto na estação à jusante da cidade de Barra de Guabiraba, onde a temperatura média fica em torno de 26°C (ARAÚJO et al., 2013).

A temperatura é um parâmetro que influencia em vários processos que ocorrem nos corpos d'água, como a cinética das reações químicas, atividade microbiológica e características físicas do meio. Determina também vários processos químicos, físicos e biológicos que ocorrem em um sistema aquático, tais como o metabolismo dos organismos e a degradação da matéria orgânica (PEREIRA, 2004; ZUIN, et al., 2009).

Em uma pesquisa realizada por Vidal & Capelo Neto (2013) observando o impacto da estratificação térmica na qualidade de água em reservatório no Semiárido brasileiro observou-se que com as avaliações realizadas ao longo do eixo vertical no reservatório, a temperatura influenciou vários parâmetros da qualidade da água, principalmente oxigênio dissolvido e pH.

Muniz et al. (2013) caracterizando a qualidade de água superficial no Distrito Federal notaram que os resultados de temperatura média não demonstraram variação significativa entre as três áreas monitoradas. Nos três corpos hídricos os valores de temperatura mais elevados foram aferidos no período chuvoso. As variações de temperatura dos cursos d'água são sazonais e acompanham as mudanças do clima durante o ano.

3.2.2. Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos. Os níveis deste parâmetro indicam a capacidade de um corpo d'água natural manter a vida aquática (CETESB, 2013; VON SPERLING, 2007).

É um parâmetro de suma importância para avaliação do estado de poluição que se encontra um rio, uma vez que ele indica o grau de degradação da matéria orgânica, sendo que em casos de baixa concentração pode-se afirmar que a matéria orgânica presente na água encontra-se em intensa decomposição (GUEDES et al., 2009).

A figura 7 mostra o gráfico box-plot dos valores da concentração de oxigênio dissolvido no período estudado.

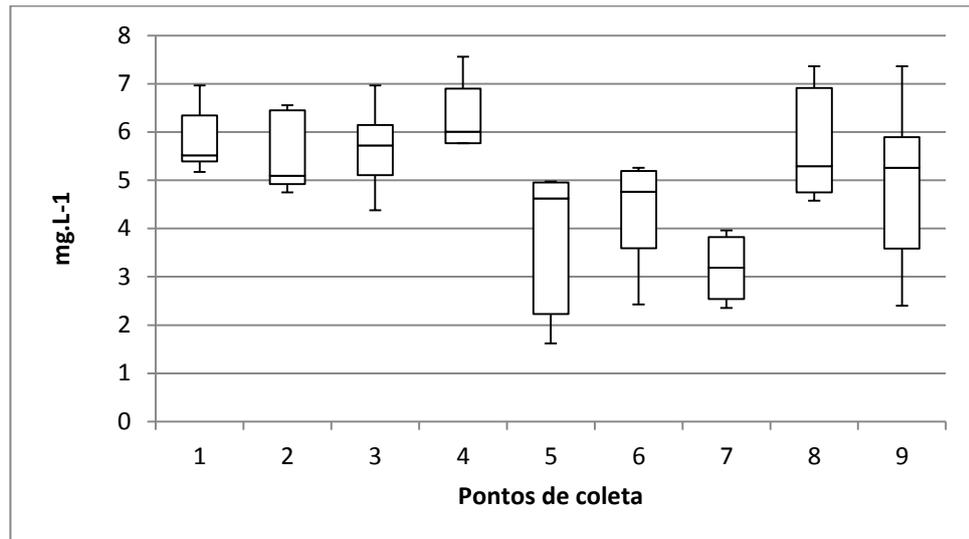


Figura 7. Concentração de oxigênio dissolvido no período de realização da pesquisa

Na figura 7, nota-se a variação da concentração de oxigênio dissolvido ao longo dos pontos de monitoramento. Percebe-se que os pontos que apresentaram a maior variação de oxigênio dissolvido foram os pontos 5 e 9 que são respectivamente o segundo ponto na cidade de Palmares e o terceiro ponto na cidade de Água Preta, ou seja, pontos do corpo hídrico que estão fortemente influenciados pela ocupação urbana seja pelo lançamento de efluente doméstico ou industrial.

A figura 8 representa os valores de oxigênio dissolvido nos pontos amostrados e durante o período de monitoramento.

Para o parâmetro oxigênio dissolvido a resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (BRASIL, 2005) estabelece alguns limites em relação à água doce: para a classe I o limite deste parâmetro é superior a 6 mg.L^{-1} de O_2 ; para a classe II superior a 5 mg.L^{-1} de O_2 ; para classe III maior que 4 mg.L^{-1} de O_2 ; classe IV superior a $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$ de O_2 .

Nos corpos hídricos com oxigênio dissolvido em torno de $4\text{-}5 \text{ mg.L}^{-1}$ de O_2 morrem as espécies de peixes mais sensíveis; com OD igual a 2 mg.L^{-1} de O_2 quase todas as espécies de peixes morrem; com OD igual a 0 mg.L^{-1} de O_2 tem-se condições de anaerobiose (VON SPERLING, 2007).

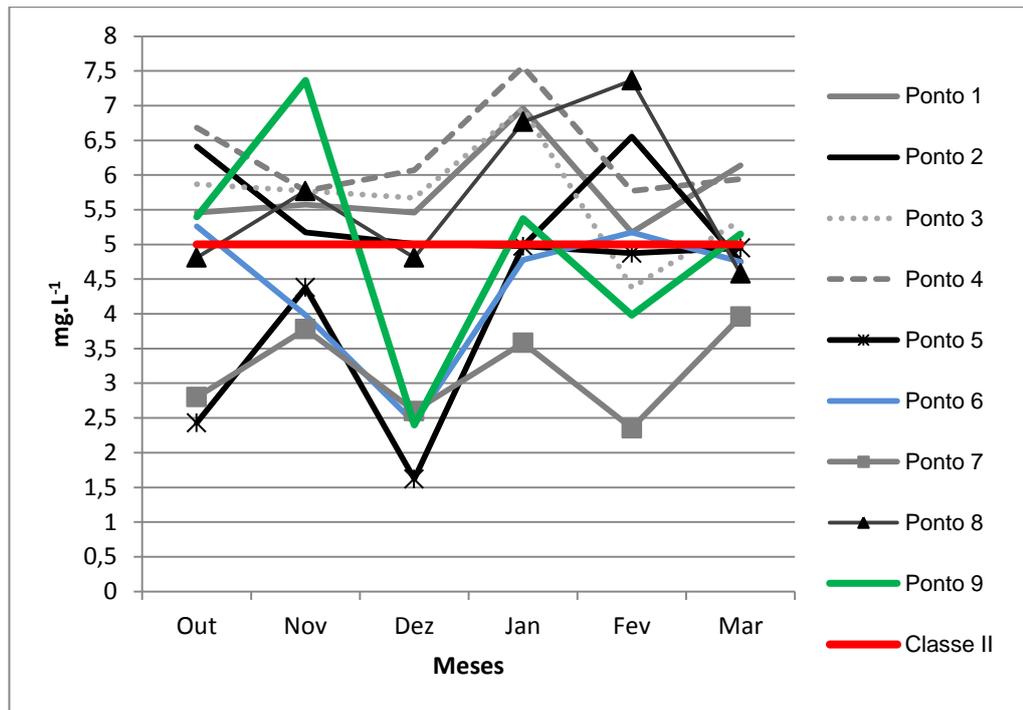


Figura 8. Variação da concentração de oxigênio dissolvido no período de amostragem

A partir da figura 8, percebe-se que os pontos 1, 2 e 4 ficaram acima do limite da Resolução CONAMA para a classe II durante todo o período do estudo. Os pontos 3, 5, 6, 7, 8 e 9 estavam em desacordo com os valores da Resolução em algum mês do período estudado.

Os pontos da cidade de Catende (1, 2 e 3) apresentaram o valor de oxigênio dissolvido, na maior parte do período estudado, em conformidade com o limite para a classe II, mostrando que o trecho da bacia ocupado pela cidade de Catende teve pouca interferência neste parâmetro. O ponto 3, a jusante da cidade de Catende, ficou abaixo do limite apenas no mês de fevereiro.

Os pontos na cidade de Palmares, apenas o ponto 4 (a montante da cidade) estava acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA. Os pontos 5 e 6, na maior parte do período do monitoramento, estavam abaixo do limite da resolução.

Após o ponto 4 e antes do ponto 5 está localizado uma usina sucroalcooleira (Figura 9), através dos resultados de oxigênio dissolvido percebe-se a influência desta usina na qualidade de água deste corpo hídrico.



Figura 9. Visão da Usina Sucroalcooleira

Veronez (2011) analisando a qualidade de água em microbacias no nordeste do Pará percebeu que um dos pontos de monitoramento era localizado em área urbana que contribui com lançamento de efluente, resultando em diminuição nos valores de oxigênio dissolvido.

A introdução de matéria orgânica em um corpo d'água resulta, indiretamente, em consumo do oxigênio dissolvido. Tal se deve aos processos de estabilização da matéria orgânica causados pelas bactérias decompositoras, as quais utilizam o oxigênio disponível no meio líquido para sua respiração. Assim, as águas poluídas por esgotos apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido, pois o mesmo é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica, enquanto que as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido mais elevadas, geralmente superiores a 5 mg.L^{-1} (VON SPERLING, 1996; ANA, 2009).

O ponto 5, cidade de Palmares, ficou acima do limite apenas nos meses de janeiro e março. Os menores valores da concentração de oxigênio dissolvido neste ponto foram verificados nos meses de maior temperatura (figura 6). No mês de dezembro foi verificada a maior temperatura neste ponto (32°C) e a menor concentração de oxigênio dissolvido.

De acordo com Veronez (2011) a temperatura da água em um dos pontos do monitoramento estava entre as mais altas observadas no monitoramento podendo ter influenciado nos baixos valores de OD.

Os pontos da cidade de Água Preta (7, 8 e 9) estavam na maior parte do tempo fora do limite estabelecido para esse parâmetro. O ponto 7 era localizado à montante da cidade de Água Preta, e foi o ponto que apresentou os menores valores, demonstrando a influência deste bairro e o último ponto na

cidade de Palmares na concentração de oxigênio dissolvido. O ponto 8 mostra um aumento deste parâmetro neste trecho nos meses de novembro, janeiro e fevereiro. O resultado do ponto 9 mostra que houve uma diminuição do valor deste parâmetro nos meses de dezembro e janeiro neste trecho do rio.

Considerando o limite da classe II, percebe-se que durante todo o período de monitoramento o ponto 7, a montante da cidade de Água Preta, ficou abaixo do limite aceitável para a classe. Na figura 3, nota-se que o ponto 6 e 7 estão próximos (Figura 3), o que mostra a influência do último ponto da cidade de Palmares no primeiro ponto da cidade de Água Preta. Este ponto era localizado próximo a uma estação de tratamento de esgoto (figura 10).

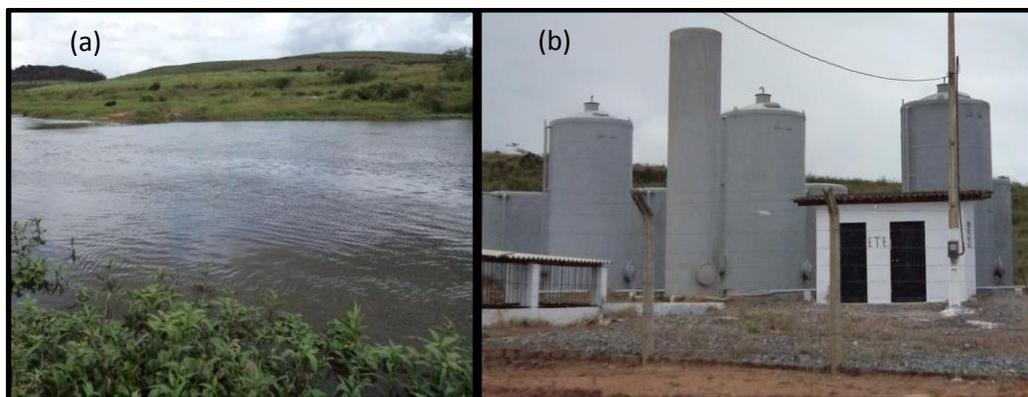


Figura 10. Ponto 7 (a) e (b) Estação de tratamento de esgoto localizada próxima

O ponto 8, cidade de Água Preta, ficou abaixo do limite nos meses de outubro e dezembro de 2013 e em março de 2014.

O ponto 9, a jusante da Cidade de Água Preta, ficou abaixo do limite nos meses de dezembro de 2013 e fevereiro de 2013.

Através da análise do oxigênio dissolvido foi possível constatar que no trecho do Rio que passa pelas cidades de Palmares e Água Preta a condição da qualidade da água está em desacordo com os usos preponderantes pretendidos para um rio de água doce classe II.

Santos (2013) avaliando os parâmetros hidrobiológicos e ambientais do Rio Itapessoca em Goiana – PE verificou que o parâmetro do oxigênio dissolvido, na maior parte das estações de coleta, apresentou-se dentro dos limites da Resolução nº 357 (BRASIL, 2005), respeitando os limites superiores a $4,0 \text{ mg.L}^{-1}$, para a classe III, durante o período de amostragem.

3.2.3. Demanda Bioquímica de Oxigênio

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) estima a quantidade de matéria orgânica ou do seu potencial poluidor nos cursos d'água, ou, mais especificamente, a quantidade de oxigênio que seria necessário fornecer às bactérias aeróbias para consumirem a matéria orgânica presente em um líquido (água ou esgoto) (FONSECA et al., 2010).

A figura 11 mostra o gráfico box-plot dos valores da demanda bioquímica de oxigênio nos pontos amostrados.

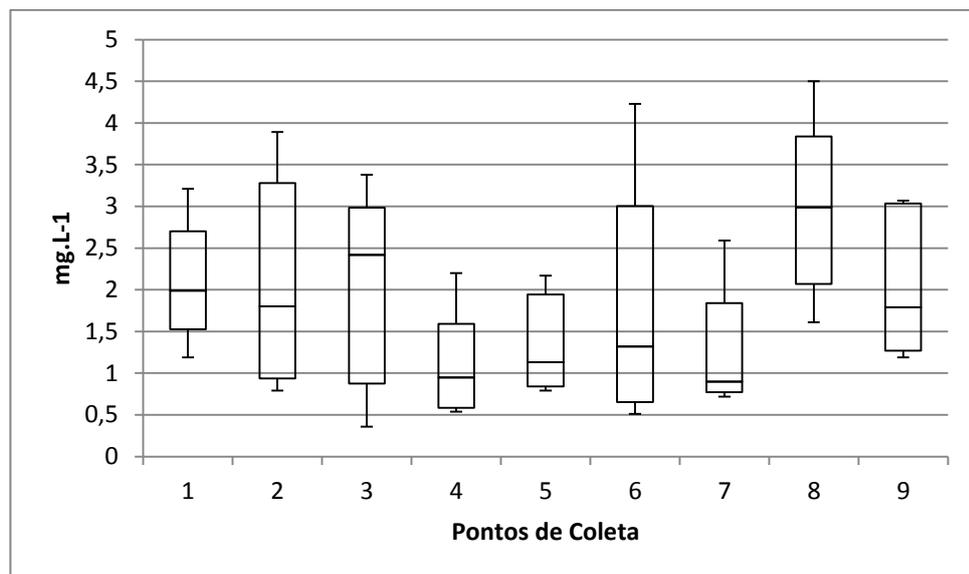


Figura 11. Variação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) nos locais de amostragem

A partir dos resultados apresentados na figura 11 é possível observar que ocorreu pouca variação na concentração da demanda bioquímica de oxigênio entre os pontos monitorados.

O ponto que apresentou maior variação deste parâmetro no período estudado foi o 8 localizado na cidade de Água Preta. O ponto 7 apresentou a menor variação da DBO sendo localizado também na cidade de Água Preta.

Os valores encontrados da demanda bioquímica de oxigênio no período e nos pontos estudados são apresentados na figura 12.

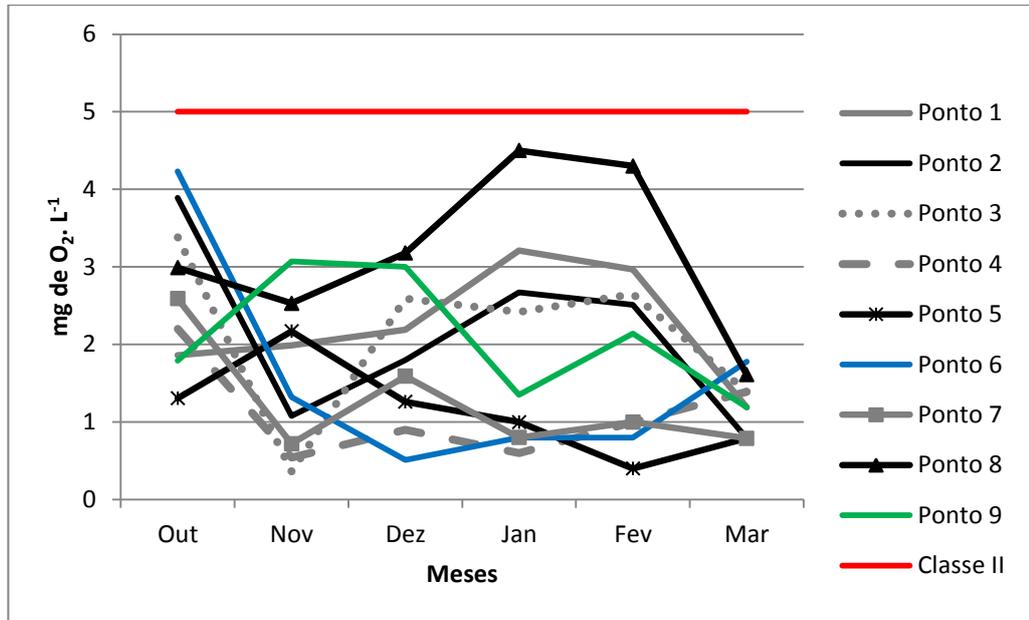


Figura 12. Variação da Demanda Bioquímica de Oxigênio durante o período de amostragem

De acordo a resolução 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005), os limites para a Demanda Bioquímica de Oxigênio, para rio de água doce, são: classe I menor que 3 mg.L⁻¹ O₂; Classe II menor igual a 5 mg.L⁻¹ O₂ e classe III até 10 mg.L⁻¹ O₂.

Como pode-se observar na figura 12 para este parâmetro durante o período de monitoramento todos os pontos estão dentro do padrão do limite estabelecido para águas doces de classe II.

Lima et al. (2009) realizando o monitoramento da qualidade do Rio Botafogo, no Estado de Pernambuco, observaram que na maioria dos pontos de coleta o valor da demanda bioquímica de oxigênio não ultrapassou o limite de 5,0 mg.L⁻¹ de O₂. Apenas em uma época de coleta um ponto apresentou valor superior ao limite, entretanto mesmo estando acima do permitido, esse valor não está muito alto a ponto de acarretar uma redução significativa na concentração de oxigênio dissolvido.

Santos (2013) avaliando parâmetros hidrológicos e ambientais do Rio Itapessoca em Goiana, Estado de Pernambuco, percebeu que a demanda bioquímica de oxigênio permaneceu dentro dos limites, apresentando valores inferiores a 5 mg.L⁻¹ para águas de classe II, em todas as estações de coleta e durante todo período de estudo. Os níveis de DBO determinados para esse corpo hídrico refletem a condição equilibrada de suas águas no tocante a esse parâmetro.

Na Bacia hidrográfica do Rio Ipojuca, em Pernambuco, esse parâmetro variou de 0,4 a 262 mg.L⁻¹. Durante o período de monitoramento de 2003 a 2006 todas as estações apresentam valores em desacordo com o limite máximo estabelecido pela legislação para a Classe II. As maiores concentrações foram verificadas nas estações a jusante das cidades de Belo Jardim e Caruaru, devido ao lançamento de esgotos domésticos e a jusante das Usinas Sucroalcooleiras União Indústria, Ipojuca e Salgado, cujo efluente (vinhoto) atinge o curso d'água após ser utilizado no processo de fertirrigação (BARROS, 2008).

Dessa forma a figura 12 indica que para a demanda bioquímica de oxigênio no trecho da bacia hidrográfica entre as cidades de Catende e Água Preta está em conformidade com a classe II da Resolução CONAMA. Sugerindo que não existe um lançamento de efluente que aumente de forma significativa o teor de matéria orgânica no corpo d'água o que de maneira indireta aumentaria o valor deste parâmetro.

Os valores encontrados de oxigênio dissolvido (Figura 8) não interferiram nos valores de demanda bioquímica de oxigênio.

3.2.4. Potencial Hidrogeniônico

O pH (potencial hidrogeniônico) representa o equilíbrio entre íons H⁺ e íons OH⁻; varia de 7 a 14; indica se uma água é ácida (pH inferior a 7), neutra (pH igual a 7) ou alcalina (pH maior do que 7); o pH da água depende de sua origem e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos; pH baixo torna a água corrosiva; águas com pH elevado tendem a formar incrustações nas tubulações. A vida aquática depende do pH, sendo recomendável a faixa de 6 a 9 (SOUZA, 2010).

A figura 13 mostra o gráfico box-plot dos valores da demanda bioquímica de oxigênio nos pontos amostrados.

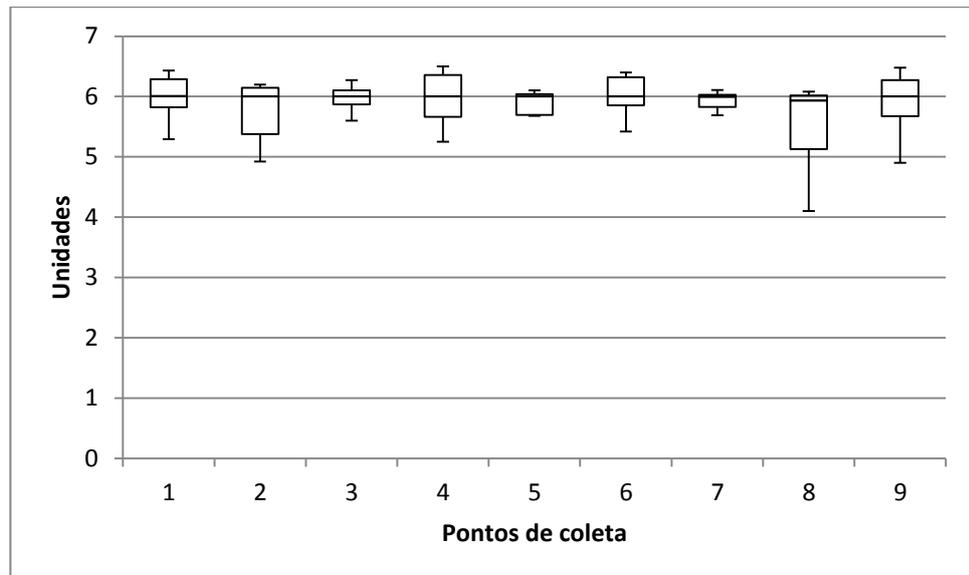


Figura 13. Variação do Potencial Hidrogeniônico nos locais de amostragem

Pode-se verificar na figura 13 que o parâmetro pH teve pouca variação nos pontos amostrados. O menor valor e a maior variação foi encontrada no ponto 8. A menor variação deste parâmetro foi encontrado no ponto 3.

Os valores encontrados do potencial hidrogeniônico no período e nos pontos estudados são apresentados na figura 14.

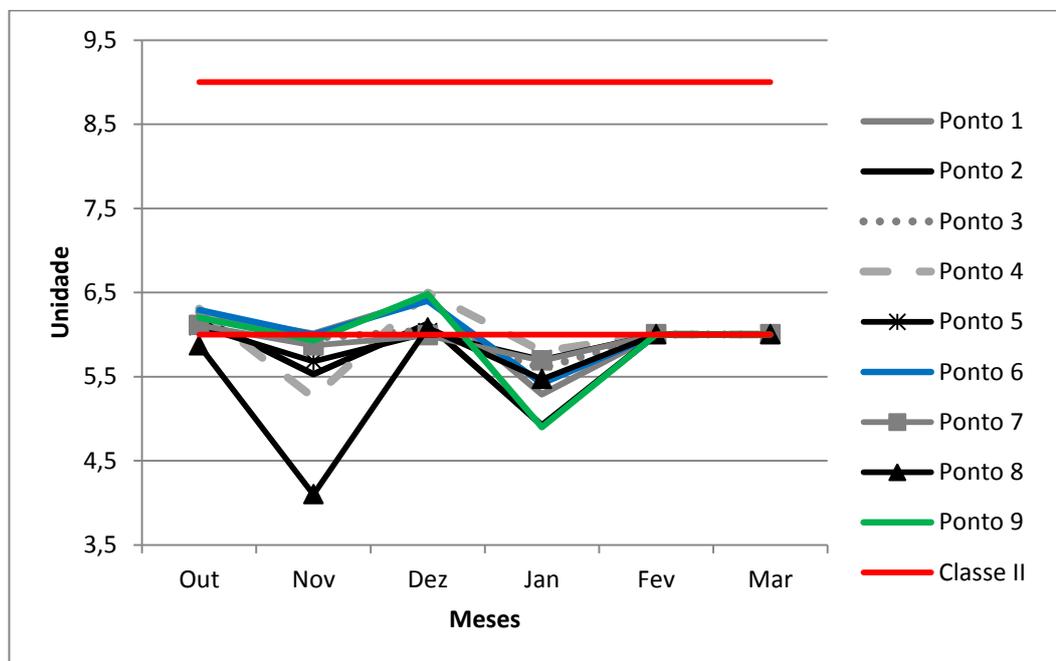


Figura 14. Variação do Potencial Hidrogeniônico durante o período de amostragem

Para o parâmetro pH em todas as classes de água doce a resolução CONAMA a faixa de variação é de 6 a 9 unidades de pH (BRASIL, 2005).

Através da figura 13 percebe-se que durante o período estudado apenas nos meses de dezembro de 2013, fevereiro e março de 2014 os pontos estudados estavam de acordo com a resolução. No mês de novembro o ponto 8 ficou muito abaixo do limite estabelecido. Através das médias, apresentadas na tabela 2, percebe-se que as médias deste parâmetro ficaram um pouco abaixo do limite de 6 unidades de pH.

Segundo Sperling (2007) a principal causa de alteração do pH da água, de origem antropogênica, são os despejos industriais. O pH é muito influenciado pela quantidade de matéria morta em decomposição, sendo que quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível, menor o pH, pois, para haver decomposição de materiais muito ácido é produzido (como o ácido húmico) (VERONEZ, 2011).

O ponto 8 é localizado dentro da cidade de Água Preta, dessa forma percebe-se que a cidade aumentou a deposição de matéria orgânica e sua decomposição tenha diminuído o valor de pH.

Durante os anos de 2003 a 2006 na Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca o pH variou de 3,4 a 8,7. Valores observados para algumas estações de monitoramento encontram-se abaixo do limite mínimo e podem estar associados à degradação da matéria orgânica proveniente do processo de produção da cana-de-açúcar, cujo efluente (vinhoto) atinge o curso d'água após ser utilizado no processo de fertirrigação (BARROS, 2008).

Na Bacia Hidrográfica do Rio Sirinhaém durante os anos de 2001 a 2010 a média do pH nas estações de monitoramento se mantiveram entre 6,2 e 6,6, no entanto em quase todas as estações foram observados valores abaixo do limite mínimo. Os valores abaixo do limite caracterizam maior acidez da água e podem estar associados à degradação da matéria orgânica proveniente do processo de produção da cana-de-açúcar, a partir do despejo de efluentes das usinas no curso d'água após o processo de fertirrigação (ARAÚJO et al., 2013).

No rio Paraíba do Sul no município de Taubaté, o nível pluviométrico não influenciou significativamente nos resultados obtidos de pH e a alteração foi provocada, provavelmente, por descarte de efluentes. Os resultados indicam que o rio possui a tendência de manter o pH estável apesar das variações de vazão e de concentração de matéria orgânica e sedimentos (SOUZA, 2010).

A figura 15 apresenta os principais solos da bacia hidrográfica do Rio Una.

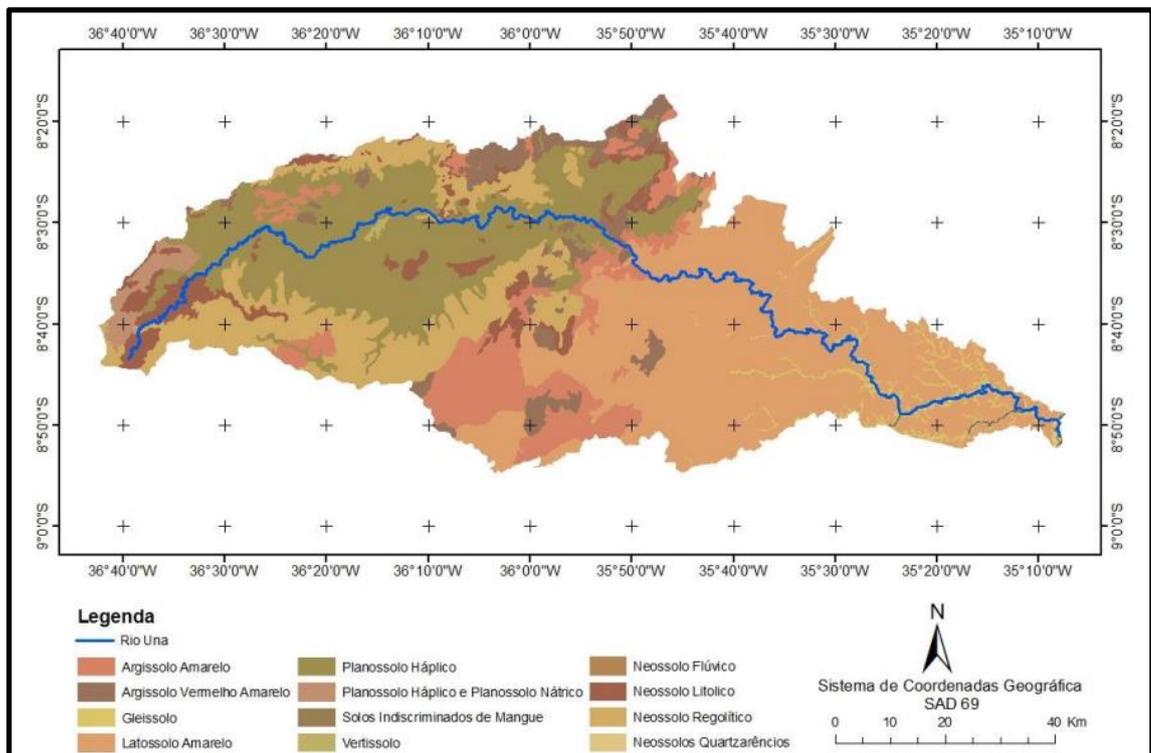


Figura 15. Principais tipos de solos existentes na Bacia Hidrográfica do Rio Una. Fonte: CEPAN/ 2013

Através da figura 15 percebe-se que o solo predominante dos pontos estudados é latossolo amarelo.

Quanto mais ácido for o solo da bacia, mais ácidas serão as águas deste corpo d'água. O pH das amostras de Latossolos Amarelo foram obtidos índices indicadores de acidez moderada, esse fato pode ser relacionado à própria condição natural dos solos, mas também pode haver influência da variação da época de plantio e do tipo de manejo adotado (CAMARGO et al., 1996; CABRAL et al., 2006).

Dessa forma podemos relacionar o tipo de solo nos pontos amostrados com o baixo valor de pH no período de amostragem. Como o solo é o mesmo nos pontos a variação dos valores de pH pode ser devido as diferentes formas de ocupação.

3.2.5. Turbidez e Cor

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido à presença

de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) detritos orgânicos e plâncton em geral (BRAGA et al., 2005; CETESB, 2010).

A água pura é virtualmente ausente de cor. A presença de substâncias dissolvidas ou em suspensão altera a cor da água, dependendo da quantidade e da natureza do material presente (RICHTTER & AZEVEDO NETTO, 2002).

As figuras 16 e 17 mostram os gráficos box-plot dos valores da turbidez e da cor nos pontos amostrados.

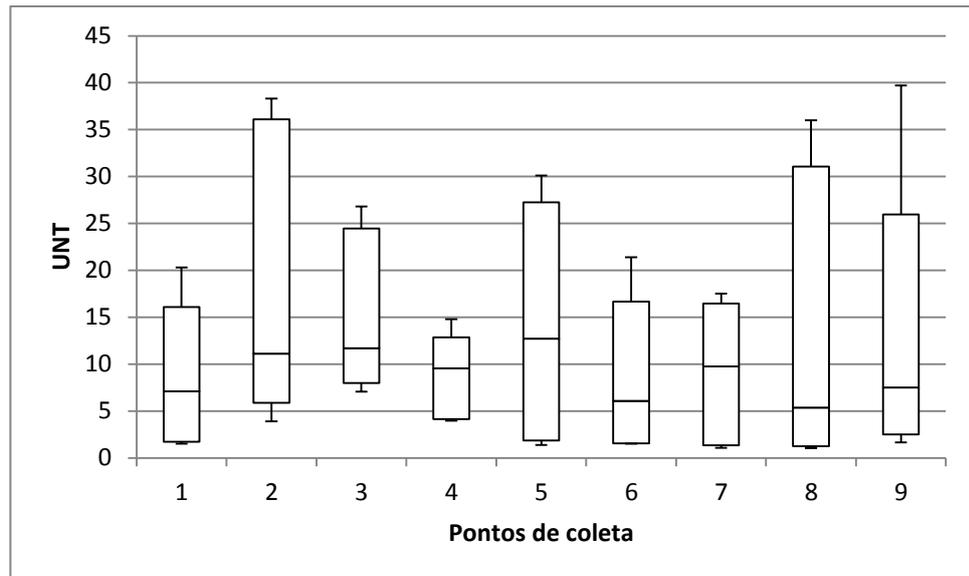


Figura 16. Variação da turbidez nos locais de amostragem

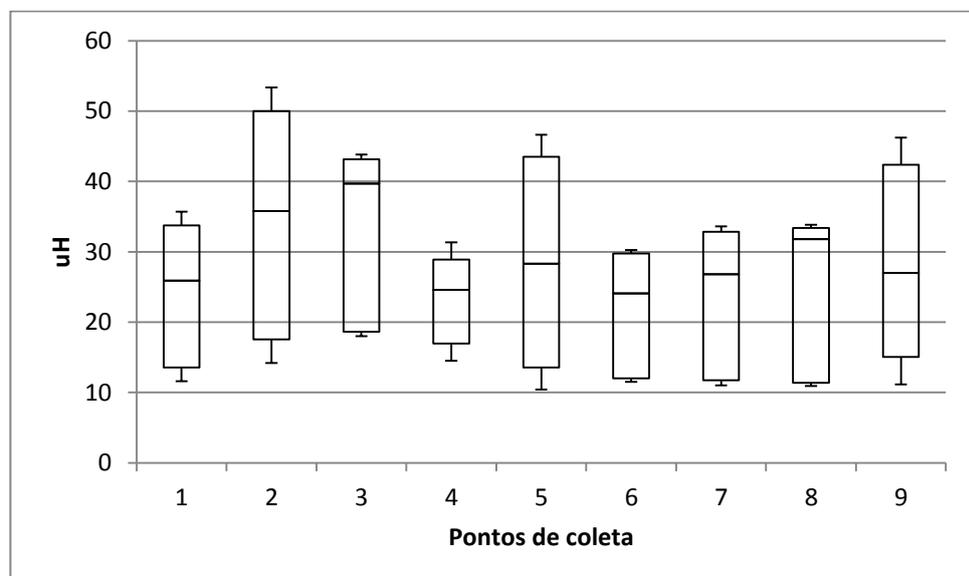


Figura 17. Variação da cor nos locais de amostragem

A partir da figura16 verifica-se que os pontos 2 e 8 apresentaram maior variação de turbidez durante o período do estudo, sendo o maior valor

encontrado no ponto 2. O ponto 4 foi o que apresentou a menor variação de turbidez. Para o parâmetro cor (figura 17), assim como a turbidez, o maior valor e a maior variação ocorreu no ponto 2. A menor variação deste parâmetro no período estudado ocorreu no ponto 4.

Os valores encontrados dos parâmetros turbidez e cor no período e nos pontos estudados são apresentados nas figuras 18 e 19.

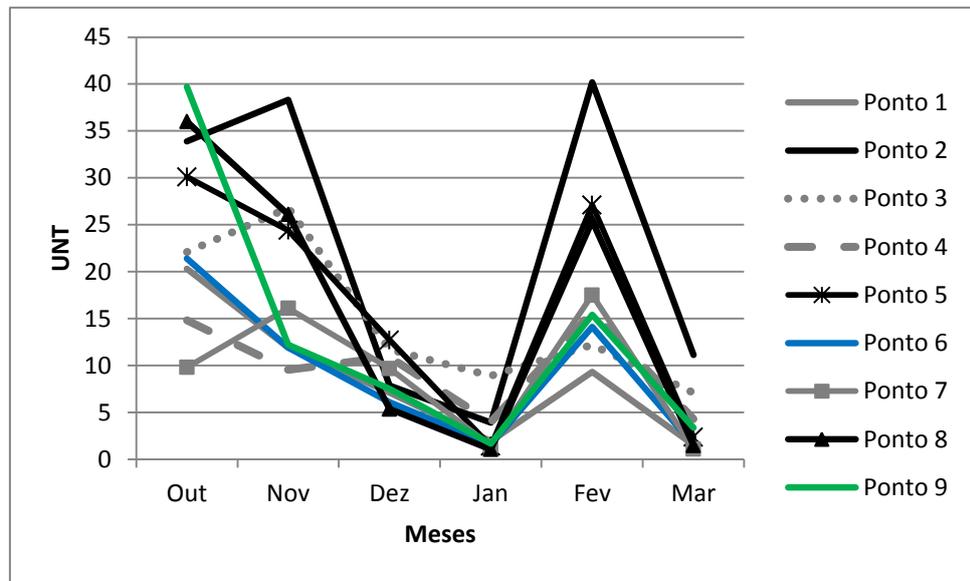


Figura 18. Variação da turbidez durante o período de amostragem

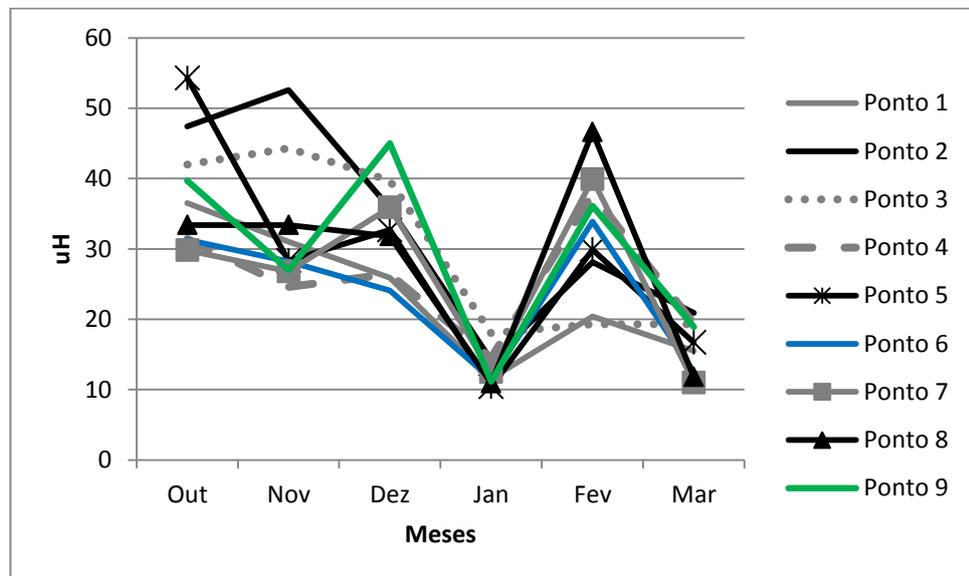


Figura 19. Variação da cor durante o período de amostragem

A Resolução CONAMA estabelece para o parâmetro turbidez os seguintes limites para água doce: classe I até 40 unidades nefelométrica de

turbidez (UNT); classe II e III até 100 UNT e classe IV o limite acima de 100 UNT (BRASIL, 2005).

Através da figura 16 percebe-se que todos os pontos estão dentro do limite para a classe II, ou seja, o limite preconizado pela Resolução CONAMA não foi ultrapassado em qualquer amostragem.

Para o parâmetro cor verdadeira o limite para as classes II e III é até 75 mgPt/L. Percebe-se que todos os pontos não ultrapassaram os limites referenciados pelos padrões de qualidade ambiental do Brasil.

Relacionando a variação da turbidez (figura 18) com a precipitação (figura 4) percebe-se que houve uma diminuição do valor deste parâmetro à medida que houve uma menor precipitação no mês de janeiro de 2014. Com a elevação da precipitação no mês de fevereiro de 2014 ocorreu a elevação da turbidez.

Para que o rio tenha uma boa oxigenação é necessário, dentre outros fatores químicos e biológicos, que a água apresente uma baixa turbidez, permitindo assim que as algas que se encontram em seu leito possam produzir oxigênio (JORDÃO & PESSOA, 2005).

O monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca realizado pela Agência Pernambucana de Meio Ambiente (CPRH) durante os anos de 2003 a 2006 verificou que a turbidez variou de 2 a 203 UNT. Os valores mais elevados foram observados para as estações localizadas a jusante de centros urbanos e indústrias (BARROS, 2008).

Para Silva et al. (2008) o uso e a ocupação do solo interferem na qualidade da água e a precipitação contribui para a oscilação nos valores de turbidez no período chuvoso.

Os dados referentes à turbidez demonstraram maiores valores no período chuvoso, tendo os valores de máximo sido registrados durante essa época. As chuvas influenciam diretamente nos valores de material em suspensão em um corpo hídrico, devido o aumento da carga de sedimentos, sendo a turbidez considerada uma medida indireta dos sólidos em suspensão (MUNIZ et al 2013; RICHTER, 2009).

Na bacia hidrográfica do Taquaral no Paraná predominam os solos classificados como latossolos que entre outras características são menos suscetíveis aos processos erosivos. Com o relevo suave ondulado essa classe de solo, com boa condição de permeabilidade, ocorre o maior controle

dos agentes erosivos, diminuindo a capacidade de transportar sedimentos a serem carregados ao curso d'água proporcionando menores valores de turbidez (LUÍZ et al., 2012).

A classe de solo predominante nos pontos amostrados, latossolo amarelo (figura 14), contribui para que uma quantidade menor de sedimentos sejam carregados para o Rio, fazendo com que os valores de turbidez estejam de acordo com o limite estabelecido.

Analisando os resultados mensais para o parâmetro cor (figura 19) percebe-se que os pontos 7 e 8 que estão localizados na cidade de Água Preta o aumento da cor acompanhou o aumento da precipitação (figura 4) no mês de fevereiro de 2014.

Assim como o parâmetro turbidez (figura 18), os menores valores da cor foram encontrados no mês de janeiro de 2014 onde houve uma menor precipitação nos locais estudados (Figura 4).

Através das figuras 18 e 19 pode-se relacionar a tendência da variação da cor com a variação da turbidez. O menor valor do parâmetro cor ocorreu no mês de janeiro de 2014, coincidindo com o menor valor de turbidez. No mês de fevereiro de 2014 houve o incremento no valor da cor e também no de turbidez.

Farias (2006) realizando o monitoramento da qualidade de água na Bacia Hidrográfica do Rio Cabelo – PB observou que nos meses de maior precipitação houve um aumento nos valores da cor.

Andrade et al. (2007) determinando os fatores que afetam a qualidade de água na Bacia do Alto Acaraú, no Estado de Ceará, perceberam que os parâmetros cor e turbidez apresentaram alta interrelação. Expressando, basicamente, o efeito do escoamento superficial com uma carga de sedimentos oriundos das áreas agrícolas e a contribuição de esgotos e resíduos sólidos dispostos, inadequadamente, próximos às margens dos cursos d'águas.

O parâmetro cor segue o mesmo padrão observado pela turbidez, com os picos de cor e turbidez ocorrendo nos mesmos meses, sendo uma evidência de que os sedimentos em suspensão interferiram também na coloração das águas, principalmente em microbacias agrícolas (ARCOVA et al., 1998).

3.2.6. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica na água (SOUZA et al., 2010).

As variações dos valores medidos da condutividade elétrica na Bacia hidrográfica do Rio Una podem ser visualizados através da figura 20.

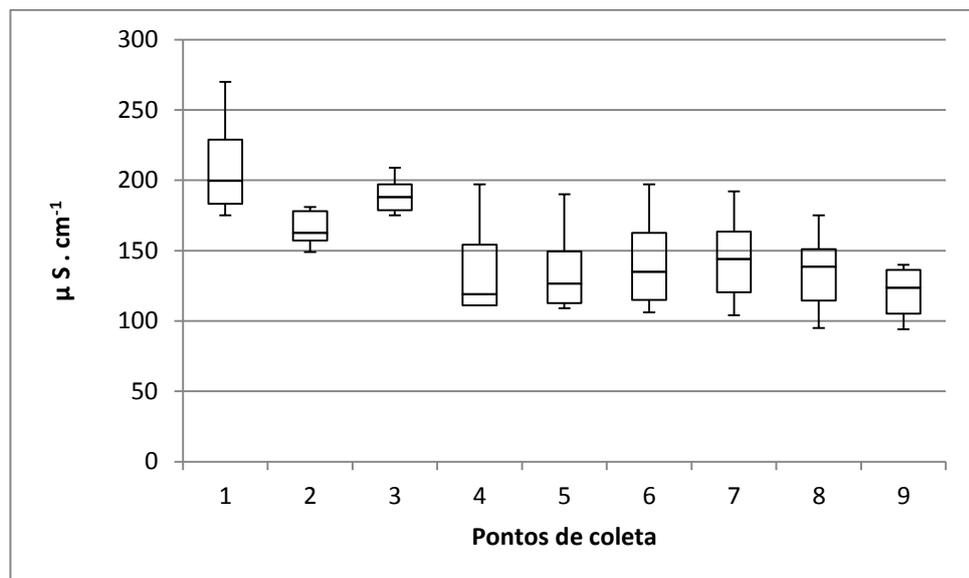


Figura 20. Variação da condutividade elétrica nos locais de amostragem

Através da figura 20 percebe-se que entre os pontos 4 a 9 houve pouca variação deste parâmetro. Os pontos 1, 2 e 3 em Água Preta são os que tiveram maior variação entre si. O ponto 1 apresentou maior valor e variação. O ponto que apresentou a menor variação foi o 3.

Os valores medidos para a condutividade elétrica dos nove pontos de monitoramento durante o período estudado estão mostrados na figura 21.

A Resolução CONAMA não apresentam limites para o parâmetro condutividade elétrica em corpos d'água (VERONEZ, 2011).

Para Brigante & Espíndola (2003), o valor limite para águas naturais de condutividade elétrica é de $100\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

De acordo Souza et al. (2012) para condutividade elétrica em água doce, o limite para a classe I é 50 até 75 μS ; classe II de 75 até 100 μS ; classe III de 100 até 150 μS e classe IV maior que 150 μS .

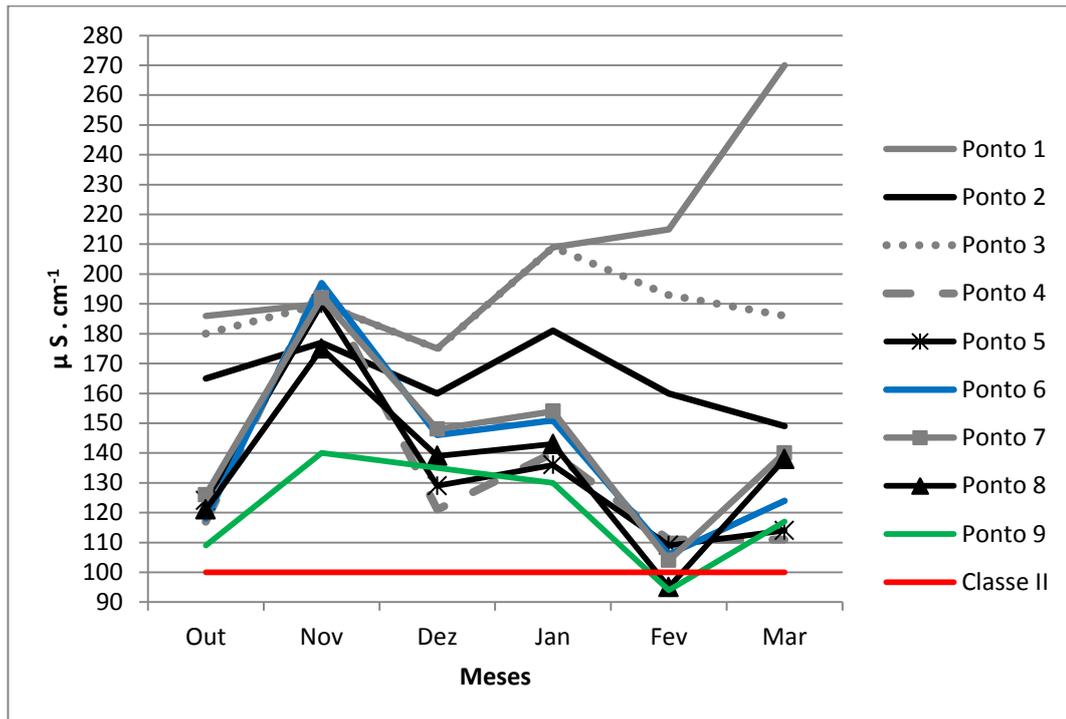


Figura 21. Variação da condutividade elétrica durante o período de amostragem

Segundo essas classificações verifica-se que em todos os pontos de coleta os valores de condutividade elétrica estão acima dos limites estabelecidos. Diante do exposto, pode-se dizer que as águas da Bacia Hidrográfica do rio Una refletem alta quantidade de íons em solução.

A condutividade da maioria das águas doces está entre 10 e 1.000 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Contudo, pode exceder 1.000 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, especialmente em águas poluídas ou naquelas que recebem grandes quantidades de escoamento superficial de solo (CHAPMAN e KIMSTACH, 1992).

Brito et al. (2005), encontrou aumento significativo na variável condutividade elétrica nas áreas sob influência da irrigação, ao estudar uma microbacia no estado da Bahia.

Apenas nos pontos 8 e 9, na Cidade de água Preta, no mês de fevereiro de 2014 a condutividade elétrica ficou abaixo do limite. Nota-se que neste mês estes pontos apresentaram, durante o período estudado, os maiores valores de precipitação (figura 4).

Os pontos 1, 2 e 3 apresentaram os maiores valores deste parâmetro e, de acordo a figura 4, percebe-se que na cidade de Catende ocorreram poucas diferenças nos valores de precipitação.

Os pontos 4, 5 e 6, na cidade de Palmares, seguiram a tendência de diminuição da condutividade elétrica com o aumento da precipitação.

Arcova e Cicco (1999), ao estudar a qualidade da água em microbacias na região de Cunha–SP, destacaram que não foi possível detectar qualquer influência do uso do solo sobre a condutividade elétrica da água em microbacias florestadas e agriculturáveis.

Farias (2006) realizando o monitoramento da qualidade de água na bacia hidrográfica do rio Cabelo, no Estado da Paraíba, percebeu que os valores de condutividade variaram entre 210 $\mu\text{s.cm}^{-1}$ e 80 $\mu\text{s.cm}^{-1}$.

Souza et al. (2010) avaliando a qualidade de água no Rio Paraíba do Sul, no Estado de São Paulo, observaram um aumento dos valores de condutividade elétrica no período de estiagem. Com a ocorrência de chuvas ocorreu o inverso, os valores começaram a diminuir gradativamente. O aumento deste parâmetro também está relacionado às modificações ocorridas pela atividade agrícola (arroz inundado) cujo preparo de plantio promove, muitas vezes, o carreamento de fertilizantes e matéria orgânica para dentro do rio. Figueiredo (2007) em um estudo no município de Paragominas – PA, relacionou o aumento da condutividade elétrica com o aumento de áreas de agricultura de grãos em bacias hidrográficas.

Para Esteves (1998) a condutividade elétrica, que depende da composição iônica dos corpos d'água, pode ser influenciada, também pelo volume de chuvas.

Geralmente considera-se que quanto mais poluída estiverem as águas, maior será a condutividade em função do aumento do conteúdo mineral. Na Bacia Hidrográfica do Rio Cabelo- PB os valores da condutividade elétrica foram menores no período de chuva devido a diluição da água provocada pelo aumento da vazão do rio (FARIAS, 2006).

3.2.7. Fósforo Total

O fósforo é um importante nutriente para os processos biológicos e geralmente é o nutriente que limita a produtividade primária de um corpo d'água. Presente em rios pode ter origem natural (rochas fosfatadas) ou antrópica da descarga de esgotos sanitários de efluentes industriais, do escoamento superficial de áreas agrícolas ou com criações animais e da drenagem urbana. Este elemento químico não apresenta problemas de ordem

sanitária para as águas de abastecimento. Quando encontrado em grandes concentrações em lagos e represas pode contribuir para o crescimento exagerado de algas (QUEVEDO e PAGANINI, 2001; VON SPERLING, 2005; APHA, 1998). A variação da concentração de fósforo total na Bacia hidrográfica do rio Una é apresentada na figura 22.

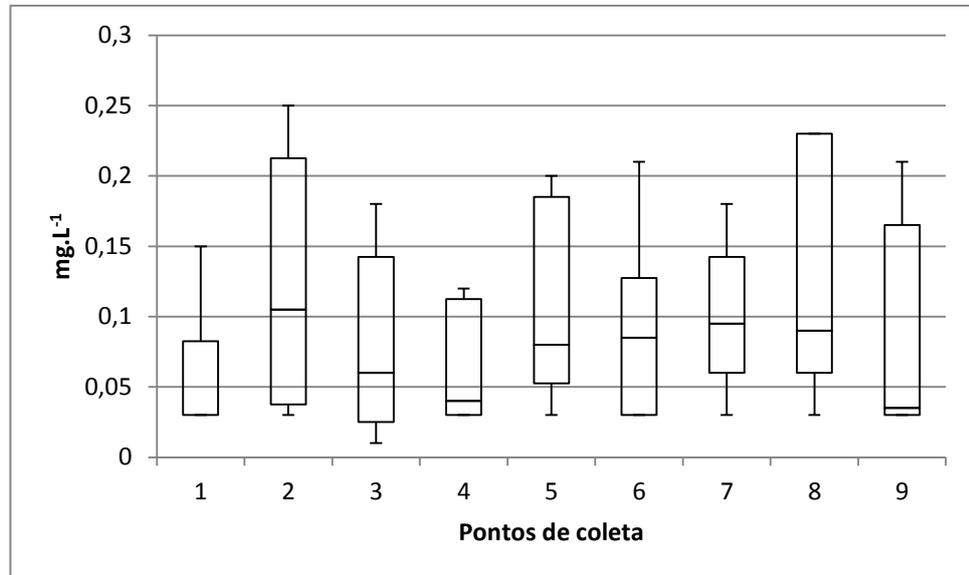


Figura 22. Variação da concentração de fósforo nos locais de amostragem

Através da figura 22 percebemos que os pontos 2 e 8 apresentam maiores variações na concentração de fósforo. O ponto 1 apresentou a menor variação na concentração de fósforo.

Os valores medidos para a fósforo total dos nove pontos de monitoramento durante o período estudado estão mostrados na figura 23.

Segundo a resolução 357 do CONAMA o limite da concentração de fósforo total para a classe I e II é 0,1 mg/L, para a classe III é 0,15 mg/L (BRASIL, 2005) para rios de água doce.

Analisando a figura 23 nota-se que todas as estações de coleta apresentaram valores superiores ao limite estabelecido pela resolução para águas de classe II em alguma época de amostragem. No trecho da Bacia Hidrográfica estudada percebe-se que ocorreram variações temporais e espaciais na concentração do elemento fósforo total.

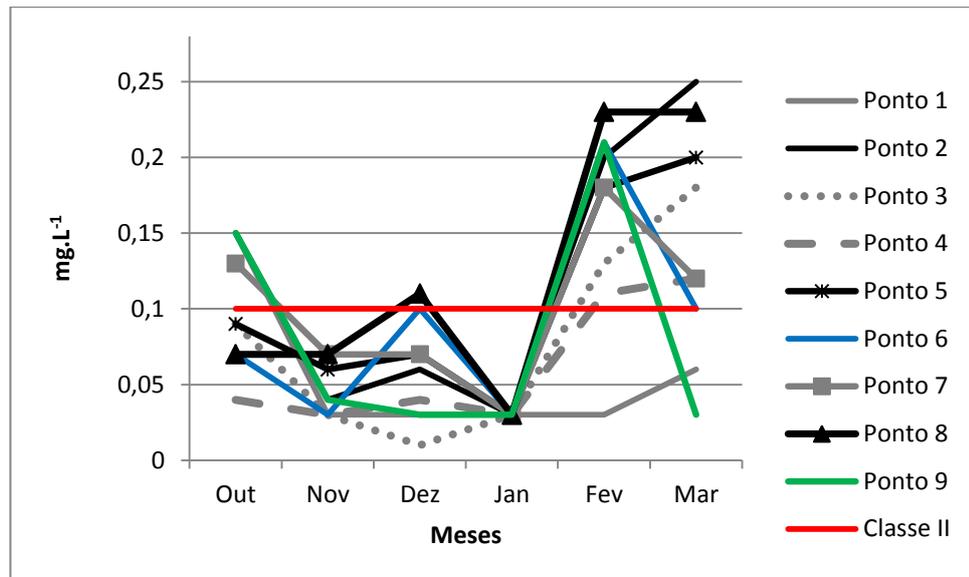


Figura 23. Variação da concentração de fósforo durante o período de amostragem

De acordo a Araújo et al. (2013) a ocorrência de elevadas concentrações de fósforo total evidenciam o grande aporte de nutrientes provenientes do despejo de esgotos de origem doméstica em toda bacia hidrográfica.

Barros (2008) analisando os dados do monitoramento da qualidade de água da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca entre os anos de 2003 a 2006 percebeu que as concentrações de fósforo total na bacia variaram de 0 a 6,8 mg/L.

Considerando a figura 4 percebe-se que o aumento da precipitação influenciou o aumento na concentração de fósforo na Bacia Hidrográfica do Rio Una.

Segundo a CETESB (2010), o fósforo aparece em águas naturais devido, principalmente, às descargas de esgotos sanitários (com o uso de detergentes superfosfatados, empregados em larga escala domesticamente), a alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, que apresentam fósforo em quantidades excessivas e às águas drenadas em áreas agrícolas, que provocam o aporte de fósforo na água.

Barros (2008) verificou que em duas estações de monitoramento do Rio Ipojuca houve um incremento na concentração de fósforo total com a ocorrência de eventos de precipitação, evidenciando o aporte de fósforo via escoamento superficial ou através da erosão (BARROS, 2008).

Araújo et al. (2013) avaliando a qualidade de água na Bacia Hidrográfica do Rio Sirinhaém, Estado de Pernambuco, no período de 2001 a 2010

encontraram que as concentrações de fósforo total ao longo do rio Sirinhaém variaram de 0,06 a 1,02 mg/l.

Ruíz et al. (2012) buscaram relacionar a concentração média anual de fósforo com a intensidade média anual de chuvas no Estado de São Paulo e não se obteve correlação. A intensidade de chuvas pode aumentar o aporte de carga difusa, mas também favorece a diluição dos compostos em razão da maior vazão dos corpos hídricos.

O fósforo é um importante nutriente para os processos biológicos e seu excesso pode causar a eutrofização das águas. A drenagem pluvial de áreas agrícolas e urbanas também é uma fonte significativa de fósforo para os corpos d'água (ANA, 2010).

É provável que a presença de fósforo total no período chuvoso seja proveniente do escoamento superficial ocasionado pela chuva, que arrasta determinados nutrientes presentes no solo (FRANCO & HERNANDEZ, 2012).

As concentrações de fósforo acima do limite estabelecido evidenciam a necessidade de se investir em ações que visem a redução do aporte de nutrientes no rio Ipojuca, especificamente no trecho intermitente que apresenta as concentrações mais elevadas (BARROS, 2008).

3.2.8. Potássio

O potássio é encontrado em baixas concentrações nas águas naturais, já que rochas que contenham potássio são relativamente resistentes às ações do tempo. Entretanto, sais de potássio são largamente usados na indústria e em fertilizantes para agricultura, entrando nas águas doces através das descargas industriais e lixiviação das terras agrícolas (CETESB, 2014).

A variação da concentração de potássio na Bacia hidrográfica do rio Una é apresentada na figura 24.

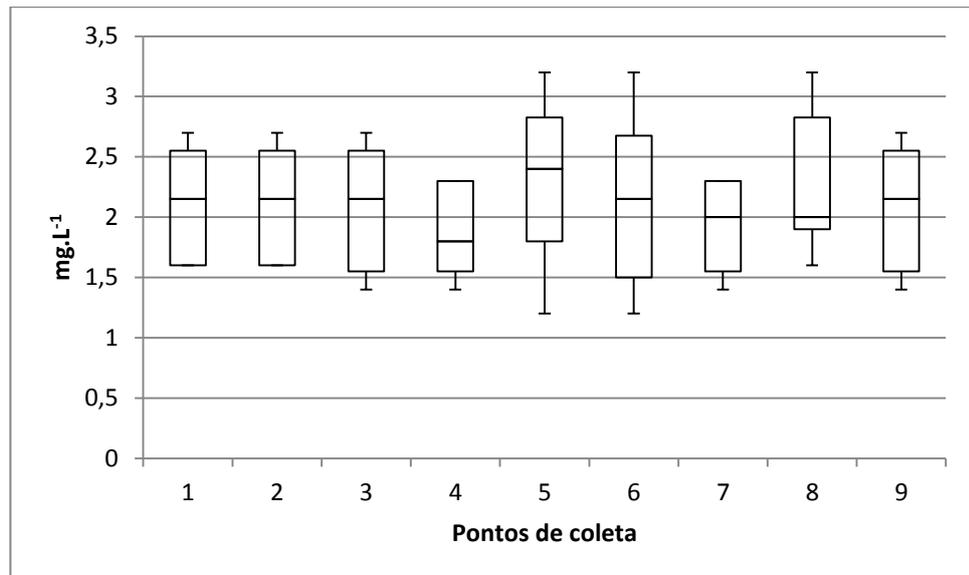


Figura 24. Variação da concentração de potássio nos locais de amostragem

A partir da figura 24 percebe-se que o parâmetro potássio teve pouca variação no período estudado. O local que teve maior variação foi em Palmares. O ponto que teve maior variação e maior valor no período estudado foi o 6 localizado na cidade de Palmares. Nos pontos em Água Preta, percebe-se que manteve-se a mesma variação e os mesmos valores.

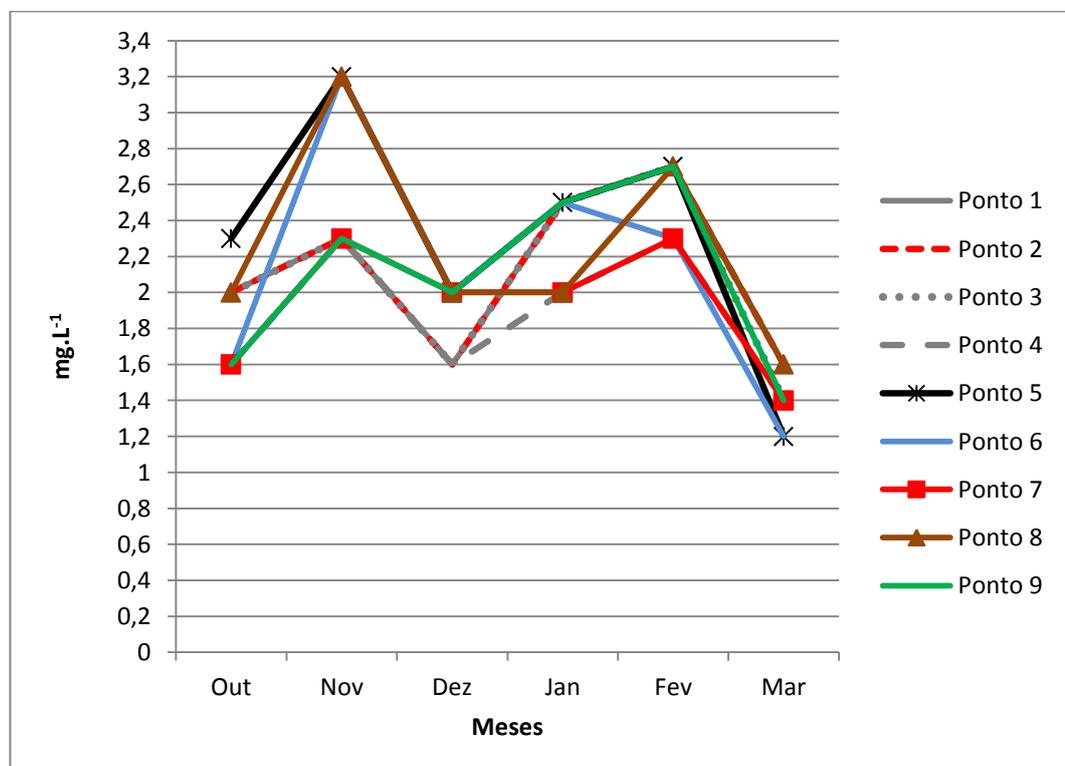


Figura 25. Variação da concentração de potássio durante o período de amostragem

A resolução 357 CONAMA não apresenta limites para a concentração de potássio em corpos d'água superficiais (BRASIL, 2005).

Através da figura 25 percebe-se que os valores da concentração de potássio variou entre $1,2 \text{ mg.l}^{-1}$ a $3,2 \text{ mg.l}^{-1}$. Os pontos que tiveram maior valor deste parâmetro foram os pontos 5, 6 e 8 no mês de novembro. No mês de março percebe-se que houve um decréscimo na concentração de potássio em todos os pontos de coleta.

Os pontos 4, 5 e 6 são localizados na cidade de Palmares-PE, o ponto 4 é localizado a montante da usina sucroalcooleira, já os pontos 5 e 6 são localizados a jusante desta usina.

De acordo a Sena & Simões Neto (2013), a época de colheita da cana-de-açúcar na região da Mata Sul ocorre normalmente no período de setembro a março do ano seguinte ao plantio.

Nota-se, na figura 25, que os pontos estudados que estavam a jusante da usina em Palmares (5 e 6) tiveram os maiores valores de concentração de potássio no mês de novembro indicando que esta atividade exerce influência no Rio Una com relação a este parâmetro.

Grande parte das indústrias localizadas na Zona da Mata pernambucana é do tipo sucroalcooleira, que tem como principal resíduo o vinhoto que é rico em matéria orgânica e minerais, com destaque para o potássio. Mesmo sendo utilizada para a fertirrigação, sua disposição sem controle no solo constitui risco para a poluição dos recursos hídricos (SOBRAL, 2005)

Apesar do potássio não ser um indicador da qualidade da água, pois não apresenta impactos na eutrofização ou biotoxidade dos corpos d'água e não há uma correlação significativa entre potássio e DBO, este nutriente representa um indicador da entrada de efluentes de usinas sucroalcooleiras. Podendo ser utilizado como um importante identificador da contaminação dos corpos d'água provocada pelo processo de fertirrigação com a utilização de vinhaça. A concentração de potássio nos rios, normalmente, varia de 1 a 2 mg.L^{-1} devido a sua baixa solubilidade e alta absorção no solo. Entretanto, elevadas concentrações indicam a lixiviação de fertilizantes aplicados em solos com pouco húmus (KOSMOL, 2004).

Barros (2008) analisando os dados do monitoramento da qualidade de água da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca entre os anos de 2003 a 2006 verificou que a concentração de potássio variou de 0 a $14,6 \text{ mg.L}^{-1}$. As

elevadas concentrações observadas no mês de outubro, início do período de moagem da cana-de-açúcar, evidenciando o lançamento de efluente de usinas sucroalcooleiras, que pode estar sendo distribuído diretamente no corpo d'água ou através da contaminação via água subterrânea.

Apesar das legislações ambientais não se referirem ao potássio como contaminante da água, isto é um indicativo de que a qualidade das águas pode ser alterada devido à aplicação contínua e em taxas não adequadas da água residuária do processamento da cana-de-açúcar, já que em um determinado momento pode ocorrer a saturação solo, diminuindo, assim, seu poder de retenção em situações de aplicação deste resíduo no solo (ROLIM et al., 2013).

O resultado da análise de potássio mostra que em algumas épocas do estudo houve o aumento da concentração em alguns pontos monitorados, indicando que provavelmente a fonte de lançamento deste elemento no corpo hídrico é a deposição de vinhaça especialmente na cidade de Palmares. Mesmo essa prática estando proibida desde 1978 pela Portaria do Ministério do Interior nº 323 (BRASIL, 1978).

3.2.9. Contaminação Fecal

As bactérias do grupo coliforme têm sido utilizadas na avaliação da qualidade microbiológica de amostras ambientais, e atendem vários dos requisitos de um bom indicador de contaminação fecal (ROMPRÉ et al 2002, TALLON et al. 2005).

A presença de *Escherichia Coli* na água é indicativo de contaminação recente, visto que esta bactéria faz parte da microbiota intestinal do homem e de animais de sangue quente e encontra dificuldades para se multiplicar fora das condições encontradas no intestino (ROMPRÉ et al., 2002).

A Agência Nacional de Águas (2010) destaca que as bactérias coliformes termotolerantes são indicadoras de poluição por esgotos domésticos e Alves (2011) enfatiza que sua presença indica risco da ocorrência de outros microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, desintéria bacilar e cólera.

As figuras 26 e 27 apresentam as variações de coliformes termotolerantes e Escherichia Coli nos pontos de amostragem.

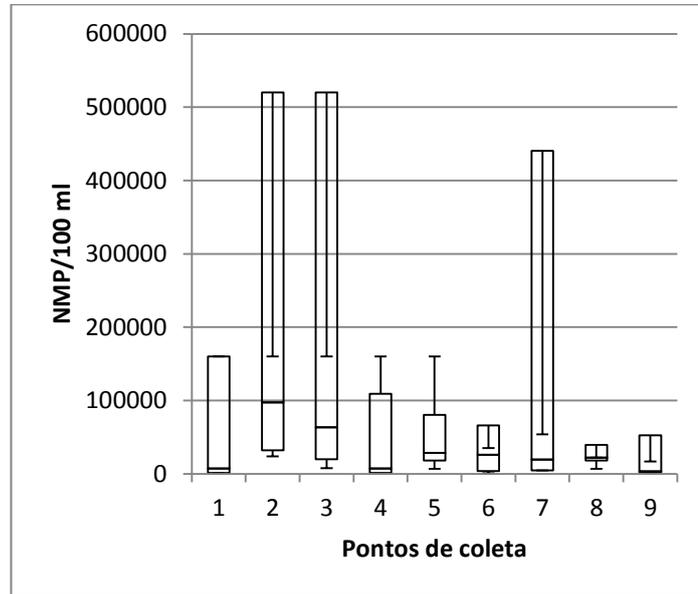


Figura 26. Variação dos valores do Número Mais Provável (NMP) de coliformes termotolerantes nos locais de amostragem

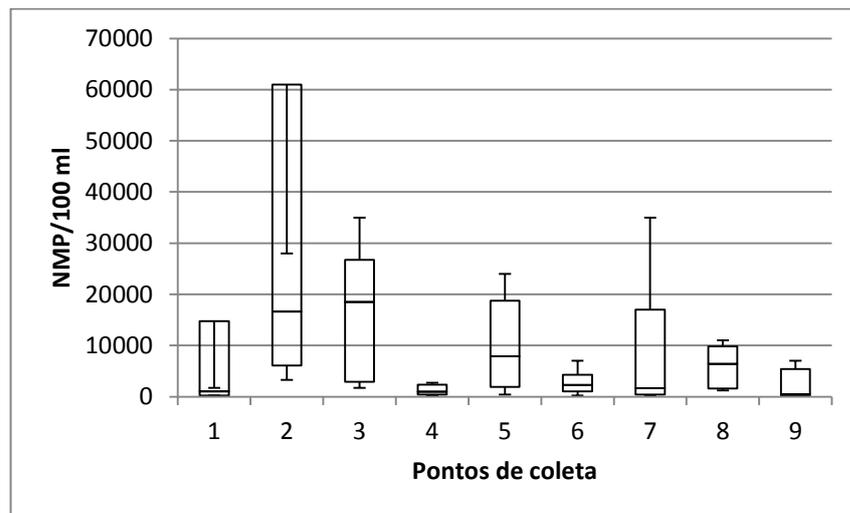


Figura 27. Variação dos valores de Escherichia coli nos locais de amostragem

A partir das figuras 26 e 27 percebe-se que os parâmetros Escherichia Coli e Coliformes termotolerantes seguiram a mesma tendência de variação, as maiores variações foram encontradas nos pontos 2, 3 e 7. Os pontos 2 e 3 localizados na cidade de Catende e o 7 na cidade de Água Preta.

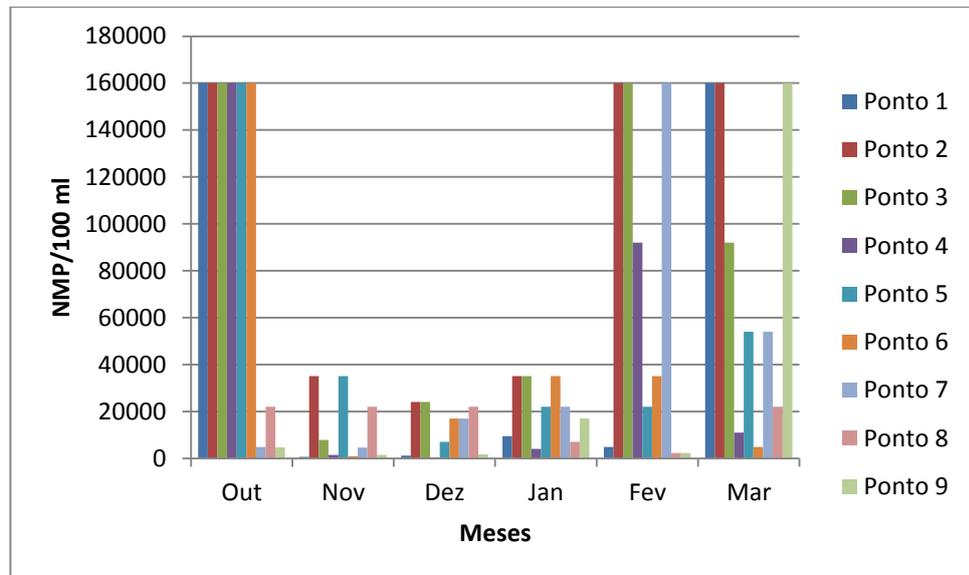


Figura 28. Variação dos valores de Coliformes totais durante o período de amostragem

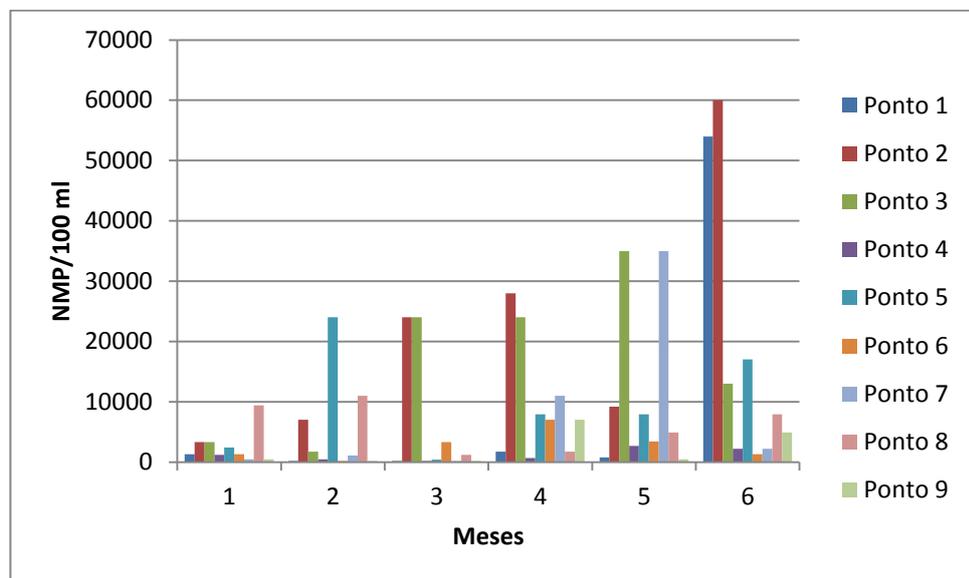


Figura 29. Variação dos valores de Escherichia coli durante o período de amostragem

Valor dos parâmetros bacteriológicos para a classe II não deverá ser excedido o limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 ml de amostra ou 800 Escherichia coli por 100 ml de amostra (BRASIL, 2005). A contaminação por Coliforme termotolerantes e Escherichia coli foi evidenciada em todos os pontos de coleta durante todo o período de estudo, apresentando desconformidade com a Resolução CONAMA 357/2005.

Barros (2008) analisando os dados do monitoramento da qualidade de água da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca entre os anos de 2003 a 2006 verificou que os valores de coliformes termotolerantes variaram de 13 a 160.000 NMP/100 mL. A maioria das estações apresentou 75% das

concentrações superiores ao limite estabelecido pela legislação ambiental para a Classe II (BARROS, 2008).

Para coliformes fecais percebe-se através da figura 28 que o mês que teve maior valor deste parâmetro foi outubro para a maioria dos pontos. Os meses de novembro, dezembro e janeiro foram que apresentaram os menores valores para a maioria dos pontos. O ponto 8 na cidade de Água Preta apresentou os menores valores durante o período de estudo.

Tabela 3. População das cidades

Cidade	População* (hab)
Água Preta	34.978
Catende	40.328
Palmares	61.731

* População estimada em 2013 Fonte: Censo Demográfico IBGE

Considerado a tabela 3 percebe-se que os valores encontrados dos parâmetros bacteriológicos não foram proporcionais ao número de habitantes de cada cidade.

As altas concentrações de coliformes fecais encontradas nas bacias hidrográficas urbanas e agrícolas já eram esperadas devido ao lançamento inadequado de resíduos e efluentes direto no corpo hídrico, além das atividades de pecuária desenvolvidas nas propriedades localizadas às margens do mesmo (VERONEZ, 2011).

Melo et al. (2012) realizando a análise quali-quantitativa no Rio Tapacurá no município de Vitória de Santo Antão, Estado de Pernambuco, percebeu que no mês inserido no período chuvoso, alguns resultados apresentaram concentrações mais baixas, mas mesmo assim, ainda fora dos limites permitidos.

Os valores elevados de coliforme total para o córrego Sarandi demanda atenção, pois este fato é justificado pelo histórico de ocupação urbana próxima ao córrego, o que contribuiu para o aumento do aporte de matéria orgânica para o leito do rio. A sazonalidade também é nítida nas análises de coliformes, pois foram detectadas maiores concentrações de coliformes termotolerantes (*E. coli*) nos meses de chuva do que nos meses de seca (MUNIZ et al., 2013).

4. Considerações Finais

A qualidade de água na Bacia Hidrográfica do rio Una encontra fora dos padrões de referência da resolução nº 357/2005 CONAMA para águas da classe II nos parâmetros: oxigênio dissolvido, pH, fósforo, Coliformes termotolerantes e Escherichia Coli. Mostrando que a ocupação do solo no trecho da Bacia Hidrográfica entre as cidades de Catende, Palmares e Água Preta influenciaram a qualidade de água nestes parâmetros.

Os parâmetros demanda bioquímica de oxigênio, turbidez e cor estavam de acordo com os padrões estabelecidos pela resolução CONAMA.

Através da análise do oxigênio dissolvido foi possível constatar que no trecho do Rio que passa pelas cidades de Palmares e Água Preta a condição da qualidade da água está em desacordo com os usos preponderantes pretendidos para um rio de água doce classe II. Evidenciando o lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais acima da capacidade de autodepuração do rio Una.

As concentrações de fósforo acima do limite evidenciam o lançamento de esgoto doméstico e fertilizante no curso d'água.

Com relação o parâmetro bacteriológico em todos os pontos de monitoramento os valores encontrados para coliformes termotolerantes e Escherichia Coli foram muito superior ao limite estabelecido e evidenciam a forte contaminação do curso d'água por esgotos domésticos

Através da inclusão do parâmetro potássio na determinação da qualidade de água pode-se perceber que a atividade da usina sucroalcooleira influenciou no aumento do valor deste parâmetro nos pontos localizados na cidade de Palmares. Evidenciando o lançamento de efluentes provenientes do processamento da cana-de-açúcar no rio.

A principal fonte de contaminação dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Una foi o esgoto doméstico.

Metas obrigatórias, de curto, médio e longos prazos, de melhoria da qualidade de água, devem ser estabelecidas para efetivação do respectivo enquadramento, assim como preconiza legislações vigentes.

5. Referências

AMARAL, A. J.; OLIVEIRA NETO, M. B. **Bacia do Rio Una**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000gt7eon7k02wx7ha087apz2499hthx.html Acesso em 27 de outubro de 2013.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Indicadores de Qualidade - Índice de Qualidade das Águas**. 2009. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx> Acesso em 10 de abril de 2014.

ANDRADE, E. M.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSAL, M. F.; GOMES, R. B. LOBATO, F. A. O. Fatores determinantes da qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Acaraú, Ceará, Brasil. **Ciência Rural, Santa Maria, v.37, n.6, p.1791-1797, nov-dez, 2007.**

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20ed., Washington D.C./USA, American Public Health Association, 1998.

APHA – American Public Health Association; AWWA – American Water Works Association & WEF - **Water Environment Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Eaton, A. D.; L. S. Clesceri; A. E. Greenberg (Ed.), 20th ed. Washington, D.C.: [s.n.], 2005.

ARAÚJO, A. F.; SILVA, S. R. ; TEIXEIRA, B. C. Avaliação da qualidade de água na bacia do rio Sirinhaém. **Anais...** Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 17 a 22 de novembro de 2013. Bento Gonçalves, 2013.

ARCOVA, F. C. S.; CESAR, S. F.; CICCIO, V. Qualidade da água em microbacias recobertas por floresta de Mata Atlântica, Cunha, São Paulo. **Revista do Instituto Florestal de São Paulo, São Paulo, v.10, n.2, p.185-96, 1999.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR9897**: planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - procedimento. Rio de Janeiro, 1987a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898**: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento. Rio de Janeiro, 1987b.

BARROS, A. M. de L. **Modelagem da Poluição Pontual e Difusa: Aplicação do modelo Moneris à bacia hidrográfica do rio Ipojuca, Pernambuco.** Dissertação de Mestrado (UFPE), 2008.

BITTENCOUT, S. & GOBBI, E. F. Carga máxima de fósforo admissível ao reservatório Piraquara II, uma aplicação do processo TDML. Viçosa: **Revista Brasileira da Ciência do Solo**,v.30, p.595-603, 2006.

BRANCO, S. M. (1986). **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária.** CETESB/ASCETESB, 3 ed. 616p.

BRASIL (2005). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Seção 1. Brasília, DF, 18 de março de 2005.

BRASIL, **A Questão da Água no Nordeste / Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Agência Nacional de Águas.** – Brasília, DF: CGEE,2012. p.; il, 24 cm. 436 p.ISBN 978-85-60755-45-5

BRASIL. **Portaria do Ministério do Interior nº 323**, de 29 de novembro de 1978. Proíbe o lançamento de vinhoto em coleções de água.

BRIGANTE,J.; ESPINDOLA, E.L.G. **Limnologia Fluvial.** Um estudo no rio Mogiguaçu. RIMA,2003.278p.

CABRAL, I.L.L. ; PRADO, R.J.; FONSECA, G.P.S. Aspectos físico-químicos de latossolos vermelho, amarelo e glei em área com e sem a cultura da soja. **Anais...** VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. Goiânia – 6 a 10 de setembro de 2006.

CAMARGO, A.F.M. et al. (1996) The influence of the physiography and human activities on the limnological characteristics of the lotic ecosystems of the south coast of São Paulo, Brazil. **Acta Limnol. Brasil**,8: 231-243.

CARVALHO, A. P. V;BRUMATTI, D. V.; DIAS, H. C. T. Importância do manejo da bacia hidrográfica e da determinação de processos hidrológicos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.2, n.2., p.148-156, **Dezembro, 2012**

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO –CETESB. **Águas Superficiais – Variáveis de qualidade das águas.** Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas#potassio> Acesso em 30 de abril de 2014.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Águas superficiais**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/124-programa-de-monitoramento> Acesso em fevereiro de 2014b.

CETESB. COMPANHIA DETECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Variáveis de Qualidade da água**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81uas-superficiais/109-Vri%C3%A1eis-de-Qalidade-das-%C3%81uas>. Acesso em: dez. 2013.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão ... [et al.]. -- São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 326 p.: il

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Anexo III da série relatórios – **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo: índices de qualidade das águas**. São Paulo, 2007. 23 p.

CEPAN – Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste. **Memorial Descritivo para Planejamento das Ações de Restauração Ecológica na Bacia Hidrográfica do Rio Una**. Recife, 2013.

CARONE, M.T.; SIMONIELLO, T.; MANFREDA, S.; e CARICATO, G. Watershed influence on fluvial ecosystems: an integrated methodology for river water quality management . In: **Environmental Monitoring and Assessment**. 2009, v. 152; n. 1-4, p. 327-342

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 3.ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2011.

FARIAS, M. S. S. (2006). **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Cabelo**. Tese de Doutorado – Centro de Tecnologia em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba – Pb.

FONSECA, S. C.; BACICURINSKI, I; SILVA, E. F. F Avaliação da qualidade da água do rio Paraíba do Sul no município de Taubaté – SP. **Revista biociências, Unitaú. Volume 16, número 1, 2010**.

FIGUEIRÊDO, A. C. **Avaliação e Diagnóstico da qualidade de água do Açude Apipucos, Recife-PE**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife – Pe. 2008. 104 p.

FRANCO, R. A. M. & HERNANDEZ, F. B. T. Qualidade de água na microbacia do Coqueiro, noroeste do Estado de São Paulo. **Water Resources and Irrigation Management**, v.1, n.1, p.61-69, 2012.

HADDAD, E. A. **Influência antrópica na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio São Miguel, do Alto São Francisco, Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - UFMG, Belo Horizonte, MG, 2007.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4 ed. Belo Horizonte: Segrac, 2005. 906p. Vol. 1.

GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D.; ELESBON, A. A. A.; RIBEIRO, C. B. M.; MATOS, A. T.; SOARES, J. H. P. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.558–563, 2012.

GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D. S.; OLIVEIRA, I. C.; RIBEIRO, C. B. M.; ELESBON, A. A. A. Estudo da capacidade de autodepuração do rio pomba utilizando o modelo QUAL2KW *In*: XVIII Simpósio Brasileiro de recursos Hídricos, 2009, Campo Grande. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2009. v. 1. p. 1-20.

KOSMOL, J. **Evaluation of water contamination caused by the agricultural utilization of sugar cane production sewage**. Diplomarbeitim Studiengang TechnischerUmweltschutz. Technische Universität Berlin, Alemanha. O Autor, 2004. 115 f.

LIMA, A. C. G.; MOTTA, M. ; SILVA, V. L.; SILVA, M. C. L.; FERREIRA, J. M. Monitoramento da qualidade e avaliação da contaminação por mercúrio na água e sedimentos do rio Botafogo, PE, Brasil. **Ambi-Agua, Taubaté**, v.4, n. 2, p. 156-171, 2009. (doi: 10.4136/ambi-agua.95).

LIRA, J. B. M. L. **Avaliação preliminar das concentrações de metais pesados nos sedimentos da Lagoa do Araçá, Recife – Pernambuco**, Brasil. 2008. 79 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Recife.

LIMA, V. L. A & CHAVES, L. H. G. **Qualidade de água: leis**, qualidade e recomendações. Campina Grande. Gráfica Agenda, 2008. 120 p.

LUÍZ, A. M. E.; PINTO, M. L. C.; SCHEFFER, E. W. DE O. Parâmetros de cor e turbidez como indicadores de impactos resultantes do uso do solo, na bacia hidrográfica do rio Taquaral, São Mateus do Sul-PR. **Revista RAEGA – Espaço Geográfico em Análise**. 2012. p. 290-310. Curitiba,

MARQUES, M. N.; COTRIM, M. B.; PIRES, M. A. F.; BELTRAME FILHO, O. Avaliação do impacto da agricultura em áreas de proteção ambiental pertencentes à Bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, São Paulo. **Química Nova**,v.30, p.1171-1178, 2007.

MELO, A. G. & GOLDFARB, M. C. Contribuição para modelagem de perfil longitudinal Bacia do Rio Una (PE). **Anais...** Congresso de Matemática aplicada e computacional. CMAC Nordeste, Natal – RN. 2012.

MELO, S. C. DE; MELO, C. R. DE; GUEDES, P. A. Análise qualitativa no rio tapacurá no município de Vitória de Santo Antão (PE). **Anais...** XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. 27 a 30 de novembro de 2012. João Pessoa – Paraíba.

MOURA,L. H. A.; BOAVENTURA, G. R.; PINELLI, M. P. A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: bacia do Gama - Distrito Federal. **Química Nova**,v.33, p.97-103, 2010.

MUNIZ, D. H. DE F.; SIMPLÍCIO, N. DE C. S.; ROCHA, F. R. M.; OLIVEIRA FILHO, E. C.; LIMA, J. E. F. W. Caracterização da qualidade da água superficial de três corpos hídricos rurais do Distrito Federal. **Anais...** Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves, 17 a 22 de novembro de 2013.

PEREIRA, R. S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. IPH –UFRGS. v. 1, n. 1. P. 20-36. 2004.**

PERNAMBUCO – Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). **Sistema de Geoinformação Hidrometeorológico de Pernambuco.** Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/sighpe/> Acesso em 15 de abril de 2014.

PERNAMBUCO. Secretaria de Planejamento. Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco. **Bacia hidrográfica do Rio Una**, GL4 e GL 5. Recife, 2006. 85 p. (Série Bacias Hidrográficas de Pernambuco nº 3).

PERNAMBUCO-COMPANHIA PERNAMBUCANA DO MEIO AMBIENTE (CPRH). **Diagnóstico Socioambiental do Litoral Sul de Pernambuco.** Recife-PE, 1999. 87p. Disponível em: http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/2diagnostico_ambiental.pdf

PERNAMBUCO – SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE PERNAMBUCO. Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do Rio Ipojuca: Tomo I - Diagnóstico Hidroambiental – Volume 01/03 / Projetos Técnicos.

Recife, 2010. 339p.:il. Disponível em:
<http://www.sirh.srh.pe.gov.br/hidroambiental/files/ipojuca/TOMO%20I%20-%20VOL.%20I%20-%20Diagnostico-%2010.09.11.pdf>

PIRES, MAF, COTRIM, MEB, MARQUES, MN, BOHERE-MOREL, MBC E MARTINS EAJ. Qualidade da água para consumo humano: uma oportunidade de avaliação da concepção e aplicabilidade da nova legislação. **Revista Brasileira de Pesquisa e Desenvolvimento**, 3 (2): 127-138. 2001

PIRES, M. A. F.; MARQUES, M. N.; COTRIM, M. E. B.; **Anais...** II Congresso Brasileiro de Pesquisas Ambientais e Saúde, Santos, Brasil, 2002, em CDROM.

QUEVEDO, C. M. G.; PAGANINI, W. S. Impactos das atividades humanas sobre a dinâmica do fósforo no meio ambiente e seus reflexos na saúde pública. Rio de Janeiro: **Ciência e saúde coletiva**, v.16, p.3539-3539, 2011.

RICHTER, C. A. & AZEVEDO NETTO J. M. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blucher, 2002. 332p.

RICHTER, C.A. (2009). **Água: Métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo, SP: Blucher, 340p.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução à Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

ROMPRÉ, A.; SERVAIS, P.; JULIA BAUDART, J.; MARIE-RENÉE DE-ROUBIN, M.R. DE; LAURENT, P. Detection and enumeration of coliforms in drinking water: current methods and emerging approaches. **Journal of Microbiological Methods**, v.49, p.31-54, 2002.

RUIZ, B. D.; MIDAGLIA, C. L. V; LAMPARELLI, C. C.; BEVILACQUA, J. E.; MENEGON JÚNIOR, N. O monitoramento da qualidade das águas no estado de São Paulo: perspectivas para redução do fósforo. **Anais...** XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DO NORDESTE. João Pessoa, 27 a 30 de novembro de 2012.

SANTOS, P. C. P. **Avaliação de parâmetros hidrobiológicos e ambientais do Rio Itapessoca, Goiana – PE**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Tecnologia de Pernambuco, 127 p. 2013.

SENA, R. C.; SIMÕES NETO, D. E. **Cana-de-açúcar**. Agência EMBRAPA de Informação Tecnológica – AGEITEC. Acesso em março de 2014. Disponível em:

http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000fbz80bbi02wx5eo0sawqe3geivpi9.html

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus, **Acta Amazônica**, v.38, p.733-742, 2008.

SOBRAL, M. C. ; GUNKEL, G.; ROHN, H.; AURELIANO, J. Avaliação do Monitoramento da qualidade da Água de Rios Intermitentes: o caso do Rio Ipojuca, Pernambuco. In: **Anais...** XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005, João Pessoa. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005.

SOUZA, C. F.; BACICURINSKI, I.; SILVA, E. F. de F. Avaliação da qualidade da água do rio Paraíba Sul no município de Taubaté –SP. **Revista Biociências, Unitaui. V.16, n 1, 2010.**

SOUZA, R. B., SOUZA, J.B., GOLDFARB, M. C., Determinação e análise do perfil longitudinal do rio Una– PE. in **Anais...** XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió, Pág 11, 12. 2011.

SOUZA, D. F. DE; PINTO, A. L.; MENDES, A. M. S. ; OLIVEIRA, G. H. Classificação CONAMA das limitações de uso da água superficial da Lagoa Maior, Três Lagoas-MS. **Revista Geonorte, Edição Especial, V.3, N.4, p. 771-780, 2012.**

TALLON P., MAGAJNA B., LOFRANCO C., LEUNG K. T. 2005 Microbial indicators of faecal contamination in water: a current perspective. **Water, Air and Soil Pollution 166: 139-66.**

VERONEZ, B. P. **Análise da influência da precipitação pluviométrica e do uso do solo sobre a qualidade da água em microbacias hidrográficas no nordeste Paraense, Amazônia Oriental.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo .Vitória, 2011

VIDAL; T. F.& CAPELO NETO, J. Impacto da estratificação térmica na qualidade da água de reservatório do Semiárido. **Anais...** Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos- Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013. Bento Gonçalves- rio grande do Sul.

VON SPERLING, M. **Princípio do tratamento biológico de águas residuárias.** Vol. 1 3.ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 452p.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

VONSPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. DESA/UFMG, ed. 3, v. 1., Belo Horizonte – MG. 452 p. 2005.

ZUIN, V. G., LORIATTI, M. C. S. E MATHEUS, C. E. Emprego de parâmetros físicos e químicos para a avaliação da qualidade de águas naturais: uma proposta para educação química e ambiental na perspectiva CTSA. **Química Nova na Escola. Vol. 31 nº 1, fevereiro 2009.**