

---

# Monitoramento sazonal da qualidade da água do rio Araguari/AP

## Seasonal monitoring the water quality in the Araguari River/AP

BÁRBARA, Viníciu Fagundes 1

CUNHA, Alan Cavalcanti da 2

RODRIGUES, Aline Sueli de Lima 3

SIQUEIRA, Eduardo Queija de 4

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, IFGoiás

2 Universidade Federal do Amapá

3 Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, IFGoiano

4 Universidade Federal de Goiás

**Autor para correspondência:** [viniciu.fagundes@gmail.com.br](mailto:viniciu.fagundes@gmail.com.br)

Recebido em 8 de abril de 2009; aceito em 18 de março de 2010

### RESUMO

*O rio Araguari, principal corpo hídrico do estado do Amapá, está situado dentro dos limites da Amazônia, a maior floresta tropical do globo. Em seu médio curso se encontra a Usina Hidrelétrica de Coaracy Nunes (UHECN), a primeira barragem edificada no referido bioma com a finalidade específica de geração de energia elétrica. Várias têm sido as pressões antrópicas sobre a bacia hidrográfica do rio Araguari, o que tem ocasionado, em alguns pontos, divergências de interesses no tocante aos usos da água. A presente pesquisa almejou, portanto, caracterizar sazonalmente a qualidade hídrica ao longo de cento e vinte quilômetros do rio Araguari, relacionando as alterações observadas com os cenários de degradação antrópica existentes na bacia. Para tanto, durante um período de dezoito meses foram desenvolvidas cinco campanhas de campo que contemplaram as estações de inverno, verão e intermediária de verão. Os resultados indicaram que o manancial analisado apresenta sinais de depleção da qualidade hídrica em função de ações antrópicas desenvolvidas dentro de sua bacia hidrográfica, principalmente: o lançamento de efluentes urbanos in natura dispostos em suas águas e, ainda, a existência da UHECN. É necessário que medidas de gestão ambiental sejam implementadas na área estudada visando garantir não somente o acesso humano a recursos hídricos de qualidade, mas também a conservação ambiental.*

**PALAVRAS-CHAVE:** antropização, recursos hídricos, Amazônia.

### ABSTRACT

*Araguari River, the largest water body in Amapá state, is located inside the boundaries of the Amazon forest, the largest rain forest in the world. In its mid-course there is the Coaracy Nunes Hydroelectric Power Plant (UHECN), the first dam in this built in the referred biome with specific aim of producing electricity. There has been considerable human pressure on the hydrographic basin of Araguari River, which has created, in some parts, disagreements in the interests referring to the use of water. The present research aimed, therefore, to characterize seasonally the water quality 120 km along Araguari River, reporting the alterations observed on the sceneries of existing degradation in the basin. In order to do that, five field campaigns which contemplated the seasons of winter, summer and intermediate summer. The results indicated that the water source studied already presents signs of depletion of water quality due to anthropogenic actions developed inside its hydrographic basin, especially the release (dumping) of untreated urban effluents disposed in its waters, and, yet, the existence of UHECN. It is necessary that measures of environmental management are implemented in the studied area in order to guarantee not only the human access to water resources of quality but also the environmental conservation.*

**KEY WORDS:** anthropization, water resources, Amazon.

## I. INTRODUÇÃO

O estado do Amapá é detentor de uma considerável malha hídrica. Em sua região Centro-Leste está localizado o rio Araguari, seu mais importante manancial; um corpo hídrico cujas águas são utilizadas para diversos fins, tais como: abastecimento público, navegação, geração de energia elétrica, mineração, criação de animais e irrigação, dentre outros. Em seu médio curso estão localizados três importantes municípios: Porto Grande, Ferreira Gomes e Cutias. É também nesse trecho que se encontra instalada a UHECN, a primeira

barragem com fins de geração de energia elétrica que foi implantada, há mais de trinta anos, nos domínios da Amazônia, sendo, portanto, a principal fonte energética da região (ELETRONORTE, 2006).

De acordo com Cunha (2004), atualmente são percebidas algumas divergências entre usuários das águas do rio Araguari, principalmente agricultores, pecuaristas e empresas geradoras de energia elétrica. Tais desentendimentos se justificam, em grande parte, porque em quase todas as regiões do Brasil, em especial na Amazônia, não se percebem mecanismos perenes de efetiva implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2005a). Cunha (2000) aponta, por exemplo, a classificação dos corpos de água superficiais, um instrumento da referida política, que se apresenta pouco implementado na região Norte do país. Segundo o autor, a pouca quantidade de mananciais devidamente classificados na Amazônia se deve, principalmente, ao ainda tímido conhecimento existente a respeito da qualidade das águas da região.

Um ponto importante deve ser, então, salientado: a quase inexistência de estudos a respeito dos recursos hídricos do bioma em questão fomenta o surgimento de um considerável risco de degradação ambiental, uma vez que não se sabe quais os reais impactos das diferentes ações humanas sobre os mananciais amazônicos. Dessa maneira, é preciso que os órgãos públicos estejam atentos à eficiência das suas ações de gestão hídrica – o que se torna bem mais eficiente se existe o efetivo conhecimento do comportamento da qualidade das águas superficiais da floresta –, para que a instalação de determinados empreendimentos seja feita de forma a não degradar ou mesmo indisponibilizar a água para outras atividades, respeitando, dessa maneira, o princípio dos usos múltiplos dos recursos hídricos.

Além do acima exposto, é importante destacar que a região Norte do país é detentora de um dos maiores potenciais de geração de energia hidrelétrica do mundo (BRASIL, 2005b) e, apesar disso, pouco se sabe sobre os reais impactos das usinas na água dos rios amazônicos.

Dentro dessa perspectiva, o rio Araguari se destaca no cenário ora descrito por se configurar em um recurso natural de importância estratégica para o Amapá, uma vez que há mais de trinta anos é utilizado com a finalidade de gerar energia elétrica para o Estado, existindo, ainda, a previsão da instalação de novas usinas em seu leito (ELETRONORTE, 2006).

Apesar dessa previsão, Bárbara (2006) esclarece que o rio Araguari já apresenta sinais claros de degradação mediante uma série de pressões antrópicas – tais como desmatamento, agricultura intensiva, diluição de efluentes urbanos, criação de búfalos, mineração e, acima de tudo, geração de energia elétrica – que, provavelmente, estão interferindo negativamente na qualidade de suas águas. Todavia, a título de exemplificação, o Brasil (2000) afirma que esse manancial e suas imediações são de grande importância para a preservação da Amazônia, pois detém elevada taxa de biodiversidade e, por isso, é recomendada a criação de unidades de conservação nesta. Assim, é fundamental que se conheça o comportamento da qualidade das águas do rio Araguari, tendo em vista que essa bacia hidrográfica necessita ser gerenciada de forma economicamente eficiente e ambientalmente sustentável.

O objetivo da presente pesquisa foi, portanto, avaliar a dinâmica da variação sazonal da qualidade da água do rio Araguari frente às principais atividades humanas existentes em seu médio curso.

## II. MÉTODOS

### 2.1 Descrição da área de estudo

Situada no extremo Norte do Brasil, mais precisamente na Região Hidrográfica Amazônica, a bacia hidrográfica do rio Araguari se localiza entre os paralelos 00° 25' N e 02° 28' N e os meridianos 49° 53' W e 53° 02' W e possui uma área de, aproximadamente, 38.000 km<sup>2</sup>. Esse manancial nasce ao Sul das Serras Lombarda e Tumucumaque e tem uma extensão de 498 km, sendo dividido em três trechos: Curso Superior ou Alto Araguari, com 132 km de comprimento; Médio Curso ou Médio Araguari, com 161 km – região onde se encontra localizada a Usina Hidrelétrica de Coaracy Nunes –; e Curso Inferior ou Baixo Araguari, com 205 km. Além disso, no verão o rio Araguari sofre o fenômeno da pororoca, quando seu baixo curso é invadido pelas águas oceânicas (PROGRAMA..., 1990).

Segundo o IBGE (2006), os três maiores municípios presentes na bacia hidrográfica estão localizados nas margens do Médio Araguari, sendo eles: Porto Grande, Ferreira Gomes e Cutias, com populações estimadas, no ano de 2005, de 14.675; 4.321 e 4.285 habitantes, respectivamente. Próximo de Porto Grande ocorre a confluência dos rios Araguari e Amapari onde, a partir de então, o primeiro percorre seu trajeto pela planície costeira do Amapá, até desembocar no Oceano Atlântico.

### 2.2 Logística de amostragem

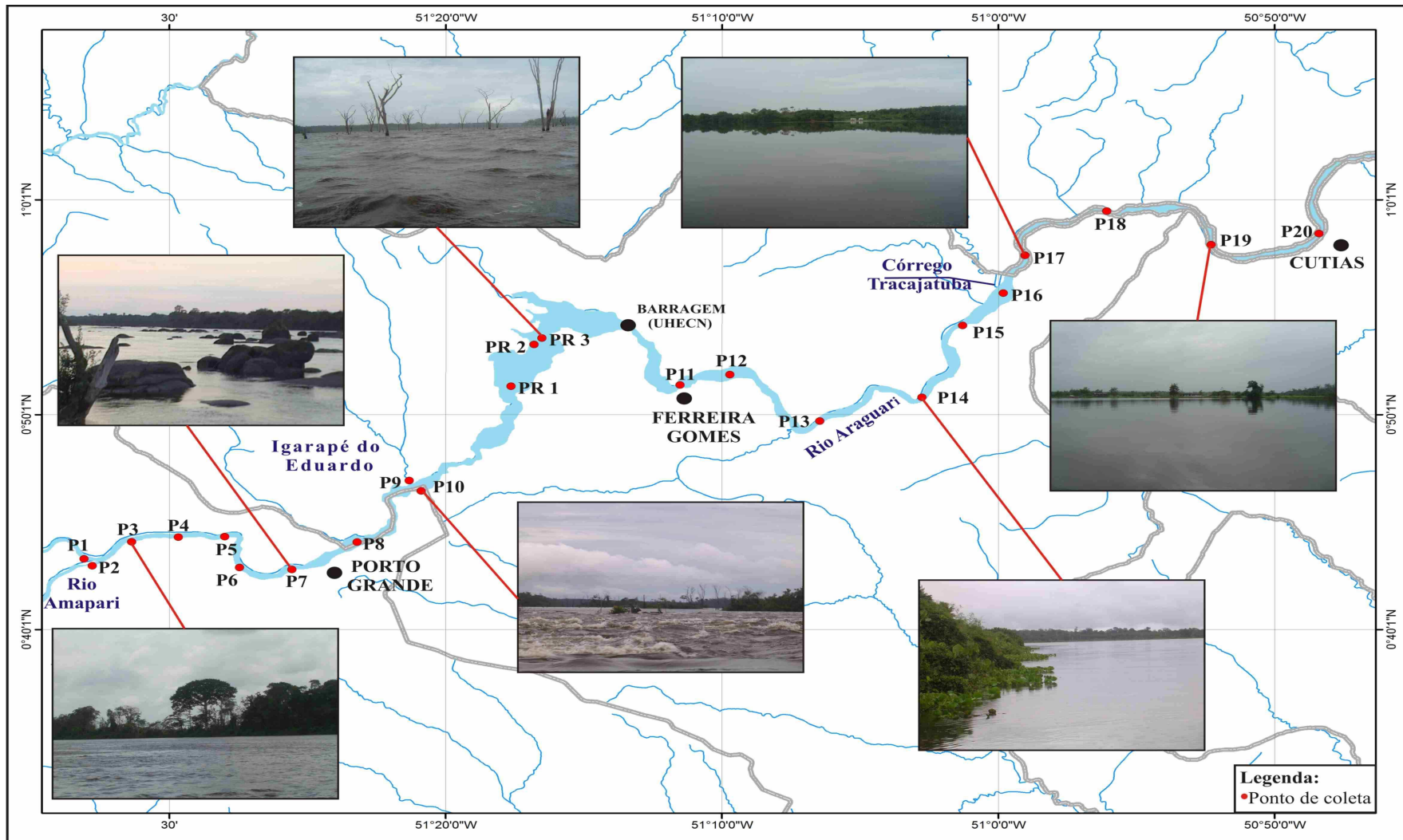
Foram realizadas, durante um período de 1,5 ano, cinco expedições de campo para obtenção dos dados de qualidade da água do rio Araguari: duas durante a estação de inverno (secas de 2004 e 2005), duas durante a estação de verão (cheias de 2005 e 2006) e uma durante a estação intermediária de verão (2006).

As campanhas amostrais abrangeram parte do Médio Araguari, iniciando-se na sua confluência com o rio Amapari, passando pelos municípios de Porto Grande e Ferreira Gomes e finalizando na cidade de Cutias, perfazendo uma extensão total de 120 km. No trecho analisado (Figura 1) foram demarcados vinte e

três pontos de amostragem distribuídos da seguinte maneira: dez a montante da UHECN, três dentro do reservatório da usina e dez a jusante da barragem.

Cabe esclarecer que a escolha do médio curso do corpo hídrico para a condução desta pesquisa se deu objetivando avaliar as duas principais atividades antrópicas existentes no manancial e que interferem na qualidade da água: a geração de energia elétrica e a diluição de efluentes urbanos.

Figura 1 - Localização dos pontos de amostragem do Médio Araguari utilizados na pesquisa (Fonte: Departamento de Geoprocessamento da SEMA/AP – com adaptações).



## 2.3 Análises laboratoriais

Os parâmetros de qualidade da água somente puderam ser quantificados nesta pesquisa em virtude do estabelecimento de parcerias com as seguintes instituições: Companhia de Água e Esgoto do Amapá – CAESA – e Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Amapá – SEMA/AP.

Cabe destacar, ainda, que todos os procedimentos laboratoriais foram desenvolvidos em consonância com o que preconiza o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (STANDART..., 1992). No Quadro 1, apresentado a seguir, é possível verificar o resumo de todas as metodologias empregadas no estudo.

Quadro 1 - Resumo dos parâmetros analisados e da metodologia analítica empregada.

Parâmetro	Metodologia Analítica	Local de Realização da Análise
Potencial Hidrogeniônico	Aparelho Multisonda Horiba U-10	<i>In loco</i>
Condutividade Elétrica	Aparelho Multisonda Horiba U-10	<i>In loco</i>
Temperatura	Aparelho Multisonda Horiba U-10	<i>In loco</i>
Sólidos Totais <sup>1</sup>	Método Gravimétrico, definido no <i>Standard Methods</i> : SMEWW 2540 D	SEMA/AP
Amônia <sup>2</sup>	Método 8038 ( <i>Nessler Method</i> , adaptado do SMEWW) - Nitrogênio Amoniacal - 0 a 2,50 mg/L NH <sub>3</sub> -N	CAESA
Nitrato	Aparelho Multisonda Horiba U-10	<i>In loco</i>
Cloretos <sup>1</sup>	Método da Argentometria, definido no <i>Standard Methods</i> : SMEWW 4500 Cl B	SEMA/AP
Demanda Bioquímica de Oxigênio <sup>2</sup>	Método Iodométrico, definido no <i>Standard Methods</i> : SMEWW 4500 O	CAESA
Oxigênio Dissolvido <sup>2</sup>	Método Iodométrico, definido no <i>Standard Methods</i> : SMEWW 4500 O	CAESA
Coliformes Termotolerantes <sup>3</sup>	Método dos Tubos Múltiplos, definido no <i>Standard Methods</i> : SMEWW 9230 B	SEMA/AP

Legenda: 1) Amostras dispostas em recipientes plásticos e armazenadas à temperatura ambiente. 2) Amostras armazenadas em frascos de vidro e refrigeradas a 4°C em caixas térmicas. 3) Amostras acondicionadas em frascos de vidro devidamente esterilizados e posteriormente refrigeradas a 4°C em caixas térmicas.

É importante esclarecer que, em virtude de problemas logísticos e de acesso, alguns parâmetros não puderam ser obtidos para todos os pontos de amostragem em algumas das campanhas de campo.

## III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todos os parâmetros analisados durante a pesquisa foi elaborado um gráfico que objetivou ilustrar o comportamento destes frente às variações sazonais. Também foram locados nos referidos gráficos, almejando facilitar o entendimento dos resultados, os municípios de Porto Grande, Ferreira Gomes e Cutias; os afluentes Amapari, Igarapé do Eduardo e córrego Tracajatuba; e a Usina Hidrelétrica de Coaracy Nunes, uma vez que todos esses elementos se encontram situados dentro dos limites do trecho pesquisado e são referências importantes na compreensão do comportamento da qualidade hídrica do manancial. Além disso,

no caso dos parâmetros para os quais a Resolução 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA – estabelece limites máximos, estes foram sinalizados.

### 3.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

As medições de pH ao longo do Médio Araguari podem ser visualizadas na Figura 2, onde se nota que o menor valor observado foi de 4,70 (5ª Coleta: cheia) e o maior foi de 7,60 (3ª Coleta: seca).

Sazonalmente, foi observada uma tendência de acidificação da água durante as estações de verão. Branco (1986) explica esse comportamento em virtude do fato de que, com o aumento do volume hídrico de um manancial, ocorre também uma elevação na concentração de matéria orgânica e os micro-organismos, a decompem, liberam elevadas quantidades de ácido no meio aquático.

Apesar disso, é fato que as águas de vários rios amazônicos são, naturalmente, ácidas (TAKINO; MAIER; STEMPNIEWSKI, 1984; MAIER, 1987; TUCCI, 2002; VIANA, 2002; BRASIL, 2005a; PIZELLA, 2006; SILVA et al., 2008). Dessa maneira, apesar do CONAMA estabelecer valores de 6,00 a 9,00 para o pH de rios pertencentes à Classe 2, é necessário compreender que o fato de as águas amazônicas apresentarem características de acidez – com valores de pH menores que 6,00 – não indica, necessariamente, um sinal de poluição, mas sim de uma realidade diferente em função das características do próprio bioma.

Entretanto, imediatamente após os municípios de Porto Grande e Ferreira Gomes e também a jusante da UHECN foi notada, principalmente durante as campanhas de campo desenvolvidas no verão, uma acidificação hídrica mais relevante. Ao que tudo indica, o rio Araguari está sendo afetado, em termos de pH, em virtude da decomposição da matéria orgânica: i) presente naturalmente em suas águas; ii) advinda do descarte de efluentes *in natura* oriundos das cidades citadas; e iii) desprendida em função das operações com o lago da usina, onde o acúmulo de sedimentos é acentuado.

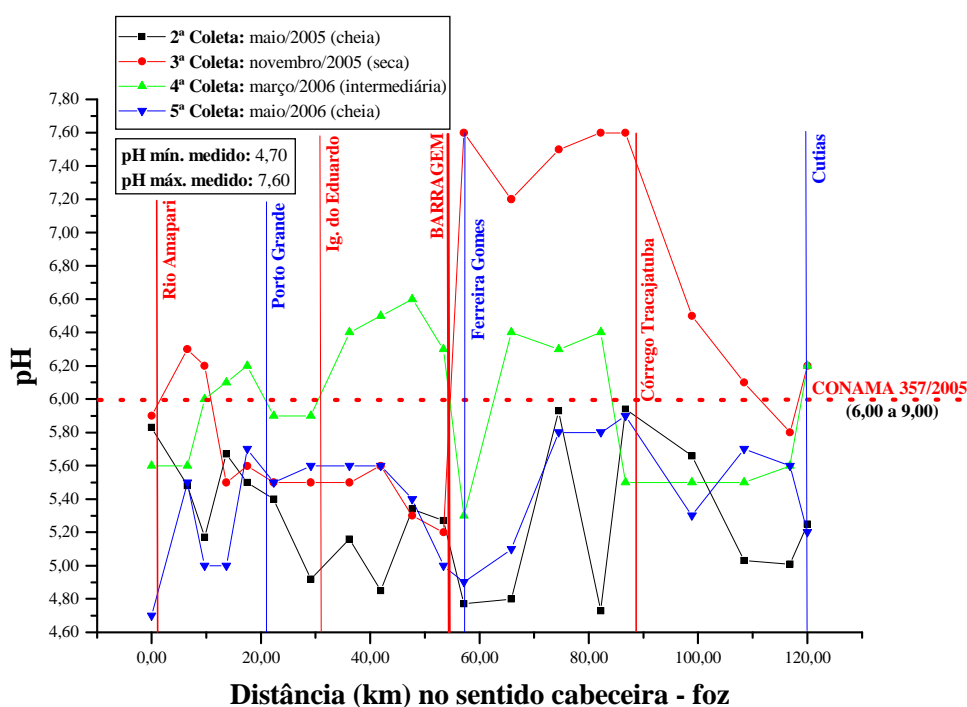


Figura 2 - Gráfico da variação do potencial hidrogeniônico da água do rio Araguari.

### 3.2 Condutividade Elétrica (CE)

Os valores de condutividade elétrica obtidos ficaram compreendidos entre 0,007 S/cm e 0,09 S/cm, ambos detectados na 5ª Coleta, durante a cheia de 2004 (Figura 3).

Sazonalmente, o parâmetro ora analisado se apresentou com um comportamento relativamente homogêneo, à exceção: i) da seca de 2005, quando foi constatado um contínuo incremento deste no sentido cabeceira – foz, o que pode ter ocorrido devido ao fato de que durante a estiagem as baixas vazões de água

concentram a matéria orgânica – conforme pode ser observado nos resultados obtidos para os parâmetros sólidos totais, item 3.4 deste artigo – e, conseqüentemente, ocorre a elevação dos níveis de condutividade elétrica; e ii) das regiões localizadas após as cidades de Porto Grande (em especial na 4ª Coleta) e Ferreira Gomes (3ª e 5ª Coletas) – que descartam seus efluentes *in natura* no rio Araguaí –, e a jusante da UHECN. Nesse caso, os sólidos oriundos do reservatório da usina, consorciados com os efluentes advindos das duas referidas cidades, demonstram alterar o comportamento deste parâmetro. Em se tratando dos efluentes urbanos, Ayres e Westcot (1999) esclarecem que a condutividade elétrica aumenta à medida que a quantidade de matéria orgânica no ambiente aquático se eleva e, por isso, tal parâmetro é tido como um bom indicador na detecção de poluição hídrica por efluentes.

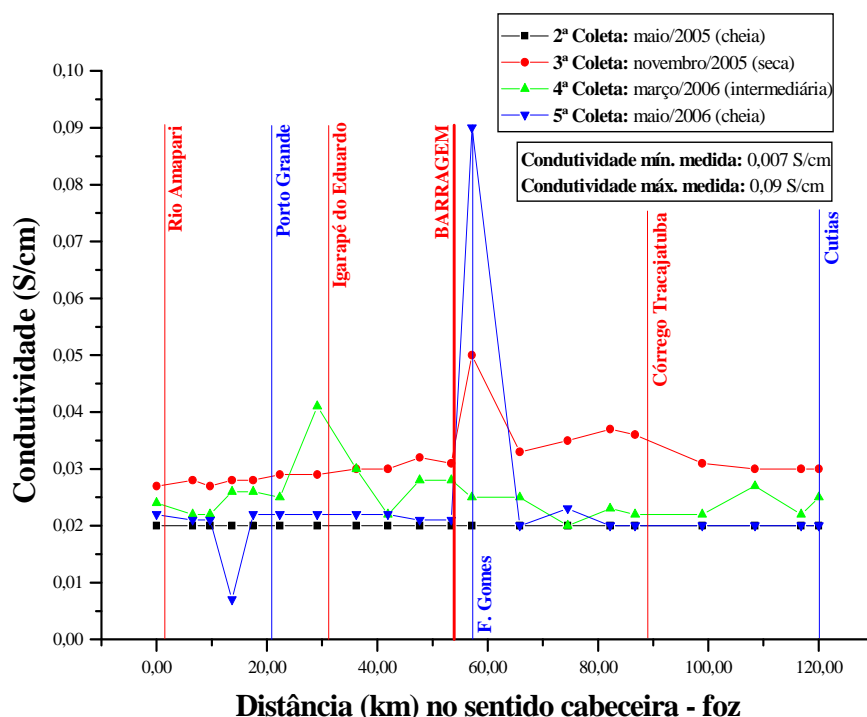


Figura 3 - Gráfico da variação da condutividade elétrica da água do rio Araguaí.

### 3.3 Temperatura da Água

Na ilustração da Figura 4 é possível verificar que a menor temperatura hídrica registrada foi de 25,80 °C (5ª Coleta: cheia) e a maior foi de 32,00°C (3ª Coleta: seca). Os valores mais elevados foram obtidos nas campanhas desenvolvidas durante as estações de seca – 1ª e 3ª Coletas –, o que era esperado.



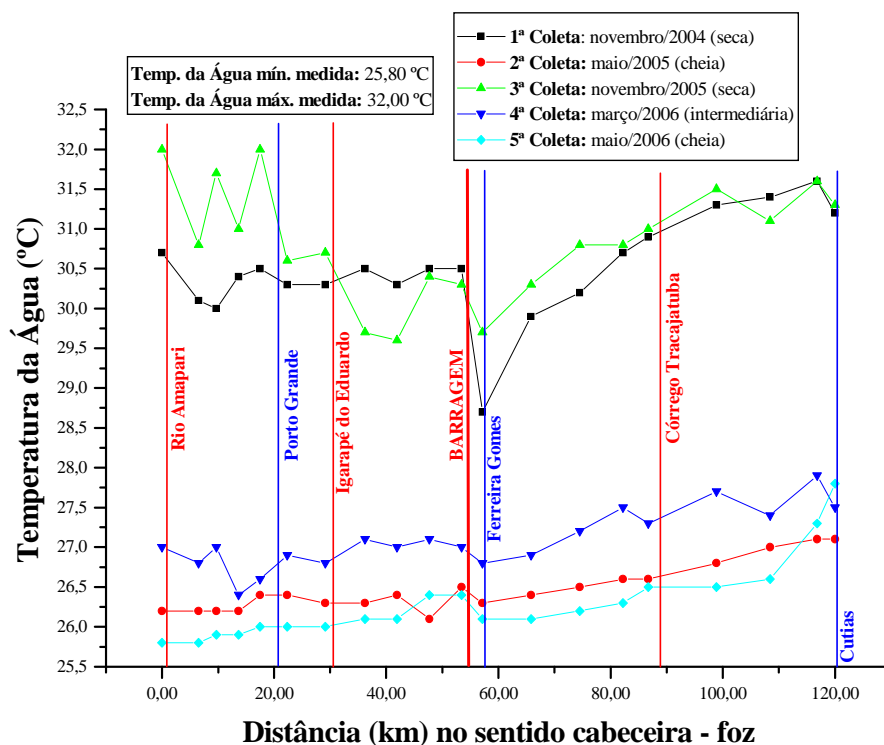


Figura 4 - Gráfico da variação da temperatura da água do rio Araguari.

Foi constatado, ainda, que o maior efeito da antropização local, em se tratando desse parâmetro, se fez notar na região localizada imediatamente após a barragem, onde a temperatura hídrica decaiu durante as cinco campanhas realizadas. Entretanto, tal comportamento é facilmente explicável, uma vez que o lago da usina, com profundidade acentuada (22 m), promove o resfriamento do perfil aquático à medida que a profundidade aumenta (BRAGA et al., 2005). Logo, vertido o volume hídrico advindo do hipolimnio, uma vez que a captação da barragem se localiza nessa região, a tendência é que a água se apresente com temperaturas menores a jusante da hidrelétrica.

### 3.4 Sólidos Totais

De acordo com a Figura 5, este parâmetro apresentou uma elevada variação: mínimo de 1,60 mg/L (5ª Coleta: cheia) e máximo de 3.480,00 mg/L (3ª Coleta: seca).

Andreazzi (1993) e Brasil (2005a) explicam que os rios amazônicos, naturalmente, apresentam altos teores de matéria orgânica em suas águas, o que ocorre em virtude de processos naturais que envolvem o bioma. O rio Araguari, conforme pode ser observado na Figura 5, apresentou, ao longo do trecho analisado, quantidades consideráveis de sólidos totais, as oscilações mais significativas ocorreram durante as estações de seca (1ª e 3ª Coletas), quando a vazão do manancial se faz menor e a concentração de sedimentos se eleva.

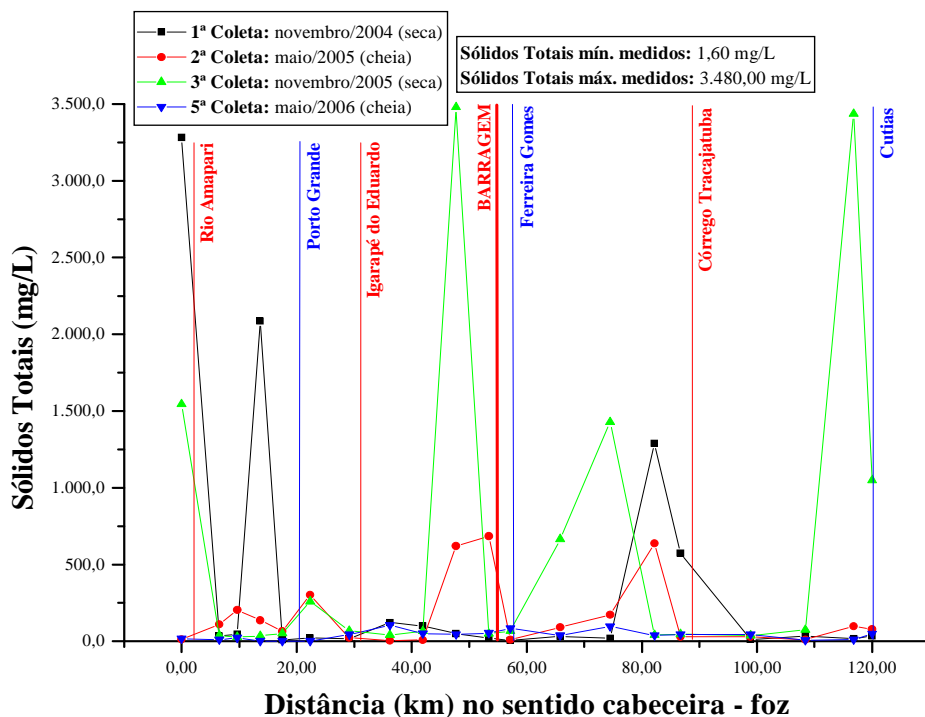


Figura 5 - Gráfico da variação dos sólidos totais da água do rio Araguari.

Contudo, em todas as coletas foi observado que nas regiões situadas a jusante das cidades de Porto Grande e Ferreira Gomes as concentrações deste parâmetro foram potencializadas, provavelmente, devido ao descarte de resíduos líquidos no manancial. Essa constatação corrobora com as ponderações de Silva et al. (2008), que afirmam que altos valores de sólidos na água, geralmente, ocorrem devido à presença de poluentes advindo da disposição indevida de águas servidas no meio aquático.

Merecem destaque, também, as concentrações de sólidos totais observadas na região do lago da UHECN, em especial durante a seca de 2005. É possível explicar esse fato tendo em vista que a construção da barragem interfere significativamente nas condições naturais de transporte de sedimentos do manancial (JUNK; NUNES, 1987; ANDREAZZI, 1993). A velocidade da água, por exemplo, se torna mais lenta e, conseqüentemente, as concentrações de sólidos se elevam dentro da área da barragem.

### 3.5 Coliformes Termotolerantes

A acentuada variação sazonal de coliformes termotolerantes no rio Araguari pode ser verificada na Figura 6. Os valores mínimo e máximo obtidos foram de, respectivamente: 10,00 NMP/100 mL (nas três Coletas) e de 2.200,00 NMP/100 mL (3ª Coleta: seca). Em todas as campanhas, principalmente durante as duas estações secas, foi observado que os valores deste parâmetro se apresentaram elevados, em especial a jusante do rio Amapari; neste caso, tal fato pode ser indicio de alguma fonte de poluição situada a montante do afluente, possivelmente originada de fezes de animais (SPERLING, 1996), em especial de búfalos, que são criados de forma intensiva na região (CUNHA, 2003).



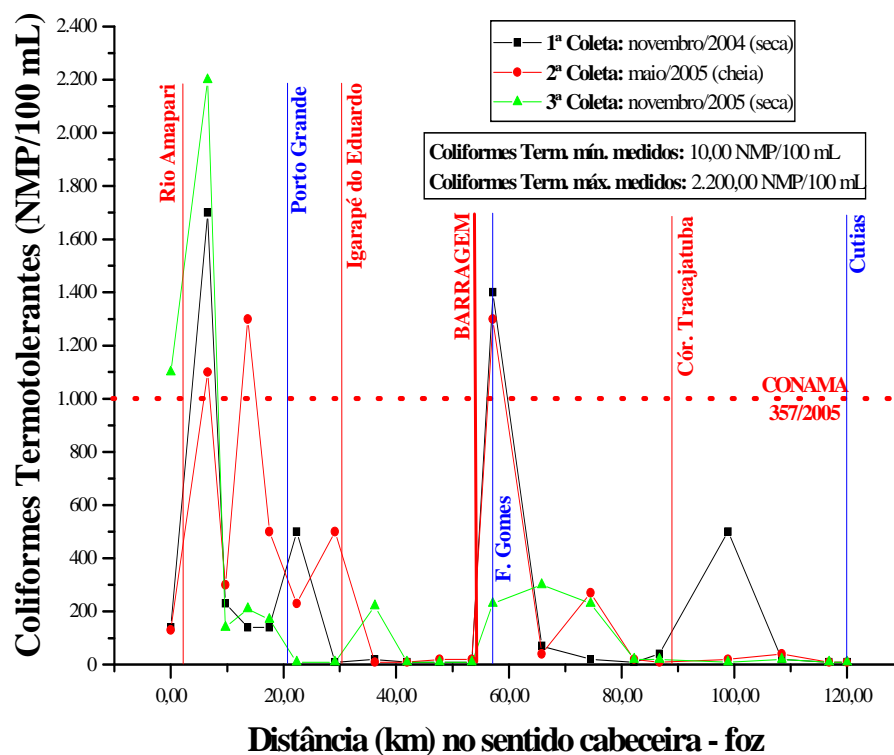


Figura 6 - Gráfico da variação dos coliformes termotolerantes presentes na água no rio Araguaari.

Outro aspecto relevante da Figura 6 consiste no fato de que no ponto posterior ao município de Porto Grande e no exato local onde está situada a cidade de Ferreira Gomes o número de coliformes termotolerantes aumentou consideravelmente, o que indica que os efluentes advindos desses aglomerados urbanos potencializam a presença de coliformes de origem antrópica no rio Araguaari.

Ademais, em se tratando do valor máximo de coliformes termotolerantes estabelecido pelo CONAMA, foi observado que em alguns pontos ocorreu o desatendimento a esse instrumento jurídico, uma vez que os valores obtidos – principalmente a jusante do rio Amapari e da cidade de Ferreira Gomes – ultrapassaram o limite estabelecido pelo conselho, atingindo o valor máximo de 2.200,00 NMP/100 mL.

### 3.6 Amônia (NH<sub>3</sub>)

A Figura 7 apresenta os resultados do parâmetro amônia.

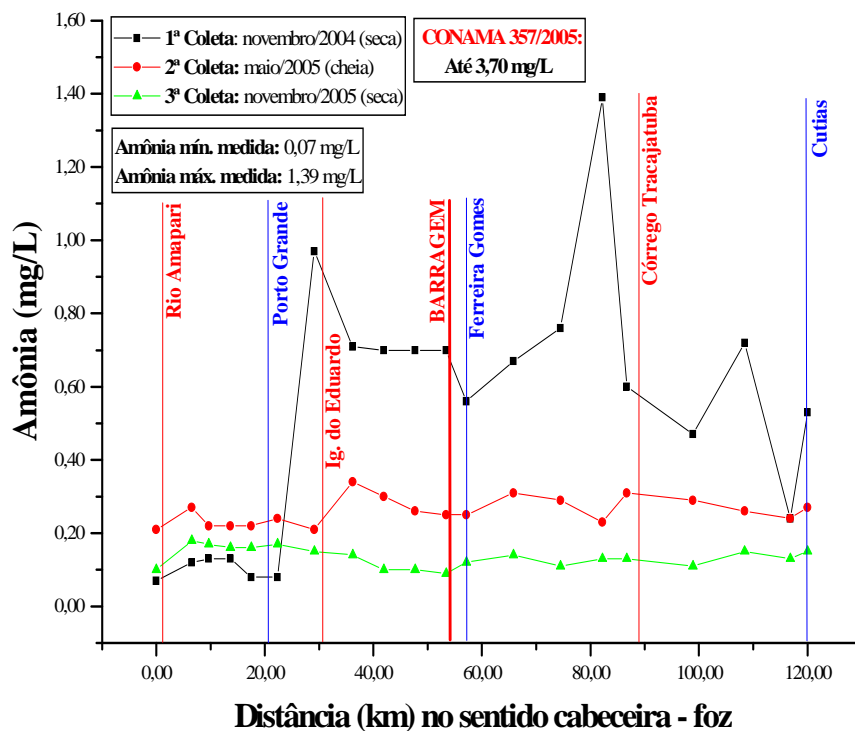


Figura 7 - Gráfico da variação da amônia da água do rio Araguari.

As concentrações mínima e máxima deste parâmetro foram de 0,07 mg/L e 1,39 mg/L, respectivamente, ambas observadas durante a 1ª Coleta, ou seja: época de seca. Os valores obtidos permaneceram relativamente constantes durante as estações climáticas analisadas, exceto no caso da seca de 2004, quando foram constatadas elevações consideráveis, principalmente a jusante das cidades de Porto Grande e Ferreira Gomes. Sperling (1996), Rodrigues et al. (2002) e Pereira e Mendonça (2005) afirmam que as águas residuárias, ricas em matéria orgânica, apresentam elevação das concentrações de amônia. Embora o limite estabelecido pelo CONAMA não tenha sido infringido, os efluentes advindos das duas cidades demonstram aumentar, de forma pontual, as concentrações de amônia da água do rio Araguari, o que pode vir a interferir negativamente nos organismos aquáticos locais.

### 3.7 Nitrato

A variação do nitrato pode ser visualizada na Figura 8, abaixo. Os valores encontrados apontaram oscilações consideráveis que ficaram compreendidas entre o mínimo de 0,108 mg/L (4ª Coleta: intermediária) e o máximo de 128,00 mg/L (2ª Coleta: cheia).

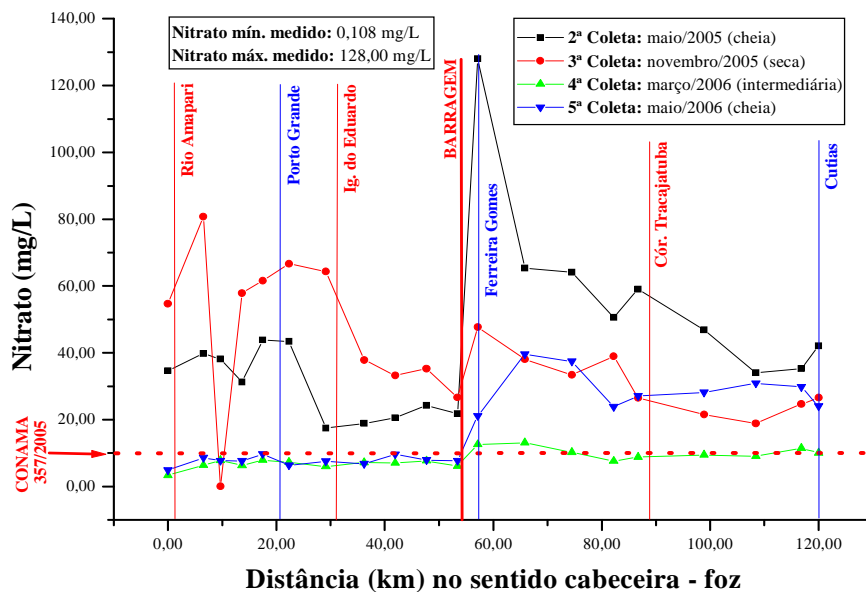


Figura 8 - Gráfico da variação do nitrato da água do rio Araguari.

Os efluentes advindos das cidades presentes no trecho analisado, em especial Ferreira Gomes, demonstram influenciar, de forma pontual, a qualidade da água do rio Araguari, uma vez que foram observadas, nos locais onde essas cidades estão localizadas, elevações bruscas das concentrações de nitrato seguidas de decréscimo em direção à foz. Essa queda pode ser explicada pelo consumo de nitrato pelos vegetais presentes na água, principalmente as macrófitas (Figura 1), muito presentes na região localizada a jusante da cidade de Ferreira Gomes e com comportamento de remoção de nutrientes aquáticos comprovado por vários autores, tais como Duniçan, Phelan e Shamsuddin (1975) e Valitutto (2004).

Mesmo diante da constatação das concentrações pontuais descritas acima, originadas do descarte de águas servidas no manancial, foi possível perceber que durante a maior época do ano e independente da estação climática o Médio Araguari se apresentou com valores de nitrato acima do limite estabelecido pelo CONAMA, que é de até 10,00 mg/L. Esse comportamento pode ser justificado tendo em vista as características naturais da região, que parecem conferir ao rio Araguari concentrações de nitrato acima do estabelecido pelo conselho. É clara, portanto, assim como defendem Tucci (2002), Pizella (2006) e Silva et al. (2008), a necessidade de adequação da Resolução 357/2005 do CONAMA às especificidades locais.

### 3.8 Cloretos

A Figura 9 ilustra a variação do parâmetro cloretos ao longo do trecho analisado. O valor mínimo obtido foi de 0,008 mg/L (5ª Coleta: cheia) e o máximo foi de 0,114 mg/L (3ª Coleta: seca).

Seu comportamento sazonal foi homogêneo, exceto na seca de 2005, quando as concentrações alcançaram níveis não observados em nenhuma das demais campanhas, principalmente a montante da barragem, onde parecem se acumular. Isso provavelmente ocorreu porque na seca, assim como discorrido nos itens 3.2 e 3.4 do presente artigo, o volume de água diminuiu consideravelmente e, em consequência disso, as concentrações de cloretos se tornam mais elevadas. Ademais, no período de menores vazões os efluentes advindos de Porto Grande e Ferreira Gomes demonstraram ter um maior impacto sobre a qualidade da água. Segundo Sperling (1996), Silva (1997) e Santos e Rocha (2009), os cloretos são alguns dos principais ânions inorgânicos encontrados nos esgotos domésticos.

Apesar de terem sido observados picos de concentrações deste parâmetro a montante da Usina Hidrelétrica de Coaracy Nunes, o que demonstra que ocorrem interferências significativas dessa obra no que diz respeito à presença de cloretos na água, o limite estabelecido pela Resolução 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente, que é de até 250,00 mg/L, não foi ultrapassado em nenhum momento.

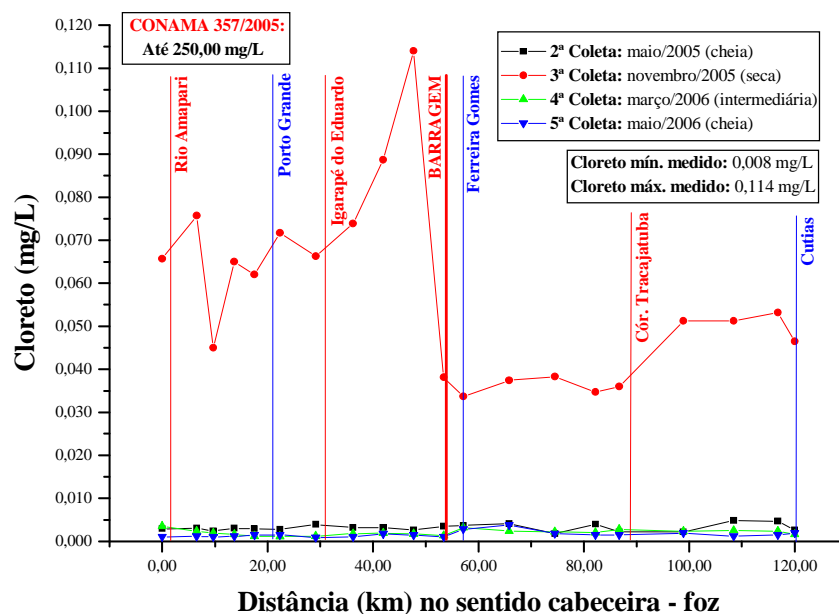


Figura 9 - Gráfico da variação de cloretos da água do rio Araguari.

### 3.9 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Os valores da demanda bioquímica de oxigênio, obtidos durante as cinco campanhas realizadas, podem ser visualizados na Figura 10: mínimo de 5,40 mg/L (5ª Coleta: cheia) e máximo de 7,77 mg/L (4ª Coleta: intermediária).

Ao se analisar a citada figura é possível perceber que, de forma geral e à exceção de picos isolados, as maiores concentrações de DBO nas águas do rio Araguari foram notadas durante a seca de 2005, quando o valor de sólidos na água, incluindo a matéria orgânica, se faz maior. Resultado semelhante foi obtido por Flauzino (2008) ao estudar a qualidade da água no lago da Usina Hidrelétrica de Miranda, localizada no rio Araguari, estado de Minas Gerais.

Além disso, a oscilação da demanda bioquímica de oxigênio se dividiu, nitidamente, em duas regiões específicas do trecho analisado durante as cinco campanhas amostrais: a montante da UHECN – onde foi constatada uma maior faixa de variação da DBO –, e a jusante da barragem, onde se percebeu que o intervalo das concentrações do parâmetro em questão foi bem menos significativo. Com efeito, após o lago da usina ocorreu, portanto, uma elevação significativa da DBO. Isso provavelmente ocorreu devido i) à grande movimentação de sólidos retidos no reservatório quando na liberação da água armazenada, principalmente do volume hídrico contido no hipolimnion, onde a quantidade de sedimentos é mais elevada, o que provoca o aumento dos níveis de matéria orgânica a jusante da hidrelétrica, e ii) aos efluentes oriundos da cidade de Ferreira Gomes – que, como todo ambiente urbano, gera resíduos líquidos ricos em matéria orgânica (CHAPRA, 1997; SÃO PAULO, 2000 e MOTA, 2003) –, localizada imediatamente após a barragem da UHECN. Portanto, após o lago da usina esses fatos se correlacionam e, independente da estação climática, colaboram para a elevação dos teores de matéria orgânica nas águas do rio Araguari.

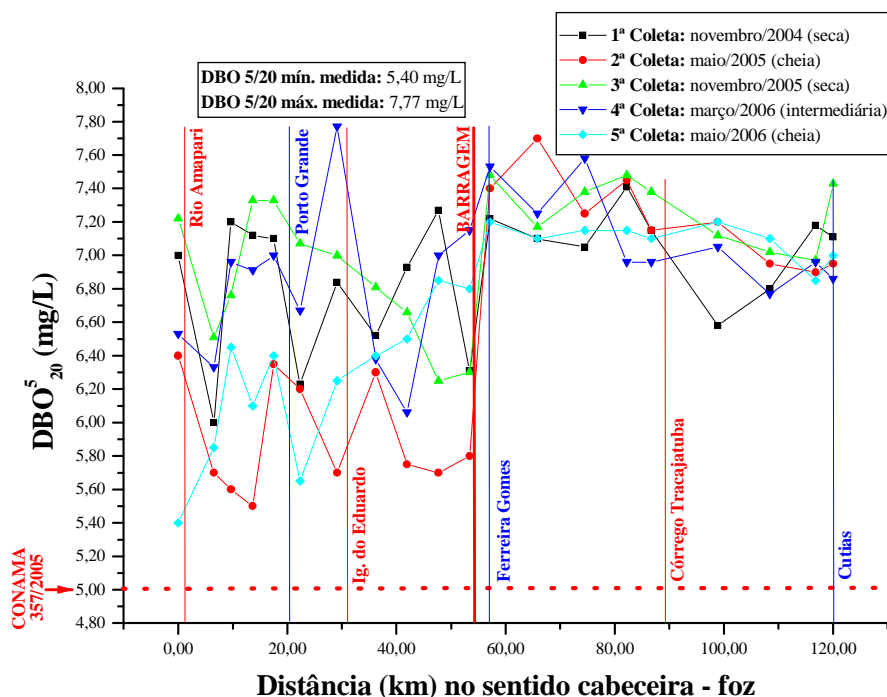


Figura 10 - Gráfico da variação da demanda bioquímica de oxigênio da água do rio Araguari.

Em se tratando do limite de DBO estabelecido pelo CONAMA para rios de Classe 2, que é de 5,00 mg/L, o rio Araguari se apresentou, independente da época do ano analisada neste estudo, infringindo este instrumento jurídico. Porém, conforme explicado por vários autores, tais como Takino, Maier e Stempniewski (1984), Maier (1987), Tucci (2002), Viana (2002) e BRASIL (2005a), os rios amazônicos são naturalmente ricos em teores de matéria orgânica e substâncias húmicas e, por esse motivo, tal comportamento não se resumiria, necessariamente, a efeitos de ações antrópicas, mas sim a aspectos locais que conferem um condicionamento diferenciado para o manancial em questão. Entretanto, conforme descrito nos parágrafos anteriores, as atividades humanas presentes no trecho hídrico ora analisado apresentam sinais de interferência no incremento dos teores de matéria orgânica do rio Araguari.

### 3.10 Oxigênio Dissolvido

De acordo com a Figura 11, o menor valor de oxigênio dissolvido detectado nas campanhas foi de 6,00 mg/L (2ª e 3ª Coletas: cheia e seca, respectivamente), e o maior foi de 8,10 mg/L (3ª Coleta: seca)

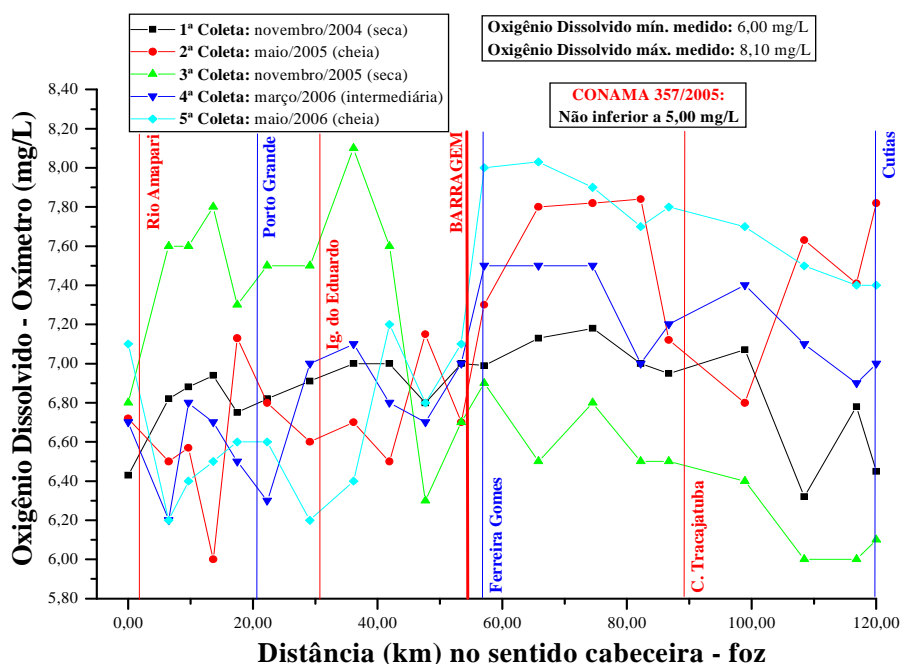


Figura 11 - Gráfico da variação do oxigênio dissolvido da água do rio Araguari.

Em geral, o comportamento sazonal deste parâmetro foi consideravelmente variado, uma vez que este tendeu a se elevar, no sentido cabeceira-foz, durante as cheias, e a diminuir nos momentos de estiagem. Esse desempenho, provavelmente, ocorre porque as constantes e torrenciais precipitações que se formam na Amazônia durante o verão promovem, ao criar turbulências na superfície aquática, uma maior dissolução do oxigênio atmosférico no perfil hídrico. Souza et al. (2008), ao estudarem o comportamento da UHE de Samuel-Candeias do Jamari, localizada no rio Jamari (RO), também verificaram que as concentrações de oxigênio dissolvido, naquele manancial, se elevaram durante o período chuvoso.

Cabe destacar, também, a constatação de que a UHECN, em virtude das suas operações rotineiras, promove a elevação dos teores de oxigênio dissolvido no meio hídrico, sendo este fato muito mais perceptível durante o verão, quando o volume de água vertida aumenta consideravelmente e os processos de reaeração aquática ficam mais favorecidos.

Ademais, em nenhuma das campanhas amostrais os valores de oxigênio dissolvido infringiram o limite estabelecido pelo CONAMA, que é de, pelo menos, 5,00 mg/L.

#### IV. CONCLUSÃO

Esta pesquisa demonstrou que o rio Araguari, em especial durante as estações de estiagem, apresenta sinais de depleção hídrica principalmente em virtude do descarte de efluentes urbanos sem prévio tratamento em suas águas e da existência de uma hidrelétrica em seu canal principal.

Apesar de terem ocorrido desatendimentos de alguns parâmetros à Resolução 357/2005 do CONAMA, o rio Araguari demonstra possuir algumas características que, mesmo estando em desacordo com os padrões estabelecidos pelo referido conselho, são provenientes de especificidades naturais da região.

Devido à importância estratégica desse rio para o estado do Amapá e para a preservação ambiental da Amazônia, é necessário que medidas de conservação sejam empreendidas no sentido de melhorar a qualidade de suas águas e, assim, garantir o acesso humano a um recurso natural dotado de características químicas, físicas e biológicas condizentes com os diferentes usos a que este esteja ou venha a ser submetido.

## V. REFERÊNCIAS

- ANDREAZZI, M.A.R. *Impactos de Hidrelétricas para a Saúde da Amazônia*. Rio de Janeiro: UERJ, 1993. (Série de Estudos em Saúde Coletiva, 78).
- AYRES, R.S.; WESTCOT, D.W. *A Qualidade da Água na Agricultura*. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. (Estudos, Irrigação e Drenagem, 29).
- BÁRBARA, V.F. *Uso do Modelo QUAL2E no Estudo da Qualidade da Água e da Capacidade de Autodepuração do Rio Araguari – AP (Amazônia)*. 2006. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.
- BRAGA, B. et al. *Introdução à Engenharia Ambiental*. São Paulo: Prentice Hall, 2005.
- BRANCO, S.M. *Hidrologia Aplicada à Engenharia Sanitária*. 3. ed. São Paulo: CETESB, 1986.
- BRASIL. Agência Nacional de Águas. *Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil*. Brasília, 2005. (Cadernos de recursos hídricos, 1).
- BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Atlas de Energia Elétrica do Brasil*. 2. ed. Brasília, 2005.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução n° 357, de 18 de junho de 2005*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2009.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Identificação de Áreas Prioritárias para a Criação de Florestas Nacionais na Amazônia Legal. Brasília, DF: MMA [et al.]. 2000.
- CHAPRA, S.C. *Surface Water-Quality Modeling*. New York: McGraw-Hill, 1997.
- CUNHA, A.A. *Análise Numérica dos Processos de Autodepuração e Reoxigenação do Rio Araguari para Avaliação de Impactos Ambientais*. Macapá: 2003.
- CUNHA, A.C. *Monitoramento, Parâmetros e Controle da Qualidade da Água: curso para engenheiros e técnicos das Unidades de Monitoramento (OEMAs)*. Macapá: 2000.
- \_\_\_\_\_. *Dossiê Sobre a Implementação do Centro de Monitoramento e Previsão de Tempo, Clima e Recursos Hídricos do Estado do Amapá*. Macapá: IEPA/LABHIDRO, 2004.
- DUNIGAN, E.P.; PHELAN, R.A.; SHAMSUDDIN, Z.H. Use of Water Hyacinths to Remove Nitrogen and Phosphorus from Eutrophic Waters. *Hyacinth Control*, 1975.
- ELETRONORTE - CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL S/A. *Usina de Coaracy Nunes: primeira hidrelétrica da Amazônia completa 30 anos*. Disponível em: <[http://www.eln.gov.br/Usinas/Coaracy\\_Nunes/index.asp](http://www.eln.gov.br/Usinas/Coaracy_Nunes/index.asp)>. Acesso em: 15 jul. 2006.
- FLAUZINO, F.S. *Avaliação Espacial e Temporal da Qualidade da Água no Lago da Usina Hidrelétrica de Miranda, Região do Triângulo – Minas Gerais*. 2008. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Informações do Estado do Amapá*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=ap>>. Acesso em: 14 jul. 2006.
- JUNK, W.; NUNES, J.A.S. Impactos Hidrológicos das Represas Hidrelétricas na Bacia Amazônica Brasileira. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 4, n. 8, 1987.
- MAIER, M.H. Ecologia da Bacia do Rio Jacaré Pepira (47°55" – 48°55" W; 22°30" – 21°55" S – Brasil): qualidade da água do rio principal. *Revista Ciência e Cultura*, v. 39, n.2, p.164-185, 1987.
- MOTA, S. *Introdução à Engenharia Ambiental*. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.
- PEREIRA, T.V.; MENDONÇA, A.S.F. Aplicação de Modelagem Computacional na Simulação de Parâmetros de Qualidade da Água Relacionados com Nitrogênio em Curso D'água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., 2005, João Pessoa. *Anais...*, João Pessoa: ABRH, 2005.



PIZELLA, D.G. Análise da Sustentabilidade Ambiental do Sistema de Classificação das Águas Doces Superficiais. 2006. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

PROGRAMA DE ESTUDOS E PESQUISAS NOS VALES AMAZÔNICOS. *Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia*. Belém: SUDAM/OEA, 1990. v. 1

RODRIGUES, A.C. et al.. Modelação da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Ave. In: CONGRESSO DA ÁGUA DE PORTUGAL, 6.,2002, Portugal. *Anais...Portugal*: Associação Portuguesa de Recursos Hídricos, 2002.

SANTOS, A.I.S.; ROCHA, F.A. *Análise da Qualidade da Água em Dois Municípios da Bacia de Rio de Contas*. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/articles/14528/1/analise-da-qualidade-da-agua-em-dois-municipios-da-bacia-do-rio-de-contas/pagina1.html>>. Acesso em: 10 out.2009.

SÃO PAULO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. *A Qualidade das Águas*. 2. ed. São Paulo: CETESB, 2000. (Série Manuais Ambientais).

SILVA, M.O.S.A. *Análises Físico-Químicas para Controle das Estações de Tratamento de Esgoto*. São Paulo: CETESB, 1997.

SILVA, A.E.P. et al. Influência da Precipitação na Qualidade da Água do Rio Purus. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 38. n. 4, 2008.

SOUZA, F.F.P. et al.. Comportamento da Temperatura, Oxigênio Dissolvido, Demanda Química de Oxigênio, PH, Vazão Afluente Defluente do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Samuel – Candeias do Jamari – RO – Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 48.,2008, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: 2008.

SPERLING, M.V. *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 1996. (Série Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v.1.

STANDART METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER END WASTEWATER. Washington: APHA, 1992.

TAKINO, M.; MAIER, M.H.; STEMPNIEWISKI, H.L. Características Físicas e Químicas da Água em Ambientes de Altitude Elevada – Campos do Jordão – SP. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 11, n. único, p.1-12, 1984.

TUCCI, C.E.M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2002.

VALITUTTO, R.S. Acumulação de Poluentes Inorgânicos por Macrófitas Aquáticas nos Reservatórios de Santana e Vigário, Barra do Pirai – RJ. 2004. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.

VIANA, J.P. Physical and Chemical Post-Dam Alterations in the Jamari River, a Hydroelectric-Developed River of the Brazilian Amazon. *Hydrobiologia*, p. 235-247, 2002.