



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
FACULDADE DE QUÍMICA
BACHARELADO EM QUÍMICA INDUSTRIAL

MAURO FARIAS PINHO

DIAGNÓSTICO TEMPORAL E ESPACIAL DAS ANÁLISES FÍSICO-
QUÍMICAS NO RIO PARÁ - BARCARENA - PA

BELÉM
2017

MAURO FARIAS PINHO

DIAGNÓSTICO TEMPORAL E ESPACIAL DAS ANÁLISES FÍSICO-
QUÍMICAS NO RIO PARÁ - BARCARENA - PA

Orientador: Prof. Dr. Denilson Luz da Silva.

BELÉM
2017

MAURO FARIAS PINHO

DIAGNÓSTICO TEMPORAL E ESPACIAL DAS ANÁLISES FÍSICO-
QUÍMICAS NO RIO PARÁ - BARCARENA - PA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do grau superior de Bacharelado
em Química Industrial na Universidade
Federal do Pará.

Data da Avaliação: ____/____/____

Conceito: _____

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Denilson Luz da Silva
FEQ/ITEC/UFGA – Orientador.

Prof. M.Sc. Afonso Silva Mendes
FAQUI/ICEN/UFGA – Membro.

Profª Dra. Vanessa Albres Botelho Amorim Furtado
FEA/ITEC/UFGA – Membro.

Dedico esta monografia aos meus pais, Francisco Pinho e Rosana Farias, aos meus avós, irmã, madrinha, namorada e aos poucos e grandes amigos pelo apoio, incentivo, compreensão, paciência e atenção durante o longo período de minha formação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, por estar sempre presente em minha vida, guiando-me no caminho correto e protegendo-me.

Ao meu pai e minha mãe, Francisco e Rosana por terem depositado sua confiança e seu amor em mim.

Aos meus avós, Antônio e Francisca que mesmo não estando presentes nesse momento, tenho certeza que sempre estiveram caminhando ao meu lado durante todo esse tempo.

Aos meus avós, José (Zé) e Carmerinda pelo apoio incondicional, moral e ético.

A minha irmã, Brenda que a amo grandiosamente.

Aos meus tios e tias, Basileu, João, Rubens, Conceição, Rosângela que sempre me apoiaram com palavras positivas e de perseverança.

A minha madrinha, Ana Lúcia que também a considero como mãe, pode acompanhar-me desde criança, orientando-me nos estudos e na vida.

Aos meus primos, Ana Clédina e Cleiton que são as pessoas onde posso espelhar-me para almejar um futuro promissor.

Aos meus primos, Aila, Elton, Edresse, Elielson, Priscila, Gabriel, Maria Bárbara, Giulia, Ana Laura, David e Ana Carolina, pelas horas de risadas e diversão durante esse período turbulento que é a faculdade.

A minha namorada, Bárbara Villela pelas inúmeras horas compartilhadas a risos, diversão, apoio, incentivo, paciência, e que sempre esteve ao meu lado nos momentos em que mais estive em dúvidas sobre minha formação e afins.

A todos os meus colegas de curso pelas horas de estudo, apoio e descontração.

Ao meu orientador, professor Dr. Denílson Luz da Silva, por ter dedicado parte de seu tempo para orientar-me durante a realização desse trabalho.

A todos os outros professores que estiveram envolvidos no meu processo de graduação, em particular a Prof^a. Dra. Vanessa Albres, que é também uma amiga muito querida.

A Universo Amazônia Ltda., onde estagiei desde minha formação técnica e pude realizar as análises deste estudo e onde aprendi muito sobre análises químicas e ambientais.

A Fabiana Nascimento que me ajudou muito não só com os estudos, mas também pessoalmente, uma amiga que sei que poderei contar a qualquer momento e é recíproco.

Aos meus amigos e também colegas, por terem me proporcionado momentos de descontração, diversão e aprendizado, que nunca esquecerei.

*“Jamais se desespere em meio às sombrias
aflições de sua vida, pois das nuvens mais
negras cai água límpida e fecunda.”*

Provérbio Chinês.

RESUMO

O presente estudo foi realizado no rio Pará, município de Barcarena – PA e teve como foco principal analisar dados físico-químicos da qualidade das águas superficiais nos anos de 2012 a 2016, relacionando também o comportamento hidrometeorológico, ou seja, uma análise da tendência temporal e espacial da qualidade das águas superficiais do referido rio. Levando-se em consideração a variabilidade da precipitação sazonal anual, o diagnóstico sobre a climatologia das precipitações no Estado do Pará foram essenciais para os resultados. O município é caracterizado pela presença de grandes indústrias do ramo de mineração, pigmentos e celulose e possui um porto para o escoamento da produção, localizado em Vila do Conde. A caracterização físico-química tem uma grande importância no momento de identificar e quantificar elementos e espécies iônicas presentes no corpo hídrico. Testes paramétricos foram utilizados para avaliar 18 variáveis físicas e químicas em 3 pontos de monitoramento, efetuando-se 10 campanhas de coletas e algumas das análises *in loco*, para que não perdessem muito das suas características. Os resultados foram comparados aos padrões brasileiros de qualidade de águas doces (Classe 2), conforme a Resolução nº 357 de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Em algumas amostras os resultados das avaliações indicaram que os parâmetros pH, cor, DBO e ferro apresentaram-se fora dos valores permitidos do CONAMA 357, em significância a estes que variaram de acordo com o período sazonal da região e/ou através da influência de despejos de esgotos urbanos situado próximo ao ponto 2. A maior degradação é decorrente da poluição por esgotos domésticos, concluindo-se que combinada à variabilidade climática da região, potencializa significativamente a alteração dos parâmetros das águas do rio Pará. A vulnerabilidade hídrica gerada por esta combinação, afeta principalmente as populações do distrito de Murucupi e Vila do Conde que fazem uso da água do rio, e conseqüentemente, aumentam os riscos à saúde pública, especialmente em locais próximo dos igarapés com despejos sanitários.

Palavras-chave: Monitoramento, águas superficiais; período chuvoso e de estiagem, rio Pará.

ABSTRACT

The present study was accomplished in the river Pará, municipal district of Barcarena and had as main focus to analyze physiochemical data of the quality of the superficial waters in the years from 2012 to 2016, also relating the behavior hydrometeorological, in other words, an analysis of the temporary and space tendency of the quality of the superficial waters of the referred river. Taking into consideration account the variability of the annual seasonal precipitation, the diagnosis on the climatology of the precipitations in the State of Pará went essential for the results. The municipal district is characterized by the presence of great industries of the mining branch, pigments and cellulose and it possesses a port for the drainage of the production, located in Town of Conde. The physiochemical characterization has a great importance in the moment of to identify and to quantify elements and present ionic species in the body hydric. Parametric tests were used to evaluate 18 physical variables and chemistries in 3 monitoring points, occurring 10 campaigns of collections and some of the analyses in loco, so that they didn't lose a lot of their characteristics. The results were compared to the Brazilian patterns of quality of fresh water (Class 2), according to the Resolution n° 357 of 2005 of National Council of the Environment. In some samples, the results of the evaluations indicated that the parameters pH, color, BOD and iron came had been of the allowed values of CONAMA 357, in significance to these that varied in agreement with the seasonal period of the area and/or through the influence of spillings of urban sewers placed close to the point 2. The largest degradation is due to the pollution for domestic sewers, being ended that combined to the climatic variability of the area, it potentiates the alteration of the parameters of the waters of the river significantly Pará. The vulnerability hydric generated by this combination, it affects the populations of the district of Murucupi and Town of Conde that make use of the water of the river mainly, and consequently, they increase the risks to the public health, especially in places close of the igarapés with sanitary spillings.

Keywords: Monitoring, surface water, rainy period and of drought, River Pará.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Distribuição dos recursos hídricos, da superfície e da população (em % no Brasil).	16
Figura 2	Ciclo hidrológico.	17
Figura 3	Pluviômetro “Ville de Paris”.	19
Figura 4	Medição de altura do rio (régua de madeira).	19
Figura 5	Classes de enquadramento e respectivos usos e qualidade da água.	22
Figura 6	Classes de enquadramento das águas doces e usos respectivos.	22
Figura 7	Localização do município de Barcarena.	35
Figura 8	Localização dos pontos de coleta.	38
Quadro 1	Localização dos pontos de monitoramentos.	39
Quadro 2	Campanhas de coletas amostrais.	39
Gráfico 1	Precipitação pluviométrica no ano de 2012.	41
Gráfico 2	Precipitação pluviométrica no ano de 2013.	41
Gráfico 3	Precipitação pluviométrica no ano de 2014.	42
Gráfico 4	Precipitação pluviométrica no ano de 2015.	42
Gráfico 5	Precipitação pluviométrica no ano de 2016.	42
Gráfico 6	Variação do parâmetro cor por anos e pontos de coletas.	53
Gráfico 7	Variação do parâmetro pH por anos e pontos de coletas.	54
Gráfico 8	Variação do parâmetro DBO por anos e pontos de coletas.	55
Gráfico 9	Variação do parâmetro Ferro por anos e pontos de coletas.	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Área das unidades de paisagem.	36
Tabela 2	Parâmetros e seus respectivos métodos de análises.	40
Tabela 3	Precipitação acumulada entre os anos de 2012 a 2016	43
Tabela 4	Resultados do período chuvoso, no dia 03/03/2012. 1ª Campanha.	43
Tabela 5	Resultados do período não chuvoso, no dia 06/10/2012. 2ª Campanha.	44
Tabela 6	Resultados do período chuvoso, no dia 09/02/2013. 3ª Campanha.	45
Tabela 7	Resultados do período não chuvoso, no dia 07/10/2013. 4ª Campanha.	45
Tabela 8	Resultados do período chuvoso, no dia 25/02/2014. 5ª Campanha.	46
Tabela 9	Resultados do período não chuvoso, no dia 01/11/2014. 6ª Campanha.	47
Tabela 10	Resultados do período chuvoso, no dia 27/04/2015. 7ª Campanha.	48
Tabela 11	Resultados do período não chuvoso, no dia 29/10/2015. 8ª Campanha.	49
Tabela 12	Resultados do período chuvoso, no dia 29/02/2016. 9ª Campanha.	50
Tabela 13	Resultados do período não chuvoso, no dia 09/09/2016. 10ª Campanha.	50

LISTA DE SIGLAS

°C – graus Celsius	25
Al – Alumínio.....	14
Cd – Cádmio.....	14
CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.....	26
CO ₂ – Dióxido de Carbono.....	29
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.....	14
CERH – Conselho Estadual e Recursos Hídricos	23
Fe – Ferro	14
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio	14
DQO – Demanda Química de Oxigênio.....	14
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.....	59
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia	14
µS/cm – microSiemens/centímetro.....	27
mg/L – miligrama/Litro	25
MPEG – Museu Paraense Emilio Goeldi	35
NH ₄ ⁺ – Nitrogênio amoniacal total.....	14
NO ₃ ⁻ – Nitrato.....	14
NR – Não Referenciado.....	43
O ₂ – Dióxido de Oxigênio	25
OG – Óleos e Graxas.....	14
OD – Oxigênio Dissolvido	14
pH – Potencial Hidrogeniônico	14
PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos.....	23
Pt/L – Platina/Litro	24
SDT – Sólidos Dissolvidos Totais.....	14
ST – Sólidos Totais	14
SO ₄ ²⁻ – Sulfato.....	14
SS – Sólidos Suspensos	14
UNT ou NTU – Unidade Nefelométrica de Turbidez	25
VA – Virtualmente Ausente	31
WMO – World Meteorological Organization	40
ZCIT – Zona de Convergência Intertropical	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivos gerais	15
2.2 Objetivos específicos	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 Recursos hídricos	16
3.2 Monitoramento	20
3.2.1 <i>Características da água e os parâmetros físico-químicos</i>	25
3.2.1.1 Parâmetros físicos	25
3.2.1.1.1 <u>Temperatura</u>	25
3.2.1.1.2 <u>Turbidez</u>	26
3.2.1.1.3 <u>Cor</u>	26
3.2.1.1.4 <u>Condutividade</u>	27
3.2.1.1.5 <u>Sólidos totais</u>	27
3.2.1.1.6 <u>Sólidos suspensos</u>	28
3.2.1.1.7 <u>Sólidos dissolvidos totais</u>	28
3.2.1.2 Parâmetros químicos	28
3.2.1.2.1 <u>Potencial hidrogeniônico</u>	29
3.2.1.2.2 <u>Cádmio</u>	29
3.2.1.2.3 <u>Oxigênio dissolvido</u>	30
3.2.1.2.4 <u>Demanda bioquímica de oxigênio</u>	30
3.2.1.2.5 <u>Demanda química de oxigênio</u>	31
3.2.1.2.6 <u>Óleos e graxas</u>	31
3.2.1.2.7 <u>Alumínio</u>	32
3.2.1.2.8 <u>Ferro</u>	32
3.2.1.2.9 <u>Sulfato</u>	32
3.2.1.2.10 <u>Nitrogênio amoniacal total</u>	33
3.2.1.2.11 <u>Nitrato</u>	33
4 MATERIAL E MÉTODOS	34
4.1 Área de estudo	34
4.1.1 <i>Caracterização da área de estudo</i>	34
4.1.1.1 Vegetação	35

4.1.1.2 Solo.....	36
4.1.1.3 Geologia e relevo.....	36
4.1.1.4 Hidrografia	37
4.1.1.5 População	37
4.1.1.6 Clima	37
4.2 Coleta e análise de água	38
4.2.1 <i>Localização dos pontos de coleta</i>	38
4.2.2 <i>Frequência amostral</i>	39
4.2.3 <i>Análises in loco e laboratorial</i>	40
4.2.3.1 Parâmetros que compõem as análises físico-químicas	40
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
5.1 Variabilidade climática	41
5.2 Resultados das amostras comparadas à legislação.....	43
5.3 Resultados dos parâmetros físicos.....	51
5.4 Resultados dos parâmetros químicos.....	53
6 CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

1 INTRODUÇÃO

A água é uma das substâncias mais comuns em nosso planeta, é o mineral mais essencial para a subsistência dos ecossistemas. Quase todo nosso planeta é composto por ela, nos oceanos, mares, rios, igarapés, lagos, entre outros. A água ocupa um volume total de aproximadamente 70% da superfície do planeta Terra, 97,5% é de água salgada e os 2,5% restantes correspondem às águas doces, desse total, 2/3 estão nas geleiras, vapor de água atmosférico e lençóis, no subsolo (CLARKE e KING, 2005).

A água é importante, não somente para o funcionamento e manutenção do corpo ou a sua quantidade no planeta, mas também a sua qualidade e disponibilidade para o emprego em diversos locais, como: irrigação na agricultura (produção de alimentos), uso na pecuária (criação de gado), uso na indústria (medicamentos, materiais), entre outros. O Brasil, com uma extensão territorial de aproximadamente 8.515.767 Km² e com mais de 204 milhões de habitantes (BRASIL, 2015). A água contém, naturalmente, uma gama de substâncias dissolvidas em concentrações que variam em relação ao tempo e ao local, muitas delas necessárias, como suporte e crescimento, à reprodução e à vida dos seres aquáticos.

O clima é um dos aspectos mais notórios de uma paisagem. Temperatura e pluviosidade são elementos naturais que interferem diretamente na variação dos parâmetros físico-químicos. Partindo desse pressuposto, torna-se de extrema importância o estudo detalhado do efeito das variações climáticas nas águas do rio.

Dentre os eventos climáticos na região amazônica, a pluviosidade é o que merece maior atenção já que por meio dela é gerada grande parte da energia consumida no Brasil. Portanto, a precipitação pluviométrica, principal fundamento hidrometeorológico, é o elemento climático, dentre os elementos e fatores, de suma importância para entender a alteração do meio hídrico, considerando-se tal importância é que se optou em direcionar este estudo para o rio Pará.

A precipitação é medida em estações hidrometeorológicas através de dados reunidos periodicamente ou em tempo real, como é o caso da estação 82191 – Belém, que é o 2º Distrito de meteorologia de acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), medição esta tornada possível pelos equipamentos pluviômetros e pluviógrafos ou até mesmo

por radares meteorológicos para a análise de uma forma distribuída por um sensoriamento remoto. Com esses dados pode se basear neste estudo como uma estimativa de sua distribuição espacial e temporal, em observação a dois períodos predominantes na região norte do Brasil, o período chuvoso (Janeiro a Junho) e o de estiagem (Julho a Dezembro).

A qualidade das águas superficiais pode ser descrita através de parâmetros, que revelam as suas principais características físicas e químicas. Parâmetros estes como: potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, turbidez, cor, sólidos totais (ST), sólidos suspensos (SS), condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais (SDT), cádmio (Cd), oxigênio dissolvido (OD), demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), óleos e graxas (OG), alumínio (Al), ferro (Fe), sulfato (SO_4^{2-}), nitrogênio amoniacal total (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-). A essa qualidade é definida uma legislação que impõe limites às variáveis físico-químicas, resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 357 de 2005.

Nos últimos anos, vários órgãos governamentais passaram a criar bancos de dados para armazenamento de estudos ambientais, já que passou-se a regulamentar padrões físicos e químicos dos recursos hídricos e através da adoção de leis para implementação de redes de monitoramento, visando a manutenção dos recursos naturais.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos gerais

Diagnosticar espacialmente e temporalmente as análises físico-químicas no rio Pará, em especial no ponto em que se localiza próximo ao igarapé que tangencia a comunidade no distrito de Murucupi em Barcarena – PA.

2.2. Objetivos específicos

- Verificar o índice pluviométrico na região de Barcarena e o quanto contribui para a alteração dos parâmetros físico-químicos.
- Avaliar a qualidade das águas superficiais do rio Pará em 3 pontos de acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente 357 de 2005.
- Refletir sobre prováveis problemas que afetam qualidade do rio.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

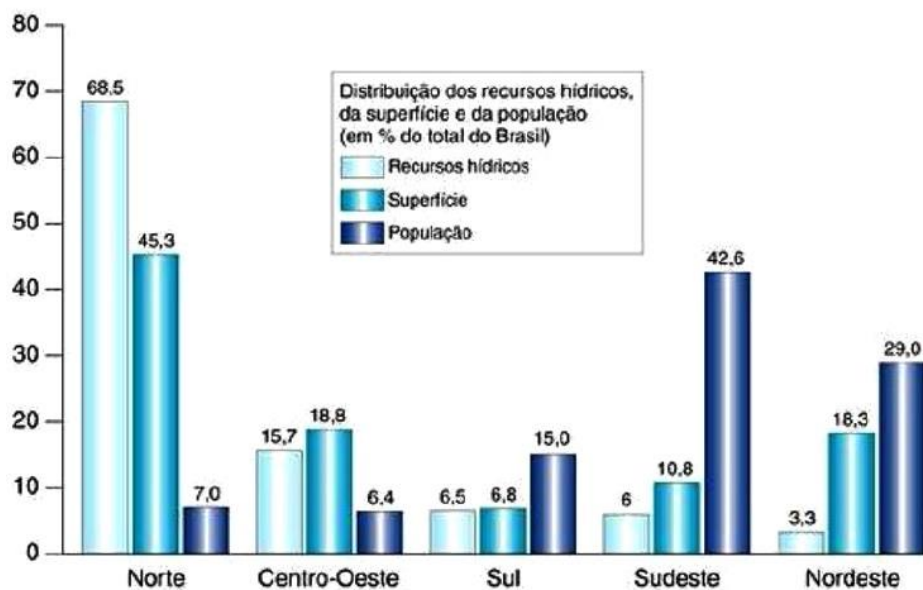
3.1 Recursos hídricos

No planeta Terra, o homem dispõe de inúmeras fontes de recursos naturais e uma das mais importantes é a água, um dos elementos mais essenciais para a existência dos ecossistemas. No planeta, 97,5% é salgada, os 2,5% restante são de água doce, porém 2/3 encontram-se em difícil acesso ao consumo humano, pois estão contidos nas geleiras e subterrâneas (CLARKE e KING, 2005)

O Brasil é um país com proporções em extensão continental, nele está contido um volume muito vasto em recursos hídricos. Estima-se em nosso país, aproximadamente 11,6% da água doce disponível no planeta (TUNDISI e STRASKRABA, 1992).

Tratando-se da distribuição em regiões, 68,5% dos recursos hídricos estão concentrados na região norte onde habitam, aproximadamente, 7% da população (CLARKE e KING, 2005). como pode ser observado na figura 1.

Figura 1 – Distribuição dos recursos hídricos, da superfície e da população (em % no Brasil).



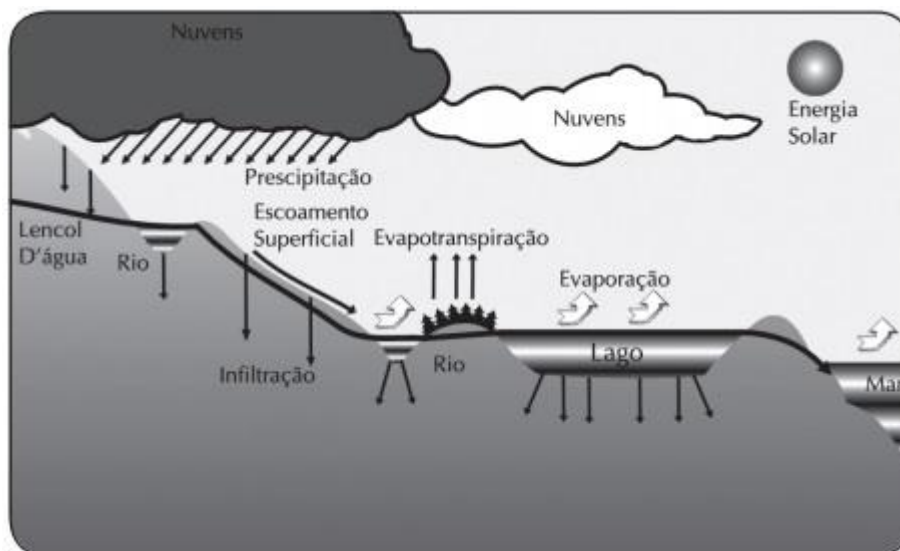
Fonte: CLARKE e KING, 2005.

Portanto, como podemos observar, ao analisarmos o gráfico afirmamos que a região norte é a que possui a maior reserva hídrica do Brasil, além da má distribuição da água em relação à densidade demográfica.

O volume de água presente no corpo humano está em torno de 70% e realiza diversas funções fisiológicas no organismo, como o transporte de substâncias para dentro e fora das células (BRAGA et al., 2005). A água é muito importante para o funcionamento e manutenção do corpo humano, porém não se restringe somente a esse fator, ela é considerada um solvente universal, capaz de dissolver uma grande variedade de substâncias, além de participar ativamente na agricultura e indústrias que fazem a troca de calor com o uso dela, dentre outras funções.

O ciclo hidrológico, também conhecido como ciclo da água, é o que determina a troca contínua de água na hidrosfera, ou seja, é o movimento contínuo da água presente nos rios, lagos, mares, dentre outros, com a superfície, o solo e vários. Pode-se observar este ciclo na figura 2.

Figura 2 – Ciclo hidrológico.



Fonte: BRASIL, 2007.

Durante este ciclo, a água passa por várias mudanças em sua qualidade. Este tipo de transformação é comum no meio ambiente, por uma série de fatores que interagem com este meio, por exemplo: a quantidade de emissão solar, a erosão do solo, derretimento de calotas

polares e montanhas, entre outros, e também a modificação a intervenção das indústrias, agricultura, a urbanização e mudanças no solo rural (BARTH, 1987).

O volume de água e a agilidade em que o ciclo hidrológico sobrevém são influenciados pela vegetação local, altitude em relação ao nível do mar, topografia, temperatura e o tipo do solo (MELO, 2012). A importância de qualquer volume de água superficial localizada em rios, lagos, igarapés, dentre outros, está na sua instabilidade e mobilidade que ocorre nas diferentes regiões e que um dos elementos fundamentais do ciclo são: evaporação, precipitação, evapotranspiração, percolação, infiltração e a drenagem (TUNDISI, 2003).

A gestão dos recursos hídricos está diretamente ligada a duas variáveis hidrológicas (precipitação e vazão), sua distribuição temporal e espacial são parâmetros importantíssimos para orientação no planejamento e a quantidade de água é de grande importância para a elaboração dos recursos hídricos na bacia (MELO, 2012, *apud*, PEREIRA et al., 2003). A supervisão de variáveis hidrológicas baseia-se no estudo, medição e base de dados, com o intuito formador de previsões hidrográficas nos leitos dos rios. Posto ou estação, local a determinar precipitações e vazões de um ponto do ciclo hidrográfico, também chamado de ponte de observação.

Diversos postos ou estações, espalhados em uma bacia hidrográfica, são chamados de redes de monitoramento. A estação permite a observação e análise dos níveis d'água nas diferentes épocas do ano, e medições de descargas para que através destes dados definirmos uma curva-chave (SANTOS et al., 2001).

A precipitação, no Brasil, por ser quase que totalmente em forma de chuva, raramente como neve, é comum um tipo de medidor chamado de pluviômetro ou pluviógrafo. Pode ser medida também por radares meteorológicos ou imagens de satélites, porém os resultados quantitativos não são de extrema confiança.

O pluviômetro é um aparelho dotado de uma superfície de captação horizontal delimitada por um anel metálico e de um reservatório para acumular a água recolhida, ligado a essa área de captação, medido por uma proveta calibrada (SANTOS et al. 2001). No Brasil é comum o uso do tipo “*Ville de Paris*”, mostrado na figura 3.

Figura 3 – Pluviômetro “*Ville de Paris*”.



Fonte: SANTOS *et al.* 2001.

Segundo Santos et al. (2001), vazão ou descarga é o volume de água que desloca-se através de uma seção transversal na unidade de tempo, ou seja, é a quantidade de água que é transportada em um determinado tempo, chamamos de taxa de escoamento. A Figura 4 mostra medição de nível de água em régua linimétrica com escala graduada, de madeira. Contém lances de 1 a 2 m, denteadas a cada 2 cm, designadas “Tipo Divisão de Águas”.

Figura 4 – Medição de altura do rio (régua de madeira).



Fonte: SANTOS *et al.* 2001.

Em função das dificuldades de realização de medições e cálculos mais precisos, considerou-se, neste estudo, que a vazão média do rio Pará é, no mínimo, igual à vazão média do rio Tocantins, um de seus principais formadores, calculada como sendo igual a 1.264 m³/s (PARÁ, 2007).

O montante de água, tanto subterrânea, quanto superficial, no caso o rio Pará, está em bom estado para uso no abastecimento doméstico, após tratamento convencional, segundo CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005). Da mesma forma, a elevada vazão do rio Pará se apresenta como uma pujante oportunidade para a recepção dos esgotos sanitários tratados (PARÁ, 2007).

É de grande relevância a compreensão sobre a qualidade e manutenção hídrica para a conclusão das condições da bacia hidrográfica. Um dos melhores métodos a compreensão sobre a qualidade da água de um rio, manancial, igarapé, lagos, é a caracterização temporal e espacial, organizando-se assim informações necessárias para manter uma base de dados e conclusões para que possam gerir o ambiente aquático no intermédio à recuperação ou preservação dos meios exemplificados.

Segundo Santos (2005), as alterações dos parâmetros da qualidade das águas podem ocorrer por dois motivos distintos; causadas pelo modo antrópico ou pedológico, no segundo exemplo acontece de forma natural, em declividade e tipos de cobertura do solo, que tende a regular a quantidade de depósitos ou sedimentos que são arrastados para os cursos d'água, aumentando as concentrações químicas no ambiente aquático.

3.2 Monitoramento

O ecossistema aquático, dentre eles os de água doce e marinha, tem um papel importantíssimo para o restante do planeta, cuidar da qualidade hídrica é imprescindível para o bom funcionamento do meio áqueo. Porém este biosistema não se resume apenas em estar limpo ou sujo, nos dois ambientes existem vidas, contudo estão contidas as que podem alterar a fisionomia, as cores, os nutrientes, as taxas de oxigênio da água, dentre outros fatores. As bactérias e as plantas submersas são as que mais podem alterar a aparência das águas, sendo para negativas ou positivas, com o consumo ou produção da oxigenação do meio. A qualidade

do ambiente aquático é um fator de extrema importância e é definida pela avaliação da caracterização de ordem física e química.

Com a revolução industrial, no século XVIII, o homem, com sua mecanização da produção, “começou” a transformar a face do planeta, a natureza de sua atmosfera e a qualidade de sua água. Há um crescente problema mundial do abastecimento de água, assim como uma queda na qualidade e disponibilidade. O homem deve entender que as fontes naturais não são inesgotáveis. Essas fontes servem para custear a necessidade do consumo da população, porém de modo coerente, evitando a assolação das fontes hídricas (BRASIL, 2006).

Em meados do século XIX já existia uma preocupação com os impactos ambientais, mais precisamente com o vínculo à contaminação hídrica, por esgotamentos domésticos e principalmente despejos industriais (BRAGA et al., 2005).

O lançamento do esgoto doméstico, por exemplo, consome oxigênio em seu processo de decomposição, por conter muita matéria orgânica, causando a proliferação de bactérias e a mortandade de peixes. Poluentes químicos, como metais pesados, também ocasionam um efeito tóxico altíssimo nos afluentes e concomitantemente provocam a morte de plantas e animais aquáticos.

As intervenções providas das atividades antrópicas acometem às águas, em modo progressivo, substâncias tóxicas que nunca estiveram naquele meio ou que estavam em baixíssimas concentrações, apontam a degradação hídrica. Uma vez introduzidas ao meio, somente a ação humana poderá retirá-las daquele ambiente (BÁRBARA, 2006).

O monitoramento das águas pode ser definido como o acompanhamento contínuo dos parâmetros físico-químicos, envolvendo uma gama de aspectos de interesse como dados quantitativos, fontes, elementos impactantes e a avaliação da qualidade do ambiente como um todo (FEAM-FJP, 1998).

O controle determina uma qualidade à água, sendo de classe especial até classe IV, como pode ser observado na figura 5.


Figura 5 – Classes de enquadramento e respectivos usos e qualidade da água.



Fonte: ANA, 2009.

No caso do estudo deste trabalho, definido pelas diretrizes das águas do rio Pará, estipulado pelo CONAMA 357/2005, os corpos hídricos da região norte enquadram-se na classe 2. Abaixo, na figura 6, pode-se observar as classes de enquadramentos e respectivos usos.

Figura 6 – Classes de enquadramento das águas-doces e usos respectivos.

USOS DAS ÁGUAS DOÇES	CLASSES DE ENQUADRAMENTO				
	ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas 	Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas 		Classe mandatória em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário 					
Aquicultura 					
Abastecimento para consumo humano 	Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário 					
Pesca 					
Irrigação 		Hortaliças consumidas cruas e frutas que se desenvolvem firmes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de pele	Hortaliças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer,	Culturas arbóreas, ornamentais e forrageiras	
Dessedimentação de animais 					
Navegação 					
Harmonia paisagística 					

Fonte: ANA, 2009.

Segundo Zumach (2003), o monitoramento direciona ações preventivas que diminuem os custos de combate à poluição das águas, assegurando a mesma qualidade compatível com o uso e permitindo a deliberação de outorga para fins consultivos e não consultivos, sem que haja prejuízo quanto à qualidade do manancial fornecedor e do receptor das águas de retorno.

Na legislação brasileira destaca-se a Lei 9.433 (8 de janeiro de 1997), que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), tendo como prática dar o suporte de dados sobre às águas. Esta lei fornece indícios à proteção dos recursos hídricos, assegurar a atual e as futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos e assegurar o controle qualitativo dos usos da água e o efeito exercício quanto aos direitos de acesso à água (BRASIL, 1997). Uma das principais ferramentas da PNRH são os planos nacionais de recursos hídricos.

Brasil (1997), evidencia que:

“Os planos de Recursos Hídricos são planos diretores que visam a fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos.”

Rebouças (1999), cita partes componentes de monitoramento da qualidade da água.

- Coleta de amostras;
- Fase laboratorial;
- Armazenamento dos dados;
- Produção da informação;

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) – PA, não estabelece especificamente todos os cursos d’água, que deveriam enquadrar-se como referente classe. Conforme classificação estabelecida pela resolução CONAMA 357/2005, define-se que os rios do estado do Pará deverão enquadrar-se a classe II (para águas doces). A classe de qualidade é o conjunto de condições e padrões essenciais de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros (BRASIL, 2005).

Segundo BRASIL (2005), a Legislação CONAMA fixa parâmetros físicos, químicos e biológicos para águas doces, salobras e salinas. A resolução nº 357, de 17 de março de 2005, seção I das águas doces, artigo 4º. As águas doces são classificadas em:

III - classe II: águas que podem ser destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme resolução CONAMA nº 274, de 2000;

d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e

e) à aquicultura e à atividade de pesca.

O artigo 15º do CONAMA nº 357, estabelece que águas doces de classe 2, por não terem definições específicas, enquadram-se as condições e padrões da classe 1 previstos no artigo 14º, à exceção do seguinte:

I - não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

II - coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos seis amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *Escherichia coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

III - cor verdadeira: até 75 mg.Platina/Litro (Pt/L);

IV - turbidez: até 100 unidades nefelométrica de turbidez (UNT ou NTU);

V – Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) 5 dias a 20°C (graus Celsius) até 5 miligramas/Litro (mg/L) dióxido de oxigênio (O₂);

VI – oxigênio dissolvido (OD), em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O₂;

3.2.1 *Características da água e os parâmetros físico-químicos*

A qualidade da água é um conjunto de características físicas e químicas que de acordo com a sua utilização, pode ser representada por meio de vários parâmetros que caracterizam sua natureza juntamente às classes.

3.2.1.1 Parâmetros físicos

Os parâmetros físicos são os que se relacionam aos aspectos estéticos. Os principais parâmetros físicos da água são: temperatura da água, turbidez, cor, condutividade elétrica, sólidos totais, sólidos suspensos, sólidos totais dissolvidos. Dão características visuais aos corpos hídricos.

3.2.1.1.1 Temperatura

A temperatura tem um papel muito importante para a manutenção do meio aquático, envolvendo uma série de parâmetros físicos e químicos que, de acordo com sua alteração, esses parâmetros podem ser modificados drasticamente e até mesmo levando a morte de alguns seres vivos pertencentes ao meio. A medição de temperatura é dada em °C e de acordo com a legislação do CONAMA 357/2005, não faz referência a limites mínimos e máximos. Segundo Zumach (2003), a temperatura da água pode ser alterada por alguns fatores físicos e climáticos, tais como profundidade do rio, taxa de fluxo, latitude, altitude, estação do ano, período do dia e radiação. O despejo de matérias orgânicas e inorgânicas, em rios, pode alterar de diferentes maneiras os aspectos térmicos formando um revestimento bloqueador das radiações, conseqüentemente elevando a temperatura das camadas superficiais. A modificação da temperatura da água causa uma mudança na quantidade de oxigênio dissolvido em que os seres aquáticos necessitam para respiração. Não somente os despejos em suspensão, mas

também os despejos em solução podem causar a oxidação biológica da matéria orgânica, sendo um fenômeno que acarreta o aumento da temperatura em áreas específicas, promovendo assim um sensível aquecimento no fundo dos rios onde se depositam quantidades significativas de lodo de esgoto e até mesmo parte da vegetação, como folhas e/ou pedaços de árvores, ao longo dos rios (BRANCO,1978). A elevação da temperatura tem uma influência direta com os elementos e compostos químicos presentes na água, ocasionando assim a intensificação da ação tóxica dos mesmos, originando, em águas poluídas, uma maior mortalidade de peixes no período menos chuvoso do que no chuvoso (MOTA, 1995).

3.2.1.1.2 Turbidez

A turbidez é o parâmetro da transparência de um líquido frequentemente claro. É decorrente da presença de substâncias em suspensão, como partículas insolúveis de solo, ou seja, sólidos suspensos, finamente divididos ou gotículas líquidas de tamanho coloidal, e de organismos microscópicos (MOTA, 1995). A medição de turbidez é dada em NTU e de acordo com a legislação do CONAMA 357/2005, determina que deva ser menor que 100. O grau de atenuação da intensidade de um feixe de luz sofrido ao atravessar uma faixa de água, determina o valor em que esta amostra está turva. A presença de partículas em suspensão provoca o aumento da turbidez, em altas concentrações, esse material dissolvido em um corpo d'água pode afetar a manutenção da vida aquática. Uma grande quantidade de material suspenso define uma turbidez excessiva no corpo hídrico, dificultando a penetração de luz, concomitantemente reduzindo a fotossíntese de algas e vegetação submersa. A alta turvação pode causar problema na respiração dos peixes através da opilação das brânquias, afeta também o desenvolvimento de comunidades aquáticas com o enterramento de ovos e peixes recém-nascidos e prejudica a migração dos seres vivos lacustres (SÃO PAULO, 2009).

3.2.1.1.3 Cor

A cor é dada a existência de substâncias dissolvidas, ou em estado coloidal, na maioria dos casos de natureza orgânica, ou seja, é devido à presença de substâncias em solução, decomposição de matéria orgânica ou humos dos solos aos redores dos rios, lagos, igarapés, dentre outros. Pode originar-se de vegetações naturais, do plâncton, ou ainda de despejos industriais (ZUMACH, 2003). A medição de cor é dada em Pt/L e de acordo com a legislação

do CONAMA 357/2005, determina o valor máximo de 75 mg Pt/L. Compostos inorgânicos são capazes de acarretar coloração na água, tais como os íons metálicos, óxido de ferro e manganês, geralmente estão em grande número nos variados tipos de solos (SÃO PAULO, 2009). Segundo Branco (1978), a coloração da água também interfere diretamente na maneira em que a luz atravessa um corpo hídrico, dificultando a passagem de luz e a realização da fotossíntese de algas e vegetações submersas, provocando uma seleção entre estes organismos, vivendo assim com uma capacidade limitada de radiações de maior ou menor comprimento de onda.

3.2.1.1.4 Condutividade

A condutividade é a medida da capacidade de conduzir corrente elétrica, ou seja, é a habilidade de difundir uma corrente elétrica e é inversamente proporcional à resistência elétrica. A medição de condutividade é dada em $\mu\text{S}/\text{cm}$ (microSiemens/centímetro) e de acordo com a legislação do CONAMA 357/2005, não faz referência a limites mínimos e máximos. Dependem, rigorosamente, da concentração de íons, mobilidade e valência, juntamente com a temperatura e mostra a quantidade de sais dissolvidos presentes no corpo hídrico, medindo também a salinidade, tendo assim a medida indireta da concentração de poluentes (SÃO PAULO, 2009). A condutividade aumenta na proporção direta em que os sólidos dissolvidos são inseridos na água. A água salobra apresenta elevada condutividade e não são indicadas ao consumo humano.

3.2.1.1.5 Sólidos totais

Os sólidos totais são todos os tipos de resíduos restantes que permanecem após um processo de evaporação de uma amostra, que esteja sujeita a uma temperatura pré-estabelecida em um determinado tempo. A medição de sólidos totais é dada em mg/L (miligrama/Litro) e de acordo com a legislação do CONAMA 357/2005, não faz referência a limites mínimos e máximos. As várias determinações de sólidos totais definem os diversos tipos de sólidos presentes na água, através das operações de filtração, secagem e calcinação, tais como os sólidos totais, sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos, sólidos fixos e sólidos voláteis (SÃO PAULO, 2009). A determinação dos sólidos é feita através de métodos gravimétricos.

3.2.1.1.6 Sólidos suspensos

Os sólidos suspensos são pequenas partículas que podem ser encontradas em suspensão na água, como um coloide. A medição de sólidos suspensos é dada em mg/L (miligrama/Litro) e de acordo com a legislação do CONAMA 357/2005, não faz referência a limites mínimos e máximos. O material em suspensão provoca a reflexão da radiação, dificultando a passagem dos raios solares pela água (TOMAZONI et al., 2005). Os sólidos suspensos provocam resultados indesejáveis à água, como a diminuição do oxigênio dissolvido e/ou o aparecimento de determinada coloração, odor e sabor no corpo receptor, em função da presença de algas, causados a um eventual aproveitamento da água para consumo humano (NEDER et al., 2000).

3.2.1.1.7 Sólidos dissolvidos totais

O grupo das substâncias orgânicas e inorgânicas presentes na água, em formas moleculares, ionizadas ou microgranulares, é determinado como sólidos dissolvidos totais. A medição de sólidos dissolvidos totais é dada em mg/L e de acordo com a legislação do CONAMA 357/2005, determina o valor máximo de 500. Dentre as substâncias dissolvidas, temos carbonato, bicarbonato, cloreto, sulfato, fosfato, nitrato, cálcio, magnésio, sódio e íons orgânicos, entre outros íons necessários a vida aquática (ARAÚJO et al., 2013). O SDT pode avaliar o peso total de constituintes minerais presentes no meio hídrico, por unidade de volume.

3.2.1.2 Parâmetros químicos

Os parâmetros químicos são os que se relacionam com os níveis de concentração de determinados íons, moléculas ou compostos inorgânicos. São importantes sinais de elementos que são dissolvidos na água, podendo intervir nos organismos vivos caso a concentração seja excessiva e indicar a poluição do meio aquático. Os principais parâmetros químicos da água são: potencial hidrogeniônico, cádmio, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, óleos e graxas, alumínio, ferro, sulfato, nitrogênio amoniacal total e nitrato. Os parâmetros químicos são os índices mais importantes para caracterizar a qualidade da água (BRANCO, 2003).

3.2.1.2.1 Potencial hidrogeniônico

O potencial hidrogeniônico é o parâmetro em que determina o caráter ácido, básico ou neutro de uma estipulada solução. Os organismos aquáticos presentes normalmente estão adaptados ao caráter neutro, conseqüentemente se houver uma brusca alteração no pH ocorrerá uma seleção dos organismos presentes (ZUMACH, 2003). Para medição de pH não há unidade específica, podendo dispor de valores à determinar em uma faixa que vai de 0 a 14 unidades e de acordo com a legislação do CONAMA 357/2005, determina o valor entre 6,0 e 9,0 unidades. O pH é um dos parâmetros mais importantes no monitoramento e análise de águas, sua alteração contribui para precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados e a solubilidades de nutrientes (SÃO PAULO, 2009). Em águas naturais as variações deste parâmetro podem estar diretamente relacionada à produção de dióxido de carbono (CO₂). Segundo Branco (1986), organismos fotossintetizantes fazem a decomposição de material orgânico presente nas águas e conseqüentemente geram o CO₂, há o fato da respiração e/ou fermentação dos organismos vivos encontrados nos corpos hídricos, produzindo ácidos orgânicos fracos. Segundo Von Sperling (1996), valores elevados de pH em sistemas hídricos podem estar associados à proliferação de vegetais em geral, pois, com o aumento da fotossíntese, há consumo de gás carbônico e, portanto, o aumento do pH.

3.2.1.2.2 Cádmio

O cádmio está presente em águas onde há liberação de efluentes industriais, por práticas de galvanoplastias, produção de pigmentos, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes, dentre outros, notável também pela poluição do ar e por fertilizantes, através da poluição difusa (SÃO PAULO, 2009). A medição de cádmio é dada em mg/L e de acordo com a legislação do CONAMA 357/2005, determina o valor máximo de 0,001. O cádmio possui a propriedade de ser insolúvel, por isso é considerado acumulativo no organismo. Constatou-se que o cádmio é carcinogênico e seu acúmulo implica em vários problemas de saúde, como o desenvolvimento de hipertensão e doenças do coração. Na exposição crônica o cádmio pode danificar os rins. Na década de 60, no Japão, a população foi afetada com o consumo de arroz que era irrigado com água contaminada com o cádmio, causando assim a doença conhecida como “Itai-Itai”, descrita por extrema dor generalizada, dano renal e fragilidade óssea (SÃO PAULO, 2009).

3.2.1.2.3 Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido é um dos gases, presentes na água, de maior importância para a vida aquática. Suas principais fontes de obtenção são através da fotossíntese e a atmosfera. O oxigênio oriundo da atmosfera é dissolvido nas águas devido a diferença de pressão parcial, este mecanismo rege a Lei de Henry, que determina a concentração de saturação de um gás na água, em função da temperatura:

$$C_{SAT} = \alpha \cdot p_{gás} \quad (1)$$

onde α é uma constante que varia inversamente proporcional à temperatura e o $p_{gás}$ é a pressão exercida pelo gás sobre a superfície do líquido (SÃO PAULO, 2009). A outra fonte de oxigenação das águas é a fotossíntese feita pelas algas, esta fonte torna-se menos importante devido ao lançamento de esgotos na jusante de rios, turvando e dando coloração as água, impedindo a penetração da irradiação, como já citado anteriormente. A medição de oxigênio dissolvido é dada em mg/L e de acordo com a legislação do CONAMA 357/2005, determina que seu valor não possa ser menor que 5. O oxigênio dissolvido exerce a atividade de indicador de poluição por matéria orgânica, então uma água isenta de poluição por matéria orgânica terá sua taxa de O.D bem elevada, porém baixas concentrações de O.D mostram que há uma intensa atividade bacteriana decompondo a matéria orgânica lançada na água (MOTA, 1995). Caso haja alta concentração de bactérias, elas farão uso nos seus processos respiratórios, provocando a diminuição de oxigênio no meio. Se o oxigênio for totalmente consumido, tem-se a condição anaeróbia, ocorrerá a formação de maus odores (VON SPERLING, 1996).

3.2.1.2.4 Demanda bioquímica de oxigênio

A demanda bioquímica de oxigênio é o parâmetro que mede a quantidade de oxigênio que foi consumido na deterioração da matéria orgânica na água, ou seja, é expressa como a fração essencial de oxigênio para oxidar a matéria orgânica em matéria inorgânica, pelo método de decomposição microbiana aeróbia. A medição de DBO é dada em mg/L e de acordo com a legislação do CONAMA 357/2005, determina o valor máximo de 5. A DBO é a fração de oxigênio consumido em um determinado tempo e uma temperatura fixa de incubação. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20°C é

frequentemente usado e referido como DBO_{5,20} (SÃO PAULO, 2009). A decomposição biológica é muito importante no meio aquático, degradando a matéria orgânica e devolvendo seus elementos ao meio. A decomposição microbiana aeróbia torna-se de extrema importância, mesmo que ela utilize oxigênio do meio, ainda sim é mais vantajosa que a anaeróbia, pois não forma subprodutos orgânicos e é muito mais rápida, ocasionando a DBO, contudo, deve-se haver um equilíbrio entre o oxigênio disponível no ambiente aquático e o consumo bacteriano para que essa relação não seja prejudicada. A quantidade de alimento não pode ser maior que o de oxigênio disponível no corpo hídrico (MULLER, 2002).

3.2.1.2.5 Demanda química de oxigênio

A demanda química de oxigênio é o parâmetro que mede a quantidade de matéria orgânica capaz de ser oxidada por meios químicos, com o agente químico dicromato de potássio. Geralmente sendo analisada na caracterização de esgotos sanitários e efluentes industriais, podendo também ser analisada em corpos d'água com origem de despejos industriais. A medição de DQO é dada em mg/L e de acordo com a legislação do CONAMA 357/2005, não faz referência a limites mínimos e máximos. Também conhecida como Carência Química de Oxigênio, é uma análise muito proficiente quando realizada em conjunto com a DBO, observando a biodegradabilidade de despejos, os resultados da DQO de uma amostra são superiores aos de DBO (SÃO PAULO, 2009).

3.2.1.2.6 Óleos e graxas

Óleos e graxas equivale ao conjunto de substâncias que um determinado solvente consegue extrair de uma amostra de água, não volatilizado durante a evaporação do solvente a uma estabelecida temperatura. A medição de OG é dada em mg/L e de acordo com a legislação do CONAMA 357/2005, determina que seja virtualmente ausente (VA). O OG é decorrente de substâncias orgânicas de origem vegetal, mineral e animal, essas substâncias podem ser hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, dentre outros (SÃO PAULO, 2009). Dificilmente são encontradas em águas naturais, porém vistas em esgotos domésticos, resíduos industriais, postos de gasolina, abatedouros, e várias outras atividades com tais gorduras. Despejos industriais são os maiores contribuintes para o aumento de óleos e graxas nos corpos hídricos, formando uma barreira que impossibilita a transferência do oxigênio do ar para água, como o processo já descrito anteriormente neste estudo.

3.2.1.2.7 Alumínio

O alumínio é tido como dissolvido nos corpos hídricos, pode estar presente em várias formas e é influenciado pelo pH, temperatura e presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. A medição de alumínio dissolvido é dada em mg/L e de acordo com a legislação do CONAMA 357/2005, determina que o valor seja menor que 0,1. A solubilidade é baixa em pH entre 5,5 e 6,0. As concentrações de alumínio dissolvido em águas com pH neutro variam de 0,001 a 0,05 mg/L, mas aumentam para 0,5 até 1 mg/L em águas mais ácidas ou ricas em matéria orgânica (SÃO PAULO, 2009). O alumínio é considerado fitotóxico podendo causar danos à estrutura das raízes, limitando a capacidade das plantas em absorver os nutrientes, afetando o crescimento das sementes e a decomposição do folheto, e interagindo sinergisticamente com os ácidos para aumentar o prejuízo ao ecossistema aquático (BRASIL, 2014). O acúmulo de alumínio no organismo humano vem sendo associado ao aumento do número de casos de demência senil do tipo Alzheimer (CAMILLERI et al., 2003).

3.2.1.2.8 Ferro

O ferro é tido como dissolvido nos corpos hídricos, não é considerado tóxico, porém influencia diretamente na cor e turbidez, assim causando problemas com a oxigenação da água. Em um possível tratamento de água e abastecimento, o ferro fica depositado em tubulações (COSTA e SOUSA, 2007). A medição de ferro dissolvido é dada em mg/L e de acordo com a legislação do CONAMA 357/2005, determina que o valor seja menor que 0,3. Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens (SÃO PAULO, 2009).

3.2.1.2.9 Sulfato

O sulfato como íon está em forma considerável na natureza, em águas naturais, a fonte de sulfato ocorre através da dissolução de solos e rochas e pela oxidação de sulfeto, também associados às descargas de esgotos e descartes industriais (SÃO PAULO, 2009). A medição de sulfato é dada em mg/L e de acordo com a legislação do CONAMA 357/2005, determina que o valor seja menor que 250. O sulfato é um dos íons mais abundantes na água marinha e

estuarina, estando presente nas seguintes formas e proporções médias: SO_4^{2-} : 39%; Na_2SO_4 : 37%; MgSO_4 : 19% e CaSO_4 : 4% (a 25 °C e pH = 8) (Nybakken, 1997).

3.2.1.2.10 Nitrogênio amoniacal total

O nitrogênio amoniacal total pode ser de origem natural (proteínas, clorofila e outros compostos biológicos) e/ou de origem das atividades humanas e animais (despejos domésticos e industriais), excrementos de animais e fertilizantes, sua presença indica poluição recente do meio, ou seja, se uma amostra de água for coletada em um rio poluído e as determinações demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo (SÃO PAULO, 2009). A medição de nitrogênio amoniacal total é dada em mg/L e de acordo com a legislação do CONAMA 357/2005, determina que o valor seja menor que 3,7 mg/L N, para $\text{pH} \leq 7,5$. Uma grande contribuinte para a fixação na água, já que o ar é rico em nitrogênio, devido a vários mecanismos como a biofixação desempenhada por bactérias e algas presentes nos corpos hídricos, que incorporam o nitrogênio atmosférico em seus tecidos, contribuindo para a presença de nitrogênio orgânico nas águas (SÃO PAULO, 2009).

3.2.1.2.11 Nitrato

Os compostos de nitrogênio podem ser encontrados em vários estados na água, dentre eles encontra-se o nitrato gerado por ações naturais de compostos biológicos ou por ação antrópica, despejos domésticos e industriais (NETTO et al., 2011). Provêm de matéria orgânica e sua presença indica poluição remota. Quanto mais oxidados são os compostos de nitrogênio, tanto mais remota é a poluição, o parâmetro que a melhor determina é o nitrato. A medição de nitrato é dada em mg/L e de acordo com a legislação do CONAMA 357/2005, determina que o valor seja menor que 10 mg/L N. Nas águas superficiais o nitrato tem sua concentração bem baixa. O nitrato é a substância contaminante individual de maior presença nos aquíferos brasileiros. (BICUDO et al., 2010).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O estudo teve início com uma revisão bibliográfica do tema, abordando a área do rio Pará, a histórica utilização do rio que abrange diversas empresas do setor industrial, portos e algumas comunidades. Também, procurou-se caracterizar as condições de qualidade da água na área de influência da bacia e impacto das comunidades nas proximidades em relação a sazonalidade da região.

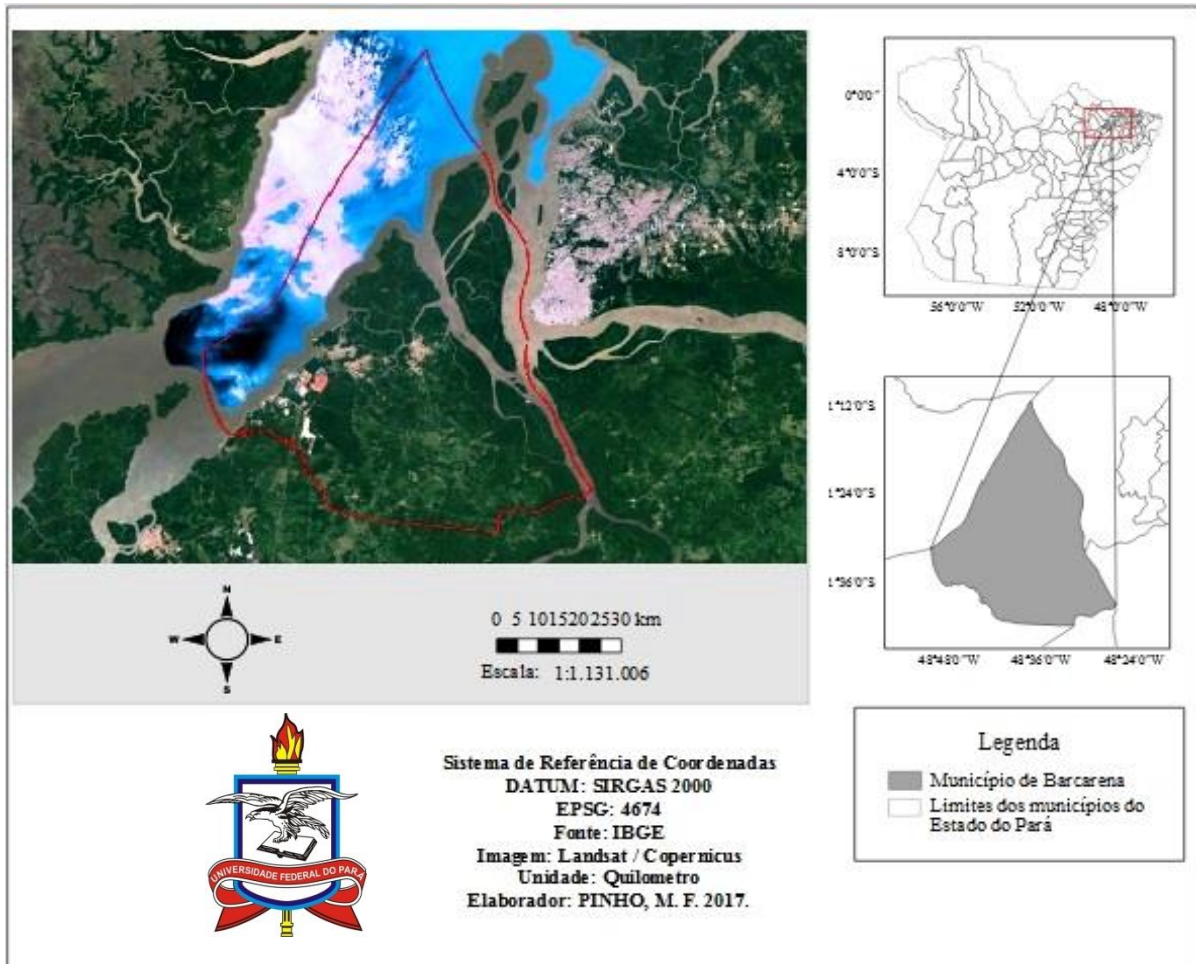
4.1.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo está situada no município de Barcarena – PA, distrito Murucupi. De acordo com o Decreto-lei Estadual n.º 4.505, de 30/12/1943, que desmembra do município de Belém, os distritos de Barcarena e Murucupi (ex-Conde). E o mesmo decreto alterou o nome do distrito de Conde que hoje é chamado de Murucupi e tornou Barcarena um município (BRASIL, 1957).

O Município de Barcarena está localizado na região Amazônica, mesorregião metropolitana de Belém, entre as coordenadas 01°30'24" de latitude sul e 48°37'12" de longitude a oeste de Greenwich, com uma área territorial 1.310,588 km², distante de Belém a 25 Quilômetros em linha reta, está a norte com a Baía do Marajó; ao sul com o município de Mojú; a leste com o município de Belém e a oeste com o município de Abaetetuba. Economicamente Barcarena se destaca pela função do polo industrial nos setores de alumínio, caulim e siderurgia, seguidos da atividade agrícola, extrativista e turística, (PARÁ, 2011).

O presente trabalho desenvolveu-se no rio Pará. O rio tem sua formação a partir da junção de afluentes dos rios Amazonas e Tocantins, ao sul de seus canais. Inicia-se nos estreitos dos municípios de Breves e Boioçu, na ilha do Marajó, e se interliga com o rio Guamá, formando a Baía do Marajó até desaguar no oceano Atlântico. O mapa da área de estudo está representado na figura 7, estando em contorno vermelho os limites do município de Barcarena.

Figura 7 – Localização do município de Barcarena.



Fonte: Elaboração do autor.

4.1.1.1 Vegetação

Barcarena apresenta vegetação do tipo hileia ou floresta latifoliada equatorial, definida por árvores de grande porte, porém, se observarmos o processo de ocupação do solo amazônico, nota-se que a cobertura vegetal primitiva de floresta densa dos baixos platôs Pará/Maranhão foi quase totalmente substituída pela ação dos desmatamentos para o plantio de espécies agrícolas de subsistência, dando ensejo nas áreas em pousio à regeneração florestal com diferentes estágios de desenvolvimento da floresta secundária. Segundo o Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG, 2002), nas margens dos rios e igarapés, preponderam as florestas ciliares e de várzeas nos trechos sob influência de inundações, ocorrendo, também, o mangue e a siriúba, margeando os grandes rios e as Ilhas do Município. (MPEG, 2002, p.10).

O MPEG (2002), catalogou a fauna, flora, arqueologia e outros do município de Barcarena, reconhecendo as decorrentes áreas das unidades de paisagem, como mostra a tabela 1.

Tabela 1 - Área das Unidades de Paisagem

Unidades de Paisagem	Área (Km ²)	Área (%)
Floresta de Terra Firme Alterada	135,6	23,9
Várzea	40,1	7,1
Igapó	8,2	1,4
Capoeira	174,1	30,7
Zona Urbanizada	25	4,4
Pastos e Cultivos	124,4	21,9
Rios e Lagos	59,3	10,5
Área total das classes	566,7	100

Fonte: MPEG, 2002, p. 11

A constituição da flora de Barcarena possui um inventário de 212 espécies e é integrada por florestas de terra firme (41,73%), na floresta de várzea (32,23%), no igapó (13,64%) e na campina (12,39)%. (MPEG, 2002, p.72)

4.1.1.2 Solo

O solo do município é constituído principalmente por dois tipos, Latossolo Vermelho-Amarelo: correspondem essencialmente a solos minerais, profundos, dessaturados, bem drenados geralmente, contendo principalmente óxidos de ferro, e argissolo amarelo: sua formação é derivada de material argiloso de atividade baixa, variável profundidade, podendo ser fortemente a imperfeitamente drenados, de cores bruno-amareladas ou amareladas e mais raramente brunadas ou acinzentadas, predominantemente caulínícos (EMBRAPA, 1999). Segundo Demattê (1993), o pH dos solos na região amazônica varia na faixa de 3,5 a 5 unidades, dependendo da profundidade.

4.1.1.3 Geologia e relevo

A geologia de Barcarena é constituída por restos da formação de barreira por sedimentos do terciário e quaternário, assim como em toda a microrregião, caracterizam-se pelos baixos platôs e planícies litorâneas. Com relevo de degradação com cotas bem acima da

influência dos rios locais e relevo de agradação, de terrenos sujeitos às marés, em unidade morfoestrutural planalto rebaixado Amazonas (MPEG, 2002, p.163).

4.1.1.4 Hidrografia

O rio Pará e a Baía do Marajó são os maiores e mais extensos cursos de água do município. Porém, outros rios, furos lagos e córregos que, pelos seus volumes de água tem significância no deságue, como o rio Mucuruça e o rio Itaporanga, e menor, mas não menos importante, é o furo do Arrozal, separa a porção continental da insular de Barcarena, outro rio de expressão na área é o rio Mojú, que atua como limite com o município do Acará. A sudoeste, o rio Arienga limita-se com Abaetetuba e, a sudeste, o limite com Mojú é feito pelo igarapé Cabresto (PARÁ, 2011).

4.1.1.5 População

O recenseamento de 2010, afirma que a população residente de Barcarena é de 99.859 habitantes, desse total, 36.297 pessoas residem na área urbana e 63.562 na zona rural, tendo também a densidade demográfica de 76,21 Hab./Km² (BRASIL, 2010).

4.1.1.6 Clima

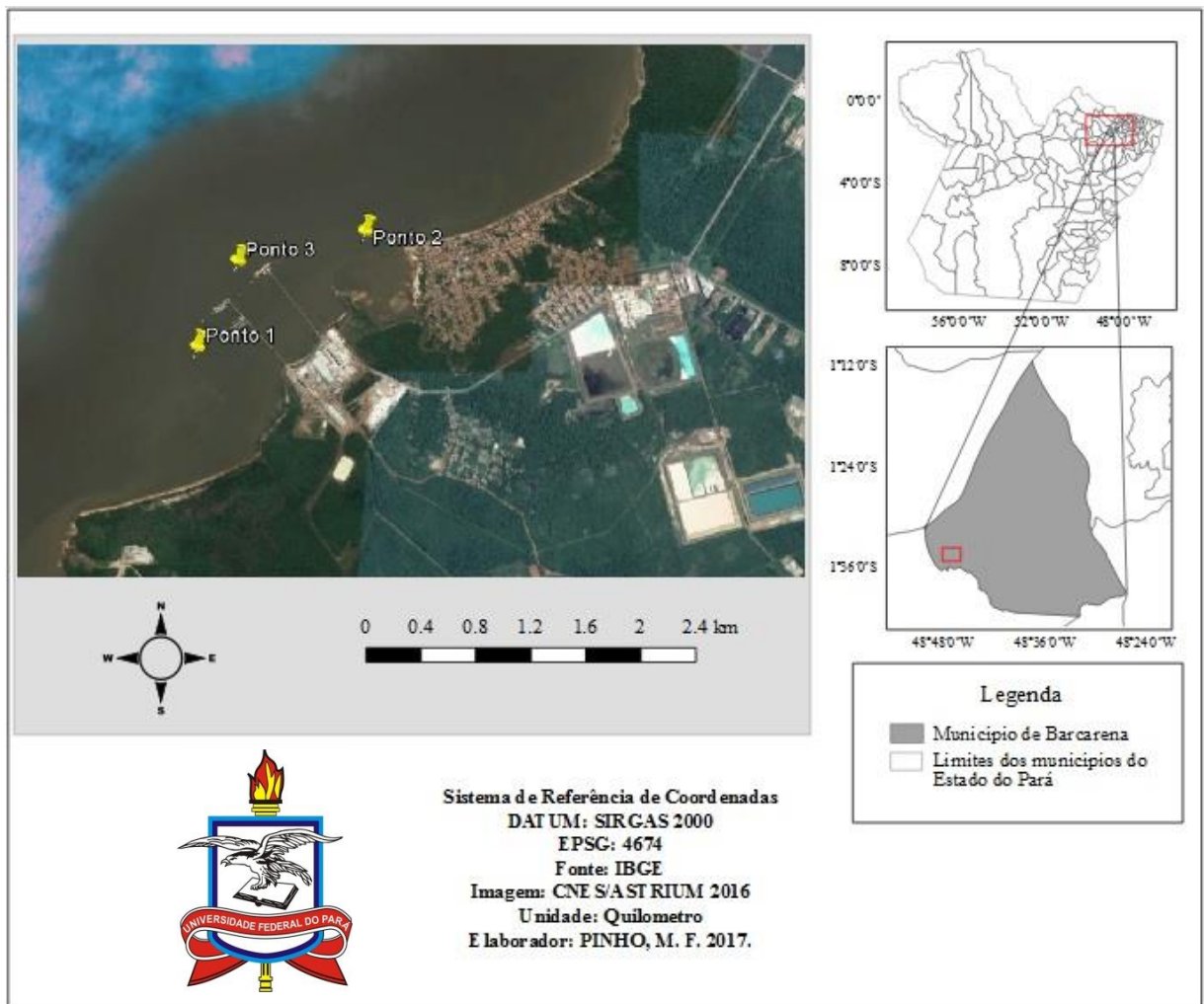
O clima é um grande influenciador nos corpos hídricos, é através dele que ocorrem as mais intensas modificações naturais, nos parâmetros de análise. Na região amazônica predomina-se a grande quantidade da precipitação, isso se deve a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), eventos climáticos El Niño e La Niña, correspondem ao aquecimento e resfriamento das águas do oceano Pacífico e Atlântico, ocasionando efeitos diretamente na Amazônia (LUCAS et al., 2010). Barcarena define-se como equatorial quente e úmido, com temperatura média anual entre 29 e 31°C e alta umidade relativa, com chuvas intensas, acima de 2.500 mm/ano que ocorrem no primeiro semestre e menos intensamente no segundo semestre (VALENTE, 2011). Os ventos predominantes em todo o ano são os de nordeste, conhecidos por marajó, que sopram com mais frequência à tarde. Nas áreas mais largas do rio, em especial nas baías de Marajó e do Marapatá, os ventos de nordeste frescos agitam a água, com perigo para as embarcações pequenas. (BRASIL, 2013).

4.2 Coleta e análise de água

4.2.1. Localização dos pontos de coleta

Os pontos de amostragens localizam-se no rio Pará, no município de Barcarena. Em função da variedade de ambientes, no que se refere à ocupação, tanto urbana quanto empresariais nas margens e proximidades dos cursos d'água, selecionou-se 3 pontos amostrais, como pode ser observado na figura 8.

Figura 8 – Localização dos pontos de coleta



Fonte: Elaboração do autor.

A localização geográfica dos locais das coletas amostrais foram posicionados e identificados com um receptor GPS, e os pontos escolhidos estão apresentados no quadro 1.

Quadro 1: Localização dos pontos de monitoramento.

PONTO	DESCRIÇÃO	Localização Geográfica	
P-01	Rio Pará Montante.	1°34'23,93"S	48°47'0,39"W
P-02	Rio Pará Jusante.	1°33'54,47"S	48°46'21,35"W
P-03	Rio Pará Intermediário.	1°34'2,25"S	48°46'52,29"W

Fonte: Elaboração do autor

4.2.2 Frequência amostral

As campanhas de coletas amostrais foram realizadas com frequência semestral durante os anos de 2012 a 2016 e objetivando-se a caracterização da qualidade do rio de acordo com o CONAMA 357/2005.

Na variação espacial, objetivou-se englobar áreas com a hipótese de alterações substanciais na qualidade hídrica. Na variação temporal, observou-se a característica da sazonalidade local, que vem a ser o período chuvoso e de estiagem. No momento das coletas amostrais, levaram-se também em consideração as chuvas nas últimas 24 horas anteriores à coleta. A quantidade de campanhas das coletas amostrais nos 3 pontos do rio Pará estão discriminadas no quadro 2.

Quadro 2: Campanhas de coletas amostrais.

Número das Campanhas	Data	Hora	Período Climático	Chuva 24H (mm) ¹
1	03/03/2012	08:00	Chuvoso	Sim 32
2	06/10/2012	15:30	Não Chuvoso	Não
3	09/02/2013	11:40	Chuvoso	Sim 13
4	07/10/2013	12:42	Não Chuvoso	Sim 9
5	25/02/2014	08:25	Chuvoso	Não
6	01/11/2014	13:36	Não Chuvoso	Não
7	27/04/2015	13:19	Chuvoso	Sim 45
8	29/10/2015	08:06	Não Chuvoso	Não
9	29/02/2016	15:59	Chuvoso	Sim 52
10	09/09/2016	16:53	Não Chuvoso	Sim 22

¹ Dados do INMET.

Fonte: Elaboração do autor.

4.2.3 Análises in loco e laboratorial

Dentre os parâmetros citados na tabela a seguir, foram analisados in loco e no laboratório Universo Amazônia Ltda., com o auxílio de técnicos capacitados. Os parâmetros de temperatura, pH, condutividade, sólidos dissolvidos totais e oxigênio dissolvido foram analisados in loco, já os demais foram analisados no laboratório Universo Amazônia Ltda.

4.2.3.1 Parâmetros que compõem as análises físico-químicas

Tabela 2: Parâmetros e seus respectivos métodos de análises.

Parâmetros	Método
pH	APHA/AWWA/APCF, 22ª Edição, Método 4500 H ⁺ B.
Temperatura	APHA/AWWA/APCF, 22ª Edição, Método 2550 B.
Turbidez	APHA/AWWA/APCF, 22ª Edição, Método 2130 B.
Cor verdadeira	APHA/AWWA/APCF, 22ª Edição, Método 2120 B.
Sólidos totais	APHA/AWWA/APCF, 22ª Edição, Método 2540 B.
Sólidos em suspensão	APHA/AWWA/APCF, 22ª Edição, Método 2540 D
Condutividade	APHA/AWWA/APCF, 22ª Edição, Método 21030
Sólidos dissolvidos totais	APHA/AWWA/APCF, 22ª Edição, Método 2540 C
Cádmio	APHA/AWWA/APCF, 22ª Edição, Método 3120 B
Oxigênio dissolvido	APHA/AWWA/APCF, 22ª Edição, Método 2550 O G
DQO	APHA/AWWA/APCF, 22ª Edição, Método 5220 D
DBO	APHA/AWWA/APCF, 22ª Edição, Método 5210 B
Óleos e graxas	APHA/AWWA/APCF, 22ª Edição, Método 5520 B.
Alumínio dissolvido	APHA/AWWA/APCF, 22ª Edição, Método 3120 B.
Ferro dissolvido	APHA/AWWA/APCF, 22ª Edição, Método 3120 B.
Sulfato total	HACH 7ª Edição, 8051.
Nitrogênio amoniacal total	APHA/AWWA/APCF, 22ª Edição, Método 4500NH ₃ .
Nitrato	HACH 7ª Edição, 8039.

Fonte: Elaboração do autor.

Os dados de precipitação foram coletados da estação hidrometeorológica de Belém, pois não há estação no município de Barcarena, contudo pode-se ser adotada a estação da capital, por estar a menos de 100 quilômetros da zona de medição climatológica (WMO, 2010).

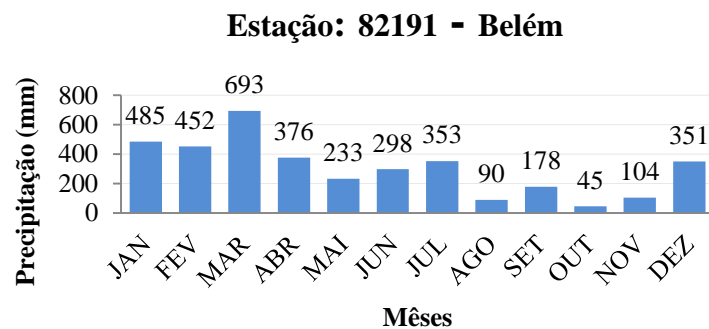
Através dos dados climatológicos, podemos definir dois períodos climáticos (chuvoso e de estiagem), característicos da região norte do Estado do Pará. O período chuvoso é evidente de janeiro a junho, pois são quando precipitam os maiores volumes de chuvas e que elevam os volumes dos rios, outra característica natural da região amazônica.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Variabilidade climática

Através do estudo climático na região amazônica, é possível identificar que a sazonalidade local se divide em duas estações: a chuvosa e a menos chuvosa (estiagem). Pode-se notar que entre os meses de janeiro a junho é o período de maiores chuvas na região, e de julho a dezembro os meses da estiagem, porém observa-se que após a metade de dezembro as chuvas retornam e começa um novo ciclo. As variações pluviométricas, juntamente com a sazonalidade dos períodos chuvosos e de estiagem, podem ser observadas nos gráficos de 1 a 5, discriminados a baixo.

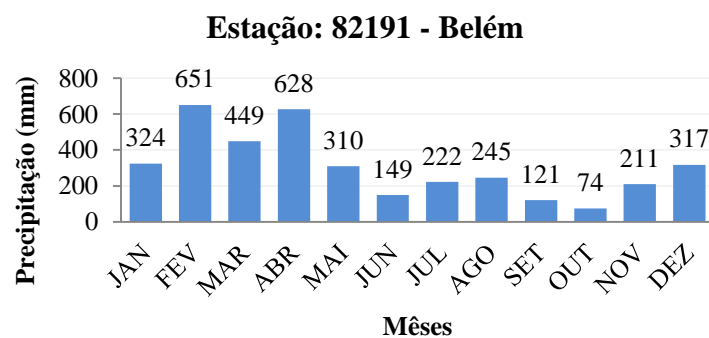
Gráfico 1 – Precipitação no ano de 2012.



Adaptado de: INMET.

Fonte: Elaboração do autor.

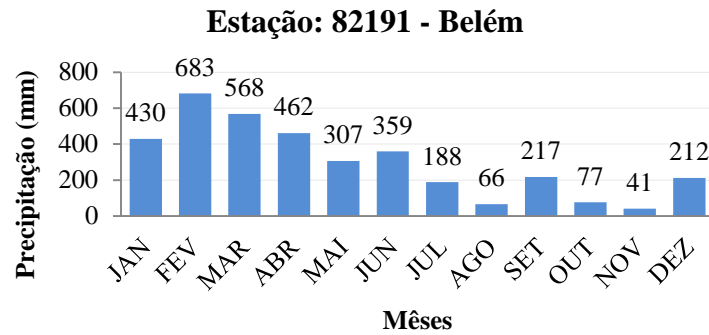
Gráfico 2 – Precipitação no ano de 2013.



Adaptado de: INMET

Fonte: Elaboração do autor.

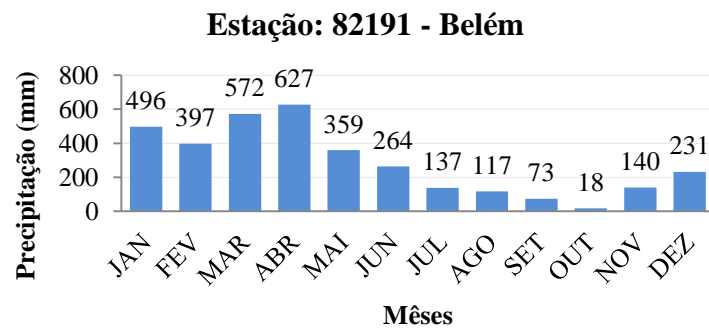
Gráfico 3 – Precipitação no ano de 2014.



Adaptado de: INMET

Fonte: Elaboração do autor.

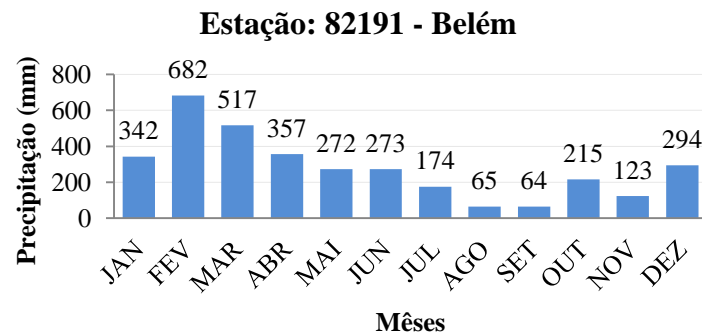
Gráfico 4 – Precipitação no ano de 2015.



Adaptado de: INMET

Fonte: Elaboração do autor.

Gráfico 5 – Precipitação no ano de 2016.



Adaptado de: INMET

Fonte: Elaboração do autor.

Observa-se também a precipitação anual acumulada e a média acumulada, na tabela 2:

Tabela 3 – Precipitação Acumulada entre os anos de 2012 a 2016.

Ano	Precipitação (mm) ¹	Média (mm)
2012	3658	304,84
2013	3701	308,42
2014	3610	300,84
2015	3431	285,92
2016	3378	281,50
Total	17778	296,30

¹ Dados INMET

Fonte: Elaboração do autor.

5.2 Resultados das amostras comparadas com a legislação

A primeira campanha de coletas amostrais, nos três pontos do rio Pará, deu-se início no período chuvoso, no ano de 2012. Os Resultados das análises Paramétricas, na 1ª campanha de coletas amostrais, tendo como limites de referência a resolução CONAMA 357/2005 para águas de classe 2, estão expressos na tabela 4.

Tabela 4 – Resultados do período chuvoso, no dia 03/03/2012. 1ª Campanha.

Parâmetros Analisados	Padrão Legal CONAMA 357/2005 (classe 2)	Limite de Quantificação (LQ)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
pH (unid.)	6 a 9	2 - 12	6,21	6,43	6,33
Temperatura (°C)	NR	0 - 100	28,85	29,80	28,12
Turbidez (NTU)	<100 (NTU)	1	29,96	33,40	26,11
Cor (mg.Pt/L)	<75 mg Pt/L	5	65,50	69,20	66,30
Sólidos totais (mg/L)	NR	20	36,01	76,00	38,00
Sólidos em susp. (mg/L)	NR	30	<LQ	39,92	<LQ
Condutividade (uS/cm)	NR	1,5	49,10	83,80	46,50
Sólidos diss. (mg/L)	<500	20	<LQ	33,40	<LQ
Cádmio (mg/L)	0,001	0,001	<LQ	<LQ	<LQ
OD (mg/L O ₂)	>5,0 mg/L O ₂	0,1	6,54	6,32	6,51
DQO (mg/L O ₂)	NR	5	19,53	11,25	19,61
DBO (mg/L O ₂)	<5,0 mg/IO ₂	2	3,98	3,36	4,78
Óleos e Graxas (mg/L)	VA*	10	VA*	VA*	VA*
Al Dissolv. (mg/L Al)	<0,1 mg/l	0,025	<LQ	<LQ	<LQ
Fe Dissolvido (mg/L Fe)	<0,3 mg/l	0,025	0,115	0,197	0,186
Sulfato total (mg/L SO ₄)	<250	0,5	4,14	9,53	0,97
Nit. Amo. total (mg/L N)	<3,7	0,05	0,44	0,38	0,30
Nitrato (mg/L N)	<10	1	<LQ	<LQ	<LQ

* Virtualmente Ausente.

Em um primeiro momento, na primeira campanha e no primeiro ano do período chuvoso, não identificou-se nenhuma amostra que estivesse em desproporção, em relação à legislação, concluindo-se que a análise paramétrica está em conformidade com o estabelecido pela resolução.

Os Resultados das análises Paramétricas, na segunda campanha de coletas amostrais, estão expressos na tabela 5, tendo como limites de referência a resolução CONAMA 357/2005 para águas de classe 2.

Tabela 5 – Resultados do período não chuvoso, no dia 06/10/2012. 2ª Campanha.

Parâmetros Analisados	Padrão Legal CONAMA 357/2005 (classe 2)	Limite de Quantificação (LQ)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
pH (unid.)	6 a 9	2 – 12	6,12	6,61	6,84
Temperatura (°C)	NR	0 – 100	29,32	31,9	30,90
Turbidez (NTU)	<100 (NTU)	1	7,70	11,42	8,28
Cor (mg.Pt/L)	<75 mg Pt/L	5	25,00	36,30	32,20
Sólidos totais (mg/L)	NR	20	<LQ	35,32	32,12
Sólidos em susp. (mg/L)	NR	30	<LQ	<LQ	<LQ
Condutividade (uS/cm)	NR	1,5	8,88	71,90	44,60
Sólidos diss. (mg/L)	<500	20	<LQ	35,23	<LQ
Cádmio (mg/L)	0,001	0,001	<LQ	<LQ	0,00
OD (mg/L O ₂)	>5,0 mg/L O ₂	0,1	6,50	6,43	6,23
DQO (mg/L O ₂)	NR	5	18,47	21,47	18,34
DBO (mg/L O ₂)	<5,0 mg/lO ₂	2	4,21	3,23	4,09
Óleos e Graxas (mg/L)	VA*	10	VA*	VA*	VA*
Al Dissolv. (mg/L Al)	<0,1 mg/l	0,025	<LQ	<LQ	<LQ
Fe Dissolvido (mg/L Fe)	<0,3 mg/l	0,025	0,109	0,051	0,11
Sulfato total (mg/L SO ₄)	<250	0,5	1,24	<LQ	1,23
Nít. Amon. total (mg/L N)	<3,7	0,05	<LQ	<LQ	<LQ
Nitrato (mg/L N)	<10	1	<LQ	<LQ	<LQ

* Virtualmente Ausente.

No primeiro ano de coletas amostrais, com as campanhas 1 e 2, não verificou-se nenhum excedente paramétrico em relação a legislação CONAMA 357/2005. Concluindo-se que as análises físico-químicas, levadas em consideração a sazonalidade estão em conformidade com a resolução.

Os Resultados obtidos das análises paramétricas realizadas nos 3 pontos do rio Pará, tendo como limites de referência a legislação CONAMA 357/2005 para águas de classe 2, estão expressos na tabela 6.

Tabela 6 – Resultados do período chuvoso, no dia 09/02/2013. 3ª Campanha.

Parâmetros Analisados	Padrão Legal CONAMA 357/2005 (classe 2)	Limite de Quantificação (LQ)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
pH (unid.)	6 a 9	2 - 12	6,45	7,16	7,13
Temperatura (°C)	NR	0 - 100	29,80	30,10	29,90
Turbidez (NTU)	<100 (NTU)	1	13,42	11,57	12,43
Cor (mg.Pt/L)	<75 mg Pt/L	5	68,60	67,44	71,12
Sólidos totais (mg/L)	NR	20	67,99	33,99	34,00
Sólidos em susp. (mg/L)	NR	30	44,65	<LQ	<LQ
Condutividade (uS/cm)	NR	1,5	58,10	40,40	39,50
Sólidos diss. (mg/L)	<500	20	20,70	<LQ	<LQ
Cádmio (mg/L)	0,001	0,001	<LQ	<LQ	<LQ
OD (mg/L O ₂)	>5,0 mg/L O ₂	0,1	5,30	5,01	5,70
DQO (mg/L O ₂)	NR	5	29,41	21,17	23,52
DBO (mg/L O ₂)	<5,0 mg/1O ₂	2	4,69	6,65	5,65
Óleos e Graxas (mg/L)	VA*	10	VA*	VA*	VA*
Al Dissolv. (mg/L Al)	<0,1 mg/l	0,025	<LQ	0,03	<LQ
Fe Dissolvido (mg/L Fe)	<0,3 mg/l	0,025	0,334	0,102	0,087
Sulfato total (mg/L SO ₄)	<250	0,5	1,23	2,12	2,91
Nit. Amon. total (mg/L N)	<3,7	0,05	0,26	0,11	<LQ
Nitrato (mg/L N)	<10	1	<LQ	<LQ	<LQ

* Virtualmente Ausente.

Os Resultados obtidos das análises paramétricas realizadas nos 3 pontos do rio Pará, tendo como limites de referência a legislação CONAMA 357/2005 para águas de classe 2, estão expressos na tabela 7.

Tabela 7 – Resultados do período não chuvoso, no dia 07/10/2013. 4ª Campanha.

Parâmetros Analisados	Padrão Legal CONAMA 357/2005 (classe 2)	Limite de Quantificação (LQ)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
pH (unid.)	6 a 9	2 - 12	6,71	4,50	7,02
Temperatura (°C)	NR	0 - 100	30,10	29,90	28,50
Turbidez (NTU)	<100 (NTU)	1	19,00	4,00	27,00
Cor (mg.Pt/L)	<75 mg Pt/L	5	27,00	17,00	28,00
Sólidos totais (mg/L)	NR	20	41,90	<LQ	23,90
Sólidos em susp. (mg/L)	NR	30	<LQ	<LQ	32,00
Condutividade (uS/cm)	NR	1,5	43,20	22,50	45,10
Sólidos diss. (mg/L)	<500	20	21,98	<LQ	<LQ
Cádmio (mg/L)	0,001	0,001	<LQ	<LQ	<LQ
OD (mg/L O ₂)	>5,0 mg/L O ₂	0,1	5,10	5,47	5,32
DQO (mg/L O ₂)	NR	5	11,76	30,32	14,30
DBO (mg/L O ₂)	<5,0 mg/1O ₂	2	3,45	3,25	2,21
Óleos e Graxas (mg/L)	VA*	10	VA*	VA*	VA*
Al Dissolv. (mg/L Al)	<0,1 mg/l	0,025	<LQ	<LQ	<LQ
Fe Dissolvido (mg/L Fe)	<0,3 mg/l	0,025	<LQ	0,213	<LQ
Sulfato total (mg/L SO ₄)	<250	0,5	<LQ	0,78	<LQ
Nit. Amon. total (mg/L N)	<3,7	0,05	<LQ	<LQ	0,10
Nitrato (mg/L N)	<10	1	<LQ	<LQ	<LQ

* Virtualmente Ausente.

Após 3 campanhas de análises paramétricas, verificou-se as primeiras divergências com a legislação adotada. Nos 3 pontos pode-se observar tais alterações, no ponto 1 o Ferro foi o que encontrou-se em desarmonia com a resolução, excedendo em 0,034 mg/L o limite imposto pela mesma. Nos pontos 2 e 3 a desproporção paramétrica observada foi na DBO, ultrapassando o valor em 1,65 e 0,65 mg/L, respectivamente aos locais.

Ao final de 4 campanhas de coletas amostrais, verificou-se mais uma desconformidade em referência a legislação do CONAMA 357/2005. O ponto de coleta 2 foi onde ocorreu a variação. A divergência foi constatada no parâmetro do pH, visto que de acordo com a resolução não deveria estar abaixo de 6 e nem exceder o valor de 9. Porém não atingiu o limite mínimo, estando em 1,5 abaixo da marca.

Os Resultados obtidos das análises paramétricas realizadas nos 3 pontos do rio Pará, tendo como limites de referência a legislação CONAMA 357/2005 para águas de classe 2, estão expressos na tabela 8.

Tabela 8 – Resultados do período chuvoso, no dia 25/02/2014. 5ª Campanha.

Parâmetros Analisados	Padrão Legal CONAMA 357/2005 (classe 2)	Limite de Quantificação (LQ)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
pH (unid.)	6 a 9	2 - 12	6,52	6,54	6,21
Temperatura (°C)	NR	0 - 100	29,20	28,90	28,80
Turbidez (NTU)	<100 (NTU)	1	24,36	29,12	22,32
Cor (mg.Pt/L)	<75 mg Pt/L	5	98,65	141,50	111,01
Sólidos totais (mg/L)	NR	20	44,21	44,26	39,32
Sólidos em susp. (mg/L)	NR	30	22,32	23,32	21,25
Condutividade (uS/cm)	NR	1,5	42,65	41,97	41,65
Sólidos diss. (mg/L)	<500	20	21,36	21,36	<LQ
Cádmio (mg/L)	0,001	0,001	<LQ	<LQ	<LQ
OD (mg/L O ₂)	>5,0 mg/L O ₂	0,1	5,01	6,01	5,01
DQO (mg/L O ₂)	NR	5	15,36	16,87	9,01
DBO (mg/L O ₂)	<5,0 mg/1O ₂	2	3,01	5,38	<LQ
Óleos e Graxas (mg/L)	VA*	10	VA*	VA*	VA*
Al Dissolv. (mg/L Al)	<0,1 mg/l	0,025	<LQ	0,03	<LQ
Fe Dissolvido (mg/L Fe)	<0,3 mg/l	0,025	0,098	0,214	0,103
Sulfato total (mg/L SO ₄)	<250	0,5	<LQ	<LQ	<LQ
Nit. Amon. total (mg/L N)	<3,7	0,05	0,15	0,12	<LQ
Nitrato (mg/L N)	<10	1	<LQ	<LQ	<LQ

* Virtualmente Ausente.

No período chuvoso da quinta campanha de coletas de amostrais, levando-se sempre em consideração o índice pluviométrico, o parâmetro cor teve seus valores extrapolados nos três

pontos de coletas do rio Pará, em consideração a resolução, sendo a segunda posição amostral, o local mais afetado, onde verificou-se a maior discrepância paramétrica. Um aumento de 23,65 mg.Pt/L no primeiro ponto, no segundo ponto a alteração excedente foi de 66,5 mg.Pt/L e no terceiro ponto foi de exatamente 36,01 mg.Pt/L. Concluindo-se a desconformidade paramétrica de acordo com a resolução.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio excedeu o valor do limite permitido apenas no ponto 2. Tendo um excedente de 0,38 do limite imposto pela legislação, que deveria estar abaixo de 5 mg/L O₂.

Os Resultados obtidos das análises paramétricas realizadas nos 3 pontos do rio Pará, tendo como limites de referência ao CONAMA 357/2005 para águas de classe 2, estão expressos na tabela 9.

Tabela 9 – Resultados do período não chuvoso, no dia 01/11/2014. 6ª Campanha.

Parâmetros Analisados	Padrão Legal CONAMA 357/2005 (classe 2)	Limite de Quantificação (LQ)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
pH (unid.)	6 a 9	2 – 12	6,01	6,01	6,15
Temperatura (°C)	NR	0 – 100	28,1	27,06	27,60
Turbidez (NTU)	<100 (NTU)	1	18,9	26,01	17,32
Cor (mg.Pt/L)	<75 mg Pt/L	5	24,32	15,36	24,32
Sólidos totais (mg/L)	NR	20	36,90	30,25	31,60
Sólidos em susp. (mg/L)	NR	30	21,69	<LQ	20,36
Condutividade (uS/cm)	NR	1,5	24,10	29,65	25,65
Sólidos diss. (mg/L)	<500	20	<LQ	<LQ	<LQ
Cádmio (mg/L)	0,001	0,001	<LQ	<LQ	<LQ
OD (mg/L O ₂)	>5,0 mg/L O ₂	0,1	5,09	5,69	5,69
DQO (mg/L O ₂)	NR	5	14,32	18,69	14,65
DBO (mg/L O ₂)	<5,0 mg/lO ₂	2	3,01	6,36	5,08
Óleos e Graxas (mg/L)	VA*	10	VA*	VA*	VA*
Al Dissolv. (mg/L Al)	<0,1 mg/l	0,025	0,030	<LQ	<LQ
Fe Dissolvido (mg/L Fe)	<0,3 mg/l	0,025	0,121	0,392	0,268
Sulfato total (mg/L SO ₄)	<250	0,5	0,34	<LQ	<LQ
Nit. Amon. total (mg/L N)	<3,7	0,05	<LQ	0,06	0,15
Nitrato (mg/L N)	<10	1	<LQ	<LQ	<LQ

* Virtualmente Ausente.

Através da análise paramétrica na 6ª campanha, no período de estiagem das análises de coletas amostrais, dos três pontos do rio Pará, constatou-se a alteração excedente na variável de DBO nos pontos de coleta 2 e 3, em consideração a resolução. A discordância no segundo ponto foi de 1,36 mg/L O₂ e no terceiro ponto foi de 0,08 mg/L O₂.

Para o parâmetro Ferro, o valor foi excedido, em comparação ao CONAMA 357 que determina que o Fe não pode ultrapassar o valor de 0,3 mg/L, no segundo ponto de amostragem do período de estiagem, está na medida de 0,092 mg/L.

Com o término da 5ª e 6ª campanha de coletas amostrais, verificou-se que nos dois períodos (chuvoso e estiagem), os parâmetros físico-químicos sofreram variação excedente e que novamente o segundo ponto foi o de maior percepção sobressalente com os demais pontos analisados nos mesmos períodos.

Os Resultados obtidos das análises paramétricas realizadas nos 3 pontos do rio Pará, tendo como limites de referência a legislação CONAMA 357/2005 para águas de classe 2, estão expressos na tabela 10.

Tabela 10 – Resultados do período chuvoso, no dia 27/04/2015. 7ª Campanha.

Parâmetros Analisados	Padrão Legal CONAMA 357/2005 (classe 2)	Limite de Quantificação.	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
pH (unid.)	6 a 9	2 - 12	6,86	6,04	6,44
Temperatura (°C)	NR	0 - 100	28,30	29,92	28,53
Turbidez (NTU)	<100 (NTU)	1	20,38	30,63	20,66
Cor (mg.Pt/L)	<75 mg Pt/L	5	72,36	65,27	69,12
Sólidos totais (mg/L)	NR	20	54,80	35,48	48,22
Sólidos em susp. (mg/L)	NR	30	39,70	<LQ	35,74
Condutividade (uS/cm)	NR	1,5	37,90	31,72	35,82
Sólidos diss. (mg/L)	<500	20	<LQ	<LQ	<LQ
Cádmio (mg/L)	0,001	0,001	<LQ	<LQ	<LQ
OD (mg/L O ₂)	>5,0 mg/L O ₂	0,1	6,07	5,92	5,92
DQO (mg/L O ₂)	NR	5	17,30	21,01	21,40
DBO (mg/L O ₂)	<5,0 mg/1O ₂	2	3,79	5,25	5,98
Óleos e Graxas (mg/L)	VA*	10	VA*	VA*	VA*
Al Dissolv. (mg/L Al)	<0,1 mg/l	0,025	0,03	0,03	0,09
Fe Dissolvido (mg/L Fe)	<0,3 mg/l	0,025	0,061	0,245	0,121
Sulfato total (mg/L SO ₄)	<250	0,5	<LQ	<LQ	<LQ
Nit. Amon. total (mg/L N)	<3,7	0,05	0,19	<LQ	0,45
Nitrato (mg/L N)	<10	1	<LQ	<LQ	<LQ

* Virtualmente Ausente.

Após a 7ª campanha de análises paramétricas, verificou-se na DBO divergências com a legislação adotada. A DBO excedeu seu limite nos pontos 2 e 3. No período pluvioso o ponto 2 teve um aumento de 0,25 e o ponto 3 de 0,98 mg/L O₂

Os Resultados obtidos das análises paramétricas realizadas nos 3 pontos do rio Pará, tendo como limites de referência a legislação CONAMA 357/2005 para águas de classe 2, estão expressos na tabela 11.

Tabela 11 – Resultados do período não chuvoso, no dia 29/10/2015. 8ª Campanha.

Parâmetros Analisados	Padrão Legal CONAMA 357/2005 (classe 2)	Limite de Quantificação.	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
pH (unid.)	6 a 9	2 – 12	7,50	7,60	7,60
Temperatura (°C)	NR	0 - 100	28,20	27,00	28,90
Turbidez (NTU)	<100 (NTU)	1	13,10	13,20	8,30
Cor (mg.Pt/L)	<75 mg Pt/L	5	30,00	32,00	35,00
Sólidos totais (mg/L)	NR	20	58,00	36,00	38,00
Sólidos em susp. (mg/L)	NR	30	34,21	<LQ	<LQ
Condutividade (uS/cm)	NR	1,5	46,10	46,30	47,00
Sólidos diss. (mg/L)	<500	20	23,00	23,02	23,10
Cádmio (mg/L)	0,001	0,001	<LQ	<LQ	<LQ
OD (mg/L O ₂)	>5,0 mg/L O ₂	0,1	6,58	6,47	6,52
DQO (mg/L O ₂)	NR	5	5,88	11,76	17,65
DBO (mg/L O ₂)	<5,0 mg/1O ₂	2	2,2	4,41	6,65
Óleos e Graxas (mg/L)	VA*	10	VA*	VA*	VA*
Al Dissolv. (mg/L Al)	<0,1 mg/l	0,025	<LQ	<LQ	<LQ
Fe Dissolvido (mg/L Fe)	<0,3 mg/l	0,025	0,10	<LQ	0,04
Sulfato total (mg/L SO ₄)	<250	0,5	1,24	1,84	3,44
Nit. Amon. total (mg/L N)	<3,7	0,05	<LQ	<LQ	<LQ
Nitrato (mg/L N)	<10	1	<LQ	<LQ	<LQ

* Virtualmente Ausente.

Com o encerramento do ano de 2015 e da 8ª campanha de coletas amostrais, verificou-se que o único parâmetro que sofreu alteração desarmônica com a resolução imposta a águas superficiais classe 2, foi a DBO. Na época de estiagem o terceiro ponto teve seu valor extrapolado em 1,65 mg/L O₂, em comparação a resolução CONAMA 357/2005 para águas doce classe 2.

A próxima campanha de coletas amostrais será a ultima do período chuvoso, já percebendo alterações em algumas variáveis paramétricas nas tabelas anteriores.

Os Resultados obtidos das análises paramétricas realizadas nos 3 pontos do rio Pará, tendo como limites de referência a legislação CONAMA 357/2005 para águas de classe 2, estão expressos na tabela 12.

Tabela 12 – Resultados do período chuvoso, no dia 29/02/2016. 9ª Campanha.

Parâmetros Analisados	Padrão Legal CONAMA 357/2005 (classe 2)	Limite de Quantificação.	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
pH (unid.)	6 a 9	2 – 12	5,87	5,90	5,84
Temperatura (°C)	NR	0 - 100	28,80	27,70	27,80
Turbidez (NTU)	<100 (NTU)	1	22,37	24,81	24,68
Cor (mg.Pt/L)	<75 mg Pt/L	5	61,60	71,60	68,00
Sólidos totais (mg/L)	NR	20	92,00	112,00	102,00
Sólidos em susp. (mg/L)	NR	30	42,9	77,50	74,90
Condutividade (uS/cm)	NR	1,5	68,00	54,70	61,20
Sólidos diss. (mg/L)	<500	20	31,20	25,20	27,30
Cádmio (mg/L)	0,001	0,001	<LQ	<LQ	<LQ
OD (mg/L O ₂)	>5,0 mg/L O ₂	0,1	6,70	6,20	6,90
DQO (mg/L O ₂)	NR	5	16,90	12,50	10,53
DBO (mg/L O ₂)	<5,0 mg/IO ₂	2	<LQ	4,98	2,5
Óleos e Graxas (mg/L)	VA*	10	VA*	VA*	VA*
Al Dissolv. (mg/L Al)	<0,1 mg/l	0,025	0,031	<LQ	<LQ
Fe Dissolvido (mg/L Fe)	<0,3 mg/l	0,025	0,082	0,196	0,052
Sulfato total (mg/L SO ₄)	<250	0,5	0,14	0,08	<LQ
Nit. Amon. total (mg/L N)	<3,7	0,05	0,18	0,07	<LQ
Nitrato (mg/L N)	<10	1	<LQ	<LQ	<LQ

* Virtualmente Ausente.

Os Resultados obtidos das análises paramétricas realizadas nos 3 pontos do rio Pará, tendo como limites de referência a legislação CONAMA 357/2005 para águas de classe 2, estão expressos na tabela 13.

Tabela 13 – Resultados do período não chuvoso, no dia 09/09/2016. 10ª Campanha.

Parâmetros Analisados	Padrão Legal CONAMA 357/2005 (classe 2)	Limite de Quantificação (LQ)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
pH (unid.)	6 a 9	2 – 12	4,90	4,80	5,10
Temperatura (°C)	NR	0 – 100	27,10	25,90	28,60
Turbidez (NTU)	<100 (NTU)	1	15,90	15,48	14,56
Cor (mg.Pt/L)	<75 mg Pt/L	5	33,60	35,90	31,20
Sólidos totais (mg/L)	NR	20	32,90	32,10	38,10
Sólidos em susp. (mg/L)	NR	30	33,90	<LQ	<LQ
Condutividade (uS/cm)	NR	1,5	50,20	60,20	55,20
Sólidos diss. (mg/L)	<500	20	29,60	26,90	24,80
Cádmio (mg/L)	0,001	0,001	<LQ	<LQ	<LQ
OD (mg/L O ₂)	>5,0 mg/L O ₂	0,1	6,50	6,50	6,20
DQO (mg/L O ₂)	NR	5	11,50	8,50	10,50
DBO (mg/L O ₂)	<5,0 mg/IO ₂	2	<LQ	2,10	2,8
Óleos e Graxas (mg/L)	VA*	10	VA*	VA*	V.A
Al Dissolv. (mg/L Al)	<0,1 mg/l	0,025	<LQ	<LQ	<LQ
Fe Dissolvido (mg/L Fe)	<0,3 mg/l	0,025	0,222	0,217	0,119
Sulfato total (mg/L SO ₄)	<250	0,5	<LQ	<LQ	<LQ
Nit. Amon. total (mg/L N)	<3,7	0,05	<LQ	<LQ	<LQ
Nitrato (mg/L N)	<10	1	<LQ	<LQ	<LQ

* Virtualmente Ausente.

No período sazonal chuvoso, o pH teve seus valores abaixo do limite nos três pontos de coletas do rio Pará. No ponto 1 o valor inferior foi de exatamente 0,13, no ponto 2 o valor foi inferior 0,1 e no ponto 3 o valor abaixo do limite foi de 0,16 unidades.

No período de estiagem da última campanha de coletas de amostrais o parâmetro pH teve seus valores extrapolados nos três pontos de coletas do rio Pará. No ponto 1 o valor que ficou abaixo do limite foi de exatamente 1,1, no ponto 2 foi de 1,2 e no ponto 3 foi de exatamente 0,9 unidades.

Como se pode observar, nas tabelas de resultados das análises físico-químicas, para os períodos chuvosos e de estiagem, os parâmetros de cor, pH, DBO e ferro mostraram-se acima dos valores permitidos pela legislação CONAMA 357/2005, em algumas amostras.

Como já foi mostrado anteriormente, na variabilidade climática, os dados dos gráficos de precipitação anual nos anos de 2012 a 2016, evidenciam que nos meses de janeiro a junho é o semestre de maior intensidade chuvosa e conseqüentemente nos meses de julho a dezembro é o semestre menos chuvoso. Toda essa carga chuvosa eleva o volume dos rios e com isso há uma variabilidade nos dados das análises, como verificado nas tabelas de resultados anteriormente descritas.

5.3 Discussões dos parâmetros físicos

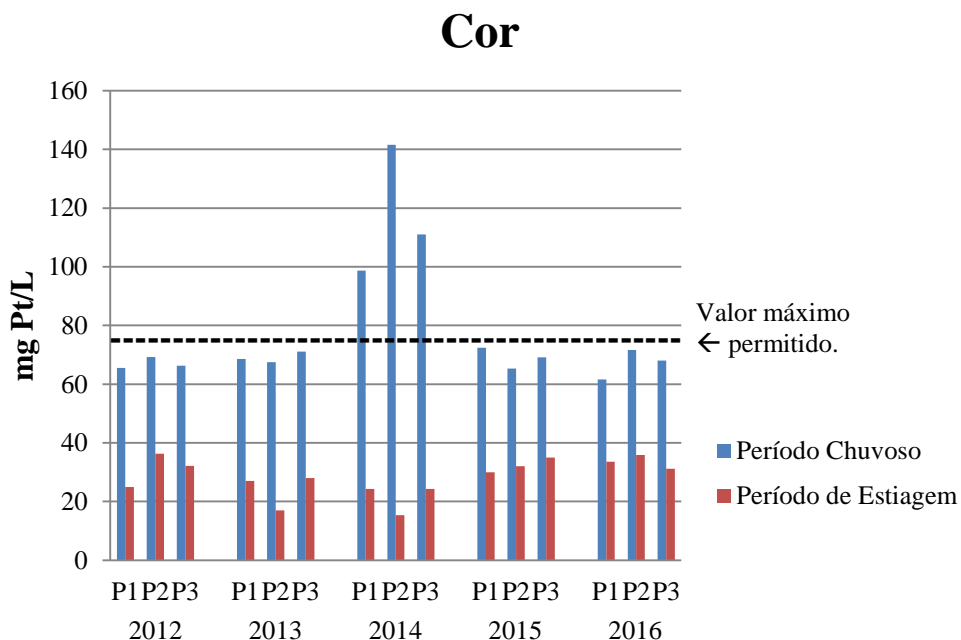
Na determinação dos parâmetros da água, há os que sugerem características que em altos valores podem afetar na penetrabilidade da luz, dentre eles podemos citar a cor e a turbidez do corpo hídrico. Em meio à análise dos dados da cor da água, verificou-se que em exatamente 10% dos casos, no período chuvoso, excedeu-se o limite estipulado pelo CONAMA 357/2005 onde afirma-se que, não deve ultrapassar o valor de 75 mg.Pt/L, os valores ultrapassados são referentes aos três pontos no período chuvoso de 2014.

No gráfico a seguir pode-se notar mais claramente as alterações nos valores da cor da água desses três pontos. Observa-se também que é comum a elevação dos valores no período chuvoso, já que compostos inorgânicos são capazes de acarretar coloração na água, tais como os íons metálicos, óxido de ferro e manganês presentes nos solos (SÃO PAULO, 2009).

Observou-se que no ano de 2014 a variação foi mais significativa no ponto 2, ponto este que situa-se em frente ao igarapé Dendê que tange a comunidade do distrito de Murucupi. Pode ser que o rio está sofrendo influências do aglomerado urbano ou outros tipos de despejos provenientes deste.

Pode-se observar com maior clareza a análise da tabela quanto à variação excedente do parâmetro cor em relação à sazonalidade dos períodos chuvosos e não chuvosos, a partir do gráfico 6.

Gráfico 6 – Variação do parâmetro cor por anos e pontos de coletas.



Fonte: Elaboração do autor.

Segundo Branco (1978), a quantidade de luz que vem a ser retida pela coloração da água afeta diretamente na realização da fotossíntese de algas e vegetações submersas, ocasionando assim uma seleção entre os organismos.

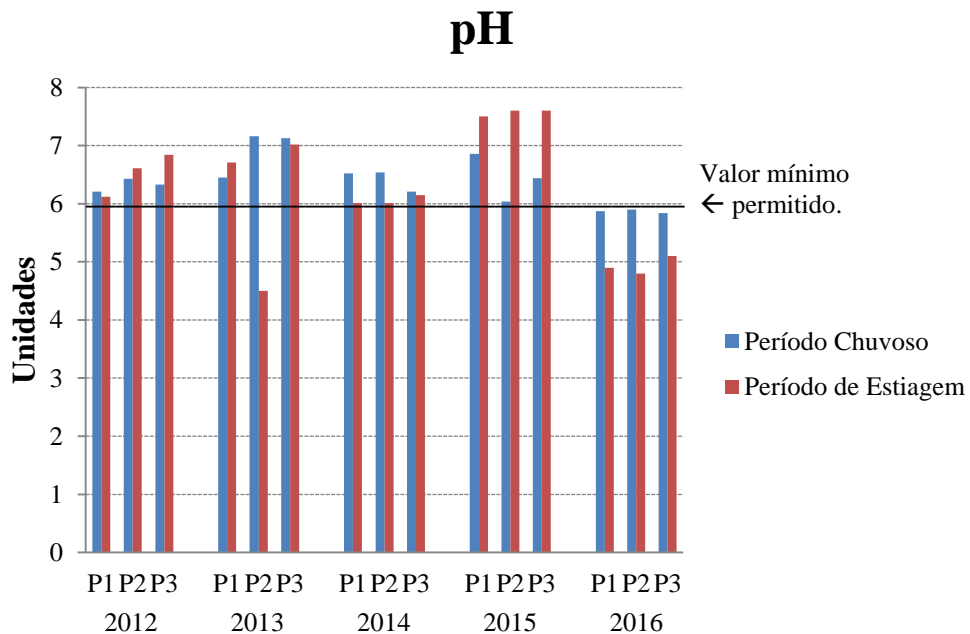
Os demais parâmetros físicos (temperatura, turbidez, condutividade elétrica, os sólidos totais, suspensos e dissolvidos) não extrapolaram os valores máximos permitidos pela resolução CONAMA 357/2005, não evidenciando assim, valores significativos para discussão deste estudo.

5.4 Discussões dos parâmetros químicos

Através da interpretação dos dados do pH da água, verificou-se que em 23,34% das análises, entre período chuvoso e de estiagem, limitou-se a margem mínima estipulada pelo CONAMA 357/2005 onde afirma-se que, não deve limitar-se a menor que 6,0 e nem exceder a 9,0, os valores considerados ácidos e abaixo do limite mínimo permitido são referentes aos seguintes pontos: Período de estiagem, Ponto 2 em 2013; período de estiagem e chuvoso nos três pontos em cada em 2016.

Pode-se observar com maior clareza a análise da tabela quanto à variação excedente do parâmetro pH em relação à sazonalidade dos períodos chuvosos e não chuvosos, a partir do gráfico 7.

Gráfico 7 – Variação do parâmetro pH por anos e pontos de coletas.



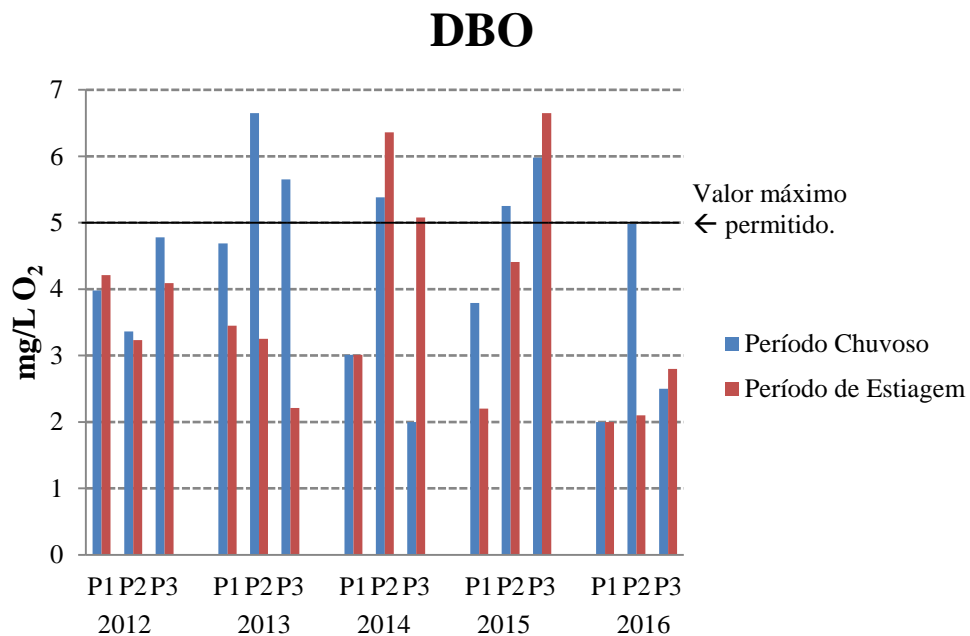
Fonte: Elaboração do autor.

Novamente observando que o ponto 2 é o mais afetado por estar situado em frente a um igarapé que pode ser que esteja trazendo consigo toda a carga de matéria orgânica, despejadas pelo conjunto urbano do distrito adjacente ao afluente.

De acordo com Cunha (2000), a grande quantidade de matéria orgânica presente no corpo hídrico está associada a descargas de águas residuais de esgotos domésticos, águas do uso na agroindústria e alguns tipos de efluentes industriais. Então ficando assim evidente que o ponto 2 pode estar sofrendo influências do uso antrópico e por isso possui os maiores valores mesmo nos períodos chuvosos.

Pode-se observar com maior clareza a análise da tabela quanto à variação excedente do parâmetro DBO em relação à sazonalidade dos períodos chuvosos e não chuvosos, a partir do gráfico 8.

Gráfico 8 – Variação do parâmetro DBO por anos e pontos de coletas.

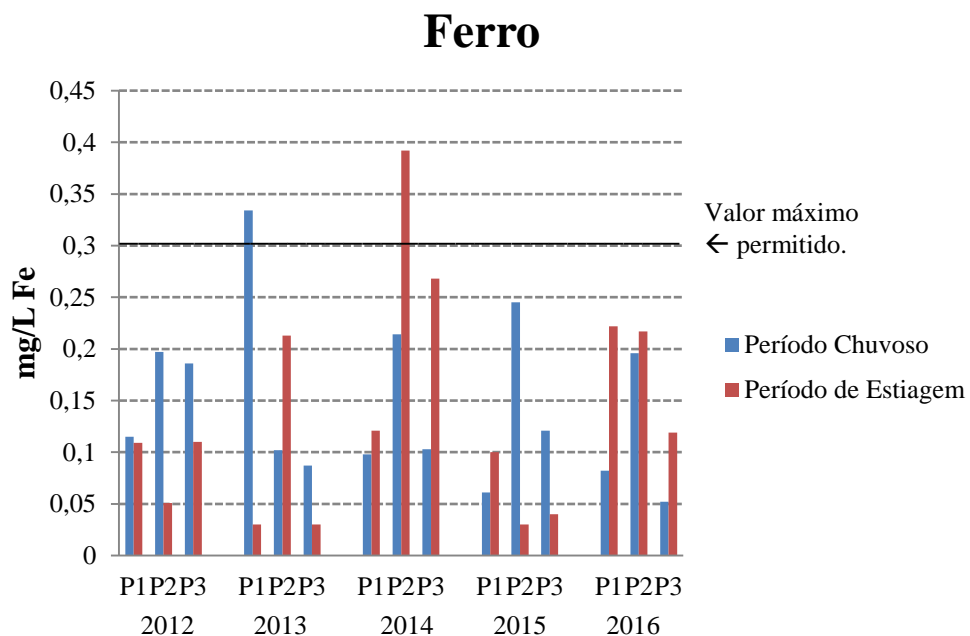


Fonte: Elaboração do autor.

A caracterização do parâmetro de DBO determinou que 26,67% dos valores excederam o limite estabelecido pelo CONAMA 357/2005, que é de no máximo 5mg/L de O₂, como observado no gráfico 8. Na percepção há que, na maioria dos valores excedidos estão do período chuvoso e no ponto 2. Analisando de maneira teórica o ocorrido deveria ser o inverso, já que com maior quantidade de chuvas o volume de água do rio aumente e conseqüentemente aumentaria a quantidade de O₂. Porém como já foi explicado anteriormente, o ponto 2 é o mais afetado podendo estar recebendo toda a quantidade de matéria orgânica despejada pelos esgotos domésticos.

Os resultados das análises de ferro extrapolaram o valor máximo permitido pela legislação, que determina um teto de 0,3 mg/L Fe, em 6,67% dos casos analisados, como evidencia o gráfico 9. Os excedentes ocorreram no período chuvoso e não chuvoso, no ponto 1 em 2013 e ponto 2 em 2014, respectivamente, notando-se o maior valor no segundo ponto de coleta. Pode-se observar com maior clareza a análise da tabela quanto à variação excedente do parâmetro Ferro em relação à sazonalidade dos períodos chuvosos e não chuvosos, a partir do gráfico 9.

Gráfico 9 – Variação do parâmetro Ferro por anos e pontos de coletas.



Fonte: Elaboração do autor

Segundo São Paulo (2009), em águas superficiais, com o período chuvoso tende a aumentar a concentração de ferro que é transportada dos solos por um processo de erosão, quando o terreno é rico nesse material. Não somente em fontes naturais de metais podem ocorrer o acúmulo desse mineral, mas também por meio antrópico. Os esgotos sanitários também apresentam grande quantidade de matéria em estado coloidal. Por isso pode-se notar a elevação também no período de estiagem. Segundo Esteves (1998), a ação do homem vem se destacando para o aumento de ferro nas águas superficiais, fato este que emprega riscos ao equilíbrio ecológico do sistema.

Existe o fato de alguns solos conterem óxido de ferro em excesso, composto esse inorgânico capaz de possuir propriedades coloidais e alterar as concentrações de ferro na água e também os níveis de cor. De acordo com Brito (2008), as águas com valores altos de ferro, apresentam valores também altos de cor e baixos de turbidez, fato este encontrado em evidência no ponto 2 do período de estiagem em 2014, no estudo do rio Pará.

Os demais parâmetros químicos analisados (cádmio, oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio, óleos e graxas, alumínio, sulfato, nitrogênio amoniacal total e nitrato) não extrapolaram os valores máximos permitidos pela resolução CONAMA 357/2005, não evidenciando assim, valores significativos para discussão deste estudo.

As análises da qualidade das águas superficiais mostram que 16,67% de todos os resultados, encontram-se em desconformidade de acordo com a resolução do CONAMA 357/2005. Dentre as variáveis físicas a cor foi o único parâmetro que não obedeceu ao limite da resolução, ultrapassando em 10%. A alteração sazonal é a maior contribuinte para a percepção da variação da cor, sendo que no período chuvoso detectou-se o crescimento médio de 88,57 mg.Pt/L em comparação ao período não chuvoso.

O pH apresentou-se fora dos padrões em 23,34%. A variação excedente foi quase que a mesma nos intervalos chuvosos e de estiagem, configurando-se assim que a precipitação pluviométrica não é a principal causadora de tais alterações. Mesmo com valores abaixo do aceitável pelo CONAMA 357/2005, é comum na região amazônica um pH mais ácido, em torno de 4 a 5.

A DBO apresentou-se em desconformidade em 26,67% dos casos analisados no período chuvoso e de estiagem, que determinado pela Resolução CONAMA 357/05, para rios de classe 2, que é de 5 mg/L. Nota-se que no período pluvioso 16,67% ultrapassaram o limite da resolução adotada, e a maioria dessas alterações foi notada no ponto 2.

Em 6,67% dos casos analisados o Ferro excedeu o limite da legislação. No período chuvoso o valor da análise ficou em 0,334 mg/L e na época não chuvosa em 0,392 mg/L. Na época de estiagem o aumento, por ser evidente no ponto 2, pode ter relação com despejos domésticos no igarapé adjacente a comunidade do distrito de Murucupi.

6. CONCLUSÃO

O estudo vem contribuindo para o reconhecimento da dinâmica da precipitação que ocorre no Rio Pará, em escala temporal e espacial. Duas épocas bem definidas podem ser observadas, um inverno com maiores valores de precipitação, e um verão com a estiagem. Todas as variáveis físico-químicas analisadas estiveram associadas à variabilidade pluviométrica e à qualidade das águas superficiais do rio Pará.

A análise paramétrica produziu dois grupos distintos de qualidade, que divergiram-se quanto à concentração dos parâmetros físico-químicos e à sazonalidade regional.

O período chuvoso compreendido entre os meses de Janeiro a Junho concentra-se 73,21% do total anual de chuvas. O período não chuvoso compreendido entre os meses de Julho a Dezembro, concentra 26,79% do total anual de chuvas.

A alteração sazonal é a maior contribuinte para a percepção da variação dos parâmetros, sendo que no período chuvoso detectou-se o crescimento médio de na maioria dos pontos em comparação ao período não chuvoso.

Como observado no presente estudo, o ponto 2 é o que apresenta a maior desconformidade paramétrica referenciada através da resolução 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente de 2005. Pôde-se perceber que 45% dos valores não aceitáveis pela legislação, estão presentes no segundo ponto de coleta. Sabemos que este ponto está situado em frente a um afluente que tange uma comunidade no distrito de Murucupi e que possivelmente as alterações excedentes são decorrentes a influência do aglomerado urbano ou outros tipos de despejos domésticos.

7. REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas (ANA). O Portal de Qualidade das Águas. 2009. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/enquadramento-bases-conceituais.aspx>>. Acesso em: 12 fev. 2017. 13:39:21.

APHA/AWWA/APCF – American Public Health Association/American Water Works Association/Water Pollution Control Federation, 2012. Standard Methods for the examination of water and wastewater, 22nd. 1360 p.

ARAÚJO, M. C. de, et al. Análise da qualidade da água do riacho Cavouco - UFPE. Recife, PE. 2013. Disponível em <http://www.unicap.br/encontrodasaguas/wp-content/uploads/2013/07/Marlyeta-Chagas-de-Araujo-ufpe-Trabalho_2073002545.pdf> Acesso em 01 mar. 2016. 21:28:44.

BÁRBARA, V. F. Uso do Modelo QUAL2E no Estudo da Qualidade da Água e da Capacidade de Autodepuração do Rio Araguari – AP (Amazônia). 2006. 174 p. Dissertação (Mestrado em Eng^a. do Meio Ambiente), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

BARTH, F. T. Modelos para gerenciamento de recursos hídricos. São Paulo: Nobel, 1987. 526p.

BICUDO, C. E. de M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. Águas do Brasil: Análises estratégicas. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. 224p.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; EIGER, S. Introdução à Engenharia Ambiental. 2^a Ed. São Paulo, SP: Prentice Hall: 2005. 336p.

BRANCO, S. M. Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária. 2^a Ed. São Paulo: CETESB, 1978. 620p.

BRANCO, S. M. Hidrologia aplicada à engenharia sanitária. 3^a Ed. São Paulo: CETESB/ACATESB. 1986. 640p.

BRANCO, S. M. Água: Origem, Uso e Preservação. 2ª Ed. São Paulo. Moderna. 2003. 96p.

BRASIL. Diretoria de hidrografia e navegação (DHN). Roteiro: Costa Norte – Da Baía do Oiapoque ao Cabo Calcanhar, Rios Amazonas, Jari, Trombetas e Pará. 11ª Ed. 4ª reimpressão. Niterói, Rio de Janeiro, 2013. 232p.

BRASIL. Anuário Estatístico do Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rio de Janeiro, v. 75, p. 456, 2015. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/20/aeb_2015.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2017. 11:31:44.

BRASIL. Enciclopédia dos Municípios Brasileiros. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rio de Janeiro, v. 14, p. 291, 1957. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv27295_14.pdf>. Acessado em: 10 mar. 2017. 16:52:09.

BRASIL. Sinopse do senso demográfico 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=29&uf=15>> Acesso em: 14 mar. 2017. 22:54:56.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Manual de saneamento. 3. Ed. revisada. Brasília: 2007. 408p.

BRASIL. LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial União. Brasília, DF. p. 470. Seção 1.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357 de 17 de março de 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. Brasília, 2014. 112 p.

CAMILLERI, C. et al. Silica Reduces the Toxicity of Aluminium to a Tropical Freshwater Fish (Mogurnda Mogurnda). *Chemosphere magazine*, n. 50, p. 355-364, 2003.

CLARKE, R.; KING, J. O atlas da água. São Paulo: Publifolha, 128p. 2005.

COSTA, O. S.; SOUSA, A. R. Análise da Água – Métodos Analíticos Físico-químicos e Biológicos. Goiânia. GO. UFG. 2007.

CUNHA, A.C. Monitoramento, Parâmetros e Controle da Qualidade da Água – curso para engenheiros e técnicos das Unidades de Monitoramento (OEMAs). Amapá: PPG7. 2000. 88p.

DEMATTE, J.L.I.; DEMATTE, J.A.M. Comparações entre as propriedades químicas de solos das regiões da floresta amazônica e do cerrado do Brasil central. Piracicaba, *Scientia Agricola*. 1993, v. 50, n. 2, p. 272-286.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

ESTEVES, F. de A. Fundamentos de Limnologia. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 790p.

Fundação Estadual do Meio Ambiente e Fundação João Pinheiro (FEAM-FJP). A Questão Ambiental em Minas Gerais “Discurso e Política”. Belo Horizonte. SEMAD-FEAM-FJP. 1988. 327p.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_conv_graf>. Acesso em: 15 mar. 2017. 18:11:24.

LUCAS, E. W. N.; BARRETO, N. J. C; CUNHA, A. C. Tempo, Clima e Recursos Hídricos: Amapá: IEPA. 2010. 216p.

MELO, S. C. de. Análise quali-quantitativa no rio Tapacurá no município de Vitória de Santo Antão (PE). Ed. do Autor, 2012. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/Mono_Solange_Melo.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2017, 21:55:23.

MOTA, Suetônio. Preservação e conservação de recursos hídricos. 2ª Ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 187p.

MULLER, A. C. Introdução à Ciência Ambiental. Curitiba, PUCPR, 2002. 98p.

MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI – MPEG. Inventário da Flora da Região de Barcarena - Pará. Mimeo. 2002. 198p.

NEDER, K. D., et al. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, I-091, 2000, Porto Alegre – RS. Anais. Porto Alegre: ABES, 2000. 7p.

NETTO, F. M. da L. et al. Avaliação da qualidade da água e do uso da terra da Bacia hidrográfica do córrego Terra Branca. Uberlândia – MG. Revista Geográfica Acadêmica. v. 5, n. 2, p. 66, 2011.

NYBAKKEN, J. W. Marine biology: an ecological approach. 4. ed. Oxford: Addison-Wesley, 1997. 481p.

SANTOS, I. et. al. Hidrometria Aplicada. LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento; Curitiba – PR, 2001, 372p.

SANTOS, N. A. P. Influência do uso e da cobertura do solo na qualidade da água na Bacia do Rio das Velhas. Dissertação (Mestrado em Geografia) Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG, 2005.

PARÁ. Secretaria de Estado de Turismo. Inventário da oferta turística de Barcarena. 2011. Disponível em: <www.setur.pa.gov.br/sites/default/files/pdf/inventario_barcarena2011final_2.pdf>. Acesso em 06 mar. 2017. 18:31:12.

PARÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Usina Termelétrica de Barcarena. Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), 2007. Companhia Vale do Rio Doce. 2007. Disponível em: <http://www.sema.pa.gov.br/download/Usina%20Termel%C3%A9trica%20de%20Barcarena_RIMA.pdf>. Acesso em 08 mar. 2017. 21:25:37.

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos Sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. 2009. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/variaveis.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2017. 19:39:14.

SPERLING, M. V. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2ª Ed. revisada. Belo Horizonte – MG: UFMG, 1996. 243p.

TOMAZONI, J. C.; MANTOVANI, L. E.; BITTENCOURT, A. V. L.; ROSA FILHO, E. F. da. Utilização de medidas de turbidez na quantificação da movimentação de sólidos por veiculação hídrica nas bacias dos rios Anta Gorda, Brinco, Coxilha Rica e Jirau. Boletim Paranaense de Geociências, v.57, p. 49-56, 2005.

TUNDISI J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. Ciência e cultura on-line version: ISSN 2317-6660. v.55 n.4. São Paulo Outubro/Dezembro. 2003. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400018>. Acesso em 06 mar. 2017. 23:03:08.

TUNDISI, J. G.; STRASKRABA, M. Ecological basis for the application of ecotechnologies to watershed/reservoir recovery and management. In: Ecological basis for the application of ecotechnologies to watershed/reservoir recovery and management. 1992.

VALENTE, V. C. Estudo genotípico de trypanosoma cruzi: Epidemiologia e caracterização molecular de isolados do homem, triatomíneos e mamíferos silvestres do Pará, Amapá e

Maranhão. 2011. Tese (Doutorado em Biologia) Agentes Infecciosos e Parasitários – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém.

World Meteorological Organization (WMO). Guide to the global observing system. n.488, Genebra, Suíça. 172p. 2010.

ZUMACH, R. Enquadramento de curso de água Rio Itajaí- Açu e seus principais afluentes em Blumenau. Florianópolis, 2003. 124 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico. Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.