

Avaliação da qualidade da água do Alto Rio Pedreira, Macapá, Amapá

Naziel Santos de Souza¹, Júlio César Sá-Oliveira², Erineide Silva e Silva³

1. Biólogo, Universidade Federal do Amapá, Brasil. E-mail: souza.naziel@gmail.com

2. Doutor em Ecologia Aquática e Pesca, Universidade Federal do Pará. Professor Adjunto III da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), Departamento de Ciências Biológicas, Laboratório de Ictiologia e Limnologia, Núcleos de Estudos em Pesca e Aquicultura (NEPA), Brasil. E-mail: juliosa@unifap.br

3. Bióloga, Universidade Federal do Amapá. Especialista em Docência do Ensino Superior, Faculdade Madre Tereza. Residente pelo Programa de Residência Multiprofissional em Saúde Coletiva, Universidade Federal do Amapá, Brasil. E-mail: erineidessilva@hotmail.com

RESUMO: O objetivo do presente estudo foi avaliar a qualidade da água do alto Rio Pedreira, de modo a gerar informações que possam atuar como subsídio na preservação desse recurso aquático. O ponto de amostragem está situado no perímetro do Km 106, da BR 156, nos limites do Município de Porto Grande e Ferreira Gomes. Os parâmetros analisados foram: Temperatura da água, Potencial Hidrogeniônico (pH), Transparência, Turbidez, Condutividade Elétrica, Nitratos, Amônia, Fósforo Total, Ferro Total, Oxigênio Dissolvido (OD), Sólidos Totais, Ortofosfato, Demanda Bioquímica do Oxigênio (DBO₅), Cor e Coliformes fecais. Na determinação do IQA, utilizou-se o índice NSF (*National Sanitation Foundation - NSF*) com o auxílio do Software IQAData 2010 (Registro no INPI n° 10670-2). Como resultados, o presente estudo classificou a maioria dos parâmetros com padrões para a Classe 1 da Resolução CONAMA 357/05. A exceção é o oxigênio dissolvido e o ferro, classificados com padrões para classe 3. O índice de qualidade NSF enquadrou a água na montante do rio Pedreira como sendo de boa qualidade na estação seca. No período chuvoso, foi classificada como média. Sazonalmente, o IQA do rio Pedreira mostrou diferenças significativas entre os períodos seco e chuvoso ($t = 35,65$; $p = <0,0001$). Dos resultados obtidos, conclui-se que: o rio encontra-se estável; a preservação da mata ciliar, clima, vegetação e características geológicas, formam um grupo de fatores que contribuem na harmonia da área estudada. A baixa concentração de OD atuou como fator determinante para os índices de qualidade obtidos nos dois períodos.

Palavras-chave: monitoramento, corpos hídricos, Amazônia, Amapá.

Water quality assessment of the Upper Pedreira River, Macapá, Amapá

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the quality of the upper river Quarry water, in order to generate information that can act as a subsidy in the preservation of aquatic resource. The sampling point is situated on the perimeter of Km 106, BR 156, within the limits of the Municipality of Porto Grande and Ferreira Gomes. The parameters analyzed were: Water Temperature, Hydrogen Potential (pH), Transparency, Turbidity, Electrical Conductivity, Nitrates, Ammonia, Total Phosphorus, Total Iron, Dissolved Oxygen (OD), Total Solids, Orthophosphate, Biochemical Oxygen Demand (BOD₅), Color and Fecal coliforms. In determining the IQA, used the NSF index (*National Sanitation Foundation - NSF*) with the help of Software IQAData 2010 (registration with INPI No. 10670-2). As a result, this study classified most parameters with standards for Class 1 of CONAMA Resolution 357/05. The exception is the dissolved oxygen and iron, ranked with standards for Class 3. The quality index NSF framed the water in the river upstream of the quarry to be of good quality in the dry season. During the rainy season, was classified as average. Seasonally, the River Quarry IQA showed significant differences between the dry and rainy periods ($t = 35.65$, $p = <0.0001$). From the results, it is concluded that: the river is stable; the preservation of riparian vegetation, climate, vegetation and geological features, form a group of factors that contribute to the harmony of the study area. The low concentration of OD served as a determinant for the quality scores obtained in the two periods.

Keywords: monitoring, water bodies, Amazon, Amapá.

1. Introdução

Das águas superficiais disponíveis no mundo, o Brasil é privilegiado por deter aproximadamente 12% desse recurso, os quais estão distribuídos de maneira irregular entre as regiões (TOLEDO, 2004; PEZENTE, 2009). A Região Hidrográfica Amazônica é quem representa o maior percentual das reservas hídricas brasileiras, com cerca de 80% (ANA, 2011). Entretanto, a grande extensão do território nacional, bem como a carência de recursos humanos qualificados na avaliação da qualidade da água, aliados à contingência de recursos destinados a estes fins são tidos como os principais obstáculos na efetivação de avaliação dos recursos aquáticos nacionais.

A Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) é instituída pela Lei Federal n° 9.433/97. No que diz

respeito a lei, ela aborda a questão de gestão dos recursos hídricos no Brasil (BRASIL, 1997). Em 2010, a Agência Nacional de Águas-ANA iniciou o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas. O objetivo consiste na ampliação do monitoramento da qualidade das águas superficiais para todas as federações brasileiras (ANA, 2011). Desde então, em todo o território nacional, a Agência vem desenvolvendo e estimulando projetos que visam o conhecimento das características físico-químicas e limnológicas das águas superficiais do país.

Integrado ao conjunto da bacia Amazônica, o Estado do Amapá reflete em sua rede hidrológica, a existência de 34 bacias (ZEE, 1997). A maioria dos corpos hídricos é referente a trechos fluviais ricos em corredeiras, cachoeiras, etc. Muitos lagos também se destacam nas planícies inundáveis, inclusive

como perspectiva fonte de aproveitamento. Nesse contexto, a região do alto rio Pedreira é caracterizada por transição florestal (Cerrado/ Floresta densa de terra firme), com áreas alteradas que são utilizadas principalmente na atividade de silvicultura, cuja base de cultivo é centralizada no plantio de *Pinus sp.* e *Eucalyptus sp.* (ZEE, 2008). A falta de conhecimento sobre a qualidade da água dessa região foi a principal justificativa na execução deste projeto, que teve como objetivo avaliar a qualidade da água do alto Rio Pedreira, de modo a gerar informações que possam atuar como subsídio na preservação desse recurso aquático.

A matéria ou energia introduzida em sistemas aquáticos altera as características da água (NEGALLI; NEMES, 2009). E o conjunto de parâmetros físicos, químicos e biológicos que define sua qualidade, pode sofrer variação no decorrer do tempo (RICHESTER; NETTO, 2002). Os padrões brasileiros que determina a qualidade da água estão registrados na resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, e na Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde. Esses órgãos estabelecem critérios científicos para a qualidade da água visando à proteção das comunidades aquáticas bem como a saúde humana e animal.

2. Material e Métodos

Área de Estudo

O rio Pedreira possui uma área total de 2.086,35 Km² (ZEE, 1997), que abrange várias localidades em diferentes municípios. O estudo foi realizado na montante do rio (alto rio Pedreira), próximo a nascente. A área definida como ponto de amostragem está situada no perímetro do Km 106 da BR 156, dentro dos limites do Município de Porto Grande com Ferreira Gomes (Figura 1).

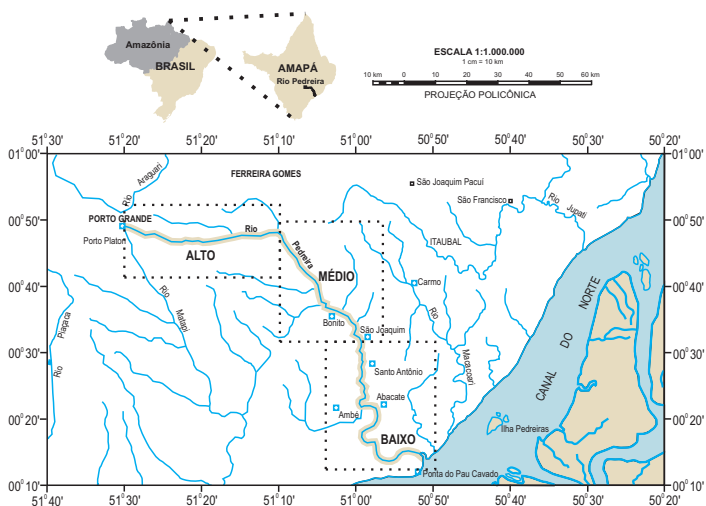


Figura 1. Macro-áreas do rio Pedreira: Alto Pedreira (ponto de amostragem destacado em vermelho); Médio Pedreira; Baixo Pedreira. Fonte: Huann Vasconcelos.

No entorno da área demarcada para estudo concentra-se uma natureza típica de Savana. O solo é do tipo Latossolo Amarelo e Concrecionário Laterítico, formado de sedimentos argilosos e argilo-arenosos. São solos típicos do Cerrado, que apresenta pobreza de nutrientes e que ocorrem em áreas de relevos suaves ondulados e ondulados (ZEE, 2008; DRUMOND et al., 2008). O clima

oficial para todo o estado do Amapá é superúmido, com duas regiões climáticas principais. A área de estudo está inserida na zona climática úmida, a qual predomina na maior parte do estado, caracterizada por dois meses secos que corresponde a setembro e outubro (DRUMOND et al., 2008).

Metodologia

O estudo foi realizado entre agosto de 2013 e julho de 2014. Nesse período, foram realizadas quatro campanhas amostrais divididas entre o período de seca e de cheia. A média dos parâmetros por coleta foi obtida a partir de três pontos demarcados aleatoriamente, os quais estão equidistantes aproximadamente 25 m. A localização dos pontos levou em consideração características físicas da área total e meso-habitats das áreas delimitadas (igarapés, remansos, lagos, entre outros). Para efeito de análises estatísticas, este artigo considera como estiagem ou seca o período de menor precipitação, que corresponde de agosto a janeiro. Como estação cheia ou chuvosa considera-se o período de maior precipitação, de fevereiro a julho.

No monitoramento da qualidade da água do alto rio Pedreira, os parâmetros físico-químicos e microbiológicos considerados para análise foram: Temperatura da água (°C), Potencial Hidrogeniônico (pH), Transparência (cm), Turbidez (UNT), Condutividade Elétrica (uS/cm⁻¹), Nitrato Total (mg/L⁻¹), Amônia (mg/L⁻¹), Fósforo Total (mg/L⁻¹), Ferro Total (mg/L⁻¹), Oxigênio Dissolvido (mg/L⁻¹), Sólidos Totais (mg/L⁻¹), Ortofosfato (mg/L⁻¹), Demanda Bioquímica do Oxigênio-DBO₅ (mg/L⁻¹), Cor (mg/PtL⁻¹) e Coliformes fecais (NMP/100mL).

Na determinação dos coliformes, a técnica utilizada foi a da membrana filtrante. Para as variáveis limnológicas abióticas analisadas *in situ*: Temperatura, Condutividade elétrica e Oxigênio dissolvido, utilizou-se um aparelho do tipo Horiba - YSI-01010, calibrado anteriormente ao registro de cada parâmetro. Com relação ao pH e a Transparência, também medidos *in situ*, utilizou-se respectivamente, um pHmetro e um disco de Secchi com corda graduada em centímetros.

Para o estudo dos demais parâmetros, foram preservadas amostras de água em garrafas de polietileno de 2000 mL para posterior análise em laboratório. Na finalidade de preservar ao máximo os parâmetros durante o transporte, as amostras foram acondicionadas em caixa térmica preenchida com gelo. A demanda bioquímica do oxigênio foi determinada pelo método de Winkler modificado. Amônia, Nitrito, e as formas totais de Nitrato, Fósforo e Ferro foram determinados por análise espectrofotométrica (fotocolorimetria). O aparelho utilizado foi um Espectrofotômetro U. V. modelo GENESYS 10S UV-Vis da marca ThermoScientific, com unidade expressa em mg/L⁻¹. Para a Turbidez, utilizou-se um turbidímetro modelo PLUS, com unidade expressa em UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez). Todos os parâmetros e suas respectivas técnicas de análise estão de acordo com Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA et al., 2005).

Dados de pluviosidade foram adquiridos junto ao serviço de meteorologia do Departamento Ambiental da empresa Amapá Celulose (AMCEL/DMAST). As informações são referentes ao pluviômetro 01 do Km 78.

Análise de dados

Na determinação do IQA, utilizou-se o índice NSF (National Sanitation Foundation), o qual consiste no produto ponderado das notas atribuídas a cada parâmetro representativo na qualidade da água. São eles: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, a 20 °C), coliformes fecais, nitratos, fosfatos, sólidos totais e turbidez (SEMAD, 2005). O cálculo foi realizado com o auxílio do Software IQAData 2010 com registro no INPI nº 10670-2 (POSSELT; COSTA, 2010). Utilizando os parâmetros citados e respectivos pesos, o IQA é definido de acordo com a fórmula:

$$IQA = \prod_{i=0}^n qi^{wi}$$

Onde: IQA é o índice de qualidade da água, um número de 0 a 100; qi é a qualidade do parâmetro (um número de 0 a 100), obtido através da curva média específica de qualidade; wi é o peso atribuído a determinado parâmetro, em função de sua importância no índice de qualidade.

Para verificar se houve diferenças estatísticas de IQA entre os momentos sazonais distintos, utilizou-se o teste T-Student com $\alpha=0,05$. As análises foram realizadas com auxílio do software Bioestat 5.0 (AYRES et al., 2007).

3. Resultados e Discussão

O nível de precipitação no decorrer deste trabalho, para o município de Porto de Grande, está representado na Figura 2. Em todo o período de estudo, a pluviosidade registrada apresentou um acúmulo de 2.773,5 mm/m². No período de estiagem, o acúmulo foi de 702 mm/m², com média de precipitação mensal de 117,00±52,17 mm/m². O acúmulo de precipitação na cheia foi de 2071,5 mm/m², com média de 345,25±126,25 mm/m² (AMCEL/DMAST, 2014).

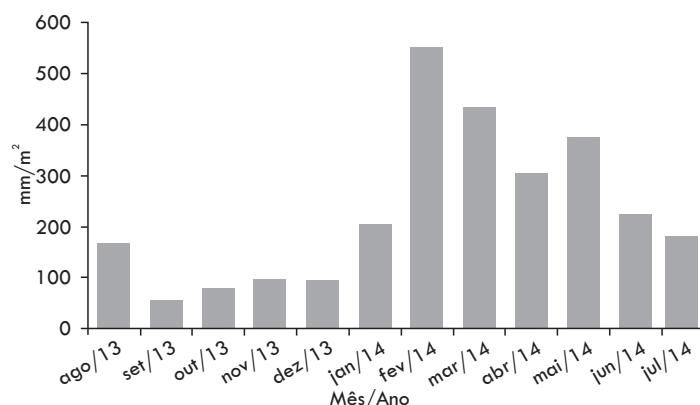


Figura 2. Precipitação pluviométrica (mm/m²) mensal do Município de Porto Grande. Fonte: AMCEL/DMAST (2014).

A tabela 1 apresenta os valores de média e desvio padrão dos parâmetros analisados na qualidade da água na montante do rio Pedreira. A maioria dos parâmetros está classificado com padrões para a Classe 1 da resolução CONAMA 357/05 para águas doces. As exceções foram o oxigênio dissolvido e o ferro, que em todas as coletas estiveram em níveis de classificados de padrões para Classe 3, da mesma resolução.

Tabela 1. Média e desvio padrão dos parâmetros analisados na qualidade da água do alto rio Pedreira nos períodos de seca e cheia. (nd) Não identificado pelo método analítico.

PARÂMETRO	Coleta 1 Seca	Coleta 2 Seca	Coleta 3 Cheia	Coleta 4 Cheia
Temperatura (° C)	26,3±0,18	26,4±0,2	25,5±0,45	25,6±0,33
Ph	5,92±0,11	5,93±0,12	5,48±0,21	5,36±0,07
Transparência (m)	1,23±0,05	1,22±0,03	1,38±0,02	1,37±0,05
C. Elétrica (uS/cm)	10,44±0,14	10,42±0,13	10,10±0,74	10,91±1,07
OD (mg/L)	3,67±0,13	3,77±0,07	3,07±0,35	3,28±0,30
Turbidez (UNT)	1,08±0,01	1,44±0,42	7,70±1,28	7,94±1,51
Cor (mgPtL ⁻¹)	15,51±0,03	15,58±0,10	16,74±0,34	16,54±0,76
DBO ₅ (mg/L)	1,81±0,27	1,83±0,05	2,42±0,29	2,40±0,52
Sólidos Totais (mg/L)	16,22±2,73	18,22±2,54	24,44±4,13	22,56±2,79
Fósforo (mg/L)	0,05±0,01	0,05±0,01	0,07±0,01	0,06±0,02
PO ₄ (mg/L)	0,06±0,01	0,05±0,01	0,16±0,03	0,14±0,03
Ferro (mg/L ⁻¹)	0,42±0,02	0,41±0,02	0,33±0,01	0,31±0,02
Amônia (mg/L ⁻¹)	nd	nd	0,14±0,3	0,13±0,4
Nitrato (mg/L ⁻¹)	0,01±0,01	0,01±0,01	0,06±0,02	0,05±0,01
Coliformes (NMP/100 mL)	Ausente	Ausente	160,2±64,8	109,4±36,8

Segundo a Resolução CONAMA 357/2005, águas doces Classe 1 englobam águas que além de destinadas à proteção aquática, podem ser utilizadas no consumo humano, após tratamento simplificado. Outras atribuições incluem a sua utilização na recreação de contato primário, e uso na irrigação de hortaliças e frutas ingeridas cruas. Águas doces Classe 3 são destinadas à irrigação de culturas arbóreas, forrageiras ou de cereais. Também podem ser utilizadas na pesca amadora e recreação de contato secundário. Com relação ao consumo humano, só pode ser destinada a essa finalidade após tratamento convencional ou avançado.

Temperatura

A variação sazonal de temperatura obteve médias superiores na estação seca. Nesse período, as médias das coletas de setembro (26,3±0,18 °C) e novembro (26,4±0,2 °C) foram similares. Na cheia, as médias das coletas de março (25,5±0,45 °C) e maio (25,6±0,33 °C) também apresentaram similaridades (Figura 3).

Para águas doces Classe 1, a Resolução CONAMA 357/05 determina o valor máximo de 40°C para a temperatura da água. De acordo com a figura 4, os valores do referido parâmetro na montante do rio Pedreira, estão em concordância com a legislação, tanto para a estação seca quanto chuvosa.

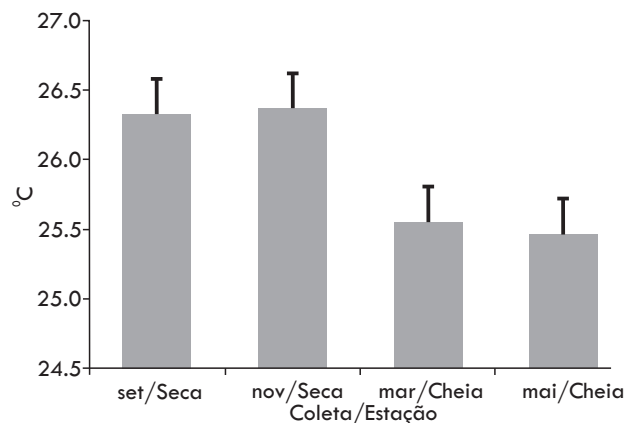


Figura 3. Média e desvio padrão da Temperatura da água registrada nas coletas do alto rio Pedreira no período de estiagem e cheia.

A temperatura é uma variável que exerce influência direta na velocidade das reações químicas e biológicas que ocorrem no sistema aquático, logo, nos períodos de seca, onde as temperaturas são maiores, a dinâmica dessas transformações tende a ser mais acelerada (ESTEVES, 1998). Em corpos de água superficiais, ela sofre influência de fatores como: clima, vegetação (mata ciliar), efluentes e águas subterrâneas (TUNDISI; MUTSUMURA-TUNDISI, 2008).

No presente estudo, a variação de temperatura de aproximadamente 1°C entre o período seco e chuvoso é atribuída à elevação da temperatura do ar na estiagem, que coincide com diminuição da lâmina de água. Esses fenômenos contribuem para maior difusão de calor (SILVA; SÁ-OLIVEIRA, 2014).

Potencial Hidrogeniônico - pH

O pH no alto rio Pedreira apresentou um caráter ácido em todas as coletas. No período de estiagem, a análise registrou médias próximas nas coletas de setembro ($5,92 \pm 0,11$) e novembro ($5,93 \pm 0,12$). Na estação de cheia, as médias foram inferiores, sendo que a coleta de março apresentou média superior ($5,48 \pm 0,21$) à coleta de maio ($5,36 \pm 0,07$).

Com relação a legislação, os dois períodos de estudo no alto Pedreira apresentaram valores abaixo do estabelecido pela resolução CONAMA 357/05, que define um pH com mínima de 6 e máxima de 9 para águas doces Classe 1 (Figura 4).

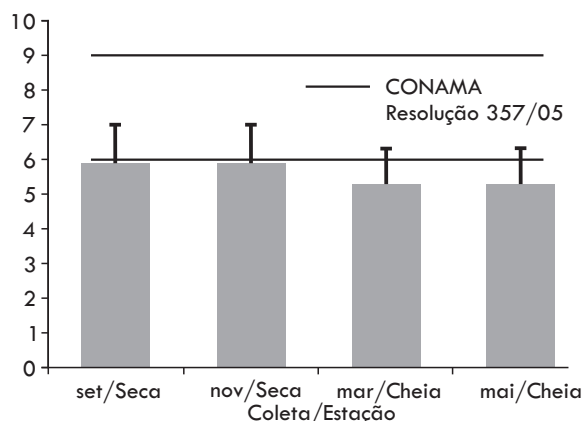


Figura 4. Média e desvio padrão do pH registrado nas coletas do alto rio Pedreira no período de estiagem e cheia.

O potencial hidrogeniônico reflete a intensidade da condição ácida, básica ou neutra de uma solução, através da concentração de íons hidrogênio H^+ (SAWYER et al., 1994). A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido aos seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Porém, seu efeito indireto também é muito importante, podendo em determinadas condições contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes (ESTEVES, 1998; CETESB, 2007).

Sioli (1964) afirma que a região Amazônica apresenta como peculiaridade a predominância de latossolos considerados ácidos. Essa característica reflete nas águas da região que se mostram ligeiramente ácidas ou levemente alcalinas. Também Segundo Esteves (1998), os rios da bacia Amazônica geralmente apresentam pH ácido, com valores que podem variar de 4,0 a 5,0. No presente estudo, as médias ligeiramente ácidas de pH no período seco e chuvoso, apenas confirmam uma das características presentes nos rios da Amazônia, descrita pelos autores citados.

As médias mais ácidas registradas no período de cheia corroboram com estudos de Takiyama (2003), no qual afirma que o pH nesse período, aumenta o nível de acidez em decorrência do caráter ácido da água das chuvas que influenciam fortemente no regime hidrológico dos corpos aquáticos da região.

Transparência

A transparência registrada na montante do rio Pedreira variou conforme o período sazonal. No período seco, a média das coletas de setembro ($1,23 \pm 0,05$ cm) e novembro ($1,22 \pm 0,03$ cm) não sofreu grandes variações. No período de cheia, quando as médias foram superiores, março apresentou maior transparência ($1,38 \pm 0,02$ cm) em relação à coleta de maio ($1,37 \pm 0,05$ cm) (Figura 5).

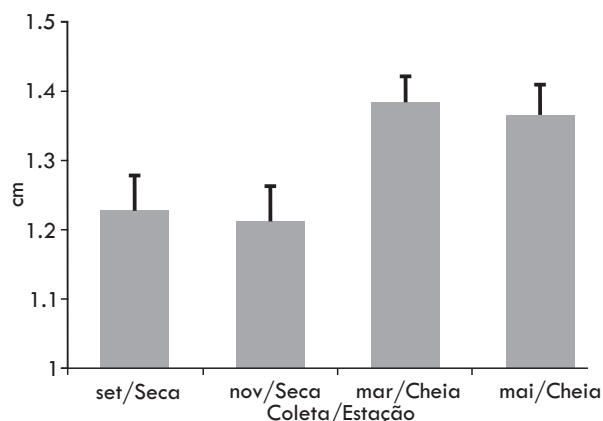


Figura 5. Média e desvio padrão da Transparência registrada nas coletas do alto rio Pedreira nos períodos de estiagem e cheia.

A transparência também é um importante parâmetro físico universal observado na análise de qualidade dos corpos hídricos. Do ponto de vista óptico, permite comparações e inferências da zona eufótica (PEREIRA-FILHO, 2000). Os processos erosivos que ocorrem frequentemente

nos ecossistemas terrestres, têm efeitos fortemente negativos na transparência da água, a qual constitui um fator de extrema importância na produtividade do ecossistema aquático (ESTEVES, 1998).

Na legislação (Resolução CONAMA 357/05), não existe um padrão de enquadramento para transparência. Além disso, concernente à região estudada do alto rio Pedreira, está apresentando pouca profundidade em decorrência de sua proximidade com a nascente do rio. Com isso, as médias registradas nos pontos de coleta foram com o disco de Secchi no limite de profundidade. Portanto, a falta de dados conclusivos sobre o limite da transparência, impossibilita inferir conclusões precisas.

Condutividade Elétrica

Dos resultados de condutividade elétrica no período de estiagem, a média de setembro ($10,44 \pm 0,14$ uS/cm) foi relativamente superior novembro ($10,42 \pm 0,13$ uS/cm). Com relação ao período da cheia, março apresentou média inferior ($10,10 \pm 0,74$ uS/cm) a coleta de maio ($10,91 \pm 1,07$ uS/cm) (Figura 6).

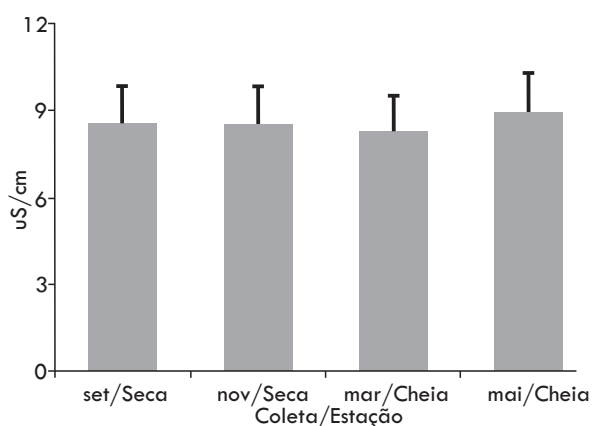


Figura 6. Média e desvio padrão da Condutividade Elétrica registrada nas coletas do alto rio Pedreira no período de estiagem e cheia.

O parâmetro condutividade elétrica está relacionado com a quantidade de íons dissolvidos no ambiente. Segundo Esteves (1998), quanto maior a quantidade de íons dissolvidos na água, maior será a condutividade elétrica. O estudo dessa variável pode fornecer informações sobre o metabolismo do ecossistema aquático, magnitude da concentração iônica, produção primária, decomposição (variação diária) e poluição.

Em corpos tropicais, a condutividade elétrica pode ser influenciada por diversos fatores, entre os quais podemos citar: características geoquímicas, o clima da região e o padrão de estratificação da coluna d'água (ESTEVES, 1998).

A Portaria CONAMA 357/05 não estipula limites para condutividade elétrica. Entretanto, a literatura inerente (MARGALEF, 1986; BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003) afirma que o valor limite dessa variável em águas naturais é de 100 μ S/cm. As médias encontradas nas águas do alto rio Pedreira mostram uma baixa

concentração de íons em solução nos dois períodos distintos de estudo.

Turbidez

Dos parâmetros analisados, a turbidez apresentou maior variação sazonal. Conforme a Figura 7, na estação seca as coletas registraram médias similares (setembro $1,08 \pm 0,01$ UNT; novembro $1,44 \pm 0,42$ UNT), porém muito inferiores em relação às coletas do período chuvoso, no qual a média das coletas (março $7,70 \pm 1,28$ UNT; maio $7,94 \pm 1,51$ UNT) também foram muito próximas.

A Classe 1 da Resolução CONAMA 357/2005 considera até 40 unidades nefelométricas de turbidez para águas naturais consideradas potáveis. Mesmo apresentando significativas variações entre o período de estiagem e cheia, as médias de turbidez no alto rio Pedreira não ultrapassaram os valores estabelecidos pela legislação, concernente a Classe 1.

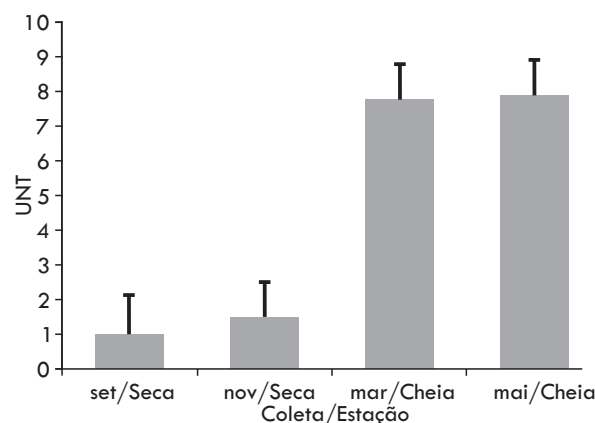


Figura 7. Média e desvio padrão da Turbidez registrada nas coletas do alto rio Pedreira nos períodos de estiagem e cheia.

A Turbidez é a medida da capacidade de dispersão da radiação solar. É influenciada diretamente pela presença de partículas em suspensão, que pode interferir negativamente no feixe de luz que penetra na água, resultando na diminuição da fotossíntese de fitoplâncton e vegetação aquática submersa (MARGALEF, 1986; ESTEVES, 1998).

Com relação a média de turbidez superior na estação cheia registrada no presente estudo, Von Sperling (2005) afirma que nesse período, devido ao aumento da precipitação, conseqüentemente ocorre um maior carreamento de partículas para o leito dos corpos d'água, aumentando assim a turbidez.

Amônia

A Figura 8 mostra os resultados das análises de amônia no alto rio Pedreira, com registro de concentrações somente no período da cheia. Tanto na coleta de março ($0,14 \pm 0,3$ mg/L) quanto de maio ($0,13 \pm 0,4$ mg/L), as concentrações foram discretas ficando de acordo com a resolução CONAMA 357/05, que considera para águas doces Classe 1, o teor de 3,7 mg/L de nitrogênio amoniacal em pH 7,5 (Figura 8).

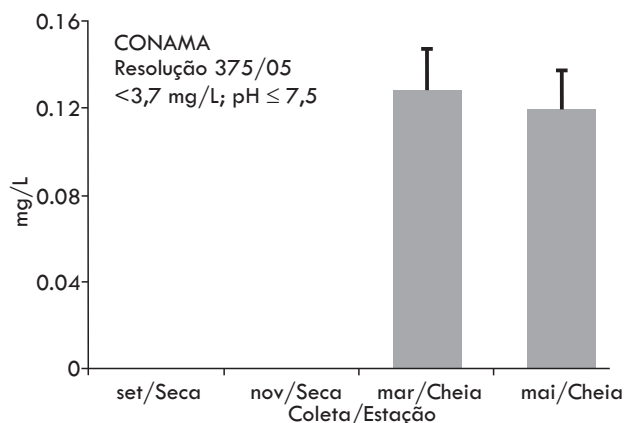


Figura 8. Média e desvio padrão da Amônia registrada nas coletas do alto rio Pedreira nos períodos de estiagem e cheia.

O termo nitrogênio amoniacal abrange as concentrações das formas do nitrogênio como amônia (NH_3). É a forma mais reduzida do nitrogênio que é o primeiro composto produzido na degradação da matéria orgânica (APHA et al., 2005). Em águas superficiais, pode estar naturalmente presente, embora em concentrações muito baixas. Porém, elevadas concentrações podem ter sua origem em fontes de poluição próximas, ou da redução de nitrato por bactérias, bem como de íons de ferro presente no solo (ALABURDA, 1998; NICHIHARA, 1998). O nitrogênio amoniacal utilizado como base de fertilizantes também constitui um fator de aumento das concentrações de amônia na água (VON SPERLING, 2005).

Os compostos nitrogenados frequentemente são usados para indicar a idade da carga poluidora (esgoto). Desses compostos, a presença de amônia pode estar relacionada à recente poluição por esgotos domésticos (MACÊDO, 2001). No presente estudo, a baixa concentração de amônia registrada na cheia descarta essa possibilidade e evidencia que sua presença pode não estar associada a fontes de poluição próximas ou recentes. Igualmente, o pH levemente ácido, característico da bacia amazônica, também contribui para neutralização de possíveis compostos derivados de atividades agropecuárias.

Oxigênio Dissolvido - OD

A média do oxigênio dissolvido no período de estiagem foi superior ao período da cheia. Na coleta de setembro a média foi $3,67 \pm 0,13$ mg/L, em novembro $3,77 \pm 0,07$ mg/L. No período chuvoso, a concentração média na coleta de março foi de $3,07 \pm 0,35$ mg/L, superior a coleta de maio que registrou média de $3,28 \pm 0,30$ mg/L.

O nível de concentração do oxigênio dissolvido no presente estudo representa um desacordo aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA vigente, que define um limite mínimo de 6 mg/L de oxigênio dissolvido, para águas doces de Classe 1 e 2 (Figura 9).

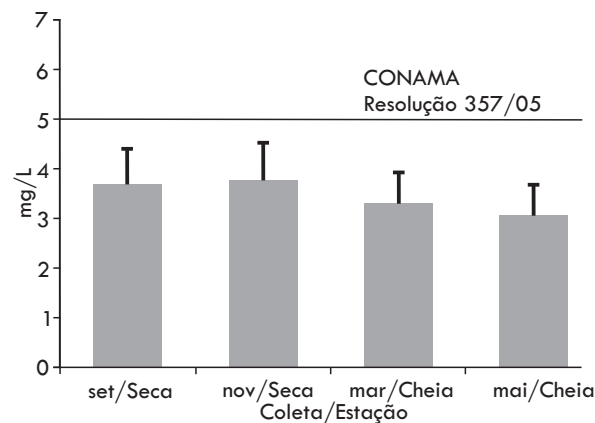


Figura 9. Média e desvio padrão do Oxigênio Dissolvido registrado nas coletas do alto rio Pedreira nos períodos de estiagem e cheia.

O oxigênio (O_2) é um gás de essencial importância para os organismos aeróbios, sendo utilizado nos seus processos respiratórios durante a estabilização, o que contribui para reduzir sua concentração no meio (ESTEVES, 1998). Dissolvido na água, ele também reflete os efeitos da poluição dos corpos hídricos por despejos orgânicos (VON SPERLING, 2005). Seus níveis de concentração em corpos hídricos dependem diretamente do processo fotossintético, da respiração e da decomposição de matéria orgânica no meio aquático. Estes fenômenos dependem da intensidade da luz e da temperatura, que variam diariamente em regiões tropicais (ESTEVES, 1998).

A grande maioria dos corpos hídricos de regiões tropicais apresenta acentuada deficiência de OD na água. (ESTEVES, 1998; LOWER MCCONELL, 1999). O padrão registrado na montante do rio Pedreira, com relação ao OD, ocorre em muitos rios amazônicos. Quando estudado por Silva e Sá-Oliveira (2014), o rio Araguari apresentou baixa concentração de oxigênio na água tanto na estiagem quanto na cheia, nesse período principalmente, chegou a registrar frações abaixo de 3 mg/L^{-1} .

Do mesmo modo que o trabalho dos autores citados, não encontramos na análise da qualidade da água do alto rio Pedreira, nenhuma correlação significativa da pluviometria ou outro fator de desequilíbrio, que pudesse influenciar na baixa concentração de OD. Portanto, o déficit de OD registrado nesse estudo corresponde às características de rios amazônicos, tendo em vista que outros fatores parecem não interferir nesse parâmetro.

Cor

No período de estiagem no alto rio Pedreira a média da cor nas coletas não sofreu grandes variações (setembro $15,51 \pm 0,03$ mg Pt/L; novembro $15,58 \pm 0,10$ mg Pt/L). O mesmo pode ser atribuído às coletas do período da cheia (março $16,74 \pm 0,34$ mg Pt/L; maio $16,54 \pm 0,76$ mg Pt/L).

Todas as coletas apresentaram médias abaixo de 17 mgPt/L, ficando de acordo com a resolução CONAMA 357/05 que estabelece o limite máximo de 75 mg Pt/L, para águas doces Classe 1 (Figura 10).

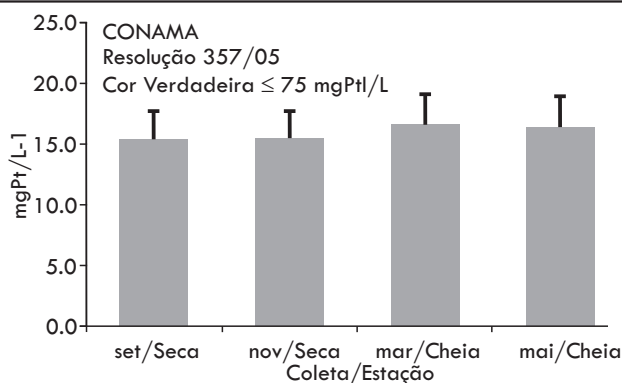


Figura 10. Média e desvio padrão da Cor registrada nas coletas do alto rio Pedreira no período de estiagem e cheia.

A cor da água é resultante da presença de substâncias em solução. Nas águas naturais, está geralmente associada a produtos de decomposição de matéria orgânica do próprio manancial ou do húmus de solos adjacentes. Pode também derivar da presença de íons metálicos, como ferro e manganês. Outros compostos que igualmente podem influenciar na cor incluem efluentes domésticos e industriais (BRANCO, 1986; ZUMACH, 2003).

Na literatura, os rios amazônicos são descritos como corpos hídricos ricos em matéria orgânica e substâncias húmicas, que contribuem para uma coloração marrom avermelhada da água (TUCCI, 2009; JUNK et al., 2011). Segundo Kreisler et al., (2012), nas temporadas de chuva, quando ocorre um aumento dos níveis da água dos rios, os solutos são encontrados em menor quantidade, influenciando numa cor menos percebida.

Embora a cor apresente um limite de acordo com a legislação, não é possível compará-la com o enquadramento estabelecido pela resolução CONAMA 357/05, devido à mesma considerar a cor verdadeira da água após centrifugação. No presente estudo, as médias correspondem à cor aparente, determinada a partir da amostra de água original.

Fósforo Total

A concentração de fósforo na estiagem registrou a média de $0,05 \pm 0,01$ mg/L nas duas coletas do período. Na estação cheia, a coleta de março obteve média de $0,07 \pm 0,01$ mg/L, superior a coleta de maio, quando a média registrada foi $0,06 \pm 0,02$ mg/L. Todas as médias registradas nas coletas correspondem aos padrões estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05 (Figura 11).

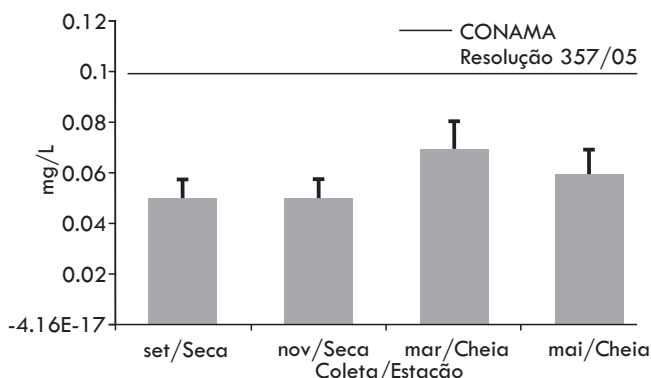


Figura 11. Média e desvio padrão do Fósforo Total registrado nas coletas do alto rio Pedreira no período de estiagem e cheia.

O fósforo constitui um nutriente fundamental para os organismos aquáticos. Em águas naturais, tanto na forma iônica quanto na forma particulada, ocorre como fosfato que é assimilado pelos vegetais aquáticos (ESTEVES, 1998). Na ocorrência de acúmulo de fosfato acima do normal, o resultado pode ter como consequência a eutrofização de lagos, levando a uma diminuição na biodiversidade do ambiente (BAUMGARTEN; POZZA, 2001).

Concentrações elevadas de fósforo na água podem ter sua gênese relacionada a diversos fenômenos, porém, as atividades antrópicas são as principais responsáveis. Além de material fecal como fonte de fósforo, as descargas de esgoto também podem contribuir com moléculas de detergentes superfosfatados. Outras fontes são provenientes de efluentes despejados por indústrias de fertilizantes, pesticidas e produtos químicos em geral (ANA, 2012).

Com relação à análise de fósforo no alto rio Pedreira, essa área é submetida a constantes projetos agrícolas (monocultura de Pinus e Eucalipto). Devido a pobreza do solo, faz-se necessário a utilização de fertilizantes químicos, principalmente fósforo (ZEE, 2008; MELÉM JUNIOR et al., 2008), que podem interferir na qualidade da água da região. Os resultados da análise de fósforo na montante do rio Pedreira evidencia equilíbrio nas concentrações desse elemento.

Ortofosfato

O ortofosfato registrado nas coletas da estiagem não sofreu grandes variações. A coleta de setembro ($0,06 \pm 0,01$ mg/L) registrou concentrações superiores a coleta de novembro ($0,05 \pm 0,01$ mg/L). No período chuvoso, houve um aumento significativo na concentração de ortofosfato que variou de $0,16 \pm 0,03$ mg/L (março) a $0,14 \pm 0,03$ mg/L (maio) (Figura 12).

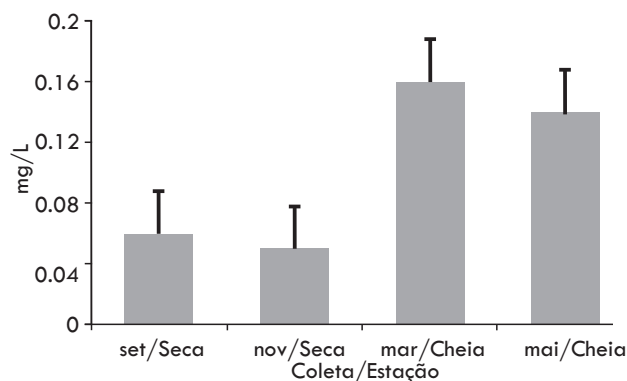


Figura 12. Média e desvio padrão do Ortofosfato registrado nas coletas do alto rio Pedreira nos períodos de estiagem e cheia.

Todo fósforo presente em águas naturais é configurado como fosfato. Dos produtos dessas conformações, o ortofosfato (P-orto) é o mais importante para os estudos limnológicos, pois constituem a principal forma de assimilação de fósforo pelas células vegetais (ESTEVES, 1998). O ortofosfato também é denominado de fosfato inorgânico dissolvido ou fosfato reativo, que são representados pelos radicais, que se combina com cátions formando sais inorgânicos na água (CETESB, 2006).

A resolução CONAMA 357/05 não estipula limites para

ortofosfato. Porém, as análises mostram que os constituintes responsáveis pelas concentrações desse nutriente estão em equilíbrio. Com relação a maiores frações registradas no período da cheia conforme mostra figura 13, Peixoto (2001) afirma que essa ocorrência é devido a lixiviação de nutrientes para os cursos d'água pelas chuvas, que uma vez assimilados, são convertidos em fosfato orgânico ou outras formas de fosfato.

Nitrato

A estiação obteve médias similares de nitrato, nas coletas de setembro e novembro, que corresponde a $0,01 \pm 0,01$ mg/L. As frações da estação chuvosa foram superiores, com março registrando média de $0,06 \pm 0,02$ mg/L e maio $0,05 \pm 0,01$ mg/L.

A Portaria CONAMA 357/05 determina um limite máximo de 10 mg/L de nitrato presente na água. No rio Pedreira, as coletas realizadas no período seco e chuvoso, apresentam média muito abaixo do estabelecido, ficando de acordo com os padrões da Resolução (Figura 13).

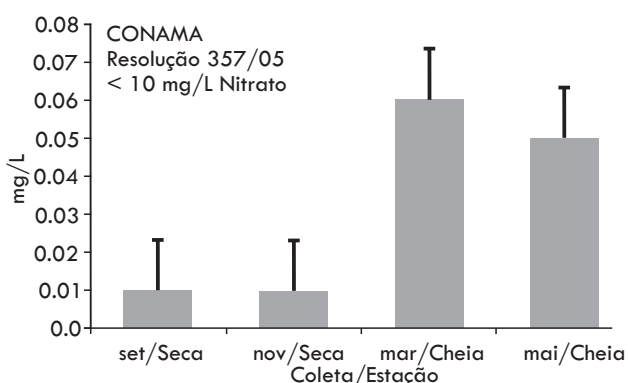


Figura 13. Média e desvio padrão do Nitrato Total registrado nas coletas do alto rio Pedreira nos períodos de estiagem e cheia.

O nitrato é a principal forma de nitrogênio encontrado na água. Valores superiores a 5 mg/L demonstram condições sanitárias inadequadas, pois a principal fonte são os dejetos humanos. Também são responsáveis por estimular o desenvolvimento das plantas e organismos aquáticos (OGERA, 1995). Nas águas superficiais a concentração normal de nitrato situa-se de 0 a 18 mg/L, podendo variar conforme a estação. Quando um corpo hídrico é nutrido por aquíferos ricos em nitratos, pode ocorrer o aumento nas concentrações. Porém, como fixadoras de nitrato durante o desenvolvimento, as plantas aquáticas reduzem elevadas concentrações na água (HOUNSLOW, 1995; WHO, 1993). Como níveis altos de nitrato constitui um indicativo de poluição remota das águas, as concentrações baixas do alto rio Pedreira indicam que o rio não está sofrendo degradação decorrente de poluição.

Demanda Bioquímica o Oxigênio -DBO

A DBO₅, no período de estiagem, apresentou médias próximas nas coletas de setembro ($1,81 \pm 0,27$ mg/L) e

novembro ($1,83 \pm 0,05$ mg/L). No período chuvoso, ocorreu um aumento das médias tanto de março ($2,42 \pm 0,29$ mg/L) quanto de maio ($2,40 \pm 0,52$ mg/L).

Nos dois períodos de estudo na montante do rio Pedreira, os valores da DBO estão em conformidade com os limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05 (Figura 14).

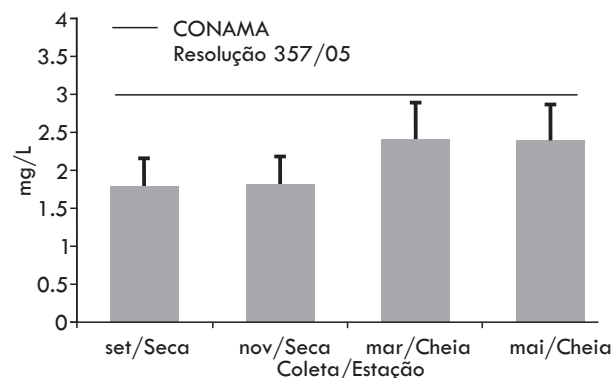


Figura 14. Média e desvio padrão da DBO₅ registrada nas coletas do alto rio Pedreira nos períodos de estiagem e cheia.

A quantidade necessária de oxigênio utilizado na estabilização (oxidação) da matéria orgânica, através de processos bioquímicos de decomposição é definida como demanda bioquímica do oxigênio - DBO (CUNHA et al., 2003; CETESB, 2008), ou seja, a DBO representa um indicativo da quantidade de oxigênio requerido por bactérias na autodepuração (ANDRADE, 2010). Normalmente considera-se a DBO como a quantidade de oxigênio consumido num período de tempo em temperatura e incubação específica.

No controle da poluição das águas por matéria orgânica, a DBO é um parâmetro fundamental, principalmente no que diz respeito ao lançamento de esgotos *in natura* (CETESB, 2006). Von Sperling (2005) afirma que a neutralização de cargas poluidoras de origem orgânica ocorre por meio natural, sempre buscando restabelecer o equilíbrio do meio aquático. Segundo Cunha (2003), em rios esse processo depende da concentração de OD. De acordo com Braga et al. (2005), embora a matéria orgânica não seja considerada um poluente, seu despejo em corpos hídricos pode estabelecer um desequilíbrio envolvendo a produção e consumo do oxigênio.

Mesmo se à montante do rio Pedreira apresentar baixa concentração de OD, a média da DBO registrada nas coletas evidencia que a matéria orgânica presente e introduzida nessa parte do rio não ultrapassou a capacidade de assimilação do mesmo.

Sólidos Totais

O resultado de sólidos totais mostra um aumento das concentrações nas coletas do período chuvoso, com março registrando média superior ($24,44 \pm 4,13$ mg/L) a coleta de maio ($22,56 \pm 2,79$ mg/L). No período seco, houve um pequeno aumento na concentração na segunda coleta (setembro $16,22 \pm 2,73$ mg/L; novembro $18,22 \pm 2,54$ mg/L) (Figura 15).

Nos dois períodos sazonais distintos na montante do rio Pedreira, a análise de sólidos totais apresentou resultados compatíveis com os padrões da Resolução CONAMA 357/05.

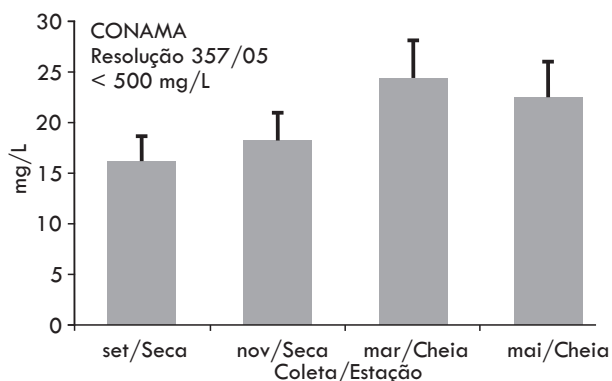


Figura 15. Média e desvio padrão de Sólidos Totais registrado nas coletas do alto rio Pedreira nos períodos de seca e cheia.

De acordo com Sawyer et al., (1994), a variável limnológica sólidos totais se refere a material que, submetido à secagem numa temperatura de 103 a 105 °C, fica conservado como resíduo da evaporação. Os resíduos podem conter uma enorme variedade de compostos orgânicos e inorgânicos que diferenciados, são definidos em dissolvidos, suspensos, fixos e voláteis.

Em rios, a concentração de sólidos é influenciada por diversos fatores que vão desde a velocidade de vazão do rio, a precipitação, extrato vegetacional, topografia da região, pedologia e atividades produzidas pelo homem que podem resultar em ocupação desordenada do solo e bacia hidrográfica. Com relação a atividade antrópica, ela pode contribuir com lançamento de efluentes e processo erosivos, promovendo maior carreamento de partículas (MARINELLI et al., 2000).

Sua elevada concentração nos sistemas aquáticos pode ter como resultado, o desequilíbrio desses ecossistemas, com consequências que podem resultar na degradação da qualidade da água destinada ao consumo humano. Entre outras implicações, uma refere-se à penetração da luz e calor, que se for reduzida em decorrência da elevada concentração de sólidos, reflete num processo fundamental a vida aquática, a fotossíntese. Ao sedimentar-se no leito dos rios, também se torna prejudicial aos peixes danificando seus lugares de desova e diminuindo a população daqueles que podem servir de alimento (CARVALHO, 1994; CETESB, 2014).

Ferro Total

O período seco foi quem apresentou as médias com maior concentração de ferro, com valores acima de 0,4 mg/L (setembro $0,42 \pm 0,02$ mg/L; novembro $0,41 \pm 0,02$ mg/L). Na cheia a média mais elevada foi registrada na primeira coleta (março $0,33 \pm 0,01$ mg/L; maio $0,31 \pm 0,02$ mg/L).

O teor de ferro registrado na montante do rio Pedreira, tanto no período seco quanto chuvoso,

classifica a água com padrões para a Classe 3 da Resolução 357/05 do CONAMA, que estabelece um limite máximo de 0,3 mg/L de ferro dissolvido em águas doces de Classe 1 e 2 (Figura 16).

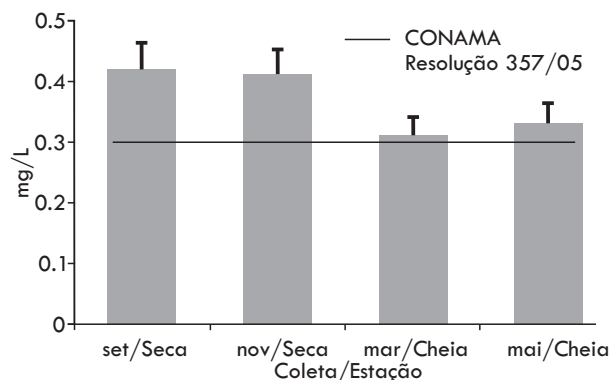


Figura 16. Média e desvio padrão do Ferro Total registrado nas coletas do alto rio Pedreira nos períodos de seca e cheia.

O metabolismo dos organismos necessita de pequenas quantidades de alguns metais. O ferro é um micronutriente essencial para a vida, mas que em quantidades elevadas pode causar prejuízos a saúde (BUENO et al., 1997). No metabolismo de algumas bactérias, é fundamental a oxidação de formas reduzidas de ferro para a obtenção de energia necessária utilizada na redução de dióxido de carbono. Por ser um elemento muito comum na superfície terrestre, seus produtos são encontrados em todos os corpos hídricos, onde tem como principais fontes: o intemperismo que ocorre nas bacias de drenagens e de erosões ocorrentes em solos ricos desse metal (ESTEVES, 1998).

Segundo Richester e Neto (2002), teores elevados de ferro nas águas superficiais estão ligados ou combinados a matéria orgânica, geralmente em estado coloidal. Para Michalakos et al. (1997), em águas superficiais, o ferro é encontrado em estado dissolvido, em camadas profundas de reservatórios com pouco oxigênio dissolvido. Esteves (1998) também ressalta que, além das fontes naturais de metais, a responsabilidade por elevados níveis de ferro na água é consequência da atividade antrópica.

No Amapá, altos teores de ferro na água também foram registrados em Maracá e Mazagão Velho (BRITO, 2013). Na montante do rio Pedreira, o tipo de solo é a hipótese mais provável para explicar as frações elevadas de ferro. A região estudada possui solo do tipo Latossolo Amarelo e Concretício Laterítico, assim citado anteriormente. O tipo Latossolo Amarelo, são solos antigos que possuem alto teor de ferro que podem formar nódulos (lateritas). Além disso, são solos que passam por constante processo de intemperismo e lixiviação (DRUMOND et al., 2008), o que pode influenciar nas características físico-químicas da água.

Coliformes Fecais

A análise microbiológica do alto rio Pedreira identificou a presença de coliformes fecais apenas no período da cheia. A coleta de março registrou a maior concentração, onde a média foi $160,2 \pm 64,8$ NMP/100mL. Na coleta de

maio houve um decaimento nas concentrações, e a média ficou em $109,4 \pm 36,8$ NMP/100mL (Figura 17).

Os valores de coliformes termotolerantes registrados nas coletas do período de cheia no rio Pedreira atendem aos padrões exigidos pela Resolução CONAMA 357/05.

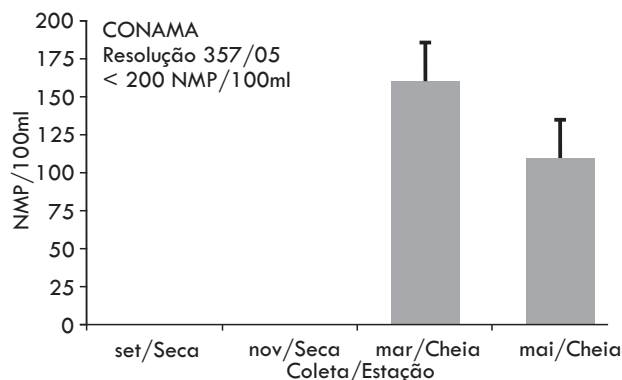


Figura 17. Média e desvio padrão de Coliformes Fecais registrado nas coletas do alto rio Pedreira nos período de seca e cheia.

O estudo microbiológico da água, que tem por finalidade determinar sua qualidade, é feito por meio da análise de coliformes totais e fecais. Os coliformes fecais incluem um grupo de bactérias que podem não ser exclusivamente de origem fecal, com isso, orienta-se preferencialmente a utilização do termo: coliformes termotolerantes para designar o grupo fecal (ANA, 2007). Os coliformes termotolerantes são bactérias caracterizadas pela presença da enzima β - galactosidase, capazes de fermentar a lactose que induz a produção de gás no período de 24 horas, a uma temperatura que pode variar de 44 a 45 °C. Quando microorganismos termotolerantes são detectados em amostras de água, evidenciam uma direta e recente contaminação fecal, que por sua vez, pode caracterizar a presença de patógenos entéricos (POPE et al., 2003).

Dos rios estudados no Amapá, aqueles que apresentam elevados índices de coliformes normalmente encontram-se próximos de áreas urbanas e periurbanas da capital Macapá e do distrito industrial de Santana, devido elevada atividade antrópica nessas áreas. Muitos têm sua fonte de poluição bem definida, como o é caso do rio Paxicu, cuja fonte de poluição é oriunda do matadouro municipal e áreas urbanas próximas (CUNHA et al., 2003).

Embora cortado pela BR 156, o perímetro estudado do rio Pedreira apresenta índices de coliformes de acordo com os padrões exigidos (CONAMA 357/05). Com relação a presença de coliformes somente no período da cheia, Cunha et al. (2003) afirma que no início das chuvas toda carga de poluentes e lixiviada para as áreas de drenagens, contribuindo para contaminação dos corpos hídricos.

Índice de Qualidade da Água - IQA

Os resultados de IQA da montante do rio Pedreira estão na tabela 2. Segundo a classificação NSF, os cálculos qualificaram a água da montante como sendo de boa qualidade nas coletas da estação seca. Os resultados refletidos nesse período mostram índices acima dos 70%

de qualidade. Na estação de cheia, entretanto, a água foi classificada com um índice de qualidade médio, com valores abaixo dos 60%.

Tabela 2. Qualificação da qualidade da água do alto rio Pedreira no período de estiagem e cheia.

Índice de Qualidade NSF		IQA do Rio Pedreira				
Qualificação	Valor %	Cor	Seca	Seca	Cheia	Cheia
Excelente	90 - 100	■				
Bom	70 - 90	■	74,39	74,96		
Médio	50 - 70	■			57,79	59,14
Ruim	25 - 50	■				
Muito ruim	0 - 25	■				

Sabe-se que resultados de IQA refletem condições do exato momento da coleta. Comparando sazonalmente os resultados do alto rio Pedreira, o teste t mostrou significativas diferenças entre os períodos estudados ($t = 35,65$; $p = <0,0001$). A Figura 18 mostra valores inversamente proporcionais, onde as porcentagens de IQA estão melhores classificadas em períodos de menor pluviometria.

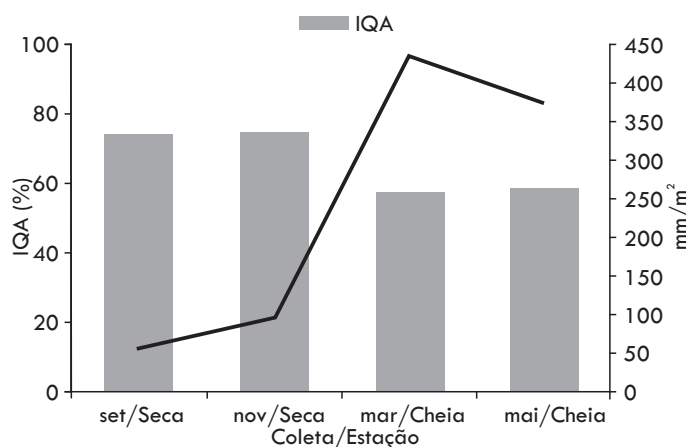


Figura 18. Resultados de IQA (%) e pluviometria (mm/m²/mensal) das coletas realizadas no período de estiagem e cheia no alto rio Pedreira.

Quando ocorrem as chuvas, a qualidade da água sofre declínio em virtude de um escoamento superficial mais intenso. O escoamento é responsável pela descarga de diversos tipos de partículas, que inclui desde matéria orgânica e inorgânica, à nutrientes, metais pesados, entre outros. O reflexo desse processo afeta diretamente as principais variáveis analisadas na determinação da qualidade da água: oxigênio dissolvido, coliformes fecais e pH (TAKIYAMA et al., 2003).

Na caracterização do IQA na montante do rio Pedreira, a baixa concentração de OD registrado em todas as coletas, e o pH levemente ácido, foram os parâmetros determinantes para os índices obtidos. A variável coliformes fecais também foi decisiva na estação cheia, contribuindo ainda mais para o decaimento da qualidade da água nesse período. Além disso, todos os demais parâmetros utilizados no IQA também apresentaram concentrações aumentadas na estação chuvosa (DBO, turbidez, sólidos totais, nitratos).

4. Conclusão

Dos resultados obtidos no estudo das águas do alto rio

Pedreira, conclui-se que:

- O rio encontra-se estável. Embora próximo de uma rodovia a preservação da mata ciliar e as variáveis como: clima, vegetação, características topográficas e geológicas, formam um grupo de fatores que contribuem para o equilíbrio da área estudada.

- As diferenças de IQA entre os períodos de estiagem e cheia, sofreram variações determinadas pela pluviometria. No entanto, o oxigênio dissolvido é o parâmetro com maior peso na qualificação da água, e suas concentrações baixas atuaram como fator determinante para baixos índices de qualidade obtidos nos dois períodos.

- Apesar dos resultados mostrarem uma água de boa e média qualidade, existe a necessidade de mais estudos, para melhor conhecer as características físico-químicas do rio Pedreira e assim fomentar informações precisas que possam subsidiar políticas de conservação das águas continentais amapaenses.

5. Referências Bibliográficas

- Agência Nacional de Águas - ANA. **Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil, e, Panorama da qualidade das águas subterrâneas do Brasil**. Brasília: ANA, 2007. 124p.
- Agência Nacional de Águas - ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: Informe 2011**. Brasília: ANA, 2011. 112p.
- Agência Nacional de Águas - ANA. **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil**. Brasília: ANA, 2012. 264p
- ALABURDA, J.; NICHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. *Revista de Saúde Pública*, v. 32, n. 2, p. 160-165, 1998.
- AMCEL/DMAST. Amapá Florestal e Celulose. Departamento de Meio Ambiente e Segurança do Trabalho, 2014. Dados não publicados.
- ANDRADE, L. N. Autodepuração dos corpos d'água. *Revista da Biologia*. v. 5, p. 16-19, 2010.
- APHA; AWWA; WPCF; **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 21^a ed. 2005.
- AYRES, M.; AYRES JR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. **BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Brasília, CNPq/Conservation International, Manual do programa Bioestat, 2007.
- BAUMGARTEN, M. G. Z.; POZZA, S. A. **Qualidade de águas: descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental**. Rio Grande: FURG, 2001. 166p.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, L. J. G.; MIERWZA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGEIR, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 2^a ed. São Paulo: Person Prentice Hall, 2005. 336p.
- BRANCO, S. M. **Hidrobiologia Aplicada À Engenharia Sanitária**. 3^a ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986. 640p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Política Nacional de Recursos Hídricos: Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Brasília. Ministério do Meio Ambiente, 1997. p. 1-8.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília. **Portaria Nº 2.914/2011**. Disponível em <<http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegisl>>; Acesso em junho de 2013.
- BRIGANTE, J.; ESPINDOLA, E. L. G. **Limnologia Fluvial – Um estudo no Rio Mogi-Guaçu**. In: São Carlos: RiMa, 2003. p. 255.
- BRITO, P. N. F. **Qualidade da água de abastecimento em comunidades rurais de várzea do baixo rio Amazonas**. 2013. 50 f. Monografia (Graduação) Universidade Federal do Amapá/UNIFAP, Macapá, 2013.
- BUENO, J. L.; SASTRE, H.; LAVÍN, A. G. **Contaminación e Ingeniería Ambiental**. FICYT, Oviedo, 1997.
- CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. CPRM, Rio de Janeiro - RJ, 1994. 372p.
- CETESB/SP. Variáveis de Qualidade da água. São Paulo. CETESB 2006.
- Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81uassuperficiais/109-Vri%C3%A1eis-de-Qualidade-das-%C3%81uas>>. Acesso em: dezembro 2014.
- CETESB/SP - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório Nº 001/2007 - C/E**. 2007.
- CETESB/SP. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo. Série publicações/Relatórios**. São Paulo. CETESB, 2008.
- CETESB/SP. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2013. Série Relatórios**. São Paulo. CETESB, 2014.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução Nº 357/2005 de 17 de março de 2005**. Diário Oficial da União, 18 de março de 2005, p. 58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em junho de 2013.
- CUNHA, A. C.; SOUSA, J. A.; GOMES, W. L.; BAÍA, J. S.F.; CUNHA, H. F. A. Estudo Preliminar Sobre a Variação Espaço-Temporal de Parâmetros de Qualidade de Água no Igarapé da Fortaleza. In: TAKIYAMA, L.R.; SILVA, A. Q. **Diagnóstico das Ressacas do Estado do Amapá: Bacias do Igarapé da Fortaleza e Rio Curiaú, Macapá-AP**. CPAQ/IEPA e DGEO/SEMA, 2003. p. 105-136.
- DRUMMOND, J. A.; DIAS, T. C. A. C.; BRITO, D. M. C. **Atlas das Unidades de Conservação do Estado do Amapá**. MMA/IBAMA - AP; GEA/SEMA. Macapá, AP, 2008.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2^o ed. Rio de Janeiro. Editora Interciência Ltda - FINEP, 1998.
- HOUNSLOW, A. **Water quality data: analysis and interpretation**. Boca Raton: Lewis Publishers: 1995. p.1-16; 45-62.
- JUNK, W. J. PIEDADE, M. T. F.; SCHÖNGART, J.; COHN-HAFT, M.; ADENEY, J. M.; WITTMANN, FA. Classification of Major Naturally-Occurring Amazonian Lowland Wetlands. *Wetlands*, v. 31, n. 4, p. 623-640, 2011.
- KREISCHER, T. C. V.; GONÇALVES, D. M. M.; VALENTINI, C. M. A. Aspectos hidroambientais do córrego Barbado em Cuiabá-MT. **HOLOS**, ano 28, v. 1, 2012.
- LOWE-MCCONNELL, R. H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. São Paulo-SP: Edusp, 1999. 535p.
- MACEDO, J. A. B. **Águas e Águas**. São Paulo: Varela, 2001. 505p.
- MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona: Editora Omega, 1986. 1010p.
- MARINELLI, C. E.; MORETTO, E. M.; BRUCHA, G.; LUCCA, J. V. **Limnologia**, 2000. In: ESPÍNDOLA, E. L. G.; SILVA, J. S. V.; MARINELLI, C. E.; ABDON, M. M. **A Bacia hidrográfica do Rio Monjolinho**. RiMa Editora, São Carlos, p. 133-149.
- MELÉM JÚNIOR, N.J.; CARNEIRO, C.E. A.; BRITO, O.R.; VENDRAME, P.R.S.; GUEDES, M.C.; COSTA, A.C.S.; RICHART, A.; TREVISAN, A.T. Absorção e fósforo remanescente em Latossolo Amarelo distrófico do Cerrado do Amapá. In: **IX Simpósio Nacional Cerrado: Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Parla Mundi. Brasília - DF, 2008.
- MICHALAKOS, G. D.; NIEVA, J. M.; VAYENAS, D. V.; LYBERATOS, V. Removal of iron from potable water using a trickling filter. *Water Research*, v. 31. n. 5, p. 991-996, 1997.
- NEGALLI, A.; NEMES, P. D. Estudo da qualidade de água de corpo receptor de efluentes líquidos industriais e domésticos. *Revista Acadêmica, Ciências Agrárias e Ambientais*, v. 7, n. 2, p. 131-144, 2009.
- OGERA, S. P. **Remoção de nitrogênio no esgoto sanitário pelo processo de lodo ativado por batelada**. 1995. Dissertação (Mestrado). UNICAMP. Campinas, 1995.
- PEIXOTO, R. H. P. B. **Qualidade da água do rio Tocantins a jusante da usina hidrelétrica Serra da Mesa (GO)**. 2001. Dissertação (Mestrado). Campina Grande-PB, 2001.
- PEREIRA-FILHO, W. **Influência dos diferentes tipos de uso da terra em bacias hidrográficas sobre sistemas aquáticos da margem esquerda do reservatório de Tucuruí - Pará**. 2000. 138 f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.
- PEZENTE, A. W. **Análise microbiológica, física e química da água dos bebedouros e torneiras consumida na E.E.B Timbé do Sul, localizada no centro do Município de Timbé do Sul - SC** (monografia apresentada ao curso de Farmácia). Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, 2009.

- POPE, M. L.; BUSSEN, M.; FEIGE, M. A.; SHADIX, L.; GONDER, S.; RODGERS, C.; CHAMBERS, Y.; PULS, J.; MILLER, K.; KONNELL, K.; STANDRIDGE, J. Assessment of the Effects of Holding Time and Temperature on Escherichia coli Densities in Surface Water Samples. **Applied and Environmental Microbiology**. v. 69, n. 10, p. 6201–6207, 2003.
- POSSELT, E. L.; COSTA, A. B. **Software IQADData 2010**. Registro no INPI nº 10670-2. Programa de Mestrado em Sistemas e Processos Industriais – PPGSPI. UNISC, 2010.
- RICHESTER, C. A.; NETTO, J. M. A. **Tratamento de Água: Tecnologia Atualizada**. Editora Edgard Blücher Ltda. v. 3, 2002.
- SAWYER, C. N.; McCARTY, P. L.; PARKIN, G. F. **Chemistry for environmental engineering**. 4^o ed. New York. McGraw-Hill Book Company, 1994. 658p.
- SEMA. Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Sistema de cálculo da qualidade da água (SCQA). Belo Horizonte, 2005.
- SILVA, E. S.; SÁ-OLIVEIRA, J. C. Avaliação da qualidade da água da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Seringal Triunfo, Rio Araguari, Ferreira Gomes-ap-Brasil. **Biota Amazônia**, v. 4, n. 2, p. 28-42, 2014.
- SIOLI, H.; KLINGE, H. Solos, tipos de vegetação e água na Amazônia. **Boletim Geográfico**, n.179, p. 146-153, 1964.
- TAKIYAMA, L. R.; SILVA, A. Q.; COSTA, W. J. P.; NASCIMENTO, H. S. Qualidade das Águas das Ressacas das Bacias do Igarapé da Fortaleza e do Rio Curiaú In: Takiyama, L. R.; Silva, A. Q. **Diagnóstico das Ressacas do Estado do Amapá: Bacias do Igarapé da Fortaleza e Rio Curiaú**, Macapá-AP, CPAQ/IEPA e DGEO/SEMA, 2003, p. 81-104.
- TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de Qualidade de Água em Microbacia sob uso Agrícola e Urbano. **Scientia Agricola**, v. 59, n.1, p.181-186, 2002.
- TOLEDO, L. G. Monitoramento dos impactos ambientais das atividades agrícolas na qualidade das águas superficiais. In: **Universidade de Passo Fundo. Uso da água na agricultura**. Passo Fundo, UPF, 2004. p.11
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4^a ed. Porto Alegre: UFRGS-Faculdade de Agronomia, 2009. 943p.
- TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Editora Oficina de textos, 2008. 632p.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3^o ed, Belo Horizonte. Departamento de Engenharia sanitária e Ambiental. UFMG, 2005. 452p.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Guidelines for drinking-water quality**. 2^o ed. Geneve: WHO, 1993. v. 1–Recommendations. p. 1–15; 39–57. v. 2–Health criteria and other supporting information. p. 1-18; 82-86; 121–130; 195–201; 254–266; 325-326; 370-372; 383-385.
- Zoneamento Ecológico Econômico - ZEE. Primeira aproximação do zoneamento ecológico econômico do Amapá. Representação escala 1/1.000.000. **Relatório final**. Versão simplificada. Macapá-AP: IEPA, 1997. 106 p.
- Zoneamento Ecológico Econômico - ZEE. **Macrodiagnóstico do Estado do Amapá**: primeira aproximação do ZEE/Equipe Técnica do ZEE - AP. 3^a ed. rev. ampl. Macapá: IEPA, 2008.
- ZUMACH, R. Enquadramento de curso de água Rio Itajaí- Açu e seus principais afluentes em Blumenau. 2003. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis, 2003.