AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO SOBRE O IGARAPÉ GRANDE EM BOA VISTA/RR

EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF THE DOMESTIC SEWAGE TREATMENT STATION ON THE GRANDE IGARAPÉ IN BOA VISTA /RR

SATELLES, José Lopes^{1*}; BEZERRA DA SILVA, Henrique Eduardo²; FARIAS, Leovergildo Rodrigues³; PANERO, Francisco dos Santos⁴.

¹ Centro de Hematologia e Hemoterapia de Roraima, Gestão de Resíduos Sólidos, Av Brigadeiro Eduardo Gomes, 3418, cep 69304-015, Boa Vista – RR, Brasil. (fone: +55 95 3623 1996)

² Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Instituto de Química, Av. Senador Salgado Filho, 3000, cep: 59.072-970, Natal - RN, Brasil. (fone: +55 84 3211-9224)

³ Instituto Federal de Roraima, Departamento de Ensino de Graduação, Av Glaycon de Paiva, 2496, cep 69303-340, Boa Vista – RR, Brasil. (fone: +55 95 3621 8000)

⁴ Universidade Federal de Roraima, Departamento de Química, Av Capitão Ene Garcês, 2413, cep 69310-000, Boa Vista – RR, Brasil. (fone: +55 95 3621 3100)

** Autor correspondente
e-mail: jsatelles@bol.com.br*

Received 04 August 2017; received in revised form 07 February 2018; accepted 18 February 2018

RESUMO

O corpo hídrico, objeto deste estudo, o igarapé Grande, localiza-se no Município de Boa Vista, Estado de Roraima, na região Norte do Brasil. O presente estudo visa avaliar, através da determinação de parâmetros físico-químicos e biológico (clorofila-a) o impacto ambiental causado pelo aporte de substâncias no igarapé e possivelmente no rio Branco após receber efluente da ETE/Boa Vista-RR. Na realização deste estudo foram selecionados seis pontos de coletas considerados estratégicos para o alcance dos objetivos propostos. Foram analisados os parâmetros: cor, turbidez, condutividade, pH, temperatura, oxigênio dissolvido, nitrito, amônia, fósforo total, cloreto, DBO5, DQO, clorofila-a. O igarapé sofre o impacto humano através da retirada da cobertura vegetal, impermeabilização do solo pela ocupação das imediações e lançamentos de agentes poluidores. Através dos resultados foi possível confirmar o impacto do lançamento do efluente sobre igarapé Grande. Parâmetros como fósforo, amônia, nitrito e clorofila-a demonstraram que o igarapé Grande não possui capacidade de assimilação, em especial nos períodos de seca, dos nutrientes e espécies contaminantes durante o percurso até a sua foz no rio Branco. A análise dos dados obtidos em sua amplitude ambiental mostra a necessidade de programar ações para a reversão dos danos ambientais causados ao igarapé Grande e sua biodiversidade.

Palavras-chave: Boa Vista; Igarapé Grande; Efluente.

ABSTRACT

The water body, object of this study, Grande igarapé, is located in the Municipality of Boa Vista, State of Roraima, in the northern region of Brazil. The present study aims to evaluate the environmental impact caused by the contribution of substances in the igarapé and possibly in the Branco River after receiving the ETE / Boa Vista-RR effluent through the determination of physical-chemical and biological parameters (chlorophyll-a). In the accomplishment of this study six points of collections considered strategic to the attainment of the proposed objectives were selected. The parameters were analyzed: color, turbidity, conductivity, pH, temperature, dissolved oxygen, nitrite, ammonia, total phosphorus, chloride, BOD5, COD, chlorophyll a. The igarapé suffers the human impact through the withdrawal of the vegetal cover, waterproofing of the ground by the occupation of the surroundings and launches of polluting agents. Through the results it was possible to

confirm the impact of the discharge of the effluent on Great stream. Parameters such as phosphorus, ammonia, nitrite and chlorophyll-a have shown that the Grande stream does not have assimilation capacity, especially during periods of drought, of nutrients and contaminating species during the journey to its mouth in the Branco river. The analysis of the data obtained in its environmental amplitude shows the need to plan actions to reverse the environmental damage caused to the Great stream and its biodiversity.

Keywords: Boa Vista; Igarapé Grande; Effluent.

INTRODUÇÃO

Segundo relatório das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos 2015: “água para um mundo sustentável”, até 2030, o planeta enfrentará um déficit de água de 40% entre procura e disponibilidade, a menos que seja melhorada dramaticamente a gestão desse recurso. A demanda de água doce continua aumentando (aumento do consumo na agricultura, indústria, produção de energia, uso doméstico e outros) e a não ser que o equilíbrio entre demanda e oferta seja restaurado, o mundo deverá enfrentar um déficit global de água cada vez mais grave (WWAP, 2015).

O Brasil possui uma posição privilegiada com aproximadamente 8 % da água potável do mundo, porém a situação dessas águas alcança níveis críticos quanto à manutenção de alguns ecossistemas. Os rios localizados próximos às cidades, em sua maioria, estão contaminados, enquanto as atividades de agropecuária e mineração com mercúrio trazem consequências diretas e indiretas ao meio ambiente e suas populações (LIMA, 2001).

O lançamento de resíduos líquidos nas redes públicas de esgotos ou diretamente nos cursos d'água é um dos fatores que contribui de maneira significativa com o comprometimento da qualidade das águas para abastecimentos públicos, fins industriais, recreativos ou práticas desportivas, causando danos aos peixes, prejuízos às propriedades do entorno, à agricultura, pecuária e à fauna natural (SCALIZE et al., 2008).

A Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011, define que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nessa Resolução e em outras normas

aplicáveis, cabendo aos órgãos fiscalizadores garantir o cumprimento do disposto em lei (BRASIL, 2011).

Diversos são os sistemas de tratamentos de efluentes. Segundo Scalize (2008) mesmo os sistemas mais avançados pressupõem uma carga residuária a ser destinada aos corpos receptores. Considerando os aspectos legais, deve-se somente lançar a quantidade assimilável, isto é, aquela que não degrada fortemente o corpo hídrico, mantendo seu complexo ecossistema aquático.

No Brasil, diversas Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) de pequeno e médio porte utilizam lagoas de estabilização (lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa) como processo de tratamento, por ser uma alternativa de baixo custo e também pelas características regionais como o clima quente e grande disponibilidade de área, o que favorece a implantação e bom funcionamento do processo. A baixa eficiência com relação à remoção de nutrientes como o nitrogênio e fósforo e a presença de algas, que além de contribuir como fonte de matéria orgânica e nutrientes na forma orgânica prejudica a qualidade do efluente, não atendendo aos padrões de lançamento nos corpos receptores (FABRETI, 2006).

Nesse contexto, o investimento no gerenciamento de efluentes é uma das diversas soluções para preservar, minimizar os impactos e usar de forma sustentada a água, um recurso indispensável na sobrevivência humana. A região Norte do Brasil apresenta uma riqueza incomparável no que diz respeito a recursos naturais em especial os recursos hídricos, destacam-se importantes rios como o Amazonas, rio Negro, Solimões e o rio Branco, além de uma grande quantidade de lagos e igarapés.

O desenvolvimento deste trabalho se deu no Estado de Roraima que está situado no

extremo Norte do Brasil, na região Amazônica Ocidental. O Estado é cortado por um dos mais importantes rios da região Norte, o rio Branco. Boa Vista, a capital de Roraima, estrategicamente se estabeleceu às margens desse rio, que é também o manancial que abastece parte da cidade. Além do rio Branco, Boa Vista possui vários igarapés no perímetro urbano, dentre eles, o igarapé Grande que é o corpo receptor do efluente gerado no tratamento do esgoto pelo sistema de Lagoas de Estabilização (ESBELL, 2006). O igarapé Grande, deságua no rio Branco após percorrer uma distância aproximada de 3.800 m do ponto de recebimento de efluente proveniente da ETE- Boa Vista – RR.

O igarapé Grande, objeto deste estudo, sofre influência direta, através da ação antrópica: resíduos sólidos, efluentes de origem doméstica, retirada da mata ciliar e ainda substâncias carregadas através de águas de chuva. O principal impacto, visível, ocorre devido ao deságue de efluentes gerados a partir do sistema de lagoas de estabilização. Segundo relatório do IBAM (2005), considerando as condições físicas do sistema de lagoas de estabilização pode-se verificar a ineficiência do tratamento do esgoto pela empresa responsável.

Considerando os aspectos visuais do efluente gerado pelo sistema de lagoas de estabilização (esgoto tratado) da ETE-Boa Vista/RR, bem como o visível impacto sobre o corpo hídrico receptor, e ainda diante da possibilidade de impacto sobre o rio Branco torna-se importante a avaliação, através de parâmetros físico-químicos e biológico, do grau de comprometimento desse corpo receptor bem como o comportamento dos parâmetros ao longo de um período determinado, observando o que preconiza as Resoluções CONAMA 357/05 e CONAMA 430/11.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O corpo hídrico, objeto deste estudo, é o igarapé Grande que se localiza na área urbana do Município de Boa Vista -RR; recebe as águas do igarapé da Paca, formando uma microbacia, e tem sua foz no Rio Branco. O igarapé Grande é um corpo d'água lótico, com uma extensão de aproximadamente 8.550 m e largura média de 10 m. Possui cerca de 1

m de profundidade média. Para realização deste estudo, foram selecionados ao longo do igarapé Grande cinco pontos de coleta de amostras: o primeiro ponto localizado à montante do lançamento do efluente “tratado” pelo sistema de lagoas de estabilização; o segundo, na calha de lançamento do efluente no igarapé; o terceiro, no deságue do efluente no igarapé (zona de mistura); o quarto e quinto pontos, após o igarapé receber o efluente proveniente da ETE- Boa Vista – RR. Diante da necessidade de averiguação da influência do igarapé da Paca sobre o igarapé Grande foi incluído um sexto ponto de coleta, denominado 4.1, localizado em uma área intermediária aos pontos 4 e 5. Esse ponto foi acrescentado aos locais de amostragem somente após a quarta coleta. O igarapé da Paca deságua no igarapé Grande, entre os pontos 4 e 5. Para a inclusão desse ponto, partiu-se da premissa de que aquele corpo aquático, ao desaguar no igarapé Grande, influencia nas características da água desse corpo aquático.

A quantidade dos pontos de coleta de amostras foi definida de modo que este estudo represente a real influência do lançamento dos efluentes gerados a partir do sistema de lagoas de estabilização da ETE Boa Vista no corpo receptor, o igarapé Grande. Além disso, tendo-se seis pontos de coleta, poder-se-á descrever e analisar o comportamento das águas do igarapé ao longo de seu curso e o possível impacto do efluente sobre o Rio Branco. Os pontos selecionados para a realização das coletas encontram-se nas seguintes coordenadas:

a) Ponto 1 – Montante: localizado a 02° 47' 25,4" N e 060° 42' 43,0", a montante do lançamento do efluente gerado pela ETE.

b) Ponto 2 – Calha de lançamento: situado a 02° 47' 19,3" N e 060° 42' 40,6" W, consiste no efluente do esgoto doméstico “tratado” pelo sistema de lagoas de estabilização.

c) Ponto 3 – Deságue do efluente no igarapé Grande: Localizado a aproximadamente 120 m de distância do ponto 1, a 02° 47' 24,5" N e 60° 42' 39,1.

d) Ponto 4 – Ponte BR - 174: localiza-se a 02° 47' 1,4" N e 60° 42' 7,3" W, à aproximadamente 1200 m do ponto 3.

e) Ponto 4.1 – Montante do deságue do igarapé da Paca no igarapé Grande: localiza-se a 02°46'35,0" N e 60°41'58,9" W, a aproximadamente 860 m do

ponto 4.

f) Ponto 5 – Foz do igarapé Grande no rio Branco: Localiza-se a 02° 46' 15" N e 60° 41' 29,9" W, a aproximadamente 1400 m do ponto 4.1.

Para situar o espaço geográfico delimitado para este estudo, confeccionou-se um mapa, utilizando-se o software Google Earth, onde se pode visualizar o trajeto do igarapé Grande, identificado por uma linha pontilhada de cor verde, até sua desembocadura no rio Branco. A Figura 1 traz, ainda, a indicação dos pontos de coleta das amostras, georeferenciados por GPS (*Global Positioning System*) etrex – Garmim e identificados por marcadores. As linhas pontilhadas na cor branca representam os leitos dos igarapés: igarapé grande na parte superior e igarapé da Paca na parte inferior da figura.

Figura 1 - Localização da área de estudo: sudoeste de Boa Vista.

Fonte: Google earth (2010).

Coleta, preservação e transporte das amostras.

As técnicas de coleta, transporte e preservação das amostras, obedeceram às recomendações da norma técnica - NBR nº 9898 - de junho de 1987, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

A coleta das amostras foi realizada em seis campanhas, sendo a 1ª em agosto de 2008; 2ª, novembro de 2008; 3ª, maio de 2009; 4ª, agosto de 2009; 5ª, outubro de 2009; e a 6ª campanha, em dezembro de 2009. As coletas foram realizadas manualmente, mergulhando o recipiente de 15 a 30 cm abaixo da superfície, em sentido contrário ao da corrente, obedecendo a um horário pré-estabelecido (entre 6 e 10 h), utilizando frascos coletores com capacidade para 1 L. Foram utilizados cinco frascos em cada ponto de coleta, sendo

três em polietileno, destinados às determinações das concentrações de nutrientes e espécies metálicas, e dois frascos em vidro âmbar, destinados à determinações de DBO5 e clorofila-a. Cada frasco foi identificado com o nome do ponto de coleta correspondente, além da data e horário da sua realização.

Após a coleta e determinações de alguns parâmetros em campo, as amostras foram acondicionadas em caixas de isopor com gelo, para a manutenção das características das mesmas, e transportadas para o Laboratório de Águas da Universidade Federal de Roraima, a fim de receberem tratamento específico.

As amostras destinadas à análise de fósforo total foram acidificadas com ácido sulfúrico até pH menor que 2, armazenadas sob refrigeração à temperatura de 4 °C para a realização das determinações no prazo máximo de 28 dias.

Os prazos para as realizações das determinações, bem como a preservação das amostras, foram criteriosamente considerados a fim de se obter valores representativos.

Materiais e equipamentos

Os materiais utilizados (vidrarias e plásticos) foram previamente limpos observando as técnicas de limpeza de vidrarias e materias (GAVETTI, 2013), bem como as recomendações dos métodos utilizados (Tabela1). Para garantir maior confiabilidade nas análises, as vidrarias volumétricas foram previamente calibradas (SKOOG, 2006). Na preparação dos padrões e tratamento das amostras, foram utilizados reagentes de pureza analítica e água deionizada (ASTM, 1999).

Na Tabela 1 apresentam-se os parâmetros estudados e os métodos utilizados para a sua determinação, conforme o *Standart Methods for Examination of Water and Wasterwater*, em que os parâmetros pH, temperatura, OD, condutividade foram determinados *in loco*, por meio do uso de equipamentos portáteis, enquanto os demais foram determinados em laboratório.

A determinação do pH foi realizada através do instrumento pHmetro (phtec, pH-

100). A calibração do equipamento foi realizada utilizando-se solução tampão de pH igual a 4 e 7, conforme instruções do fabricante.

A determinação da condutividade elétrica deu-se por meio do aparelho condutivímetro (Handylab, LF1) o qual foi previamente calibrado com uma solução padrão de cloreto de potássio (KCl), 0,01 mol L⁻¹, conforme especificação do fabricante.

Para determinação do OD, recorreu-se ao uso do aparelho oxímetro (handylab, OX1/set) que foi previamente calibrado com uma solução padrão, conforme especificação do fabricante.

Na determinação da cor real, utilizou-se o instrumento Nessler Quanti 200. Com o turbidímetro (Alfakit, AT-2K) fez-se a determinação da turbidez. O instrumento foi previamente aferido com solução padrão de 100 NTU, Método nefelométrico. (Tabela 1).

As determinações de nitrito, amônia, fósforo total e clorofila-a foram realizadas através do método espectrofotométrico (HACH, DR/4000U).

Tratamento dos dados

O tratamento preliminar dos dados obtidos (cálculo de médias aritméticas e coeficiente de variação) foi realizado por meio do software Office Excel 2007 – Copyright© Microsoft Corporation. As curvas analíticas para a determinação dos parâmetros físico-químicos - nitrito, amônia e fósforo total - foram realizadas utilizando o programa Origin 7.0 SRO, versão 7.0220 (B), Copyright© 1991-2002. A análise por Componentes Principais foi realizada por meio do software Ein Sigth 3.0 Série nº 9203E30B20, Copyright© Infometrix, Seattle, WA, 1991.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas análises dos parâmetros físico-químicos, realizadas nas águas do igarapé Grande e no efluente da ETE, durante o período de agosto de 2008 a dezembro de 2009, não evidenciou um padrão de distribuição definido em relação às estações climáticas: estação das chuvas, nos meses de abril a setembro e a estação de seca, nos meses de outubro a março. De acordo com dados fornecidos pelo Instituto Nacional de

Meteorologia - INMET ocorreram baixas precipitações pluviométricas em 2009, destacando-se o mês de maio com apenas 5,5 mm. Verifica-se que a estação seca, em 2009, estendeu-se até o mês de maio, enquanto que elevada precipitação pluviométrica ocorreu apenas nos meses de junho e julho, de acordo com a Tabela 2. Com exceção de alguns parâmetros, em geral foi possível observar uma tendência favorável na distinção espacial, possibilitando a diferenciação entre os pontos de coletas.

Segundo a Resolução do CONAMA 357/05, Art 42, enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2. Sendo assim, aplica-se para o corpo hídrico em estudo, o igarapé Grande, esta classificação como referência.

Os resultados médios obtidos na caracterização físico-química das amostras de água do igarapé Grande e do efluente da ETE - Boa Vista e seus respectivos coeficientes de variação(CV) estão expressos na Tabela 3.

pH

De acordo com a Tabela 3, os resultados obtidos para o parâmetro pH, em sua maioria, encontra-se em consonância com o CONAMA 430/11 (pH entre 6 a 9), com exceção do ponto 1, com pH em geral menor que sete, sendo que nas campanhas: ago/08, mai/09, out/09 e dez/09 o pH apresentou-se menor que o limite mínimo estabelecido pela legislação. O igarapé Grande possui naturalmente suas águas de cor escuras, devido a presença de materiais oriundo de plantas de suas margens, o que permite a produção de ácido úmicos e conseqüentemente um pH de águas ácidas, estando em acordo com a literatura para corpos de águas escuras da região amazônica (HORBE; OLIVEIRA, 2008).

O ponto 2 (efluente) apresentou águas com pH elevado, sendo que nas campanhas: maio/09, ago/09 e dez/09 os valores medidos, respectivamente (9,53; 9,10 e 9,10) foram maiores que o estabelecido pelo CONAMA 357/05 (pH entre 5 à 9) para padrões de lançamento de efluentes. Os valores elevados de pH influencia diretamente no equilíbrio aquático do efluente, bem como sobre as águas do corpo receptor cujo pH apresentou se maior nos locais próximos ao ponto de lançamento.

Os resultados para este ponto podem ser atribuídos ao consumo de gás carbônico no processo de fotossíntese realizado pelas algas que correlaciona às altas concentrações de clorofila-a encontradas, bem como as concentrações elevadas de oxigênio dissolvido nesse ponto.

Temperatura

A temperatura da água é um fator determinante para o desenvolvimento de vidas aquáticas, pois está relacionada com a solubilidade de oxigênio e com o metabolismo de microrganismos. O CONAMA 430/11 não estabelece limites para temperatura, na classificação de um corpo hídrico, porém estabelece uma temperatura máxima para padrões de lançamento de efluentes, de 40 °C. Observa-se que os pontos 2 (efluente) e 3 (zona de mistura) apresentam temperaturas um pouco mais elevadas, nas cinco primeiras campanhas, quando comparadas ao ponto 5, onde existe em suas margens vegetação ciliar. Em geral comparando os valores de temperatura nos pontos de amostragem e a variação temporal, verifica-se uma diferença entre os valores máximos e mínimos menor que 3 °C, com exceções dos pontos 2 e 3 cuja diferença foi de 5,5 °C.

Cor real

Analisando as variações dos resultados para esse parâmetro, pode-se perceber que em todos os pontos de coletas e nas 6 campanhas realizadas os valores foram menores que o valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 que é de até 75 mgPtCo.L⁻¹, porém observa-se valores mais elevados para os pontos 2 e 3 o que pode-se atribuir a partículas dissolvidas provenientes do sistema de lagoas de estabilização. O ponto 1 apresentou valores baixo, correlacionando-se aos parâmetros analisados neste trabalho, sendo este o menos impactado pela ação humana. Desta forma, verifica-se que o sistema de lagoas de estabilização contribui de forma significativa para o comprometimento das águas do igarapé Grande, quanto ao uso para as mais diversas atividades.

Turbidez

O CONAMA 357/05 estabelece limite máximo de até 100 NTU (unidades nefelométricas) para este parâmetro. Observa-se que os valores de turbidez são elevados no ponto 2 (efluente) e no ponto 3 (zona de mistura) estando acima do valor limite estabelecido pela legislação, Ressalta-se ainda, que não há valor de referência estabelecido para lançamentos de efluentes.

Quanto aos pontos: P₄ (155,83 NTU), P_{4.1} (112,61 NTU) e P₅ (102,70 NTU), ambos na 5ª campanha (out/09), os valores encontrados foram relativamente superiores ao estabelecido pela resolução. Isto pode ser atribuído ao reduzido volume de água do igarapé no período de seca e conseqüentemente baixa diluição do efluente em suas águas.

Esse parâmetro demonstrou ser muito importante como indicativo da influência do sistema de lagoas de estabilização sobre a qualidade da água do igarapé Grande, principalmente quando consideramos os aspectos estéticos, tendo em vista que o ponto 1, apresentou, em todas as campanhas, baixos valores para turbidez, enquanto pontos mais impactados devido ao lançamento do efluente no igarapé, P₃ e P₄ e P₅ apresentaram valores mais elevados.

Condutividade elétrica

Não existe valor de referência para este parâmetro na resolução vigente, porém segundo a CETESB (2006), valores de condutividade acima de 100 µs.cm⁻¹ indicam ambientes impactados. Analisando os resultados para condutividade elétrica na Tabela 3, observa-se valores elevados nos pontos 2 e 3 relacionando-se diretamente ao efluente, podendo assim inferir a presença de grande quantidade de substâncias iônicas nesses dois pontos de coleta. Percebe-se, que o impacto causado pelo efluente, com relação a esse parâmetro, é percebido em todos os pontos de coletas a jusante, nos meses de seca out/08, out/09 e dez/09.

Nas campanhas realizadas nos meses de chuvas: ago/08, mai/09 e ago/09, os valores obtidos foram baixos, sendo que na primeira campanha (ago/08), observou-se valores menores no ponto 5, quando comparamos com o ponto 1, pois em agosto de 2008 o igarapé apresentou visivelmente o maior volume de água no período de estudo.

Cloreto

As águas doces têm baixos teores de sais. Os cloretos, em geral são os íons mais abundantes liberados na utilização das águas. As concentrações de cloreto foram em sua maioria menores que 100 mg.L^{-1} , através da Tabela 3 pode-se observar a relação entre o efluente e concentrações de cloreto, tendo em vista que no ponto 2 e ponto 3 observa-se concentrações elevadas quando comparamos com o ponto 1, a montante do lançamento.

De acordo com o CONAMA 357/05 a concentração máxima permitida é de 250 mg.L^{-1} . As concentrações aqui encontradas estão abaixo do limite máximo, estando assim de acordo com o que preconiza a legislação.

Pode-se observar uma correlação entre os valores de condutividade e as concentrações de cloreto, tendo em vista que esse parâmetro representa um dos principais íons presente em efluentes oriundos de esgotos domésticos. Desta forma, os níveis de cloretos influenciaram de maneira significativa na condutividade elétrica, podendo-se observar aumento da condutividade quase sempre que ocorria aumento de cloretos.

Em relação a variação temporal, observa-se no período de maior intensidade de chuvas (ago/09) concentrações de cloreto, em geral, menores que nas demais campanhas, enquanto que no período de seca (dez/10) as concentrações para os pontos P_2 e P_3 foram elevadas.

Oxigênio dissolvido

Analisando os resultados obtidos para OD, Tabela 3, observa-se que os valores médios para o ponto 2 (P_2), foi constatado valores maiores que 5 mg.L^{-1} , alcançando $10,89 \text{ mg.L}^{-1}$ na 2ª campanha. Considerando o aspecto da água e resultados de análises para nutrientes como o fósforo verifica-se grande quantidade de material de origem orgânica em amostra desse ponto (P_2), sendo assim, devido à proliferação de micro-organismos aeróbios, há uma tendência em um consumo maior de oxigênio dissolvido, porém esse comportamento não foi observado para o ponto em questão, visto que os valores apresentados são considerados elevados para a região onde está inserida a área de estudo. Esses

resultados podem ser atribuídos à presença de grande quantidade de organismos fotossintetizantes (concentrações elevadas de clorofila-a), cuja atividade permite a produção de oxigênio, aumentando assim a sua disponibilidade no meio. Além disso, a calha que dar acesso ao igarapé Grande possui certa declividade e desníveis entre os degraus o que provoca pequenas “corredeiras” aumentando a oxigenação do efluente.

Baixas concentrações de OD foram verificadas nos cinco pontos de coleta do igarapé Grande, em sua maioria menores que o valor mínimo estabelecido pelo CONAMA 357/05 que é de 5 mg.L^{-1} . O ponto 5 (foz do igarapé Grande) apresentou concentrações de OD, nas campanhas out/08, mai/09, ago/09, de acordo com a legislação. Valores mais elevados para P_5 pode-se relacionar a presença de grandes árvores e menores temperaturas. Os valores aqui encontrados para esse parâmetro assemelham-se aos de Esbell (2006) e Santana (2006).

As baixas concentrações de oxigênio geralmente observadas no igarapé Grande podem ser atribuídas à grande concentração de matéria orgânica presente na área sob estudo, o que proporciona uma elevada DBO_5 . Além desse fato, a temperatura apresenta-se elevada devido às características de clima da região, o que diminui a disponibilidade de oxigênio dissolvido e consequentemente dificulta a existência de seres aeróbios.

Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO_5

De acordo com a Tabela 3, percebe-se que os valores encontrados para este parâmetro foram elevados em todos os pontos de amostragem e nas campanhas realizadas.

Diferente do comportamento de outros parâmetros indicadores da qualidade da água como: cloreto, nitrito, amônia, clorofila-a, fósforo total que em geral apresentaram valores muito menores no ponto 1, os valores para DBO_5 , apresentaram-se também elevados em P_1 , indicando assim a influência antrópica à montante do lançamento do efluente, o que está em acordo com os resultados observados, para este corpo hídrico, em trabalho realizado por Esbell (2006). Os resultados obtido na análise de DBO_5 se relacionam com os valores para OD, tendo em vista baixas concentrações de OD encontradas nas águas do igarapé nos pontos analisados.

Demanda Química de Oxigênio - DQO

O indicador DQO não possui limite legal estabelecido pelo CONAMA 357/05, porém a DQO é muito útil quando utilizada conjuntamente com a DBO₅ para observar a biodegradabilidade de despejos. Considerando os resultados obtidos para DQO, Tabela 3, observa-se valores elevados para todos os pontos, o que está em acordo com os resultados obtidos para DBO₅, em geral também elevados, porém, conforme pode-se observar na Tabela 3, os valores para DQO apresentaram-se maiores nos pontos 2 e 3, o que se relaciona ao efluente proveniente do sistema de lagoas de estabilização, visto que apresenta alta carga orgânica.

Observa-se que o ponto 1, nas campanhas realizadas, apresentou valores menores que os demais pontos de coleta, demonstrando assim, que apesar de ser um ambiente impactado pela ação antrópica, esse ponto apresenta menores teores de material degradável, infatizando o lançamento de efluentes no igarapé como o grande responsável pela degradação acelerada daquele corpo hídrico.

A razão DQO/DBO₅ variou de 1 até 3, o que indica maior quantidade de material biodegradável nas amostras, sendo que esta relação demonstrou-se mais elevada para o ponto 2 e menores valores para o ponto 1. Observa-se ainda que nos meses de chuva ago/08 e ago/09 os valores de DQO apresentaram-se menores, em todos os pontos de coletas, isto devido ao efeito de diluição do efluente pelo aumento do volume de água do corpo receptor.

Fósforo total

Os valores encontrados para o ponto 1, com exceção da campanha out/08 (0,11 mg.L⁻¹), apresentaram-se em geral, menores que o limite máximo estabelecido pelo CONAMA 357/05 (para ambientes lóticos, um valor máximo de 0,10 mg.L⁻¹). Os resultados obtidos neste ponto correlacionam-se com as baixas concentrações de clorofila-a, sabendo que pouca disponibilidade de nutrientes, em especial o fósforo implicam em ambiente raramente eutrofizado.

Pode-se observar na Tabela 3, que o ponto 2 (efluente) apresenta concentrações de

fósforo elevadas, quando comparadas ao ponto 1, isto indica alta carga orgânica, rica em nutrientes, oriunda do esgoto doméstico.

Com relação aos demais pontos de coletas: P₃, P₄, P_{4.1} e P₅, as concentrações encontradas foram maiores que o estabelecido pelo CONAMA 357/05. Observa-se ainda, que o ponto 3 apresentou valores bastante elevados para esse parâmetro tendo em vista o recebimento do efluente proveniente do sistema de lagoas de estabilização. Os demais pontos 4, 4.1 e 5 apresentaram valores intermediários, porém a contribuição da ETE com relação a esse nutriente é percebida por todo o curso do igarapé à jusante do lançamento do efluente.

Amônia

São diversas as fontes de nitrogênio nas águas naturais. Os esgotos sanitários constituem em geral a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico devido à presença de proteínas e nitrogênio amoniacal (MACEDO, 2007).

O CONAMA 357/05 considera, para a amônia, concentrações máximas diferenciadas, dependentes da faixa de pH encontrada na amostra de água em estudo: (3,7 mg.L⁻¹ para pH ≤ 7,5; 2,0 mg.L⁻¹, para 7,5 < pH ≤ 8,0; 1,0 mg.L⁻¹, para 8,0 < pH ≤ 8,5; 0,5 mg.L⁻¹, para pH > 8,5). Os valores de amônia encontrados para o ponto 1, nas seis campanhas realizadas, apresentaram-se em acordo com o CONAMA 357/05.

Com exceção do ponto 1, em todas as campanhas, e dos pontos 4 e 5 (ago/08), pontos 3 e 5 (ago/09) ponto 3 (out/09), todos os valores apresentaram-se acima do limite máximo estabelecido pela legislação, o que pode-se atribuir ao lançamento de efluentes provenientes da ETE. O efluente (P₂) apresentou concentrações menores que o valor máximo estabelecido pelo CONAMA 430/11 que é de 20 mg.L⁻¹, estando de acordo com os padrões de lançamento.

Observa-se uma relação entre as concentrações de amônia e os períodos de coleta, sendo que no período chuvoso (ago/09) verificou-se baixas concentrações para os pontos 4 e 5, enquanto no período de seca intensa (dez/09) as concentrações foram elevadas em todos os pontos a jusante do lançamento do efluente da ETE.

Através dos valores da Tabela 3 pode-se verificar que o sistema de lagoas de estabilização contribui de forma significativa na concentração de amônia em todos os pontos do Igarapé Grande à jusante do lançamento.

A toxicidade da amônia está relacionada aos valores do pH, ou seja, em pH mais elevado, uma grande percentagem de amônia total se converte na forma mais tóxica, que é a amônia não ionizada podendo causar a mortandade da fauna do corpo hídrico.

Nitrito

Analisando as variações nas concentrações de nitrito, é possível constatar que o ponto 1 apresentou concentrações muito baixas, menores de $0,003 \text{ mg.L}^{-1}$, o que representa que a montante do lançamento de efluentes no Igarapé não há comprometimento da água quanto a presença dessa espécie química. No ponto 3 pode-se observar um aumento significativo nas concentrações de nitrito, o que é devido à carga orgânica que o Igarapé recebe da ETE. Nos pontos 4 e 4.1 verifica-se valores mais baixos que os encontrados no ponto 3, o que está em acordo com a literatura, tendo em vista que o processo de oxidação do nitrogênio deve se encontrar em etapas finais nesses pontos.

O ponto 5 apresentou valores altos em algumas campanhas, o que pode estar relacionados ao estágio de maior conversão de amônia à nitrito. Existe em funcionamento um curtime antecedente a esse ponto. Dessa forma, examinou-se ao longo das margens do Igarapé a possível presença de fontes pontuais de efluentes ou materiais que pudessem ser causadores das elevadas concentrações de nitrito nesse ponto. Entretanto, não foi detectado nenhum lançamento de efluente no percurso examinado. De forma geral os valores encontrados estão em acordo com o CONAMA 357/05 cujo valor máximo para N-nitrito é de 1 mg.L^{-1} .

Parâmetro biológico

Para melhor relacionar os aspectos qualitativos da água às variáveis determinadas acrescentou-se às análises, a partir da 3ª campanha, o parâmetro biológico clorofila-a. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 3.

Clorofila-a

Os valores para o parâmetro clorofila-a, nas quatro campanhas realizadas, estão dispostos na Tabela 3. Observa-se que as concentrações no ponto 1, apresentaram-se inferiores às encontradas nos demais pontos de coleta, enquanto os pontos 2 e 3 apresentaram concentrações bem elevadas. Esses resultados observados experimentalmente estão em acordo com os aspectos visuais das águas nos pontos selecionados, conforme imagens dos pontos de coletas apresentados anteriormente.

Este parâmetro está associado à variáveis como a turbidez, cujos valores apresentados foram elevados nos pontos P₂ e P₃. Ressalta-se, que a eutrofização tem como consequência a produção de grandes massas de matéria orgânica, as quais decompõem-se causando demanda de oxigênio.

A resolução CONAMA 357/05 estabelece um limite máximo para a concentração de clorofila - a de $30 \mu\text{g.L}^{-1}$ para as águas de classe 2. Portanto, no que se refere a esse parâmetro, os pontos 1 e 4 (maio/09 e ago/09) e ponto 5 encontram-se de acordo com a legislação, uma vez que apresentaram concentrações inferiores ao valor supracitado. Os pontos 3, 4 (out/09 e dez/09) e 4.1 apresentaram valores maiores do que $30 \mu\text{g.L}^{-1}$. As concentrações elevadas de clorofila-a apresentadas nas campanhas (out/09 e dez/09) pode-se atribuir ao período de seca intensa o que ocasionou a diminuição do volume de água do Igarapé e consequentemente uma menor diluição do efluente.

Análise multivariada

Para fins de melhor interpretação dos dados obtidos, realizou-se a análise de componentes principais (PCA), onde foi verificado que as componentes PC₁ e PC₂ descrevem 74,7% da variação total dos dados, sendo a PC₁ responsável por 50,7% da discriminação dos dados e a PC₂ 23,8% e fornecem informações discriminatórias das amostras. Através do gráfico de "scores" (Figura 2) observa-se a formação de agrupamento dos pontos de coleta, por discriminação de período pluviométrico, ou seja, através da PC₂ é possível a discriminação dos pontos no período seco (S1, S2, S3, S4 e

S5) e chuvoso (C1, C2, C3, C4 e C5). As variáveis que mais influenciam esta separação pelo gráfico dos “loadings” (Figura 3) são: DBO, DQO e cloreto, pois no período seco elas apresentaram valores bem elevados quando comparado com período chuvoso.

Analizando a PC₁, observa-se o agrupamento dos pontos S2, S3, C2 e C3, que são os pontos de coleta que sofrem contaminação pelo efluente proveniente das lagoas de estabilização. Verifica-se, que através dos mecanismos naturais o igarapé consegue estabelecer condições muito próximas as que existiam antes da contaminação pelo efluente provenientes das lagoas de estabilização. Através do gráfico de “loadings” (Figura 3) é possível verificar quais foram os parâmetros que mais influenciaram na discriminação destes pontos. O Ponto 2 e 3, apresentaram os maiores valores de fósforo total, condutividade, amônia, cloreto, clorofila e turbidez, admitindo assim o impacto do efluente sobre o igarapé Grande.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas análises dos parâmetros físico-químicos, confrontados com os valores padrões das resoluções CONAMA 357/05 e CONAMA 430/11 forneceram informações sobre a qualidade da água do igarapé Grande, mostrando sua fragilidade a fatores de degradação de origem antrópica e ao despejo de efluentes provenientes da ETE. Através de tais análises torna-se possível concluir que:

1. A alteração da qualidade e a diminuição da quantidade da água deve-se à ocupação de áreas inadequadas, pela urbanização e falta de consciência ambiental, pois a degradação ocorre através da retirada da cobertura vegetal, impermeabilização do solo pela ocupação das imediações e lançamentos de agentes poluidores, como esgotos sanitários, águas da chuva, somados ao lixo e assoreamento.

2. Mesmo diante da ação de moradores adjacentes, o igarapé Grande apresenta para a maioria dos parâmetros analisados, água de qualidade compatível com alguns fins para os quais está sendo utilizada, porém após receber o efluente da ETE suas águas tornam-se impróprias aos mais diversos usos, devido aos aspectos visuais e olfativos, bem como as significativas alterações percebidas nas análises aqui realizadas.

3. Foi observada a presença de amônia, nitrito, fósforo e clorofila-a, em maiores concentrações no ponto 3 (deságüe do efluente) e nos pontos à sua jusante, o que vem a confirmar a contribuição do efluente na quantidade de nutrientes no corpo hídrico estudado. O aumento no suprimento e disponibilidade de nutrientes na água afeta a produção primária, modificando as condições ambientais, o que é visivelmente perceptível (água de cor esverdeada a jusante do lançamento).

4. Em relação ao parâmetro oxigênio dissolvido, mesmo em pontos menos impactados, mostrou-se com valores abaixo do preconizado pela Resolução CONAMA 357/05 para corpo hídrico de classe 2. Isto demonstra um nível de poluição no igarapé Grande que é prejudicial à vida de espécies aeróbias.

5. A DBO⁵ e DQO apresentaram-se elevadas, confirmando a disponibilidade de material orgânico, mesmo à montante do lançamento.

6. Com exceção das variáveis DBO₅, OD, pH (ago/08, maio/09, out/09 e dez/09) fósforo (out/08) o ponto 1 apresentou-se, em geral, em acordo com os valores de referência estabelecidos pelo CONAMA 357/05, enquanto que os pontos à jusante do lançamento, para a maioria dos parâmetros analisados, apresentaram-se valores fora dos limites estabelecidos.

7. Apesar de ser um período atípico em relação à sazonalidade, cuja precipitação pluviométrica em alguns meses de 2009 foi inferior à média normal, foi possível, através das variáveis analisadas, verificar uma nítida diferenciação entre período seco e chuvoso, quanto comparamos os meses de maio/09 (seco) e ago/09 (chuvoso).

8. As variáveis físico-químicas analisadas apresentaram-se sensíveis para diferenciar os pontos de coletas. Estes resultados foram confirmados através do método quimiométrico PCA, ocorrendo a separação entre os pontos montante, deságüe e pontos à jusante.

9. A análise dos dados obtidos em sua amplitude ambiental mostra a necessidade de implementação de ações conjuntas para a reversão dos danos ambientais causados ao igarapé Grande e sua biodiversidade, dentro de uma concepção de gerenciamento hidrológico com base no princípio de que a água é um recurso natural indispensável à vida, porém suscetível à escassez.

REFERÊNCIAS

1. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**: NBR 9897. Rio de Janeiro, 1987.
2. ALVES, R. I. S. **Avaliação de parâmetros limnológicos, parasitas, bactérias e metais pesados em água superficial no córrego Ribeirão Preto – Ribeirão Preto – SP**. Ribeirão Preto - SP, 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo.
3. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). D 1193 Standard Specification for Reagent Water, e1, 1999.
4. APHA – American Public Health Association. **Standart Methods for Examination of and Wasterwater**. 20. ed. Baltimore: United Book Press, 1999.
5. BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
6. BOLLIMANN, H. A.; MARQUES, D. M. L. M. influência da densidade populacional nas relações entre matéria orgânica carbonácea, nitrogênio e fósforo em rios urbanos situados em áreas com baixa cobertura sanitária. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. João Pessoa – PB, v. 11, n. 4. p. 343-352, out/dez, 2006.
7. BORSOI, Z.; LUCIA, M.; LANARI, N.; TORRES, S.; GOMES, S. M. **Tratamento de esgoto: tecnologias acessíveis**, 1997.
8. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 430, DE 13 DE MAIO DE 2011, Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial da União**, Brasília, 16 de Maio. 2011.
9. BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 de mar. 2005.
10. CANADA (New Brunswick Water/Economy Agreement). **Monitoring Surface Water Quality – A Guide for Citizens, Students and Communities in Atlantic Canada**. New Brunswick: / Environment Canada. 1994. 76 p.
11. CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. **Variáveis de Qualidade das Águas**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis>>. Acesso em: 10 mar. 2009.
12. CREPALLI, M. S. **Qualidade da água do rio Cascavel**. Cascavel – PR, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE.
13. ESBELL, D. M. **Influência do deságüe do sistema de lagoas de estabilização na quantidade de nutrientes no igarapé Grande**, Boa Vista, 2006. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Roraima.
14. FABRETI, A. A. **Pós-tratamento de efluente de lagoa de estabilização através de processo físico-químico**. 2006. 155 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - ESC POLITÉCNICA, Universidade de São Paulo, São Paulo.
15. FATMA. Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina. **Relevância de parâmetros de qualidade das águas aplicados às águas correntes. Parte I: Características gerais, nutrientes, elementos-traço e substâncias nocivas inorgânicas, características biológicas**. Florianópolis: FATMA/GTZ, 1998 p.108.
16. FARIAS, M. S. S. **Monitoramento da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Cabelo**. Julho, 2006. Tese (Monitoramento e Controle da Degradação Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande – PB.
17. GAVETTI, S. M. C. Guia de utilização de laboratório químicos e biológicos. UNESP, Sorocaba, 2013.
18. GROppo, D. J. **Estudo de tendências nas séries temporais de qualidade de água de rios do estado de São Paulo com diferentes graus de intervenção antrópica**. Piracicaba-SP, 2005. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistema) – Universidade de São Paulo.
19. HARRIS, D.C., **Análise Química**

- Quantitativa**, 8ª Ed., LTC Editora, Rio de Janeiro, 2012.
20. HAVENS, K. E., et al. N:P ratios, light limitation, and cyanobacterial dominance in a subtropical lake impacted by non-point source nutrient pollution. **Environmental Pollution**, v. 122, p. 379-390, 2003
 21. HORBE, A. M. C.; OLIVEIRA, L. G. S. Química de igarapés de água preta do Nordeste do Amazonas - Brasil. **Acta Amazônica**. 38(2): 753-760.2008.
 22. IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal. **Abastecimento de água e esgotamento sanitário, produto 7** – Diagnóstico municipal integrado, 279-295 p., 2005.
 23. LIMA, M. J. **Avaliação de metais e elementos-traço em águas e sedimentos das bacias hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Prado**, São Paulo. 2001. 210 f. Dissertação (Mestrado em Química). Comissão nacional de energia nuclear instituto de pesquisas energéticas e nucleares – IPEN. São Paulo.
 24. MACEDO, M. F. **Avaliação do Sistema de Monitoramento de Recursos Hídricos e a Viabilidade Técnica, Legal e Econômica da Aplicação da Resolução Conama 357/2005 para a Sub-bacia do Ribeirão das Cruzes (Araraquara- SP)**. Araraquara – SP. 2007. Dissertação (Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) - Centro Universitário de Araraquara.
 25. MELLO, J. H. T. M.; AUGUSTO, F.C.; ESPESCHIT, J. N.; **Capacidade de Auto-Depuração do Rio Manhuaçu Avaliação dos Impactos Sanitários e Ambientais do Lançamento dos Esgotos Domésticos da Cidade de Manhuaçu em Seu Rio**. Tema: Recursos Hídricos. Sétima Exposição de Experiências Municipais em Saneamento, 2004.
 26. MICARONI, R. C. C. M. **Gestão de Resíduos em Laboratórios do Instituto de Química da UNICAMP**. Campinas – SP fev/2002. 127 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas.
 27. NAIME, R.; FAGUNDES, R. S. **Controle da Qualidade da Água do Arroio Portão Portão, RS**. Pesquisas em Geociências, Portão – RS, v. 32, n. 1, P. 27-35, 2005.
 28. NIEWEGLOWSKI, A. M. A. **Indicadores de Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Toledo**. Curitiba, 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
 29. ORSSATTO, F. **Avaliação do Oxigênio Dissolvido da Água de Um Corpo Receptor a Montante e a Jusante ao Lançamento de Uma Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário**. In: XVII Semana da Biologia. Set. de 2007. UNIOESTE, Cascavel – PR.
 30. SANT'ANA, A. C. **Análise multivariada da qualidade da água superficial no município de Boa Vista – RR**. Boa Vista, 2006. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Roraima.
 31. SCALIZE, P. S.; LEITE, W. C. A.; RODRIGUES, J. M.; VENUZO, S. B.; LOMBARDI, R.; OLIVEIRA, S. C.; SANTOS, M. F. **Avaliação da autodepuração do Ribeirão das Cruzes através da depressão do oxigênio dissolvido após receber efluente da Ete-Araraquara**. Fev. 2008. Disponível em: <http://www.semasa.sp.gov.br>. Acesso: 15 jun. 2008.
 32. SKOOG, A. D.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Fundamentos de química analítica**. 8ª Ed. Thomson, São Paulo, 2006.
 33. TOMAZELA, D. P. **Monitoramento espacial e temporal de parâmetros físicos, químicos e biológicos da bacia hidrográfica do rio Capivari (Norte da ilha de Santa Catarina)**. Florianópolis, 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Santa Catarina.
 34. VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v.1. 3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.
 35. WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Copper**. Genova: WHO, 1998.
 36. WWAP (United Nations World Water

Assessment Programme). 2015. **The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World**. Paris, UNESCO.

Tabela 1. Metodologias de análises

Variável	Unid.	Campo	Laboratório	Método
pH	-	X		APHA (1998) – Seção 4500 – Método eletrométrico
Temperatura da água	°C	X		APHA (1998) – Seção 2550 B. – Método de análise de campo
Oxigênio dissolvido	mg.L ⁻¹	X		APHA (1998) – Seção 4500 O. – Método do eletrodo de membrana
Cor real	mg/Pt		X	APHA (1998) – Seção 2120 B. – Método da comparação visual.
Turbidez	NTU		X	APHA (1998) – Seção 2130 B. – Método nefelométrico.
Condutividade	µS/cm	X		APHA (1998) – Seção 2510
Cloreto.	mg.L ⁻¹		X	APHA (1998) – Seção 4500 B. – Método argentimétrico
DBO ₅	mg.L ⁻¹		X	APHA (1998) – Seção 5210 B. – Método de incubação.
DQO	mg.L ⁻¹		X	APHA (1998) – Seção 5220 C. – Método de refluxo fechado.
Fósforo total	mg.L ⁻¹		X	APHA (1998) – Seção 4500 Fósforo E. – Método ácido ascórbico
Nitrogênio amônia	mg.L ⁻¹		X	APHA (1998) – Seção 4500-NH ₃ F. Método Fenato
Nitrogênio nitrito	µg.L ⁻¹		X	APHA (1998) – Seção 4500 B. – Método colorimétrico.
Clorofila-a	µg.L ⁻¹		X	WISCONSIN STATE LAB OF HYGIENE (1991) ESS.Method 150. 1: Chorophyll-Spectrophotometric
Espécies metálicas	mg.L ⁻¹		X	APHA (1998) – Seção 3111 – Espectrometria de absorção atômica por chama.

Tabela 2 - Regime pluviométrico em Boa Vista

ANO	NORMAL		2010		2009		2008	
MÊS	mm	dias	mm	dias	mm	dias	mm	Dias
JAN	27,4	4	18,8	7	84	9	44,5	4
FEV	28,1	3	69,3	9	31,8	6	31	7
MAR	46,7	5	24,8	3	48,9	7	66,7	7
ABR	119,9	10	258,9	16	115,2	4	57,9	9
MAI	282,1	19	264,1	20	5,5	4	377,8	22
JUN	355,6	23	-	-	462,9	21	240,5	23
JUL	353	19	-	-	323,6	21	455,1	21
AGO	218,6	17	-	-	85,8	17	73	17
SET	96,6	8	-	-	*	*	135,6	11
OUT	60,4	5	-	-	*	*	100,3	13
NOV	53,4	5	-	-	*	*	162,4	8
DEZ	43,7	5	-	-	69,9	-	293,3	18
TOTAL	1685,5	123	635,9	55	1227,6	89	2038,1	160

* Não Coletados

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET

Tabela 3 – Resultados das análises e seus respectivos coeficientes de variação

Campanhas		Camp. 1	Camp. 2	Camp. 3	Camp. 4	Camp. 5	Camp. 6
Parâmetros		(ago/08)	(out/08)	(mai/09)	(ago/09)	(out/09)	(dez/09)
pH	P ₁	3,6 (0,00)	6,30 (0,00)	5,60 (0,00)	6,30 (0,00)	5,60 (0,00)	5,60 (0,00)
	P ₂	NR	8,90 (0,00)	9,53 (0,61)	9,10 (0,00)	7,83 (0,74)	9,10 (0,00)
	P ₃	7,60 (0,00)	7,60 (0,00)	8,40 (0,00)	7,70 (0,00)	7,10 (0,00)	7,30 (0,00)
	P ₄	5,67 (0,00)	6,60 (0,00)	6,77 (0,85)	6,23 (0,93)	6,40 (0,00)	6,50 (0,00)
	P _{4.}	NR	NR	NR	NR	6,60 (0,00)	6,80 (0,00)
	P ₅	5,30 (0,00)	6,40 (0,00)	7,40 (0,00)	6,77 (0,85)	7,00 (0,00)	7,40 (0,00)
Temperatura °C (CV)	P ₁	28,00 (0,00)	27,00 (0,00)	28,33 (2,04)	27,00 (0,00)	28,00 (0,00)	27,00 (0,00)
	P ₂	NR	30,00 (0,00)	29,00 (0,00)	32,00 (0,00)	29,00 (0,00)	26,50 (0,00)
	P ₃	30,00 (0,00)	30,00 (0,00)	28,00 (0,00)	32,00 (0,00)	29,00 (0,00)	26,50 (0,00)
	P ₄	29,00 (0,00)	27,50 (0,00)	29,00 (0,00)	28,00 (0,00)	28,50 (0,00)	27,00 (0,00)
	P _{4.}	NR	NR	NR	NR	28,00 (0,00)	27,00 (0,00)
	P ₅	28,00 (0,00)	27,50 (0,00)	27,00 (0,00)	27,33 (2,11)	27,50 (0,00)	25,50 (0,00)
Cor (mg Pt-CoL ⁻¹) (CV)	P ₁	5,00 (0,00)	10,00 (0,00)	20,00 (0,00)	20,00 (0,00)	10,00 (0,00)	5,00 (0,00)
	P ₂	NR	40,00 (0,00)	50,00 (0,00)	50,00 (0,00)	50,00 (0,00)	30,00 (0,00)
	P ₃	30,00 (0,00)	40,00 (0,00)	50,00 (0,00)	60,00 (0,00)	40,00 (0,00)	30,00 (0,00)
	P ₄	20,00 (0,00)	20,00 (0,00)	30,00 (0,00)	30,00 (0,00)	20,00 (0,00)	15,00 (0,00)
	P _{4.}	NR	NR	NR	NR	30,00 (0,00)	15,00 (0,00)
	P ₅	10,00 (0,00)	20,00 (0,00)	30,00 (0,00)	40,00 (0,00)	30,00 (0,00)	10,00 (0,00)
Turbidez (NTU) (CV)	P ₁	7,07 (0,00)	20,01 (0,06)	21,22 (0,91)	24,67 (2,34)	18,90 (0,03)	23,33 (2,47)
	P ₂	NR	506,2 (0,03)	612,81 (0,00)	599,17 (0,18)	954,03 (0,00)	568,00 (0,50)
	P ₃	550,44 (0,00)	505,8 (0,10)	392,20 (0,04)	350,50 (0,14)	458,52 (0,01)	386,00 (1,79)
	P ₄	38,93 (0,00)	60,54 (0,07)	98,20 (0,17)	91,14 (0,13)	155,83 (0,02)	95,00 (2,11)
	P _{4.}	NR	NR	NR	NR	112,61 (0,01)	36,00 (2,78)
	P ₅	36,28 (0,00)	88,26 (0,26)	73,48 (0,04)	71,93 (0,08)	102,70 (0,01)	57,67 (1,00)
Cloreto mg.L ⁻¹ (CV)	P ₁	10,16 (2,84)	18,99 (2,63)	46,82 (3,43)	14,85 (1,68)	16,83 (1,71)	28,49 (4,64)
	P ₂	NR	42,65 (0,83)	69,81 (3,04)	32,29 (0,00)	44,15 (0,80)	99,64 (0,71)
	P ₃	32,99 (1,52)	38,32 (1,51)	67,65 (0,43)	31,86 (1,57)	32,66 (0,88)	95,97 (4,13)
	P ₄	17,66 (3,27)	18,49 (7,15)	42,32 (6,51)	13,41 (3,23)	23,66 (1,22)	32,99 (1,52)
	P _{4.}	NR	NR	NR	NR	23,66 (0,00)	28,66 (1,01)
	P ₅	5,00 (0,00)	12,66 (2,28)	40,49 (6,53)	13,55 (1,84)	22,49 (1,84)	28,16 (1,02)
OD mg.L ⁻¹ (CV)	P ₁	3,93 (0,00)	4,47 (0,00)	2,57 (2,25)	4,46 (0,00)	2,40 (0,24)	2,99 (0,88)
	P ₂	NR	10,89 (0,00)	6,77 (0,00)	5,88 (1,20)	5,01 (0,00)	6,72 (0,00)
	P ₃	4,40 (0,00)	1,90 (0,00)	4,00 (0,00)	4,61 (0,00)	4,87 (0,00)	4,85 (0,00)
	P ₄	0,94 (0,00)	0,80 (0,00)	0,63 (9,12)	8,95 (0,45)	0,70 (0,00)	4,20 (0,14)
	P _{4.}	NR	NR	NR	NR	2,35 (0,00)	2,73 (0,00)
	P ₅	4,10 (0,00)	5,11 (0,00)	5,73 (1,01)	5,34 (0,22)	4,60 (0,25)	4,82 (0,00)
DBO ₅ mg.L ⁻¹ (CV)	P ₁	NR	55,25 (5,10)	113,67 (0,05)	32,70 (4,23)	49,04 (4,41)	52,49 (6,93)
	P ₂	NR	83,55 (0,00)	113,80 (0,00)	54,39 (7,86)	101,45 (1,71)	53,16 (3,22)
	P ₃	NR	73,69 (3,94)	111,02 (2,51)	65,79 (5,25)	87,80 (0,00)	77,84 (4,44)
	P ₄	NR	48,60 (1,16)	103,15 (0,28)	33,01 (4,23)	62,48 (0,00)	28,98 (4,82)
	P _{4.}	NR	NR	NR	NR	39,43 (9,12)	71,41 (9,23)
	P ₅	NR	51,34 (5,59)	109,98 (0,00)	79,78 (4,44)	48,60 (6,95)	38,89 (0,00)
DQO mg.L ⁻¹ (CV)	P ₁	8,00 (0,00)	79,20 (1,01)	116,93 (0,20)	67,02 (2,84)	70,31 (2,71)	NR
	P ₂	NR	253,33 (0,00)	297,33 (0,95)	149,42 (1,56)	269,17 (4,33)	NR
	P ₃	170,67 (5,41)	208,00 (3,85)	205,33 (2,25)	142,61 (1,07)	164,80 (0,00)	NR
	P ₄	58,67 (7,87)	87,20 (0,92)	119,73 (0,39)	71,19 (2,45)	115,91 (0,82)	NR
	P _{4.}	NR	NR	NR	NR	98,88 (0,00)	NR
	P ₅	33,33 (6,93)	95,47 (0,48)	237,33 (1,95)	96,68 (1,97)	126,35 (7,53)	NR

NR – Não realizado

LOQ – Limite de quantificação

Tabela 3 – Resultados das análises e seus respectivos coeficientes de variação (Continuação)

P _{total} mg.L ⁻¹ (CV)	P ₁	0,09 (2,35)	0,11 (2,77)	0,06 (2,43)	0,07 (3,26)	0,01 (7,66)	0,04 (8,95)
	P ₂	NR	1,12 (1,12)	1,89 (0,37)	1,33 (1,73)	1,49 (1,94)	1,27 (1,31)
	P ₃	0,79 (1,51)	0,74 (0,48)	1,91 (2,06)	1,30 (1,77)	1,38 (9,38)	1,03 (0,12)
	P ₄	0,21 (1,86)	0,22 (1,84)	0,73 (0,34)	0,24 (1,38)	0,49 (1,45)	0,39 (3,45)
	P ₄	NR	NR	NR	NR	0,44 (1,66)	0,34 (0,36)
N-NH ₃ mg.L ⁻¹ (CV)	P ₅	0,13 (9,36)	0,18 (2,16)	0,57 (0,43)	0,19 (2,85)	0,38 (2,08)	0,39 (0,94)
	P ₁	0,34 (0,00)	0,19 (5,88)	<LOQ	0,18 (3,53)	<LOQ	0,09 (5,96)
	P ₂	NR	9,51 (0,00)	10,26 (1,28)	1,48 (4,69)	2,02(1,17)	10,42 (3,92)
	P ₃	9,51 (0,07)	20,57 (1,20)	13,41 (0,82)	1,36 (5,29)	3,02 (6,13)	10,83 (9,78)
	P ₄	0,07 (0,00)	11,47 (0,00)	9,16 (1,86)	6,16 (10,58)	10,98 (3,67)	13,40 (3,23)
N-NO ₂ ⁻ mg.L ⁻¹ (CV)	P ₄	NR	NR	NR	NR	15,62 (7,26)	16,45 (5,03)
	P ₅	0,57 (1,10)	7,40 (0,60)	3,97 (0,99)	2,64 (4,86)	6,24 (5,18)	7,85 (2,11)
	P ₁	0,003 (8,30)	0,003 (6,73)	0,002 (0,00)	0,001 (0,00)	0,001 (8,12)	0,001 (0,00)
	P ₂	NR	0,070 (2,73)	0,012 (2,00)	0,002 (0,00)	0,004 (0,00)	0,001 (0,00)
	P ₃	0,079 (2,22)	0,086 (1,80)	0,005 (3,53)	0,009 (4,31)	0,009 (8,64)	0,004 (5,07)
Clorofila-a Mg.L ⁻¹ (CV)	P ₄	0,011 (3,85)	0,012 (2,76)	0,007 (4,99)	0,001 (6,71)	0,002 (0,00)	0,001 (4,35)
	P ₄	NR	NR	NR	NR	0,004 (9,62)	<LOQ
	P ₅	0,011 (0,00)	0,037 (1,04)	0,117 (0,33)	0,009 (0,00)	0,086 (6,46)	0,147 (1,33)
	P ₁	NR	NR	1,03 (5,93)	1,37 (5,93)	1,00 (5,70)	1,37 (5,70)
	P ₂	NR	NR	56,87 (1,00)	69,52 (3,91)	94,88 (1,58)	94,88 (1,58)
	P ₃	NR	NR	100,03 (5,57)	119,44 (0,57)	79,68 (1,54)	79,68 (1,54)
	P ₄	NR	NR	4,43 (8,97)	25,30 (4,85)	44,27 (5,23)	44,27 (5,23)
	P ₄	NR	NR	NR	NR	35,22 (7,37)	35,22 (7,37)
	P ₁	0,09 (2,35)	0,11 (2,77)	0,06 (2,43)	0,07 (3,26)	0,01 (7,66)	0,04 (8,95)

NR – Não realizado

LOQ – Limite de quantificação

FIGURA 2 - Gráfico dos scores de PC₂ vs PC₁, autoescalamo, var. tot. 74,7%, discriminação dos pontos de coleta do Igarapé Grande e dos períodos seco e chuvoso do ano de 2009.

FIGURA 3 - Gráfico dos loadings de PC₂ vs PC₁, autoescalamo, var. tot. 74,7%, influência das variáveis na discriminação dos pontos de coleta do Igarapé Grande e dos períodos seco e chuvoso do ano de 2009.