

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
NÚCLEO DE ENSINO SUPERIOR DE MANACAPURU  
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**AMINE DE CASTRO EAKFAZ**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DO BAIXO RIO  
NEGRO, MANAUS – AM – BRASIL, EM ÁREAS DE ALTA E BAIXA INFLUÊNCIA  
ANTRÓPICA DURANTE O PERÍODO DE CHEIA**

**MANACAPURU - AM**

**2014**

AMINE DE CASTRO EAKFAZ

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DO BAIXO RIO NEGRO,  
MANAUS – AM – BRASIL, EM ÁREAS DE ALTA E BAIXA INFLUENCIA  
ANTROPICA DURANTE O PERÍODO DE CHEIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Ciências Biológicas da Universidade do Estado do Amazonas, como requisito obrigatório para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

MANACAPURU - AM

2014

Amine de Castro Eakafaz

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DO BAIXO RIO NEGRO,  
MANAUS – AM – BRASIL, EM ÁREAS DE ALTA E BAIXA INFLUENCIA  
ANTROPICA DURANTE O PERÍODO DE CHEIA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Licenciado em Ciências Biológicas e aprovado em sua forma final pela Coordenação do Curso Superior de Ciências Biológicas da Universidade do Estado do Amazonas.

Manacapuru, 11 de dezembro de 2014.

Banca Examinadora:

---

Prof.<sup>a</sup> Fabiane Ferreira de Almeida, MSc.  
Orientadora – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

---

Prof.<sup>a</sup> Sophia Andrade Raid, MSc.  
Examinadora – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

---

Prof. Melissa Chalco Fernandez, MSc.  
Examinadora – Universidade do Estado do Amazonas

***Dedico este trabalho aos meus pais, Francisco e Darci, pelo incentivo aos estudos.***

## **AGRADECIMENTOS**

Neste trabalho está contido o esforço, a dedicação, a paciência e a vontade de seguir em frente que foram empreendidos durante os quatro anos da minha vida que dediquei ao curso.

Agradeço primeiramente a Deus e por todos os dias renovarem minha fé, que me faz seguir em frente mesmo não sabendo o que o futuro me reserva.

A meus pais, Francisco e Darci, que sempre me incentivaram a seguir em frente e a nunca desistir diante dos percalços da vida, por me incentivar nos estudos e estar sempre ao meu lado.

Ao meu filho felino Mustafá por me acompanhar nas noites em que precisei ficar acordada escrevendo, revisando e estudando para a conclusão deste trabalho.

Aos meus irmãos e sobrinhos que apesar dos pesares formam a minha família.

Aos professores que passaram em minha vida que me deixaram um grande legado de educação e cidadania.

A Professora Maria Astrid Rocha Liberato pela sua elegância e respeito e estar sempre disposta a ensinar.

A Professora Martinha de Bagé pela sua amizade, seu respeito e por ser um exemplo de mulher guerreira que não se deixa abater diante de nenhum desafio.

A Professora Elizabeth da Conceição Santos por sua amizade, respeito e por me ensinar que a educação é o caminho para um mundo melhor.

A minha amiga Cecimara pela confiança, amizade e respeito; pelos segredos, anseios e inseguranças que confidenciei a ela, pelas horas alegres e risonhas e os momentos de estudos que enfrentamos juntas.

A Elda, amiga que me deu força e conselhos e que dividiu comigo momentos tristes e alegres, nossa amizade vai seguir para sempre.

A minha querida amiga Rai Macena pela amizade sincera, seu enorme coração de mãe e também por ser uma excelente cozinheira.

Ao Cosme Souza, colega de curso que sempre se dispôs a nos ajudar e ensinar nos momentos mais difíceis do curso.

Ao meu amigo Edivando pela amizade, confiança e por ter me ajudado sempre me oferecendo carona até o INPA.

Aos colegas da Primeira Turma de Ciências Biológicas do NES/MPU, por partilharem as brigas e as conquistas que vivemos juntos nesses quatro anos.

Aos servidores do Núcleo de Estudos Superiores de Manacapuru por estarem sempre dispostos a ajudar.

Ao Rubiney (Nei), por fazer nossa segurança e nos fazer rir pelos corredores do NES/UEA – MPU.

Ao Denir e seu lanche por entender que todo universitário vive sem grana!

A Universidade do Estado do Amazonas pela oportunidade de poder cursar uma graduação.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia pelo uso de suas dependências para realização desta pesquisa.

Aos examinadores, Sophia Raid e Melissa Chalco, por terem aceito o convite para avaliar este trabalho.

A minha Orientadora Fabiane Almeida pela confiança, respeito, amizade e atenção dedicadas.

***“O equilíbrio e o futuro de nosso planeta dependem da preservação da água e de seus ciclos. Estes devem permanecer intactos e funcionando normalmente para garantir a continuidade da vida sobre a Terra (...)***

***A água não é somente herança de nossos predecessores; ela é, sobretudo, um empréstimo aos nossos sucessores. Sua proteção constitui uma necessidade vital, assim como a obrigação moral do homem para com as gerações presentes e futuras.”***

**(Declaração Universal dos Direitos da Água)**

## **RESUMO**

O Rio Negro, maior tributário de águas pretas da Bacia Amazônica, é usado pela população da cidade de Manaus, para diversas atividades e também para o consumo. Dentre os problemas gerados pelo crescimento urbano desordenado de Manaus podemos destacar a contaminação dos igarapés, que está se tornando um dos problemas mais relevantes, pois, além da poluição visual, vem crescendo, em importância, a contaminação dos recursos hídricos cujos tratamentos são difíceis e caros. Este tipo de efetivo observado nos igarapés de Manaus tem influência direta sobre a qualidade da água do Baixo Rio Negro, pois deságuam sem nenhum tratamento trazendo consigo todos os poluentes drenados das regiões urbanas. Este trabalho analisou alguns parâmetros físico-químicos da região do Baixo Rio Negro em áreas de baixa, intermediária e alta influencia antrópica durante o período de cheia e avaliou o estado de conservação e qualidade de suas águas.

**Palavras-chave:** Bacia Amazônica. Rio Negro. Qualidade da Água.



## **ABSTRACT**

Rio Negro, larger tributary of black waters of the Amazon Basin, it is used by the population of the city of Manaus, for several activities and for the consumption. Among the problems generated by the disordered urban growth of Manaus the contamination of the streams, that is turning can highlight if one of the most important problems, because, besides the visual pollution, it is growing, in importance, the contamination of the resources hydrous whose treatments are difficult and expensive. This cash type observed in the streams of Manaus has direct influence on the quality of the water of Low Rio Negro, because decagram without any treatment bringing with itself all the pollutant ones drained of the urban areas. This work analyzed some physical-chemical parameters of the area of Low Rio Negro in areas of small, middleman and high influences anthropic during the flood period and it evaluated the conservation state and quality of your waters.

**Keywords:** Amazon Basin. Rio Negro. Quality of the Water.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Área de Amostragem .....	22
Figura 02 – Variação dos níveis de pH nos pontos de coleta durante as quatro semanas .....	35
Figura 03 – Variação dos níveis de OD nos pontos de coleta durante as quatro semanas .....	36
Figura 04 – Variação dos níveis de condutividade nos pontos de coleta durante as quatro semanas .....	36
Figura 05 – Variação dos níveis de temperatura nos pontos de coleta durante as quatro semanas .....	37
Figura 06 – Variação dos níveis de nitrito nos pontos de coleta durante as quatro semanas .....	38
Figura 07 – Variação dos níveis de nitrato nos pontos de coleta durante as quatro semanas .....	38
Figura 08 – Variação dos níveis de fósforo nos pontos de coleta durante as quatro semanas .....	39
Figura 09 – Variação dos níveis de ortofosfato nos pontos de coleta durante as quatro semanas .....	39
Figura 10 – Variação dos níveis de turbidez nos pontos de coleta durante as quatro semanas .....	40

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Valores médios, mínimos, máximos, variância, desvio padrão e coeficiente de variação das variáveis físico-química da água do Baixo Rio Negro, analisados no período de cheia.....	34
--	----

## **LISTA DE SIGLAS**

AAI – Área de Alta Influencia Antrópica  
ABI – Área de Baixa Influencia Antrópica  
AII – Área de Influência Intermediária  
ANA – Agência Nacional de Águas  
IQA – Índice de Qualidade da Água  
NSF – National Sanitation Foundation  
OD – Oxigênio Dissolvido  
UFPI – Universidade Federal do Piauí

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	13
<b>1. RIO NEGRO E A INFLUÊNCIA ANTRÓPICA</b>	17
1.1. OBJETIVOS	20
1.1.1. Geral	20
1.1.2. Específicos	20
<b>2. ÁREA DE ESTUDO E PARÂMETROS ABIÓTICOS</b>	21
2.1. ÁREA DE ESTUDO	21
2.2. PARÂMETROS ABIÓTICOS	23
2.2.1. Variáveis Físicas	24
2.2.1.1. Temperatura	24
2.2.1.2. Turbidez	24
2.2.1.3. Condutividade Elétrica	25
2.2.2. Variáveis Químicas	26
2.2.2.1. Nitrito e Nitrato	26
2.2.2.2. Fósforo	27
2.2.2.3. Ortofosfato Total	28
2.2.2.4. Oxigênio Dissolvido	28
2.2.2.5. Potencial Hidrogeniônico (pH)	29
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	30
3.1. GRADIENTE DE POLUIÇÃO	35
<b>CONCLUSÃO</b>	41
<b>REFERÊNCIAS</b>	42
<b>ANEXOS</b>	50

## INTRODUÇÃO

A água é um dos bens mais preciosos que a humanidade possui, essencial para a manutenção da vida no planeta, encontra-se espalhada por três quartos da superfície da Terra, embora a maior parte não esteja disponível para o consumo humano e de animais não humanos. Aproximadamente 97% de toda água é salgada, encontrada nos oceanos e mares e 2% formam as geleiras nos polos, isto é, apenas 1% de toda a água é doce podendo ser consumida pelos seres humanos e animais não humanos. E deste total 97% da água doce disponível encontra-se em fontes subterrâneas (ANA, 2003 *apud* GONÇALVES, 2009).

A pequena quantidade de água doce existente no planeta encontra-se desigualmente distribuída, não é novidade que nas últimas décadas o crescente desenvolvimento humano vem tornando a qualidade da água cada vez mais inapropriada ao consumo, Silvestre (2003) aponta a diminuição dos mananciais, a perspectiva da falta de água doce como um grave problema à ser enfrentado em um futuro não muito distante e passou a ser objeto de maior atenção nos últimos trinta anos.

Os trabalhos acerca do volume e distribuição da água doce no mundo e das necessidades mínimas para atender as necessidades dos seres vivos divergem, as projeções e ofertas futuras para a demanda dos recursos hídricos variam das mais otimistas às mais pessimistas, mas todas apontam numa crescente escassez. Porém, a compreensão atual da situação brasileira e mundial dos recursos hídricos não ocorrerá sem uma compreensão mínima acerca da água como componente material do ecossistema global e de seu papel como elemento fundamental nas relações de produção e distribuição de riqueza e poder (SILVESTRE, 2003).

A maneira como as diversas sociedades se relacionam com a água é parte do caráter social das relações que estas estabelecem com a natureza. As necessidades dos homens, as formas de apropriação e uso da água, os problemas que surgem e as soluções encontradas para enfrentá-los configuram um amplo contexto no quais relações socioeconômicas, padrões culturais e estruturas de poder entrelaçam-se as condições naturais (SILVESTRE, 2003).

A qualidade da água é um conjunto de características físicas, químicas e biológicas que ela apresenta de acordo com sua utilização (PAULINO e FRANÇA, 2008). Os padrões de utilização mais usados pretendem classificar a água de acordo com a sua potabilidade, a segurança que apresenta para o ser humano e para o bem estar dos ecossistemas. Assim de acordo com sua utilização, existe um conjunto de critérios e normas para a qualidade da água, seja ela para consumo humano, uso industrial ou agrícola, lazer ou manutenção do equilíbrio ambiental (SPERLING, 1998).

De acordo com Paulino e França (2008) a qualidade da água não apresenta um valor absoluto e tanto indicam a adequabilidade para um determinado uso, quanto mede o estado de conservação de um ambiente lótico e a intensidade do impacto ambiental em que está submetido o corpo d'água. Os índices e indicadores ambientais nasceram como resultado da crescente preocupação social com os aspectos ambientais do desenvolvimento, processo que requer um número elevado de informações em grau de complexidade cada vez maiores (PAULINO e FRANÇA, 2008; SPERLING, 1998).

O Índice de Qualidade da Água (IQA) é decorrente de ensaios de laboratório, que como resultado final do índice permite classificar um determinado manancial em excelente a muito ruim. Assim os IQA's permitem que ocorram comparações entre diferentes cursos de água, passando informações referentes a qualidade da água, inclusive em relação a tendência da evolução da qualidade com o passar do tempo (UFPI, S/D).

A estrutura do índice da qualidade da água foi desenvolvida pela "National Sanitation Fundation – NSF" dos Estados Unidos da América na década de 70, com base no método DELPHI, uma técnica de pesquisa de opinião que pode ser utilizada para extrair informações de um grupo de profissionais, buscando maior convergência nos dados dos parâmetros (IQA..., S/D).

O tratamento dos dados da mencionada pesquisa definiu um conjunto de nove variáveis, consideradas mais representativos para a caracterização da qualidade das águas: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais. A cada variável foi atribuído um peso, de acordo com a sua importância

relativa no cálculo do IQA, e traçadas curvas médias de variação da qualidade das águas em função da concentração do mesmo (UFPI, S/D).

A proteção dos recursos hídricos envolve o monitoramento e a avaliação da qualidade da água, o estabelecimento de metas e o controle da descarga de poluentes são necessárias para que seja mantido um nível aceitável da qualidade para o uso e consumo (SILVESTRE, 2003; SPERLING, 1998). Na Amazônia o monitoramento da qualidade dos corpos hídricos que compõe a Bacia Amazônica, se tornou uma preocupação recorrente que ao longo dos anos e vem se tornando cada vez maior, tendo em vista a importância das águas dessa região.

Trabalhos como os de Fonseca *et al.* (1982), Junk e Furch (1980), Pascoaloto (2001), Pinto *et al.* (2009), Santos *et al.* (2006) avaliaram a química dos rios amazônicos e o estado de conservação deles diante das atividades humanas desenvolvidas nesta região, esses trabalhos mostram que em virtude da influência antrópica, as características naturais desses ambientes vem sofrendo alterações e causando desequilíbrio em seus ciclos hidroquímicos afetando a qualidade das águas amazônicas.

Na natureza não existe ambientes livres das influências antrópicas (informação oral <sup>1</sup>), eles podem apresentar níveis de altos ou baixos de impactos causados pelo ser humano, que pode ser alta ou baixa. O Rio Negro, principal tributário de águas pretas da Bacia Amazônica (APRILE *et al.*, 2011; WALLACE, 1853; SIOLI, 1984), tem sofrido modificações na composição físico-química de sua água em especial nas áreas onde o desenvolvimento humano é maior, isso tem contribuído para o desgaste das comunidades orgânicas afetando a qualidade de sua água para o uso nas atividades humanas.

O processo de urbanização trouxe várias consequências para os ambientes aquáticos sob influência da área da cidade de Manaus, documentado e mostrado por Fonseca *et al.* (1982), por Bringel (1986) em seu relatório técnico sobre a poluição nos igarapés, Silva (1992), Santos-Silva e Silva (1993) chamaram a atenção para o problema e suas consequências e apontaram possíveis soluções. Desde o trabalho de Silva (1996), Cleto-Filho (1998), Nava (1999), Barroncas (1999), Silva *et al.* (1999), Cleto-Filho e Walker (2001) e mais recentemente Horbe *et al.* (2005), Melo *et al.* (2006), Pereira *et al.* (2006), Andrade *et al.* (2006) e Couceiro



*et al.* (2007) vem se documentando o alto grau de poluição e destruição dos igarapés que drenam a cidade de Manaus.

Estes igarapés em sua maioria deságuam no Rio Negro, alguns como os da bacia do Tarumã-Açu, limite oeste da cidade, deságuam à montante da mancha urbana e das tomadas de água para abastecimento da cidade, outros como os da bacia do Puraquequara, limite leste da cidade, deságuam à jusante de Manaus. Além disso, existem os igarapés urbanos das bacias do São Raimundo e Educandos. A influência negativa da descarga dessas águas poluídas, em graus variados, sobre o Rio Negro já vem sendo detectada por trabalhos realizados por pesquisadores como: Melo *et al.* (2006); Pereira *et al.* (2006); Andrade *et al.* (2006), Pinto *et al.* (2009).

---

<sup>1</sup> Em Aula de Qualificação de Doutorado da MSc. Fabiane Ferreira de Almeida, proferida no Auditório do Centro de Pesquisas em Biologia Aquática – CPBA do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, em 10 de outubro de 2014.

## 1. RIO NEGRO E A INFLUÊNCIA ANTRÓPICA

O crescimento desenfreado das cidades vem acompanhado por alterações ambientais que influenciam diretamente nos ciclos biológicos. O processo de alterações nos ambientes, como: o desmatamento, os movimentos de terras, alterações nos cursos de rios, aterros de áreas baixas, etc. acaba por se tornar importantes fontes de poluição dos recursos hídricos (MIRANDA *et al.*, 2009).

Alterações ocorridas em uma bacia hidrográfica podem ser avaliadas por meio do monitoramento da qualidade da água, pois, pelo ciclo hidrológico, as precipitações sobre as vertentes possibilitam o escoamento superficial e subsuperficial das águas, propiciando o transporte de poluentes para a rede de drenagem. Dessa forma os rios integralizam consequências de diversos fenômenos ocorrentes na bacia (MIRANDA *et al.*, 2009).

A Bacia Amazônica é o maior e mais denso sistema lótico do mundo, drenando aproximadamente 6,4 milhões de km<sup>2</sup> do continente Sul Americano e contribuindo com 18 a 20% da descarga mundial das águas continentais nos oceanos. O Rio Amazonas é o coletor final desse sistema de drenagem extremamente complexo, consistindo de inúmeros tributários de águas brancas, pretas e claras (WALLACE, 1853; SIOLI, 1984).

A enchente anual inunda uma imensa planície no médio e no baixo Rio Amazonas por vários meses e essa planície alagada é chamada de várzea e ocupa cerca de 50 a 70 x 10<sup>3</sup> Km<sup>2</sup> (*id.*, *ibid.*). Este gigantesco reservatório de água doce representa um grande patrimônio para o Brasil, apresentando elevada riqueza de ecossistemas o que favorece uma das maiores biodiversidades do planeta, a maior parte ainda desconhecida (ESTEVES, 2002).

Assim como em qualquer parte do mundo as águas da região amazônica são uma importante fonte de manutenção da vida e regula os ciclos biológicos dos vegetais e animais que habitam a região e não diferentemente os ciclos hidrológicos acabam por influenciar a vida do homem amazônico, que dessas águas dependem para se locomover, executar atividades básicas do cotidiano humano, para se alimentar, enfim, a vida do homem amazônico está intimamente ligada às águas da região (JUNK *et al.*, 1989).

No entanto, a interação da civilização humana com a água e os demais recursos naturais foi caracterizada, desde os seus primórdios, como uma relação de posse e de consumo dos elementos naturais, resultado de uma sociedade que considera apenas a racionalidade econômica sem considerar a dívida ecológica. Leff (2001) afirma que a dívida ecológica somente não devastou mais os recursos do terceiro mundo porque a própria crise econômica limitou as capacidades de reinversão de capitais.

Esta forma de enxergar o meio natural é fruto de uma existência competitiva, crença no progresso material ilimitado por meio do crescimento econômico e tecnológico (CAPRA, 1996). Este fato é bem perceptível no que tange aos impasses relacionados ao manejo dos recursos hídricos. Com o crescimento populacional e o aumento de demanda por mais água, o acréscimo no fornecimento contribui para a expansão do consumo, o que acarreta na elevação da poluição dos corpos aquáticos devido ao depósito indiscriminado de efluentes e resíduos sólidos (WETZEL, 1993).

Vários são os exemplos de deterioração dos recursos hídricos por poluentes orgânicos e metais pesados em todo o mundo, em vista do aumento da industrialização e da crescente demanda dos recursos minerais nos mais diversificados usos (SANTOS *et al.*, 2006; PINTO *et al.*, 2009) vários destes fatores têm exercido influência sobre as características físicas e químicas das águas de rios e riachos (PASCOALOTO, 2001). Como resultado, muitos elementos químicos e seus compostos que existiam na natureza em pequenas quantidades, tiveram suas concentrações elevadas em várias regiões do planeta, promovendo, em alguns casos, sérios danos ambientais (SALOMONS e FÖRSTNER, 1984; ARTIOLA, 1996).

No caso da Amazônia não foi diferente, nos últimos 30 anos todas as capitais amazônicas tiveram crescimento populacional muito acima da média do crescimento nacional. Este crescimento que foi desordenado, foi ocasionado por vários fatores. As consequências foram nefastas, causando desflorestamento, aumento da temperatura local, poluição dos corpos d'água, erosão e assoreamento dos leitos dos igarapés e rios, etc. Manaus, por sua vez, experimentou um aumento populacional ainda mais rápido. A evolução da ocupação urbana, com suas várias fases, causas e peculiaridades só pode ser entendida com a reconstituição desse

processo, feita por vários autores como Ab'Sáber (1953), Bentes (1983), Oliveira (1984), Araújo (1985), Melo (1987) e Moura e Mourão (1988).

Dentre os problemas gerados pelo crescimento urbano desordenado de Manaus podemos destacar a contaminação dos igarapés, que está se tornando um dos problemas mais relevantes, pois, além da poluição visual, vem crescendo, em importância, a contaminação dos recursos hídricos por metais tóxicos cujos tratamentos são difíceis e caros (PINTO *et al.*, 2009).

Este tipo de efetivo observado nos igarapés de Manaus tem influência direta sobre a qualidade da água do Rio Negro, pois deságuam sem nenhum tratamento trazendo consigo todos os poluentes drenados das regiões urbanas de Manaus (PINTO *et al.*, 2009).

O principal poluente oriundo dessa população urbana é o esgoto sanitário, que é lançado diretamente nos cursos d'água, sem qualquer tratamento. Isso traz um aporte bastante grande de Nitrogênio e Fósforo. As microalgas são as primeiras a reagirem a este aporte de nutrientes e tem seu crescimento e multiplicação acelerados, além disso, diversas plantas aquáticas também aproveitam estes nutrientes (REBOUÇAS *et al.*, 2002).

O crescimento muito acima do natural desses organismos ocasiona sérios problemas a esses cursos d'água, que passam, num segundo momento, a ter diminuição acentuada dos seus teores de oxigênio mobilizada pelos processos de decomposição das algas, plantas e outros organismos que morrem. Este processo é chamado de eutrofização (REBOUÇAS *et al.*, 2002).

A degradação da qualidade das águas do Rio Negro pode ser corroborada por meio da comparação de dois trabalhos realizados na mesma região onde Fonseca *et al.* (1982) encontraram valores máximos de condutividade de 68,6  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  para o Igarapé de São Raimundo, 27 anos depois em estudos realizados na mesma área Pinto *et al.* (2009) reportaram valores três vezes maiores para condutividade elétrica. Para o Igarapé do Educandos o aumento dos valores da condutividade elétrica foi ainda maior representado cinco vezes os valores reportados para 1982. Aumentando de 126 para 593  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  (FONSECA *et al.*, 1982; PINTO *et al.*, 2009). Os valores de condutividade elétrica são influenciados pela presença de íons como cálcio, magnésio, sódio e potássio (PINTO *et al.*, 2009). Os esgotos domésticos contêm resíduos de alimentos que possuem maiores teores

destes íons e, portanto, o aumento da condutividade elétrica pode ter ocorrido devido ao aumento da entrada de íons provenientes de esgoto doméstico.

O aumento das quantidades de matéria orgânica em ambos os igarapés citados acima também foi corroborado pela análise da Demanda Bioquímica de Oxigênio, que nestes ambientes atingiu um consumo total, ficando próxima da anoxia (PINTO *et al.* 2009). Estes dados levam a crer que houve aumento significativo na entrada de esgoto doméstico nestes igarapés que deságuam no Rio Negro que contribuem diretamente para a eutrofização do ambiente e aumento de matéria orgânica.

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. Geral

Analisar a qualidade físico-química das águas do Baixo Rio Negro em áreas de baixa, intermediária e alta influência antrópica no período de cheia.

### 1.1.2. Específicos

Mensurar as seguintes características físico-químicas: temperatura, turbidez, condutividade elétrica, nitrito, nitrato, fosforo, ortofosfato, pH e oxigênio dissolvido da água no período mencionado.

Analisar o gradiente de poluição da água para cada ponto de amostragem, utilizando os parâmetros físico-químicos mensurados.

Analisar, através dos parâmetros usados, o efeito das atividades antrópicas sobre o estado de conservação da água.

## 2. ÁREA DE ESTUDO E PARÂMETROS ABIÓTICOS

### 2.1. ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado na região do Baixo Rio Negro, próximo à cidade de Manaus-AM (Figura 01). A bacia do Rio Negro cobre 720.114 Km<sup>2</sup> e o rio possui 3.700Km<sup>2</sup> de extensão (REVENGA *et al.*, 1998; GOULDING *et al.*, 2003), sendo que 90% da área de sua bacia estão localizados no Brasil, 9% na Colômbia e 1% na Guiana Francesa (*id.*, *ibid.*). O Rio Negro é um típico representante das águas pretas amazônicas (WALLACE, 1853; SIOLI, 1984). Possui coloração marrom-avermelhada, originada das altas quantidades de substâncias húmicas dissolvidas (FURCH e JUNK, 1997). As águas do rio originam-se nos campos pré-cambrianos na região norte da Bacia Amazônica e, por isto, possuem baixa quantidade de nutrientes e de íons o que as confere uma baixa condutividade elétrica (9 – 10  $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ) e baixo pH (4,8 – 5,1) (*id.*, *ibid.*).

O Rio Negro sofre uma grande pressão antrópica próximo a cidade de Manaus, devido à grande quantidade de esgoto sem tratamento despejada diretamente no rio, além, da poluição gerada pela população, desaguando no rio (CLETO-SILVA e WALKER, 2001; CLETO-FILHO, 1998; NAVA, 1999; SILVA, 1996; BARRONCAS, 1999; SILVA *et al.*, 1999; HORBE *et al.*, 2005; MELO *et al.*, 2006; PEREIRA *et al.*, 2006; ANDRADE *et al.*, 2006; COUCEIRO *et al.*, 2007; PINTO *et al.*, 2009).

Baseado nas informações apresentadas pelos estudos acima e para efeito da amostragem do trabalho em questão os últimos quilômetros do Rio Negro, antes de se encontrar com o Rio Solimões, foram divididos em três áreas em sua margem esquerda, a saber: 1) Área de Baixa Influência Antrópica (ABI) à montante da cidade de Manaus; 2) Área de Alta Influência Antrópica (AAI) em frente à cidade de Manaus; 3) Área de Influência Intermediária (AII);

A ABI foi delimitada a oeste pelo lago do Tatu (3°03'10.77"S e 60°17'45.30"W) e a leste pelo igarapé do Tarumã-Mirim (3°01'56.20"S e 60°17'32.95"W), o trecho acima possui, aproximadamente 20 km, e ao longo deste trecho foram distribuídos quatro estações de amostragens. A AII foi delimitada a oeste pelo igarapé do Tarumã-Mirim (3°01'56.20"S e 60°17'32.95"W) e a leste pelo

Tarumã-Açu ( $3^{\circ}02'42.65''\text{S}$  e  $60^{\circ}06'55.36''\text{W}$ ) o trecho possui, aproximadamente 10 km e ao longo deste trecho foram distribuídos quatro estações de amostragens. Por fim, a AAI foi delimitada a oeste pelo igarapé do Tarumã-Açu ( $3^{\circ}02'42.65''\text{S}$  e  $60^{\circ}06'55.36''\text{W}$ ) e a leste pelo Porto do Ceasa ( $3^{\circ}09'44.59''\text{S}$  e  $59^{\circ}58'44.65''\text{W}$ ), o trecho possui aproximadamente 20 km e ao longo deste trecho, também, foram distribuídos quatro estações de amostragens, totalizando 12 pontos de amostragem.

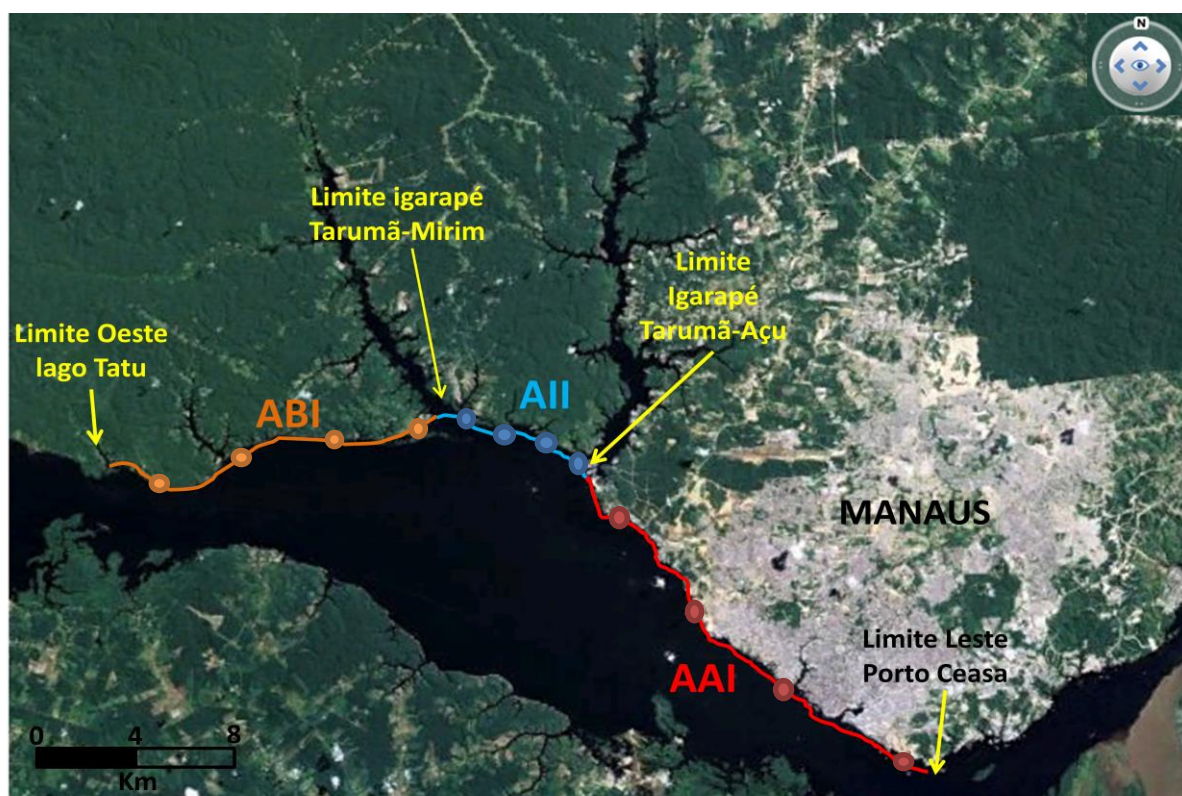


Figura 01: Área de Amostragem (ABA – área de baixa influência antrópica; AII – área de influência antrópica intermediária; AAI - área de alta influência antrópica).  
Fonte: Modificado do Google Earth.

## 2.2. PARÂMETROS ABIÓTICOS

Para que os processos biológicos ocorram de forma harmônica nos corpos hídricos, fatores físicos e químicos são necessários estarem envolvidos nestes acontecimentos, são eles que fornecem as condições favoráveis para a gênese e manutenção dos fatores bióticos. Quando os fatores abióticos saem de controle por meio da influência antrópica, o ritmo biológico dos corpos d'água descontrolam-se a ponto de ocasionar desequilíbrio e perda biológica dos ambientes aquáticos.

As poluições das águas provém de diferentes fontes, dentre as principais destaca-se os efluentes domésticos, efluentes industriais, cargas poluidoras difusas vindas de regiões urbanas e áreas agrícolas. Cada uma dessas fontes poluidoras possui características próprias quanto aos poluentes que carregam. Os esgotos domésticos, por exemplo, apresentam compostos orgânicos biodegradáveis, nutrientes e bactérias. Já os esgotos industriais além dos poluentes citados, carregam outros relacionados aos tipos de matérias-primas e processos industriais utilizados (FONSECA *et al.*, 1982; GOMES, 2008; PINHEIRO e BORGES, 2013; PINTO *et al.*, 2009; SANTOS *et al.*, 2006).

Devido as diferentes formas de poluentes depositados nas águas torna-se impossível a análise de todos estes compostos. Por conta disso foram criados os parâmetros, para melhor avaliar a qualidade da água de um corpo hídrico. Divididos em Abióticos, que englobam as análises físico e químicas das águas naturais; e os Bióticos, que envolve a análise dos componentes microbiológicos, hidrobiológicos e ecotoxicológicos (PARÂMETROS..., S/D).

No entanto, neste trabalho foram abordados apenas os parâmetros abióticos e este foi dividido em duas variáveis a saber: Físicas - temperatura, turbidez e condutividade elétrica; Química - nitrito, nitrato, fósforo, ortofosfato, oxigênio dissolvido e pH.

Parâmetros abióticos, entretanto, são fatores físico-químicos mensuráveis que indicam a qualidade da água e as condições de conservação dos corpos hídricos (IQA..., S/D; PAULINO e FRANÇA, 2008; SPERLING, 1998; UFPI, S/D). Neste trabalho após o reconhecimento inicial e a definição das estações de amostragem foram realizadas medidas *in situ*, com uma sonda multi-parâmetro, de oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica e temperatura da água. As



mensurações de nitrato, nitrito, ortofosfato e fósforo total foram realizados por meio de colorimetria e a turbidez foi realizada por um turbidímetro, em laboratório.

### **2.2.1. Variáveis Físicas**

#### **2.2.1.1. Temperatura**

Variações de temperatura são parte do regime climático normal, e corpos de águas naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais e usinas termoelétricas (ESTEVES, 1998; PARÂMETROS..., S/D).

A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físico-químicos. Em geral, à medida que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam as solubilidades com a elevação da temperatura. Organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferida em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo (ESTEVES, 1998; PARÂMETROS..., S/D).

#### **2.2.1.2. Turbidez**

A turbidez de uma amostra de água é o grau de enfraquecimento de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, esta redução se dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca, isso acontece devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral, etc (ESTEVES, 1998). A erosão das margens dos rios em estações chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas, que pode decorrer do

mau uso do solo em que se impede a fixação da vegetação. Este exemplo, mostra também o caráter sistêmico da poluição, ocorrendo inter-relações ou transferência de problemas de um ambiente (água, ar ou solo) para outro (PEREIRA & BLEICH, 2009).

Os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas. Um exemplo típico deste fato ocorre em consequência das atividades de mineração, onde os aumentos excessivos de turbidez têm provocado formação de grandes bancos de lodo em rios e alterações no ecossistema aquático (PARÂMETROS..., S/D).

A Alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional de uma água (ESTEVES, 1998).

#### 2.2.1.3. Condutividade Elétrica

A condutividade é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam ambientes impactados (LIMA *et al.*, 2011).

A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água (PARÂMETROS..., S/D).

## 2.2.2. Variáveis Químicas

### 2.2.2.1. Nitrito e Nitrato

As fontes de nitrogênio nas águas naturais são diversas. Os esgotos sanitários, são em geral, a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico, devido a presença de proteínas, nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da uréia na água (MACHADO, S/D). Alguns efluentes industriais também concorrem para as descargas de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas, como indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, alimentícias, matadouros e curtumes (SÉRIE..., S/D).

Outra fonte importante de nitrogênio é a atmosfera, que por diversos mecanismos como a biofixação desempenhada por bactérias e algas presentes nos corpos hídricos, incorporam o nitrogênio atmosférico em seus tecidos, contribuindo para a presença de nitrogênio orgânico nas águas. A fixação química, reação que depende da presença de luz, também acarreta a presença de amônia e nitratos nas águas, pois a chuva transporta tais substâncias, bem como as partículas contendo nitrogênio orgânico para os corpos hídricos (ESTEVES, 1998).

Nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio. Também nas áreas urbanas, a drenagem das águas pluviais, associadas às deficiências do sistema de limpeza pública, constitui fonte difusa de difícil caracterização (SÉRIE..., S/D).

O nitrito e o nitrato são formas oxidadas do nitrogênio, que pode-se associar a etapas de degradação da poluição orgânica por meio da relação entre as formas de nitrogênio. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato nas zonas de águas limpas. Ou seja, se em uma amostra de água coletada de um rio poluído as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas (nitrogênio orgânico e amoniacal) significa que as fontes poluidoras estão próximas; se prevalecerem as

formas de nitrito e nitrato, significa que as descargas de esgotos se encontram distantes (ANDRADE, 2010; ESTEVES, 1998).

Nitrito e o nitrato são fontes de nutrientes para processos biológicos, depois do carbono essas formas do nitrogênio são as mais utilizadas no metabolismo celular. Quando despejados de forma indiscriminada em águas naturais, juntamente com outras fontes de nutrientes, causa enriquecimento do meio tornando-o eutrofizado. Segundo McCarthy e Goldman (1979) *apud* Esteves (1998), “o fitoplâncton pode assimilar nitrito, em caso de escassez de outras fontes de nutrientes, nas células o nitrito é reduzido a amônio. Em altas concentrações, o nitrito é extremamente tóxico à maioria dos organismos aquáticos”. Já o nitrato, que é encontrado em baixas concentrações e é uma das principais fontes de nutrientes para os organismos aquáticos, em altas concentrações aumenta consideravelmente a população de algas eutrofizando o corpo hídrico (ESTEVES, 1998).

#### 2.2.2.2. Fósforo

Assim como o nitrogênio, o fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macro nutrientes, por ser exigido também em grandes quantidades pelas células. Nesta qualidade, torna-se parâmetro imprescindível em programas de caracterização de efluentes industriais que se pretende tratar (ESTEVES, 1998; GUIDOLINI *et al.*, 2010).

O fósforo aparece em águas naturais devido principalmente às descargas de esgotos sanitários. Nestes, os detergentes superfosfatados empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais (ESTEVES, 1998).

#### 2.2.2.3. Ortofosfato Total

O fósforo pode se apresentar nas águas sob diferentes formas. Os fosfatos orgânicos são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, como a de um detergente, por exemplo. Os ortofosfatos são representados pelos radicais, que se combina com cátions formando sais inorgânicos nas águas e os polifosfatos, ou fosfatos condensados, polímeros de ortofosfatos. Esta terceira forma não é muito importante nos estudos de controle de qualidade das águas, porque sofre hidrólise, convertendo-se rapidamente em ortofosfatos nas águas naturais (ESTEVES, 1998).

Os ortofosfatos são biodisponíveis. Uma vez assimilados, eles são convertidos em fosfato orgânico e em fosfatos condensados. Após a morte de um organismo, os fosfatos condensados são liberados na água. Entretanto, eles não estão disponíveis para absorção biológica até que sejam hidrolisados para ortofosfatos por bactérias (GUIDOLINI *et al.*, 2010).

#### 2.2.2.4. Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido em águas naturais provém de duas principais fontes: atmosfera, fotossíntese. O oxigênio proveniente da atmosfera se dissolve nos corpos d'água, devido a diferença de pressão parcial em função da temperatura (ESTEVES, 1998). A taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido nos corpos hídricos através da superfície vai depender das características hidráulicas e da velocidade, sendo que a taxa de reaeração em uma cascata é maior do que em um rio (GESSNER, 1959 *apud* ESTEVES, 1998).

Águas poluídas são aquelas que apresentam baixa concentração de oxigênio devido ao seu consumo na decomposição da matéria orgânica, enquanto que águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido elevadas, chegando até um pouco abaixo do ponto de saturação. No entanto uma água eutrofizadas pode apresentar concentrações de oxigênio bem superiores a 10 mg/L, mesmo em temperaturas superiores a 20°C, caracterizando uma situação de supersaturação (PEREIRA e BLEICH, 2009).

Uma adequada provisão de oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais. Através da medição do teor de oxigênio dissolvido, os efeitos dos efluentes lançados

e as consequências dessa poluição podem ser avaliadas, assim como a capacidade de um corpo hídrico manter seus processos biológicos normais em funcionamento (ANDRADE, 2010).

#### 2.2.2.5. Potencial Hidrogeniônico (pH)

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia de diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante podendo, determinadas condições de pH contribuírem para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes (PEREIRA e BLEICH, 2009).

Por influir direta e indiretamente em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou por processos antrópicos, o pH é um parâmetro importante em muitos estudos no campo da avaliação da qualidade da água. Normalmente a condição de pH que corresponde a formação de um ecossistema mais diversificado é a próxima da neutralidade (PARÂMETROS..., S/D).

A elevação do pH em corpos hídricos, de forma natural, dá-se pela decomposição da matéria orgânica proveniente das matas ciliares e de organismos aquáticos, que liberam íons que elevam a acidez das águas. Geralmente essa elevação da acidez, por meios naturais não causa grandes desequilíbrios no ecossistema do corpo d'água. No entanto, o lançamento de efluentes industriais e domésticos, sem prévio tratamento, em sistemas aquáticos acarreta a elevação do pH trazendo desequilíbrio ao ecossistema atingido (ESTEVES, 1998; PARAMÊTROS..., S/D; PEREIRA e BLEICH, 2009).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os padrões de estratificação da coluna d'água são muito variáveis, mesmo em ecossistemas localizados numa mesma região, porque além dos fatores climatológicos, fatores inerentes ao próprio ecossistema como, a sua morfometria, têm importante papel. Em escala regional, a temperatura da água é influenciada pela latitude e altitude (ESTEVES, 1998). Localmente, no entanto, a temperatura da água é influenciada por inúmeros fatores como: sombreamento, profundidade e condições hidrológicas (ALMEIDA, 2008).

A temperatura é de grande importância na estruturação de comunidade aquáticas (NABOUT, 2006 *apud* ALMEIDA, 2008) através de influência direta sobre os eventos de mistura. Durante o período de estudo a temperatura variou entre 28,1 °C (mínimo) e 32,2 °C (máximo), com média de 30,07 °C, variância de 0,81 (Tabela 01), bem acima dos valores citados por Zeidemann (S/D) para a região do Baixo Rio Negro (25,8 - 27,9 °C, com variação de 2,1°C). O desvio padrão para as análises foi de 0,90.

Ao penetrar na coluna d'água, a radiação é submetida a profundas alterações, tanto na sua intensidade quanto na qualidade espectral. Essas alterações dependem de vários fatores; dentre eles destaca-se a concentração de material dissolvido e em suspensão (ESTEVES, 1998). A turbidez mínima registrada durante o estudo foi de 0,24 UTM, as mínimas em cada semana variaram por pontos de coleta (pontos 07 e 09) localizados na Área de Influência Intermediária (AII), e a máxima turbidez foi de 47,59 UTM, os altos índices de turbidez foram registradas sempre no mesmo ponto de coleta (ponto 06) localizado na AII (Tabela 01).

Nessa área de influência intermediária mais especificamente no ponto 06, as matas ciliares encontravam-se em processo de desmatamento deixando as encostas desprotegidas e em alguns locais havia desmoronamento de terra devido a movimentação das águas decorrente da subida das águas. Essa pode ter sido a causa dos altos valores de turbidez encontrados nesta área. O desvio padrão para as análises foi de 9,57, valores explicitados na Tabela 01.

A Condutividade Elétrica é normalmente baixa no Rio Negro, como consequência da baixa concentração de eletrólitos (FONSECA *et al.*, 1982). Os valores de condutividade elétrica encontrados durante o período sazonal amostrado foram de 13,7  $\mu\text{S}$  (mínimo) e 42,4  $\mu\text{S}$  (máximo), a variância foi de 17,82 com desvio padrão de 4,22 (Tabela 01). Valores maiores de condutividade (214,0 e 593  $\mu\text{S}$ ) foram encontrados por Pinto *et al.* (2009) em áreas de alta influencia antrópica no Baixo Rio Negro, na orla da cidade de Manaus, durante o período de seca; mostra a capacidade do rio de diluir os poluentes despejados em suas águas durante o período de cheia (PINTO *et al.*, 2009). Os valores encontrados são altos para o Rio Negro mesmo estando diluídos pelo maior volume de água, os maiores valores encontrados foram nos pontos localizados na área de Alta Influência Antrópica (AIA) mostrando que a poluição é evidente.

Os valores de nitrito encontrados variaram nos pontos de coleta, 0,01 mg/L o valor mínimo encontrado e 0,10 mg/L o valor máximo, observou-se um crescente aumento na quantidade de nitrito a medida que os pontos de coleta ficavam mais próximos a área de Alta Influência Antrópica, o desvio padrão para as análises foi de 0,02. Santos *et al.* (2006) encontrou esse elemento em concentrações menores (< 0,056 mg/L), isso mostra que as taxas de nitrito vem aumento ao longo do tempo, de forma gradual.

Para o nitrato o valor mínimo encontrado foi de 0,01 mg/L e o valor máximo foi de 0,58 mg/L. No entanto, os valores máximos e mínimos não seguiram o gradiente de concentração (ABI – AIA), havendo uma alternância nos valores a cada ponto de coleta, Santos *et al.* (2006) mencionou em seu trabalho que os índices desse elemento também não seguiam um padrão específico para áreas de alta e baixa influência, entretanto os valores encontrados por Santos *et al.* (2006) eram intermediários, os resultados encontrados durante a pesquisa deste trabalho corrobora a idéia de que as taxas desse e de outros aportes derivados do nitrogênio vem aumentando gradualmente ao longo do tempo. O desvio padrão para as análises de nitrato foi de 0,16, valores explicitados na Tabela 01.

Assim como o nitrogênio e seus compostos o fósforo e seus compostos são utilizados como nutrientes pelos organismos aquáticos (SANTOS *et al.*, 2006). Em contrapartida a presença destes elementos em altas concentrações tornam o



ambiente eutrofizado (PEPPER *et al.*, 1996 *apud* SANTOS *et al.*, 2006). Os valores encontrados de fósforo durante a pesquisa foram de 0,01 mg/L (mínimo) e 3,91 mg/L (máximo), a variância dos resultados foi de 1,26, desvio padrão de 1,12 (Tabela 01). Os valores mínimos e máximos variaram nos pontos de coleta ao longo da região amostrada, igualmente aconteceu no trabalho feito por Santos *et al.* (2006), entretanto os valores eram menores (<0,056 mg/L).

Quanto ao ortofosfato total o menor valor encontrado de foi de 0,01 mg/L e o máximo foi de 0,62 mg/L, variância de 0,02 e desvio padrão de 0,15. Os valores variaram na primeira e terceira semana de coleta, ficando estável durante a segunda e quarta semana. A presença desse elemento em grandes quantidades nas águas do Rio Negro durante o período de cheia, pode estar relacionada a grande quantidade de matéria vegetal morta, com a subida das águas os vegetais sofrem estresse hídrico que acarreta na perda de folhas, a decomposição dessas folhas libera entre outros elementos o ortofosfato nas áreas de baixa influências antrópica. Nas áreas de alta influência, o aumento desse elemento pode estar relacionado ao despejo de esgotos sem tratamento diretamente nas águas do rio (APRILE *et al.*, 2011).

As concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) encontrados no Baixo Rio Negro, maior valor encontrado de 9,00 mg/L e o menor valor de 7,00 mg/L, valores mais elevados ao encontrado por Pinto *et al.* (2009) no período de cheia (4,7 e 5,6 mg/L). Esse aumento da variação de OD encontrados, pode estar ligada a vários fatores dentre eles destacam-se, a ação do vento, a localização dos pontos de coleta e a presença de manchas fitoplanctônicas nos locais de coleta, o que pode ter aumentado a produção de oxigênio dissolvido (ALMEIDA, 2008).

As águas do Rio Negro e na maioria de seus afluentes são quimicamente uniformes, na sua grande maioria ácidas, com valores de pH entre 3,8 e 4,9. A elevada acidez deve-se à presença de grandes quantidades de substâncias orgânicas dissolvidas, provenientes da drenagem de solos arenosos cobertos por vegetação conhecida como campina, campinaranas ou caatingas amazônicas (ZEIDEMANN, S/D). Durante a pesquisa os valores encontrados de pH foram de no mínimo 5,20 e 7,00 o máximo valor, uma variância de 0,15, desvio padrão de 0,38 (Tabela 01).

A descaracterização do pH das águas do Baixo Rio Negro deve-se ao fato da entrada de substâncias alcalinas, comprovado por Pinto *et al.* (2009) quando esta verificou o aumento da alcalinidade em águas com influência antrópica em comparação às águas pretas normais. Santos *et al.* (2006) descreveu em seu trabalho que a variação entre a acidez e alcalinidade pode ser influenciada pelo volume de água, ficando alcalino durante a cheia e ácido durante a estiagem.

Tabela 01: Valores médios, mínimos, máximos, variância, desvio padrão e coeficiente de variação das variáveis físico-química da água do Baixo Rio Negro, analisados no período da cheia.

	pH	OD (mg/L)	Condutividade ( $\mu$ S)	Temperatura (°C)	Nitrito NTD (mg/L)	Nitrato NTD (mg/L)	Fósforo VAN (mg/L)	Ortofosfato TOTAL B/C (mg/L)	Turbidez (utm)
<b>Mínimo</b>	5,20	7,00	13,7	28,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,24
<b>Máximo</b>	7,00	9,00	42,4	32,2	0,10	0,58	3,91	0,62	47,59
<b>Média</b>	5,68	8,56	20,39	30,07	0,02	0,12	1,62	0,10	6,13
<b>Variância</b>	0,15	0,55	17,82	0,81	0,00	0,02	1,26	0,02	91,65
<b>Desvio Padrão</b>	0,38	0,74	4,22	0,90	0,02	0,16	1,12	0,15	9,57
<b>Coeficiente de Variação</b>	6,74	8,65	20,70	2,99	74,56	136,83	69,23	150,32	156,21

### 3.1. GRADIENTE DE POLUIÇÃO

Foram quatro semanas de coleta, ao longo do Baixo Rio Negro, distribuídos em doze pontos que começavam em uma área de baixa influencia antrópica e se estendia até a frente da cidade de Manaus, onde a interferência humana nos recursos naturais é elevada. Dos parâmetros analisados neste trabalho o que se mostrou mais uniforme ao longo dos pontos de amostragem, com elevação significativa nos pontos localizados na área de alta influência, foi pH (Figura 02), no entanto ele encontrava-se descaracterizado, potencialmente alcalino, tendo em vista que as águas do Rio Negro são naturalmente ácidas (APRILE *et al.*, 2011; FONSECA *et al.*, 1982; PINTO *et al.*, 2009; SANTOS *et al.*, 2006; ZEIDEMANN, S/D).

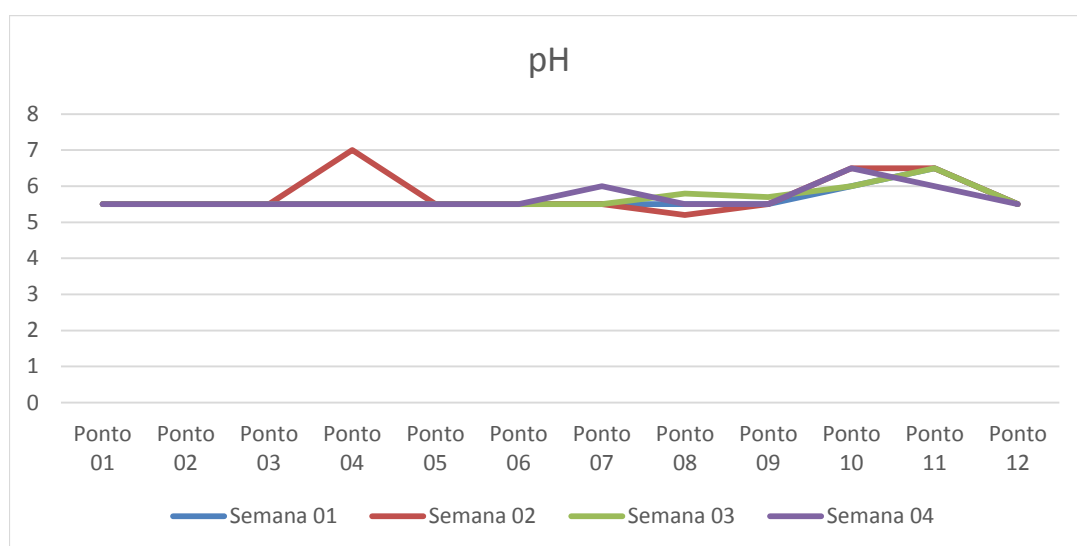


Figura 02: Variação dos níveis de pH nos pontos de coleta durante as quatro semanas.

Diferente do pH, o Oxigênio Dissolvido não mostrou um padrão em sua distribuição ao longo dos pontos de coleta (Figura 03). Apresentou uma elevação em seu nível em todos os pontos no decorrer das semanas, Pinto *et al.* (2009) encontrou valores menores (4,7 e 5,6 mg/L), esse aumento pode estar relacionado a ação dos ventos, visto que durante as amostragens a ventilação era constante, havia também manchas fitoplanctônicas presentes em alguns pontos de coleta o que podem ter influenciado, também no aumento do OD (ALMEIDA, 2008).

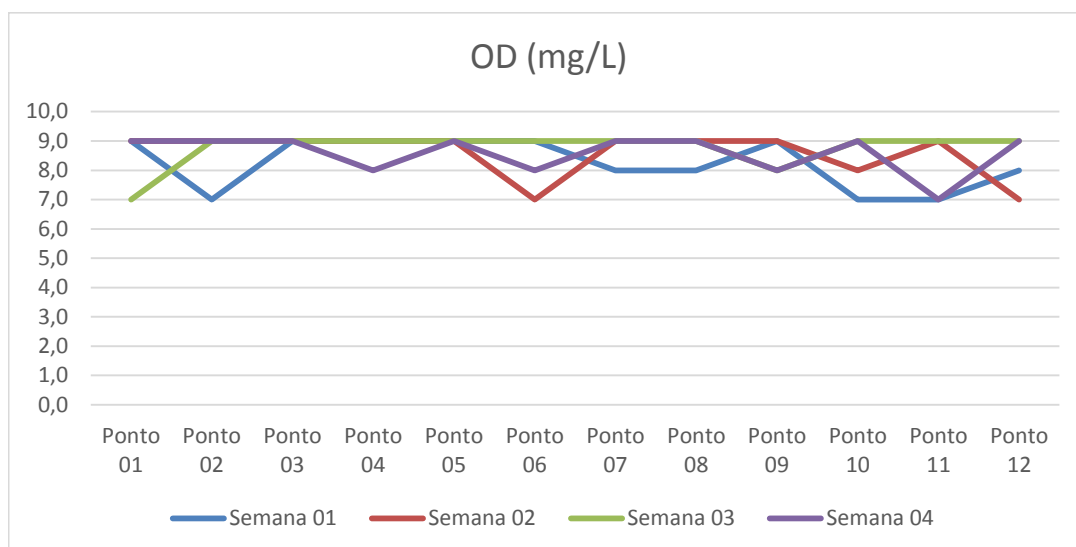


Figura 03: Variação dos níveis de OD nos pontos de coleta durante as quatro semanas.

A condutividade elétrica no Rio Negro é naturalmente baixa (9 – 10  $\mu\text{S}$ ) pela pouca quantidade de eletrólitos dispersos na coluna d'água. (FONSECA *et al.*, 1982; FURCH e JUNK, 1997; PINTO *et al.*, 2009; SIOLI, 1984; WALLACE, 1853). No entanto os valores de condutividade encontrados neste trabalho foram altos, mantiveram-se estáveis nas áreas de baixa e intermediária influência antrópica apresentando picos sérios nas áreas de alta influência, como pode ser visto na Figura 04. Como o volume de água durante o período amostrado era grande, este pode ter sido o motivo pelo qual os valores de condutividade mantiveram-se estáveis, ainda que elevados, nas áreas de influência baixa e intermediária. No caso dos quatros últimos pontos estarem na área de alta influência e receber diretamente os efluentes houve um aumento da condutividade.

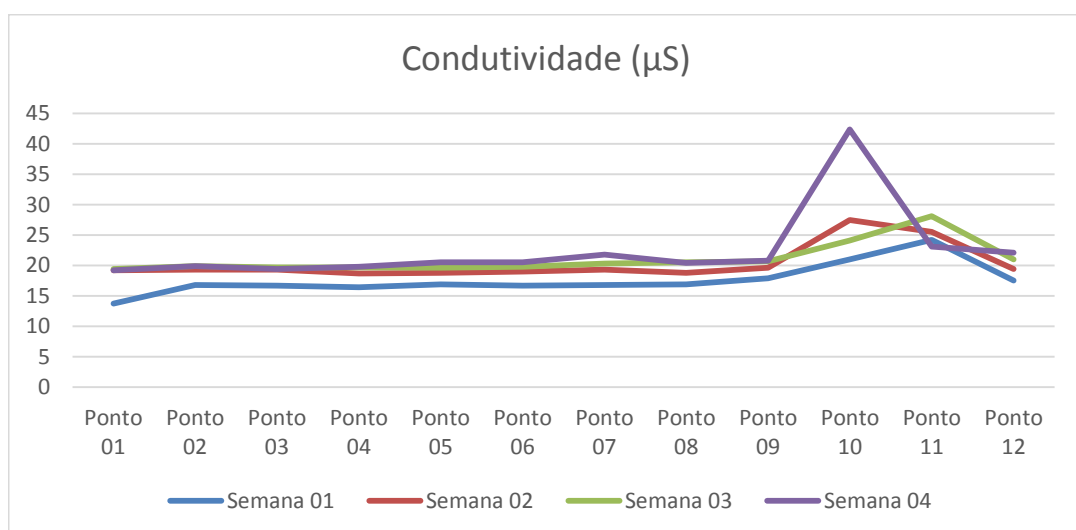


Figura 04: Variação dos níveis de condutividade nos pontos de coleta durante as quatro semanas.

A temperatura manteve-se entre 28,1°C e 32,2 °C (Tabela 01) sofrendo variações ao longo dos pontos de coleta, relativamente acima das temperaturas mencionadas por Zeidemann (S/D) (25,8 - 27,9 °C), a elevação da temperatura das águas do Rio Negro pode estar relacionadas as condições climáticas no momento da mensuração desta variável. Os valores mais baixos foram encontrados nos pontos localizados na área de alta influência antrópica (Figura 05).

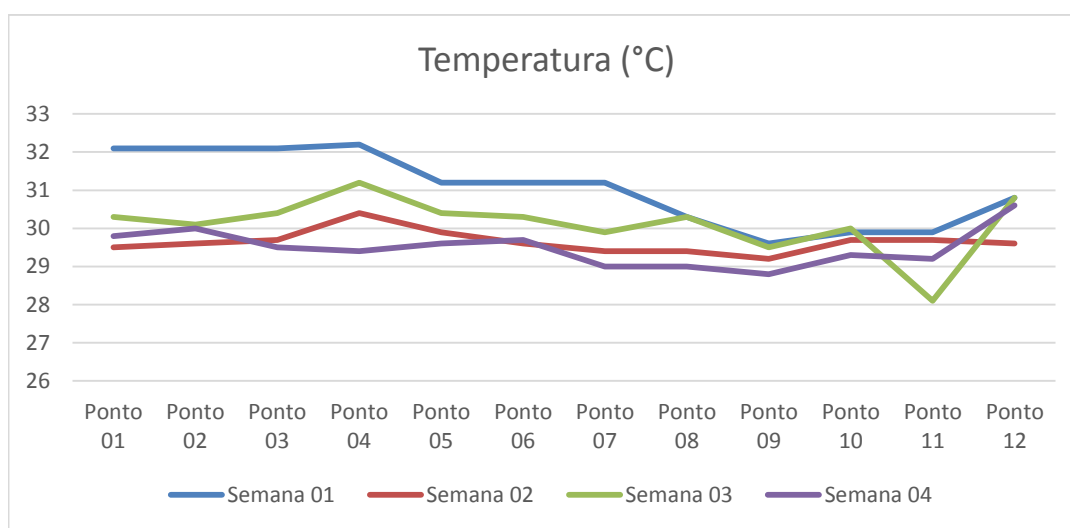


Figura 05: Variação dos níveis de temperatura nos pontos de coleta durante as quatro semanas.

Os valores de nitrito encontrados foram acima dos valores encontrados por Santos *et al.* (2006). O gradiente de concentração deste parâmetro aumentou, com pequenas variações, a mediada que os pontos de coleta se aproximava da área de alta influência. O maior valor registrado foi na quarta semana no ponto 10 (Figura 06).

Os valores de nitrato encontrados foram superiores aos encontrados por Santos *et al.* (2006), e não seguiram um padrão durante as semanas de amostragem (*id.*, *ibid.*). A primeira semana foi a que apresentou os maiores valores, aumentando a medida que se aproximava da área de alta influência (Figura 07), durante a segunda semana os níveis de nitrato mantiveram-se estáveis nos três primeiros pontos, foi verificado um salto no ponto 04 e 06 localizados na área de influência intermediária.

Na terceira e quarta semana de amostragem os níveis desse elemento mantiveram-se estáveis, com aumento nos pontos 06 e 11 respectivamente (Figura 07). Esse comportamento, do nitrito e nitrato, de não manterem uma uniformidade na sua distribuição pode estar relacionado ao volume de água, pois nessas quatro semanas o Rio Negro atingiu seu ápice da cheia.

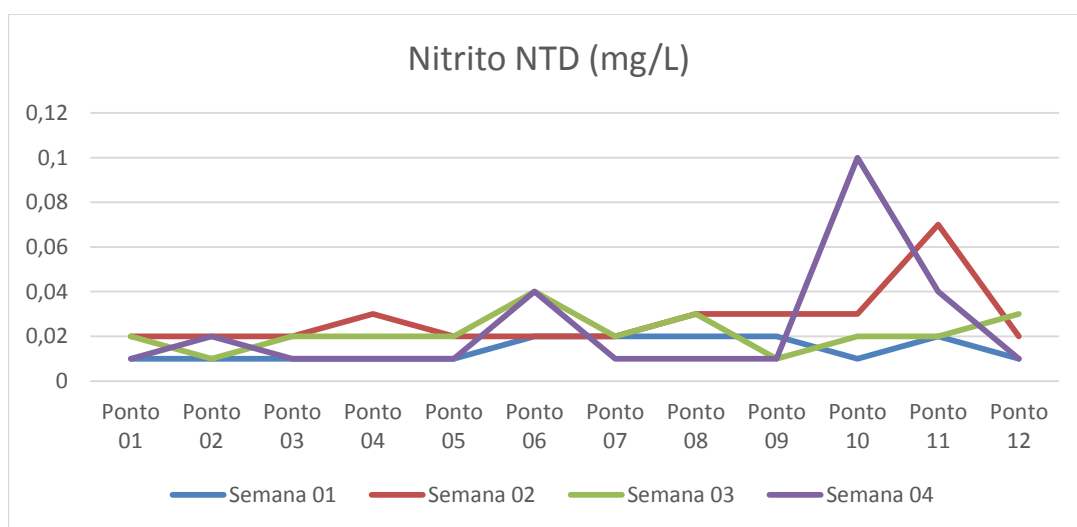


Figura 06: Variação dos níveis de nitrito nos pontos de coleta durante as quatro semanas.

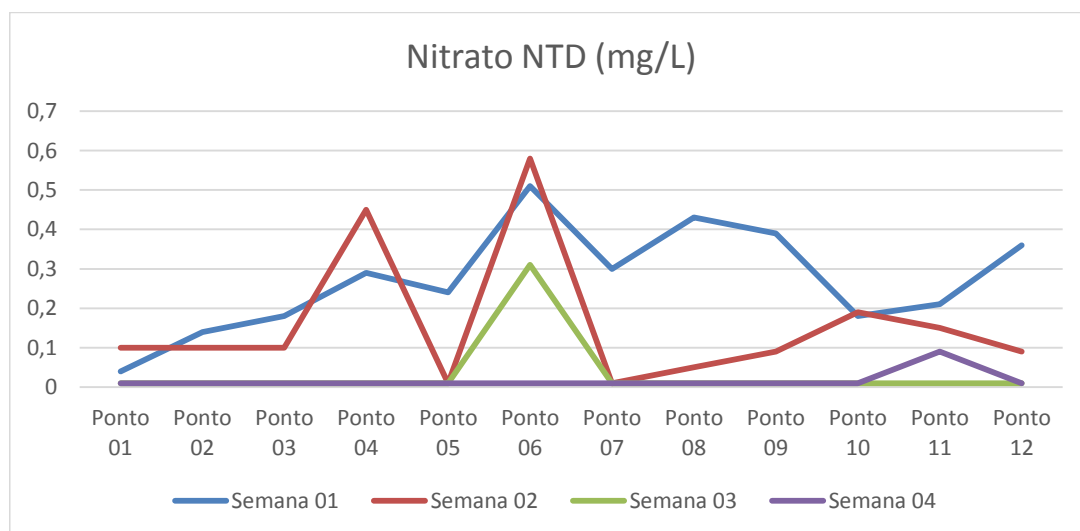


Figura 07: Variação dos níveis de nitrato nos pontos de coleta durante as quatro semanas.

O fósforo (Figura 08) e o ortofosfato (Figura 09), não mostraram um padrão de distribuição ao longo dos pontos de coleta, no entanto os níveis apresentados por esses elementos estão relativamente elevados comparados aos níveis encontrados por Santos *et al.* (2006) e Aprile *et al.* (2011).

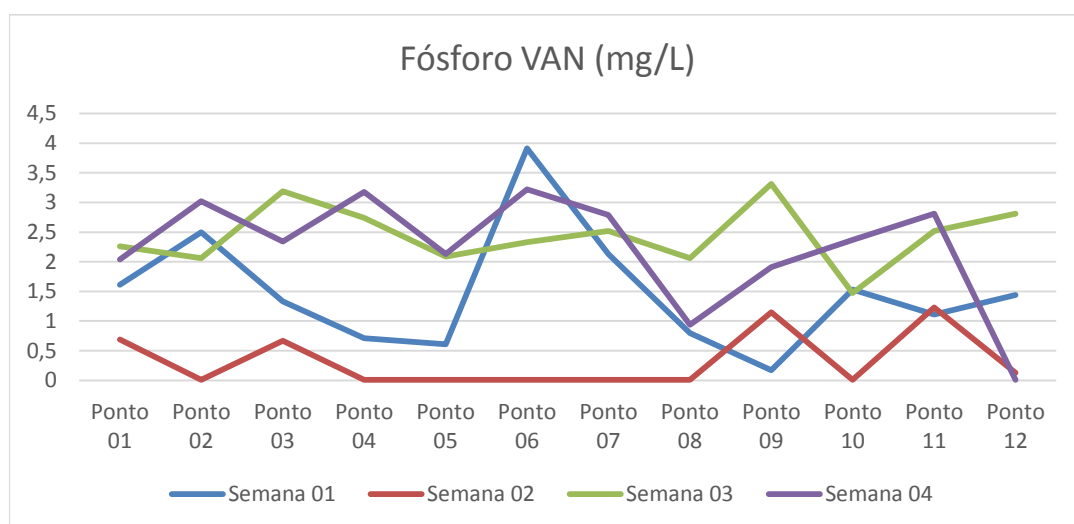


Figura 08: Variação dos níveis de fósforo nos pontos de coleta durante as quatro semanas.

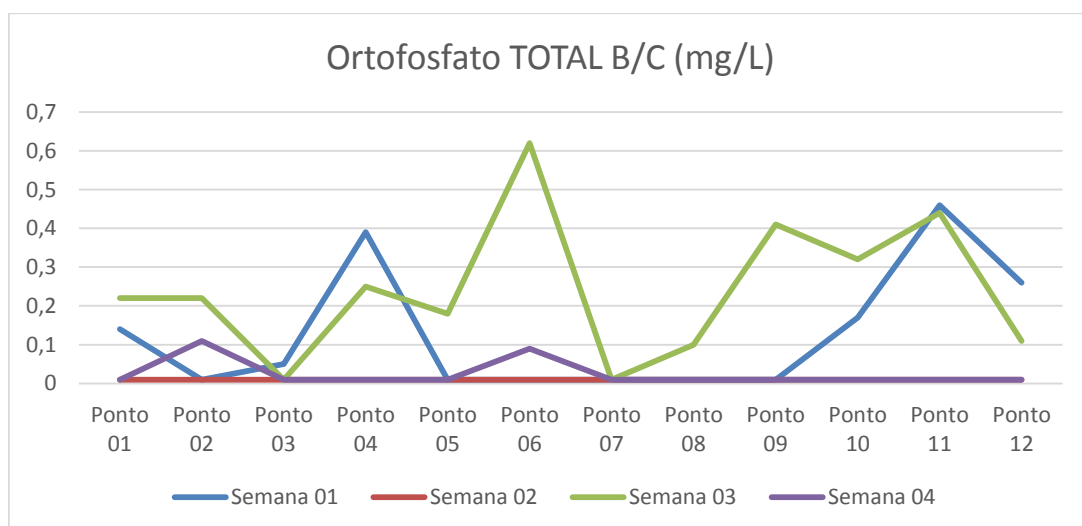


Figura 09: Variação dos níveis de ortofosfato nos pontos de coleta durante as quatro semanas.



A turbidez apresentou variações entre os pontos 01 e 05, no ponto 06 foram registrados os níveis mais altos desse parâmetro, entre os pontos 07 e 12 os níveis voltaram ter pequenas variações, como pode ser observado na figura 10.

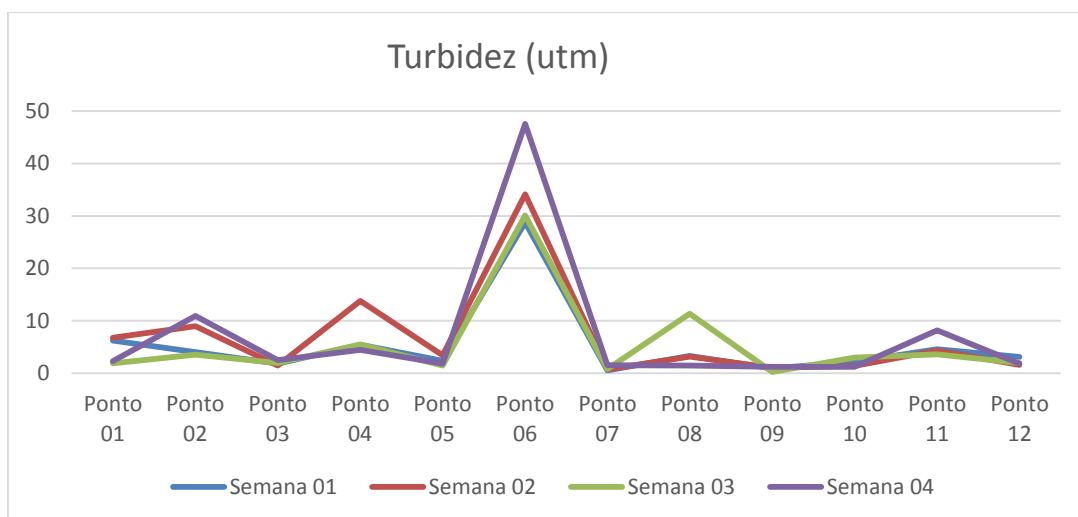


Figura 10: Variação dos níveis de turbidez nos pontos de coleta durante as quatro semanas.

## CONCLUSÃO

Trabalhos anteriores realizados por Fonseca *et al.* (1982), Pinto *et al.* (2009) e Santos *et al.* (2006), mostraram que o Rio Negro já vem sofrendo um processo de eutrofização que tem modificando as características físico-químicas de sua água afetando dessa forma sua qualidade.

Os parâmetros físicos pH, condutividade e turbidez mostram que as águas do Baixo Rio Negro está sofrendo uma descaracterização, tendo em vista a entrada de efluentes domésticos e industriais e também a modificação das matas ciliares ao longo do rio. O aumento da alcalinidade se deve a entrada de substancias alcalinas oriundas dos esgotos domésticos e industriais da região, a elevação da condutividade elétrica também pode ser reflexo desse aumento da alcalinidade.

Quanto a turbidez, a elevação de seu nível principalmente nas áreas de influência intermediária, pode estar ligada a derrubada das matas ciliares daquela região, observou-se que ao longo do trecho as encostas estavam desprovidas de vegetação e a movimentação das águas era grande, fazendo que grandes blocos de terra caíssem no rio causando turvação.

Quanto aos parâmetros químicos, a elevação dos aportes de nitrito, nitrato, fósforo e ortofosfato estão ligadas a entrada de efluentes despejados diretamente no rio ou trazido por seus afluentes. Esses elementos comportam-se como nutrientes para diversos organismos aquáticos, a elevação de seus níveis causa o aumento de alguns organismos, conhecido como “Boom”, tornando o ambiente eutrofizado, essa eutrofização acaba causando um desequilíbrio nos ciclos biológicos do rio, afetando profundamente a qualidade da água.

Portanto baseada nas análises feitas é possível dizer que a qualidade da água do Baixo Rio Negro, principalmente onde as atividades humanas são mais intensas, encontra-se diminuída. Na época da cheia, devido ao aumento do volume d'água, os índices das cargas poluidoras tornam-se mais diluídos. Essa poluição não apresenta um gradiente preciso visto que alguns parâmetros, principalmente os químicos, para este trabalho não apresentaram um padrão.

## REFERÊNCIAS

- AB`SABER, A .1953. **A cidade de Manaus**. Boletim Paulista de Geografia, 15: 18-45.
- ALMEIDA, Fabiane F. 2008. **Fitoplâncton de um Lago de Inundação Amazônico (Lago Catalão – AM – Brasil): Estrutura da Comunidade Fitoplanctônica, Flutuações Espaciais e Temporais**. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus – AM.
- ANDRADE, L. S.; SILVA, M. S. R.; MIRANDA, S. A. F. 2006. **Qualidade química das águas de superfície de um igarapé sob diferentes graus de impactos/Manaus-Am.** 2006. Jornada de iniciação científica do PIBIC/CNPq/FAPEAM/INPA, XV:415-416.
- ANDRADE, Larice Nogueira. 2010. **Autodepuração dos Corpos D'água**. Revista da Biologia, USP, Vol. 05.
- APRILE, F. M.; DARWICH, A. J.; MIGUÉIS, A. M. 2011. Modelo de fluxo de Nitrogênio e Fósforo para sistemas flúvio-lacustres às margens do Rio Negro, Amazonas, Brasil. *In*: SANTOS-SILVA, E. N.; SCUDELLER, V. V.; CAVALCANTE, M. J. **BioTupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central**. Vol. 03. Manaus.
- ARTIOLA, J.F. 1996. **Industrial sources of pollution** In: Pepper, I.L.; Gerba, C.P. e Brusseau, M.L. (Eds). Pollution science. Academic Press, San Diego, California, 456pp.
- BARRONCAS, P.P. 1999. **Estudo da Concentração de Metais nos Igarapés Acará, Matrinxã**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 57pp.
- BENTES, R. M. 1983. **A zona franca e o processo migratório para Manaus**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará.

BRINGEL, S. R. B. 1986. **Estudos do nível de poluição nos igarapés do Quarenta e do Parque Dez de Novembro**. Relatório Técnico. Instituto de Tecnologia da Amazônia-UTAM.

CAPRA, F. 1996. **A Teia da Vida – uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. Trad. Newton Roberval Eicheberg. São Paulo: Cultrix 249pp.

CLETO-FILHO, S. E. N. & WALKER I., 2001. **Efeitos da ocupação urbana sobre a macrofauna de invertebrados aquáticos de um igarapé da cidade de Manaus/AM - Amazônia Central**. Acta Amazônica 31(1): 69–89.

CLETO-FILHO, S.E.N. 1998. **Efeitos da ocupação urbana sobre a macrofauna de invertebrados aquáticos de um igarapé (Mindu) da cidade de Manaus/AM – Amazônia Central**. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, 74pp.

COUCEIRO, S. R. M.; HAMADA, N.; LUZ, S. L. B.; FORSBERG, B.R.; PIMENTEL, T. P. 2007. **Deforestation and sewage effects on aquatic macro invertebrates in urban streams in Manaus, Amazonas, Brasil**. Hydrobiologia (575):271-284.

ESTEVES, F. A. 1998. **Fundamentos de Liminologia**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Interciência. 602 p.

ESTEVES, F. A. 2002. **Princípios ecológicos para mitigação do impacto antrópico**. In: Lago Batata: **Impacto e recuperação de um ecossistema amazônico**. (eds) BOZELLI, R.L.; ESTEVES, F.A. & ROLAND, F. IB-UFRJ/SBL Rio de Janeiro, pp. 3 – 16.

FONSECA, O. J. M.; SALEM, J. I.; GUARIM, V. L. 1982. **Poluição e autopurificação do rio Negro nas cercanias de Manaus**. Acta Amazônica, 12(2): 271-278.

FURCH, K. & JUNK, W. J. 1997. Physicochemical conditions in floodplains In: **The Central Amazon Floodplain: ecology of a pulsing system** (ed.) JUNK, W. J., Springer, Alemanha 39: 69 – 108 pp.

GOMES, L. N. L. 2008. **Estudo da Associação entre Parâmetros Bióticos e Abióticos e a Ocorrência de Florações de Cianobactérias no Reservatório de Vargem das Flores – MG**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais. Programa de Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

GONÇALVES, Elano M. **Avaliação da Qualidade da Água do Rio Uberabinha – Uberlândia – MG**. 2009. 159 p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

GOULDING, M., BARTHEM, R. & FERREIRA, E. J. G. 2003. **The Smithsonian: Atlas of the Amazon** Princeton Editorial Associates Inc. (Copy editing) Manufactured in Hong-Kong 253pp.

GUIDOLINE, J. F.; ABDALA, V. L.; CARMO, D. A.; VAL, B. H. P.; JUNIOR, R. F. V. 2010. **Ortofosfato como Parâmetro Indicador de Qualidade da Água em Diferentes Pontos da Bacia do Rio Uberaba**. 3º Seminário de Iniciação Científica e Inovação Tecnológica. Disponível em: <<http://200.131.48.3/virtualif/SPES/visao/indexParticipante.php>> Acesso em: 23 de agosto de 2014.

HORBE, A. M. C.; GOMES, I. L. F.; MIRANDA, S. F.; SILVA, M. S. 2005. **Contribuição à hidroquímica de drenagens no Município de Manaus – AM**. Acta Amazônica, 35(2) 2005: 119 – 124.

**IQA – Índice de Qualidade das Águas**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/documentos/indices/02.pdf>> Acesso em: 22 de agosto de 2014.

JUNK, W. J., BAYLEY, P. B. & SPARKS, R. E. 1989. **The Flood Pulse Concept in River – Floodplain Systems.** In D. p. Dodge ed. **Proceedings of the International Large River Symposium.** Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 106: 110 – 127.

JUNK, W. J.; WANTZEN, K. M. 2004. **The Flood Pulse Concept: New Aspects: Approaches, and Application - an update.** In: **Proceedings of the Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries.** Bangkok, Thailand: Food and Agriculture Organization & Mekong River Commission, 2: 117-149.

JUNK, W. J.; FURCH, K. 1980. **Química da água e macrofitas aquáticas de rios e igarapés na Bacia Amazônica e nas áreas adjacentes.** Acta Amazônica, 10(3): 611 – 633.

LEFF, E. 2001 **Saber Ambiental: Sustentabilidade, Racionalidade, Complexidade e Poder.** Ed. Vozes. Petrópolis-RJ. 343 pp.

LIMA, V.T.A.; CAMPECHE, D. F. B.; PAULINO, R. V.; JÚNIOR, D. D. S.; VASCONCELLOS, E. B. C. 2011. **Análise da Condutividade Elétrica e do pH em água salobra no cultivo de tilápias.** EMBRAPA Semiárido.

LOWE, R.L.; PAN, Y. 1996. **Periphyton patterns in lakes.** In: Stevenson, R.J.; Bothwell, M.L.; Lowe, R.L. (Eds). **Algal Ecology: freshwater benthic ecosystem.** Academic Press, USA. 57-76pp.

MACHADO, F. B. **Nitrito e Nitrato.** Disponível em: < <http://www.rc.unesp.br/museudpm/banco/nitratos/nitratos.html> > Acesso em 18 de agosto de 2014.

MELO, A. L. S; CUNHA, H. B.; BARAÚNA, E. F. 2006. **Avaliação dos coliformes nas águas do rio Negro na orla de Manaus-Am.** Jornada de iniciação científica do PIBIC/CNPq/FAPEAM/INPA, XV:373-374.

MELO, M. C. 1987. **Manaus e seus espaços geográficos**. Fundação Joaquim Nabuco (FUNDAJ). 60 pp.

MIRANDA, R. G.; PEREIRA, S. F. P.; ALVES, D. T. V.; OLIVEIRA, G. R. F. 2009. **Qualidade dos Recursos Hídricos da Amazônia – Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físico-químicos**. Revista Ambiente e Água. ISSN 1980-993X – doi:10.4136/1980-993X, Mar/Ago.

MOURA, H. A. & MOURÃO, F. A. 1988. **Migrações para Manaus. III parte dos estudos específicos**. FUNDAJ/SUFRAMA. Recife.

NAVA, D. B. 1999. **Mapa da Vulnerabilidade aos processos erosivos da porção sudeste da cidade de Manaus, Amazonas. Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal do Amazonas/Centro de Ciências do Ambiente. 92 pp.

OLIVEIRA, A. E. 1984. Ocupação humana. In: SALATI et al. (eds.) **Amazônia Desenvolvimento, Integração e Ecologia**. CNPq. Brasiliense, São Paulo, 328 pp.

**Parâmetros Indicadores de Qualidade de Água**. Disponível em: < [http://200.144.189.97/phd/LeArq.aspx?id\\_arq=1123](http://200.144.189.97/phd/LeArq.aspx?id_arq=1123). > Acesso em: 04 de agosto de 2014.

PASCOALOTO, D. 2001. **Características ambientais de cinco igarapés de terra-firme em reservas florestais no estado do Amazonas e sua relação com *Batrachospermum cayanene* (Batrachospermaceae, Rhodophyta)**. Acta Amazônica, 31(4): 597-606.

PULINO, W. D.; FRANÇA, J. M. B. **Leitura de Minuto 6: Índices de Qualidade da Água**. Companhia de Gestão de Recursos Hídricos. Governo do Estado do Ceará – Secretária dos Recursos Hídricos, 2008.

PEREIRA, I. R. C.; BRINGEL, S. R. B.; SILVA, M. S. R. 2006. **Efeito das drenagens urbanas no rio Negro, orla de Manaus-Am**. Jornada de iniciação científica do PIBIC/CNPq/FAPEAM/INPA, XV:397-398.

PEREIRA, M. B.; BLEICH, M. E. 2009. Variações Limnológicas Abióticas Espaciais e Temporais em uma Lagoa na Bacia Araguaia-Tocantins, Mato Grosso. **Iniciação Científica CESUMAR**, volume 11, nº 01, p. 29-35, jan./jun - ISSN 1518-1243.

PINTO, A. G. N., HORBE, A. M. C., SILVA, M. S. R., MIRANDA, S. A. F., PASCOALOTO, D., SANTOS, H. M. C. 2009 **Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do rio Negro na orla de Manaus/AM**. Acta Amazônica, 39(3): 627 – 638.

PINHEIRO, L. A.; BORGES, J. T. 2013. **Avaliação Hidroquímica Qualitativa das Águas do Baixo Rio Negro**. Revista Eletrônica de Petróleo e Gás, Ano I, nº 2 – mai/out– ISSN 2316-66813

REBOUÇAS, A. C. Águas subterrâneas. In: REBOUÇAS, A. C., BRAGA, B. & TUNDISI, J.G. - 2002. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação** 2ª edição revisada e ampliada, São Paulo. p. 119- 151.

REVENGA, C., MURRAY, S., ABRAMOVITZ, J. & HAMMOND, A. 1998. **Watersheds of the world: Ecological Value and Vulnerability**. World Watch Institute. U.S.A. 164pp.

SALOMONS, W.; FÖRSTNER, U. 1984. **Metals in the hydricycle**. Springer-Verlag, Berlin 349pp.

SANTOS, I.N.; HORBE, A.M.C.; SILVA, M.S.R.; MIRANDA, S.A. F. 2006. **Influência de um aterro sanitário e de efluentes domésticos nas águas superficiais do rio Tarumã e afluentes-AM**. Acta Amazônica, 36(2): 229-236.

SANTOS-SILVA, E. N. S. & SILVA, C. P. D. 1993. A expansão de Manaus como exemplo do Processo de extinção dos igarapés. In: Ferreira et al. (eds.) **Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia**. Vol. 2. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, p 25-42.



**SÉRIE DE NITROGÊNIO (NITROGÊNIO ORGÂNICA, AMÔNIA, NITRITO E NITRATO).** Disponível em: < [http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/aqua/aguas-superficiais/aguas-interiores/variaveis/aguas/variaveis\\_quimicas/serie\\_de\\_nitrogenio.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/aqua/aguas-superficiais/aguas-interiores/variaveis/aguas/variaveis_quimicas/serie_de_nitrogenio.pdf) > Acesso em: 23 de outubro de 2014.

SILVA, M.S.R. 1996. **Metais pesados em sedimentos de fundo de igarapés (Manaus-AM).** Dissertação de Mestrado, CPGG UFPA, 107p.

SILVA, M.S.R.; RAMOS, J.P.; PINTO, A.G.N. 1999. **Metais de transição nos sedimentos de igarapés de Manaus-AM.** Acta Limnologica Brasiliensis, 11:89-100.

SILVA, C. P. D. 1992. **Influência das modificações ambientais sobre a comunidade de peixes de um igarapé da cidade de Manaus (Amazonas).** Dissertação de Mestrado. PPG INPA/FUA, Manaus. 112 pp.

SILVESTRE, Maria Elizabeth S. 2003. **Água Doce no Brasil: Razões de uma Nova Política.** 2003. 134 p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SIOLI, H. 1984. **The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses, and river types.** In: H. SIOLI (ed.) **The Amazon. Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical and its Basin.** Monogr. Biol. 56. Dr. W. Junk Publ., The Hague, Netherlands. pp. 127-165.

SPERLING, Marcos V. **Análise dos Padrões Brasileiros de Qualidade de Corpos D'Água e de Lançamentos de Efluentes Líquidos.** 1998. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Volume 03, Nº 01, 111-132, Jan/Mar.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI. **Índices de Qualidade da Água.** Disponível em: < [www.ufpi.br/subsiteFiles/ces/arquivos/files/4-IQA.pdf](http://www.ufpi.br/subsiteFiles/ces/arquivos/files/4-IQA.pdf) > Acesso em 24 de setembro de 2014.

WALLACE, A. R. 1853. **A Narrative of Travels on the Amazon and Rio Negro, with an account of the Native Tribes, and Observations on the Climate, Geology, and Natural History of the Amazon Valley.** Reeve & Co., London, Dec. 541pp.

WETZEL, R.G. 1993. **Limnologia.** Lisboa; Fundação Calouste Gulbenkian, 919pp.

ZEIDEMANN, Vivian K. **O Rio das Águas Negras.** PDF. Disponível em: < <http://ecologia.ib.usp.br/guiaigapo/images/livro/RioNegro02.pdf> > Acesso em 13 de outubro de 2014.

## ANEXOS

Anexo A: Análises dos parâmetros físicos e químicos realizados *In situ* e no laboratório das quatro semanas de coleta.

Análise das Amostras de Água do Rio Negro Colhidas no dia 06 de junho de 2014											
Análise <i>in situ</i>						Análise Laboratorial					
Ponto	Hora	Condições Meteorológicas	Ph	O <sub>2</sub> Dissolvido	Condutividade	Temperatura da Água	Nitrito NTD	Nitrato NTD	Fósforo VAN	Ortofosfato TOTAL B/C	Turbidez
01	10h15m	Parcialmente nublado	5.5	9.0 mg/L	13.7 µS	32,1 °C	0.01 mg/L	0.04 mg/L	1.61 mg/L	0.14 mg/L	6.24 utm
02	12h10m	Parcialmente nublado	5.5	7.0 mg/L	16.8 µS	32.1 °C	0.01 mg/L	0.14 mg/L	2.50 mg/L	0.01 mg/L	4.02 utm
03	12h20m	Parcialmente nublado	5.5	9.0 mg/L	16.7 µS	32.1 °C	0.01 mg/L	0.18 mg/L	1.33 mg/L	0.05 mg/L	1.83 utm
04	12h43m	Parcialmente nublado	5.5	9.0 mg/L	16.4 µS	32.2 °C	0.01 mg/L	0.29 mg/L	0.71 mg/L	0.39 mg/L	5.40 utm
05	13h02m	Parcialmente nublado	5.5	9.0 mg/L	16.9 µS	31.2 °C	0.01 mg/L	0.24 mg/L	0.61 mg/L	0.01 mg/L	2.38 utm
06	13h21m	Parcialmente nublado	5.5	9.0 mg/L	16.7 µS	31.2 °C	0.02 mg/L	0.51 mg/L	3.91 mg/L	0.01 mg/L	28.76 utm
07	13h40m	Nublado com chuva	5.5	8.0 mg/L	16.8 µS	31.2 °C	0.02 mg/L	0.30 mg/L	2.13 mg/L	0.01 mg/L	0.54 utm
08	14h00m	Nublado com chuva	5.5	8.0 mg/L	16.9 µS	30.3 °C	0.02 mg/L	0.43 mg/L	0.80 mg/L	0.01 mg/L	3.31 utm
09	15h32m	Parcialmente nublado	5.5	9.0 mg/L	17.9 µS	29.6 °C	0.02 mg/L	0.39 mg/L	0.17 mg/L	0.01 mg/L	0.89 utm
10	14h27m	Parcialmente nublado	6.0	7.0 mg/L	21.0 µS	29.9 °C	0.01 mg/L	0.18 mg/L	1.53 mg/L	0.17 mg/L	2.16 utm
11	14h43m	Parcialmente nublado	6.5	7.0 mg/L	24.2 µS	29.9 °C	0.02 mg/L	0.21 mg/L	1.11 mg/L	0.46 mg/L	4.55 utm
12	15h03m	Parcialmente nublado	5.5	8.0 mg/L	17.5 µS	30.8 °C	0.01 mg/L	0.36 mg/L	1.44 mg/L	0.26 mg/L	3.08 utm

**Análise das Amostras de Água do Rio Negro Colhidas no dia 14 de junho de 2014**

		Análise <i>in situ</i>					Análise Laboratorial				
Ponto	Hora	Condições Meteorológicas	Ph	O <sub>2</sub> Dissolvido	Condutividade	Temperatura da Água	Nitrito NTD	Nitrato NTD	Fósforo VAN	Ortofosfato TOTAL B/C	Turbidez
01	09h45m	Parcialmente nublado	5.5	9.0 mg/L	19.2 µS	29.5 °C	0.02 mg/L	0.10 mg/L	0.69 mg/L	0.01 mg/L	6.75 utm
02	10h00m	Parcialmente nublado	5.5	9.0 mg/L	19.3 µS	29.6 °C	0.02mg/L	0.10 mg/L	0.01 mg/L	0.01 mg/L	8.99 utm
03	10h14m	Parcialmente nublado	5.5	9.0 mg/L	19.3 µS	29.7 °C	0.02 mg/L	0.10 mg/L	0.67 mg/L	0.01 mg/L	1.44 utm
04	10h28m	Parcialmente nublado	7.0	9.0 mg/L	18.7 µS	30.4 °C	0.03 mg/L	0.45 mg/L	0.01 mg/L	0.01 mg/L	13.79 utm
05	10h49m	Parcialmente nublado	5.5	9.0 mg/L	18.8 µS	29.9 °C	0.02 mg/L	0.01 mg/L	0.01 mg/L	0.01 mg/L	3.38 utm
06	11h05m	Parcialmente nublado	5.5	7.0 mg/L	19.0 µS	29.6 °C	0.02 mg/L	0.58 mg/L	0.01 mg/L	0.01 mg/L	34.17 utm
07	11h20m	Parcialmente nublado	5.5	9.0 mg/L	19.3 µS	29.4 °C	0.02 mg/L	0.01 mg/L	0.01 mg/L	0.01 mg/L	0.74 utm
08	11h37m	Nublado com chuva	5.2	9.0 mg/L	18.8 µS	29.4 °C	0.03 mg/L	0.05 mg/L	0.01 mg/L	0.01 mg/L	3.18 utm
09	11h57m	Parcialmente nublado	5.5	9.0 mg/L	19.6 µS	29.2 °C	0.03 mg/L	0.09 mg/L	1.15 mg/L	0.01 mg/L	1.01 utm
10	12h11m	Parcialmente nublado	6.5	8.0 mg/L	27.5 µS	29.7 °C	0.03 mg/L	0.19 mg/L	0.01 mg/L	0.01 mg/L	1.40 utm
11	12h23m	Nublado	6.5	9.0 mg/L	25.5 µS	29.7 °C	0.07 mg/L	0.15 mg/L	1.23 mg/L	0.01 mg/L	4.31 utm
12	12h43m	Nublado com chuva	5.5	7.0 mg/L	19.4 µS	29.6 °C	0.02 mg/L	0.09 mg/L	0.13 mg/L	0.01 mg/L	1.55 utm

Anexo A continuação...

Análise das Amostras de Água do Rio Negro Colhidas no dia 22 de junho de 2014

Análise <i>in situ</i>							Análise Laboratorial				
Ponto	Hora	Condições Meteorológicas	Ph	O <sub>2</sub> Dissolvido	Condutividade	Temperatura da Água	Nitrito NTD	Nitrato NTD	Fósforo VAN	Ortofosfato TOTAL B/C	Turbidez
01	10h02m	Parcialmente nublado	5.5	7.0 mg/L	19.4 µS	30.3 °C	0.02 mg/L	0,01 mg/L	2.26 mg/L	0.22 mg/L	1.85 utm
02	10h20m	Parcialmente nublado	5.5	9.0 mg/L	19.9 µS	30.1 °C	0.01 mg/L	0.01 mg/L	2.06 mg/L	0.22 mg/L	3.50 utm
03	10h35m	Parcialmente nublado	5.5	9.0 mg/L	19.7 µS	30.4 °C	0.02 mg/L	0.01 mg/L	3.19 mg/L	0.01 mg/L	1.93 utm
04	10h45m	Parcialmente nublado	5.5	9.0 mg/L	19.7 µS	31.2 °C	0.02 mg/L	0.01 mg/L	2.74 mg/L	0.25 mg/L	5.46 utm
05	11h10m	Parcialmente nublado	5.5	9.0 mg/L	19.6 µS	30.4 °C	0.02 mg/L	0.01 mg/L	2.09 mg/L	0.18 mg/L	1.48 utm
06	11h30m	Parcialmente nublado	5.5	9.0 mg/L	19.8 µS	30.3 °C	0.04 mg/L	0.31 mg/L	2.33 mg/L	0.62 mg/L	30.13 utm
07	12h00m	Parcialmente nublado	5.5	9.0 mg/L	20.3 µS	29.9 °C	0.02 mg/L	0.01 mg/L	2.52 mg/L	0.01 mg/L	0.77 utm
08	12h20m	Parcialmente nublado	5.8	9.0 mg/L	20.5 µS	30.3 °C	0.03 mg/L	0.01 mg/L	2.06 mg/L	0.10 mg/L	11.34 utm
09	12h35m	Parcialmente nublado	5.7	8.0 mg/L	20.7 µS	29.5 °C	0.01 mg/L	0.01 mg/L	3.31 mg/L	0.41 mg/L	0.24 utm
10	12h55m	Parcialmente nublado	6.0	9.0 mg/L	24.1 µS	30.0 °C	0.02 mg/L	0.01 mg/L	1.47 mg/L	0.32 mg/L	3.00 utm
11	13h10m	Parcialmente nublado	6.5	9.0 mg/L	28.1 µS	28.1 °C	0.02 mg/L	0.01 mg/L	2.52 mg/L	0.44 mg/L	3.61 utm
12	13h34m	Parcialmente nublado	5.5	9.0 mg/L	21.0 µS	30.8 °C	0.03 mg/L	0.01 mg/L	2.81 mg/L	0.11 mg/L	1.96 utm

Anexo A continuação...

Análise das Amostras de Água do Rio Negro Colhidas no dia 05 de julho de 2014											
Análise <i>in situ</i>						Análise Laboratorial					
Ponto	Hora	Condições Meteorológicas	Ph	O <sub>2</sub> Dissolvido	Condutividade	Temperatura da Água	Nitrito NTD	Nitrato NTD	Fósforo VAN	Ortofosfato TOTAL B/C	Turbidez
01	09h41m	Ensolarado	5.5	9.0 mg/L	19.2 µS	29.8 °C	0.01 mg/L	0.01 mg/L	2.04 mg/L	0.01 mg/L	2.31 utm
02	09h56m	Ensolarado	5.5	9.0 mg/L	19.9 µS	30.0 °C	0.02 mg/L	0.01 mg/L	3.02 mg/L	0.11 mg/L	10.94 utm
03	10h08m	Ensolarado	5.5	9.0 mg/L	19.4 µS	29.5 °C	0.01 mg/L	0.01 mg/L	2.34 mg/L	0.01 mg/L	2.52 utm
04	10h20m	Ensolarado	5.5	8.0 mg/L	19.8 µS	29.4 °C	0.01 mg/L	0.01 mg/L	3.18 mg/L	0.01 mg/L	4.44 utm
05	10h39m	Ensolarado	5.5	9.0 mg/L	20.5 µS	29.6 °C	0.01 mg/L	0.01 mg/L	2.13 mg/L	0.01 mg/L	1.84 utm
06	10h52m	Ensolarado	5.5	8.0 mg/L	20.5 µS	29.7 °C	0.04 mg/L	0.01 mg/L	3.22 mg/L	0.09 mg/L	47.59 utm
07	11h18m	Ensolarado	6.0	9.0 mg/L	21.8 µS	29.0 °C	0.01 mg/L	0.01 mg/L	2.79 mg/L	0.01 mg/L	1.54 utm
08	11h35m	Ensolarado	5.5	9.0 mg/L	20.5 µS	29.0 °C	0.01 mg/L	0.01 mg/L	0.94 mg/L	0.01 mg/L	1.47 utm
09	11h53m	Ensolarado	5.5	9.0 mg/L	20.8 µS	28.8 °C	0.01 mg/L	0.01 mg/L	1.91 mg/L	0.01 mg/L	1.23 utm
10	12h08m	Ensolarado	6.5	9.0 mg/L	42.4 µS	29.3 °C	0.10mg/L	0.01 mg/L	2.37 mg/L	0.01 mg/L	1.18 utm
11	12h20m	Ensolarado	6.0	7.0 mg/L	23.1 µS	29.2 °C	0.04 mg/L	0.09 mg/L	2.81 mg/L	0.01 mg/L	8.16 utm
12	12h38m	Ensolarado	5.5	9.0 mg/L	22.2 µS	30.6 °C	0.01 mg/L	0.01 mg/L	0.01 mg/L	0.01 mg/L	1.81 utm