

Diagnóstico da qualidade da água em áreas utilizadas pela bubalinocultura no Baixo Araguari, Amapá, Brasil

Natalina Borges da Silva^{1*}

Jéssica Oliveira Lopes²

José Dinaldo de Miranda Brito³

Sérgio Kleber dos Santos⁴

Luís Roberto Takiyama⁵

Ana Elisa Alvim Dias Montagner⁶

Elane Domênica Cunha de Oliveira⁷

1. Discente da Universidade do Estado do Amapá, Brasil.

2. Discente da Faculdade de Macapá, Brasil.

3. Matemático (Universidade Estadual Vale do Acaraú). Pesquisador do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá, Brasil.

4. Biólogo (Universidade Estadual Vale do Acaraú). Pesquisador do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá, Brasil.

5. Químico (Universidade Estadual de Campinas). Doutor em Engenharia Civil e Ambiental (University of Delaware). Pesquisador do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá, Brasil.

6. Agrônoma (Universidade da Região da Campanha). Doutor em Zootecnia (Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil.

7. Bióloga (Universidade Federal do Pará). Doutoranda Rede Bionorte (Universidade Federal do Amapá). Pesquisadora do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá, Brasil.

*Autor para correspondência: natalina.borges@outlook.com.br

RESUMO

A bacia do rio Araguari presencia há muitos anos a exploração de búfalos, atividade que pode potencializar o processo de erosão do solo, produzindo modificações das drenagens naturais e alterando o regime hidrodinâmico das bacias secundárias. Este estudo se propôs a avaliar a qualidade da água em duas fazendas com bubalinocultura situadas em canais do rio Araguari, e também no leito do rio Araguari, como ponto controle. As amostragens foram realizadas em dois períodos sazonais, isto é, em diferentes situações de inundação. Em cada ponto de coleta foram efetuadas medições *in situ*, bem como a coleta de água para determinação em laboratório de fatores físico-químicos (sólidos suspensos, nitrato, nitrito e fósforo total) e bióticos (clorofila-a, coliformes totais, coliformes termotolerantes e densidade do fitoplâncton). Foi possível observar que apenas os parâmetros fósforo, sólidos suspensos e coliformes estiveram acima do permitido na legislação nos pontos mais internos dos canais e no período seco. Portanto, concluímos que a queda na qualidade da água ocorre apenas no período seco, e é agravada pela maior concentração desses animais, especialmente nos canais. Porém, não podemos atribuir aos búfalos a culpa exclusiva pela deterioração do Araguari no período seco, pois esse fenômeno ocorre devido a diminuição da sua vazão e por várias razões como a evolução natural do rio Araguari, o despejo de esgotos das cidades, a construção/operação de hidroelétricas, extração mineral, entre outros, e já foi relatado em estudos anteriores, inclusive em áreas sem bubalinocultura.

Palavras-chave: Áreas inundáveis, búfalos, fitoplâncton, IET, implicações ambientais.

Water quality of areas used for buffalo farming in the Lower Araguari River, Amapá, Brazil

ABSTRACT

Buffalo farming exist in the Araguari River basin for many years. Such activity can potentiate the soil erosion process, changing the natural drainage and altering the hydrodynamic regime of the secondary basins. This study aimed to evaluate the water quality in buffalo farming areas located in the channels of the Araguari River, and also in the main channel of the river as a control point. The samplings were carried out in two seasons; which means different flood situations. At each site, we made *in situ* measurements, as well as water collection for laboratory determination of physical-chemical parameters (suspended solids, nitrate, nitrite and total phosphorus) and also biological (chlorophyll a, total coliforms, thermotolerant coliforms and phytoplankton density). We observed that few parameters, such as phosphorus, suspended solids, and coliforms were above the allowed in the legislation in the most internal points of the channels in the dry period. Therefore, we concluded that the water quality decrease occurs only in the dry period and is increased by the higher concentration of these animals, especially in the channels. However, we cannot attribute the deterioration of the Araguari river in the dry period exclusively to the buffaloes. This phenomenon occurs due to several reasons such as the decrease in the river flow, the natural evolution of the Araguari river, the discharge of sewage from the cities, the construction and operation of hydroelectric plants, mineral extraction, among others. This decrease in the river water quality has been reported in previous studies, including areas without buffalo farming.

Keywords: Flood areas; buffaloes; phytoplankton; TSI; environmental implications.

Introdução

A Planície Costeira do Amapá é uma formação muito recente (período Quaternário), fato que a torna sujeita a mudanças perceptíveis em curto espaço de tempo. Essa formação está presente em todo o estuário do rio Amazonas. Nesse cenário ocorrem os campos inundáveis que são configurados por áreas de pastagem nativa submetidas a regimes hidrodinâmicos peculiares, com inundações periódicas de origem pluvial, flúvio-marinha e/ou fluvial-lacustre. Esses ambientes são extremamente complexos do ponto de vista ecológico, uma vez que o ciclo hidrológico determina um período de estiagem (agosto a dezembro, nesta região) com grande produção de pastagem natural propícia ao pastejo animal; e um período chuvoso que proporciona o extravasamento de rios e lagos perenes e a consequente transformação de grandes

extensões em lagos temporários com distintas profundidades de inundação (SANTOS et al., 2005).

Nesse ecossistema a interação de processos hidrológicos, geomorfológicos e ecológicos é uma constante; o estado de equilíbrio ideal é afetado por processos naturais como atividade tectônica e mudanças no regime hidrológico e climático. Porém, o uso da terra e demais ações antrópicas podem afetar de forma negativa esses processos naturais, levando o sistema a um estado de desequilíbrio. Bárbara (2010) relata que o rio Araguari apresenta sinais de degradação devido às pressões antrópicas tais como agricultura intensiva, diluição de efluentes urbanos e geração de energia elétrica, desmatamentos e queimadas para formação de pastagens e criação de búfalos, que possivelmente interferem de forma negativa na qualidade de suas águas.

A bacia do rio Araguari encontra-se relativamente preservada, mantendo baixos índices de desmatamento (<20%) devido à presença de Unidades de Conservação (CUNHA, 2013). Nessa bacia hidrográfica ocorre há muitos anos e em grandes proporções a exploração de búfalos em áreas inundáveis. O incentivo para isso é a própria resiliência natural dos animais decorrentes da rusticidade da espécie, que proporciona, mesmo que em condições adversas de manejo e clima, uma boa produtividade (COSTA; INHETVIN, 2006).

No que diz respeito às implicações ambientais associadas à bubalinocultura, a intensa movimentação dos animais em áreas inundáveis, em virtude do excesso de lotação, pode potencializar o processo de erosão do solo produzindo uma modificação das drenagens naturais, bem como a formação de novas drenagens, resultando em modificações no regime hidrodinâmico das bacias de drenagens secundárias, interferindo no processo de disposição de sedimentos (SANTOS et al., 2009) e qualidade das águas (SANTOS et al., 2005).

Entretanto, Bárbara et al. (2010) relatam que o rio Araguari, em especial durante as estações de estiagem, apresenta sinais de depleção da qualidade hídrica principalmente em virtude do descarte de efluentes urbanos sem prévio tratamento em suas águas e da existência de hidrelétricas em seu canal principal. Ainda assim, os impactos sobre a fauna regional, especialmente a ictiofauna, são atribuídos à bubalinocultura.

Essa atividade tem sido retratada como prejudicial à biodiversidade, com reflexos sobre a atividade pesqueira de subsistência na região dos lagos entre os Rios Flexal e Araguari; no baixo estuário, desde o Rio Araguari até o Rio Curiaú no Amapá. Alguns estudos apontam a criação de búfalos em campos inundáveis como causa de poluição da água e conseqüente aumento de turbidez e redução do nível de oxigênio dissolvido por excesso de fezes e urina (MONTEIRO, 2009), comprometendo a qualidade e quantidade do pescado.

A pesca é uma das mais tradicionais atividades extrativistas no Amapá e exerce papel importante no contexto social, econômico e cultural na bacia do Araguari como importante meio de subsistência para os ribeirinhos. Na região amazônica, sua dinâmica é regida pelas oscilações no nível dos rios e da pluviosidade local, principalmente quanto a composição e a quantidade do pescado capturado. Na região dos lagos ocorrem conflitos socioambientais relacionados à presença da bubalinocultura. Pescadores apontam a destruição dos habitats naturais pela criação de búfalos entre os fatores responsáveis pela redução do pescado, além do constante aumento da quantidade de pescadores, o uso de malhadeiras de malhas pequenas (arte-de-pesca passiva do tipo rede de espera, onde o peixe é capturado ao ficar preso na rede) e a falta de fiscalização por parte dos órgãos competentes (ZACARDI et al., 2014).

Portanto, a melhoria da qualidade de vida das comunidades envolvidas no ecossistema está diretamente relacionada à mitigação de impactos ambientais, uma vez que os conflitos sociais entre a pesca e a bubalinocultura vinculam-se a repercussões na qualidade da água atribuídas à produção bubalina. O rio Araguari apresenta forte resiliência aos impactos ambientais, entretanto, constatou-se que alguns indicadores de qualidade da água, em trechos significativos do seu médio e baixo curso alertam que efeitos antropogênicos ou "naturais" já se encontram próximos dos limites legais no horizonte de curto e médio prazo (CUNHA, 2013).

São necessários ainda vários estudos para fornecer subsídios para contornar essa situação. As investigações exigem avaliações da qualidade da água e das causas de seus desequilíbrios, demandando um monitoramento de suas variáveis bióticas e abióticas em diferentes pontos do tempo e do espaço. Sendo assim, esse estudo se propôs a avaliar as características químicas, físicas e biológicas da água em três locais diferentes: duas propriedades rurais com sistema tradicional de exploração pecuária bubalina, e um ponto do baixo curso do rio Araguari (ponto controle) nos dois períodos sazonais da região.

Material e Métodos

Área do estudo e delineamento amostral

O estado do Amapá, localizado no extremo norte do Brasil apresenta uma malha hídrica importante dentro dos limites da

Amazônia. Nesses limites, pode-se citar a bacia hidrográfica do rio Araguari, sendo este importante do ponto de vista ambiental (presença de Unidades de Conservação) e estratégico (geração de energia hidrelétrica) (CUNHA, 2004; CUNHA et al., 2010). Vale ressaltar que a bacia do rio Araguari, com área de aproximadamente 42.711,18 km², tem sua extensão situada totalmente no estado do Amapá (a bacia ocupa 1/3 da área do estado), dessa forma, sua foz e nascente ocorrem em território amapaense (BRITO, 2008; SANTOS et al., 2014).

O rio Araguari tem a sua nascente localizada na Serra da Lombada, no Parque Nacional (PARNA) Montanhas do Tumucumaque, o segundo maior Parque Nacional do mundo e o maior do Brasil; e desagua no Oceano Atlântico. Ao longo da extensão do rio Araguari (617 km) situam-se unidades de conservação (UCs) federais e estaduais, áreas indígenas, mineradoras, usinas hidrelétricas (UHES) e áreas destinadas a bubalinocultura extensiva (BRITO, 2008; SANTOS et al., 2014).

Esse manancial é dividido em três trechos: curso superior ou alto Araguari, com 132 km de extensão; médio curso ou médio Araguari, com 161 km; e curso inferior ou baixo Araguari, com 205 km (BÁRBARA et al. 2010). A presente pesquisa foi realizada no baixo Araguari, no município de Cutias. Na figura 1 pode ser observado o mapa com as imagens onde foram realizadas as coletas.

As amostragens ocorreram em dois períodos climatológicos distintos: chuvoso (05 a 07 de maio de 2015) e seco (25 a 27 de novembro de 2015). Foram utilizados cinco sítios amostrais da qualidade da água, distribuídos em duas fazendas com bubalinocultura, nomeadas aqui como Fazenda A (FA) e Fazenda B (FB), ambas situadas em canais do rio Araguari. Em cada fazenda foram amostrados dois pontos: um mais interno e outro próximo ao rio principal. Além disso, houve coleta no rio Araguari, considerado ponto controle (sem a presença de búfalos em seu canal principal).

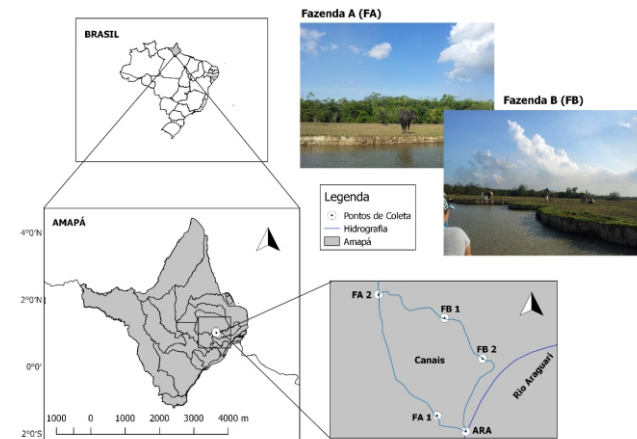


Figura 1. Mapa da área de estudo evidenciando as estações de coleta. / Figure 1. Study area map with the sampling sites.

Coleta de dados e análises

Em cada ponto de coleta foram efetuadas medições *in situ* do oxigênio dissolvido com utilização de oxímetro, bem como a coleta de água para determinação em laboratório de outros fatores físico-químicos (sólidos suspensos, nitrato, nitrito e fósforo total) e bióticos (clorofila-a, coliformes totais, coliformes termotolerantes e densidade do fitoplâncton). As análises das variáveis físico-químicas e bióticas foram realizadas em laboratórios do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (IEPA) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) no Amapá seguindo as metodologias propostas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA/AWWA/WEF, 2005). A análise de coliformes foi realizada no Laboratório de Química e Saneamento Ambiental da UNIFAP.

Para quantificação de coliformes foram coletadas amostras de água com bolsa estéril NASCO® que foram transportadas para o laboratório sob refrigeração. As análises foram realizadas conforme as recomendações do kit Colilert® e Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA/AWWA/WEF, 2005).

A contagem do fitoplâncton utilizou o método de sedimentação de Utermöhl (UTERMÖHL, 1958). As amostras foram preservadas com lugol e contadas em câmaras de Utermöhl de 5 ml, com prévia sedimentação em câmara úmida, longe de vibrações, por um período de 3-4 horas por centímetro da coluna da câmara (CETESB, 2012; LAWTON, 1999). A análise foi realizada em microscópio invertido em aumento de 400 vezes conforme recomendação de APHA (2005) e CETESB (2012), efetuando-se a contagem de no mínimo 100 indivíduos da espécie de maior ocorrência, o que significa erro de $\pm 20\%$ ($p < 0,05$); (Lund et al., 1958). O número de organismos encontrados foi multiplicado pelo fator de contagem resultando na densidade do fitoplâncton - em organismos por mililitro (CETESB, 2012). As espécies foram classificadas em abundantes e/ou dominantes segundo os critérios apresentados por Lobo e Leighton (1986).

Determinou-se também o Índice de Estado de Trófico (IET) a partir dos resultados do fósforo total (PT), seguindo a metodologia proposta por Lamparelli (2004), a qual é voltada para ambientes lóticos, como os rios. A equação 1 foi utilizada:

$$IET (PT) = 10 \cdot \left\{ 6 - \left[\frac{0,42 - 0,36 \cdot \ln (PT)}{\ln (2)} \right] \right\} - 20 \quad (1)$$

Em que:

IET (PT) é o índice de estado trófico determinado para o fósforo e;
PT é a concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$.

A classificação do ambiente aquático quanto ao IET é dada em seis graus de trofia. Para rios tem-se: ultraoligotrófico ($IET \leq 47$), oligotrófico ($47 < IET \leq 52$), mesotrófico ($52 < IET \leq 59$), eutrófico ($59 < IET \leq 63$), supereutrófico ($63 < IET \leq 67$) e hipereutrófico ($IET > 67$) (ANA, 2015).

Resultados e Discussão

Caracterização física, química e biológica da qualidade da água

Os resultados das análises físicas, químicas e biológicas da qualidade da água por estação de coleta e período sazonal são apresentados na figura 2, na qual as linhas horizontais tracejadas correspondem aos limites estabelecidos na resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) para as águas doces de classe II. É importante mencionar que o rio Araguaari pertence a essa classe de enquadramento (BÁRBARA et al., 2010). Nesse sentido, os padrões referentes a essa classe serão utilizados para comparações.

Em relação aos parâmetros físico-químicos, o oxigênio dissolvido (OD) variou de 8 a 5,9 a 8,0 $\mu\text{g.L}^{-1}$ entre os pontos de coleta e os períodos sazonais avaliados (figura 2.a). Os valores obtidos estavam em conformidade com os previstos na resolução CONAMA nº 357/2005, que é de pelo menos 5 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (BRASIL, 2005). Além disso, estes resultados condizem com o padrão observado por Bárbara et al. (2010) no médio trecho do Araguaari. Vale ressaltar que no alto e médio Araguaari as quedas d'água e correntezas promovem o aumento da taxa de reaeração da água, dessa forma, os acidentes geomorfológicos contribuem na adição natural de oxigênio na água do rio. Porém o baixo Araguaari é caracterizado como uma planície de inundação que sofre influência de marés (SANTOS et al., 2005; SANTOS et al., 2018), isso faz com que o rio tenda a fluir com velocidades menores, haja vista que o mesmo sofre pouca influência de acidentes hidráulicos nesse trecho (SANTOS et al., 2014). Apesar do relatado nas referências citadas, na área do presente estudo os valores de OD mantiveram-se elevados.

Este indicador é de essencial importância para os organismos aeróbios (que vivem na presença de oxigênio). Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio, podendo causar uma redução da sua concentração no meio. Dependendo da magnitude deste fenômeno, podem vir a morrer diversos seres aquáticos, inclusive os peixes. Devido a sua importância, o OD é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos (VON SPERLING, 2005).

A concentração de clorofila-a variou nos pontos de coleta e períodos sazonais de 1,33 a 13,35 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (figura 2.b). Santos et al., (2014) encontrou resultados similares para o baixo Araguaari.

Além do mais, um padrão semelhante foi obtido por diversos autores em trechos a montante e a jusante da área do estudo (DIAS, 2007; BRITO, 2008; BÁRBARA et al. 2010; CUNHA et al. 2011; CUNHA et al. 2013; SANTOS et al., 2014). Os valores de clorofila-a aqui diagnosticados estiveram de acordo com o preconizado na legislação, que admite no máximo 30 $\mu\text{g.L}^{-1}$ em rios de Classe II (BRASIL, 2005).

Quanto ao nitrato (NO_3) e nitrito (NO_2), o primeiro variou de 0 a 0,18 $\mu\text{g.L}^{-1}$, estando de acordo com o CONAMA 357/2005 que estabelece valor máximo de 10 $\mu\text{g.L}^{-1}$. O último variou de 0 a 0,009 $\mu\text{g.L}^{-1}$, e também está em conformidade com a legislação, haja vista que essa estabelece valor máximo de 1,0 $\mu\text{g.L}^{-1}$ para esse variável em ambientes aquáticos de Classe II (figura 2.c, d). De acordo com a Resolução do CONAMA nº 357/2005 o nitrogênio é utilizado na classificação das águas naturais e para identificar a emissão de esgotos. O nitrogênio pode ser encontrado nas águas como nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato.

Com base neste conhecimento, é possível associar as etapas de degradação/poluição orgânica por meio da relação das formas nitrogenadas. Quando há predominância das formas reduzidas do nitrogênio (amônia e nitrogênio orgânico), o foco da poluição se encontra próximo. Quando as formas nitrito e nitrato prevalecem, as descargas orgânicas encontram-se distantes (CETESB, 2009). Como os valores analisados para essas variáveis são condizentes ao preconizado na legislação, pode-se inferir que o trecho estudado não sofre contaminação por emissão de esgotos.

Outro nutriente importante, o fósforo total, variou de 0 a 1,67 $\mu\text{g.L}^{-1}$ entre os pontos de coleta e os períodos sazonais (figura 2.e). Com exceção do ponto de coleta FB2, no período seco, os demais valores diagnosticados encontram-se condizentes à legislação, que estabelece para rios de Classe II o máximo de 1,0 $\mu\text{g.L}^{-1}$ para esse indicador (BRASIL, 2005). O ponto FB2 (no período seco) apresentou o valor máximo de 1,67 $\mu\text{g.L}^{-1}$ de fósforo total, o que representa quase o dobro do aceitável pela legislação.

O fósforo é o principal fator limitante da produtividade nos corpos hídricos e tem sido apontado como o principal responsável pela eutrofização dos corpos d'água. Este nutriente pode ser proveniente de fontes naturais (presente na composição de rochas, carregado pelo escoamento superficial da água da chuva) e artificiais (esgotos domésticos, indústrias, fertilizantes agrícolas) (WETZEL, 2001).

Os valores de sólidos em suspensão (SS) variaram de 0,5 $\mu\text{g.L}^{-1}$ no período chuvoso (maio/2015) a 1.386 $\mu\text{g.L}^{-1}$ no período seco. Vale ressaltar, que os maiores valores de SS foram registrados no período seco nos pontos FA1 e FB1, 802 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e 1.386 $\mu\text{g.L}^{-1}$, respectivamente (figura 2.f). Os rios amazônicos naturalmente apresentam altos valores de carga sólida em suas águas (SIOLI, 1984). Bárbara et al. (2010) e Brito (2008) apontam as práticas de bubalinocultura extensiva como causa provável do aumento na concentração de sólidos.

É importante ressaltar que ao longo das estações de coleta e períodos sazonais avaliados, os valores de SS sempre se mantiveram baixos, no entanto, nos pontos FA1 e FB1, no período seco, os valores foram extremamente elevados comparando-os aos demais valores apresentados nos outros pontos de coleta. Vale destacar que a Fazenda A é a que apresenta a maior quantidade de búfalos, são 1500 animais nessa propriedade, sendo que a Fazenda B apresenta 800 animais, aproximadamente. Outro aspecto importante é que os pontos de coleta mais internos (localizados nos canais) são os que concentram as maiores quantidades de animais por área quando comparados aos pontos de coleta próximos ao rio Araguaari. Nesse sentido, o ponto FB1 (ponto interno, ver figura 1), conforme já mencionado, apresentou o valor de 1.386 $\mu\text{g.L}^{-1}$ de SS, o que pode estar relacionado com a presença dos animais.

A cobertura vegetal serve de alimentação para os búfalos, que pisoteiam o solo ao se deslocar em busca de alimento. Dependendo da concentração de animais, o solo pode ficar exposto e mais suscetível a intempéries. Além disso, a qualidade da água pode ser afetada pelos sólidos suspensos originários da erosão do solo (GEORGOUDIS et al., 1998).

Todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos presentes na massa líquida. Os sólidos com tamanho superior a um micron são classificados como sólidos em suspensão (SS), que são os responsáveis pelo aumento da turbidez das águas, prejudicando seus aspectos estéticos e a produtividade do ecossistema, pela diminuição da penetração da luz. Os sólidos em suspensão estão intimamente ligados à erosão de terras como à erosão dos canais dos rios e podem ser extremamente variáveis (VON SPERLING, 2005; CUNHA, 2000).

Analisando os parâmetros Coliformes totais (CT) e Coliformes Termotolerantes (figura 2.g, h), esse último representado por *Escherichia coli*, verificou-se variações de 1.523,6 a 26.130 NPM/100 ml, para coliformes totais e valores oscilando entre 36 a 1.346,3 NMP/100 ml para *E. coli*. Os valores de *E. coli* foram comparados com os limites legais estabelecidos pela resolução CONAMA nº 274/2000 que estabelece critérios para a recreação de contato primário (ex: natação) e com a resolução nº 357/2005

do CONAMA que trata dos demais usos e classifica os cursos da água (BRASIL, 2000; 2005). É importante mencionar que tais resoluções exigem amostragens mais frequentes (que não foi possível realizar neste estudo), porém ainda assim os resultados podem servir para comparação com os padrões vigentes.

Ao considerar os critérios de balneabilidade (CONAMA 274/2000), todos os pontos avaliados no período chuvoso apresentaram qualidade comparável à categoria excelente (<200 *E. coli* em 100 ml em >80% das amostras). Já no período seco, a qualidade caiu para própria satisfatória (<800 *E. coli* em 100ml em 80% das amostras). Neste período, os maiores valores de *E. coli* (>1.000/100 ml) foram observados nos pontos mais internos (FA2 e FB1), onde estavam as maiores concentrações de búfalos (Figura 2.h). Com relação aos demais usos da água para rios de Classe II (CONAMA nº 357/2005), o limite é de <1.000 *E. coli* por 100ml em 80% das amostras. Dessa forma, apenas os pontos mais internos (FA2 e FB1) durante o período seco estariam fora dos limites.

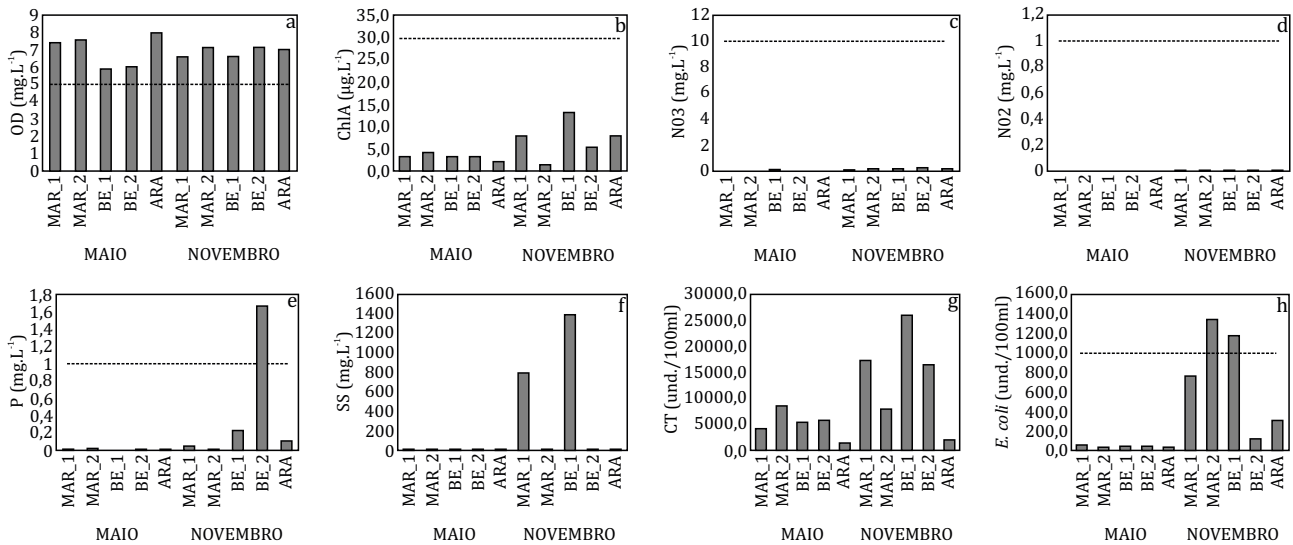


Figura 2. Parâmetros físicos, químicos e biológicos de qualidade da água por estação de coleta e período sazonal. / Figure 2. Physical, chemical and biological parameters of water quality by sampling site and season.

A *Escherichia coli* faz parte da microbiota intestinal do homem e outros animais de sangue quente. Estes microrganismos quando detectados em uma amostra de água fornecem evidência direta de contaminação fecal recente, o que pode indicar a presença de patógenos entéricos (POPE, 2003). Dessa forma, os valores elevados em FA2 e FB1 estão associados à atividade de bubalinocultura. Vale destacar novamente que os pontos de coleta mais internos, ou seja, localizados nos canais (figura 1), são os que concentram as maiores quantidades de búfalos por área, e justamente os pontos FA2 e FB1, que são pontos internos, apresentaram os maiores valores de *E. coli*, o que corrobora com a informação de que os valores apresentados estão associados com a bubalinocultura.

Os pontos de coleta FA2 e FB1 são pontos internos que estão distantes do ponto controle localizado no rio Araguari. O primeiro dista 4,7 km do ponto controle, e o segundo dista 3,3 km. Essa informação é importante no tocante a autodepuração do rio Araguari, pois do ponto de maior concentração de *E. coli* ao ponto do rio Araguari, a concentração diminuiu na ordem de quatro vezes, considerando ainda o período seco. Estudos prévios realizados por Brito (2008), Bárbara et al. (2010) e Santos et al.

(2014), encontraram baixos valores de *E. coli* no baixo e médio Araguari.

Índice de Estado Trófico com base na concentração de fósforo total

A resolução CONAMA nº 357 de 2005 (BRASIL, 2005) estabelece classes de qualidade da água para corpos d'água de acordo com seus usos preponderantes, no entanto, não associa essa condição a níveis de trofia. Nesse sentido, adotou-se o Índice de Estado Trófico (IET), que auxilia na visualização geral do grau de trofia (nutrição) e seu efeito sobre a qualidade da água (LAMPARELLI, 2004).

A aplicação do IET revelou diferenças na qualidade da água entre os pontos de coleta e os períodos sazonais, o que pode ser observado na tabela 1. No que diz respeito a temporalidade, verificou-se no período chuvoso (maio/2015) variação entre os estados oligotrófico e ultraoligotrófico, indicando baixas concentrações de nutrientes nos ambientes avaliados, baixa produtividade primária e produtividade intermediária. Nesses termos, no período chuvoso verificou-se o baixo potencial de impactos à qualidade da água e biota aquática, com níveis toleráveis de eutrofização.

Tabela 1. Classificação da água do rio Araguari em função do IET. / Table 1. Classification of Araguari River according to TSI.

	Período/Ponto de Coleta	PT (µg/L)	IET (PT)	CLASSIFICAÇÃO
MAIO	FA1	2	38	Ultraoligotrófico
	FA2	25	51	Oligotrófico
	FB1	0	0	Ultraoligotrófico
	FB2	19	49	Oligotrófico
	ARA	3	40	Ultraoligotrófico
NOVEMBRO	FA1	50	54	Mesotrófico
	FA2	10	46	Ultraoligotrófico
	FB1	230	62	Eutrófico
	FB2	1670	72	Hipereutrófico
	ARA	110	58	Eutrófico

PT= fósforo total/ total phosphorus; IET= Índice de Estado Trófico/ Trophic State Index

No entanto, no período seco (novembro/2015), o IET variou de ultraoligotrófico a hipereutrófico, o que indica alta produtividade em relação às condições naturais. Em geral, ambientes assim classificados são afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis sobre a qualidade da água com implicações sobre os usos múltiplos desse recurso (CETESB, 2007).

Na Fazenda A (onde foram estabelecidos dois pontos de amostragem) o Índice de Estado Trófico variou de ultraoligotrófico, no período chuvoso, a mesotrófico, no período seco. Na Fazenda B (onde também havia dois pontos de coleta) o IET variou de ultraoligotrófico a hipereutrófico ao longo dos períodos sazonais. O ponto localizado no rio Araguaari apresentou classificação de ultraoligotrófico no período chuvoso e eutrófico no período seco (tabela 1).

O aumento na concentração do fósforo total no período seco contribuiu consideravelmente nos valores finais de IET. As concentrações de fósforo podem ter sido influenciadas pela ressuspensão de material de fundo, devido aos níveis de água nos ambientes avaliados estarem mais baixos. Outra hipótese seria que o aumento dos valores de fósforo (no período seco) estivesse relacionado com a atividade bubalina, a partir da disposição no ambiente aquático desse macronutriente pelos excrementos dos búfalos. Neglia et al. (2014) relatam que búfalos têm uma eficiência relativamente elevada na utilização de nitrogênio (N) e fósforo (P). Em linhas gerais, os autores concluíram que os búfalos excretam menos N e P em comparação com o gado bovino e, portanto, devem ser considerados de forma diferenciada na contabilidade ambiental. Isto é, em condições de manejo iguais, os bubalinos apresentariam impacto ambiental reduzido em relação aos bovinos (no quesito liberação de nutrientes).

Apesar de possuírem alta eficiência na utilização de N e P, a composição final dos excretas bubalinos está relacionada a dieta dos animais, e essa composição, conforme Cockrill (1974) apresenta potássio, cálcio, nitrogênio, água e fósforo. Búfalos podem contaminar a água e campos inundáveis pelos seus dejetos (fezes e urinas), nesse sentido, a qualidade dos corpos d'água próximos a atividades de bubalinocultura pode ser comprometida (BERNARDI, 2005). No entanto, para que esses eventos ocorram são necessárias grandes quantidades de fezes e urina (GEORGOUDIS et al., 1998).

Densidade fitoplantônica

A comunidade fitoplantônica dos pontos ARA, FA1, FA2, FB1 e FB2 dos meses de maio (período seco) e novembro (período chuvoso) de 2015 foi representada por 77 espécies distribuídas em três divisões taxonômicas: Cyanophyta (12 espécies), Chlorophyta (45 espécies) e Heterokontophyta (20 espécies). A densidade do fitoplâncton apresentou valores de 137,2 org.ml⁻¹ no período chuvoso e 160 org.ml⁻¹ no período seco (figura 3).

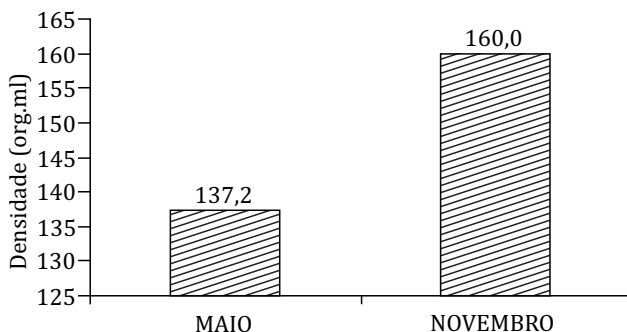


Figura 3. Densidade do fitoplâncton em maio (período chuvoso) e novembro (período seco) de 2015. / Figure 3. Phytoplankton density in May (rainy season) and November (dry period) in 2015.

Além da densidade total do fitoplâncton, verificou-se também a contribuição da densidade de cada grupo taxonômico. Nesse aspecto, vale destacar que a divisão Heterokontophyta apresentou densidade de 130,8 org. ml⁻¹ no mês de novembro (período seco), o que corresponde a 81,75% da densidade total de organismos neste período. Ademais, a divisão Chlorophyta apresentou 86,2 org. ml⁻¹ em maio (período chuvoso), o que corresponde a 62,8% da densidade fitoplantônica da estação chuvosa (figura 4).

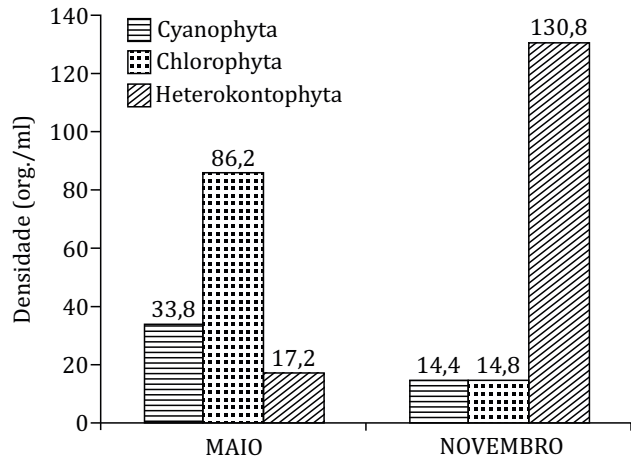


Figura 4. Densidade do fitoplâncton por grupos taxonômicos nos períodos sazonais chuvoso (maio) e seco (novembro). / Figure 4. Phytoplankton density by taxonomic groups in rainy (May) and dry season (November).

Quanto à densidade do fitoplâncton por ponto de coleta, verificou-se que a maior densidade foi registrada no ponto FB2 nos dois períodos sazonais avaliados, maio (43,8 org. ml⁻¹) e novembro (41,4 org. ml⁻¹). O ponto localizado no Araguaari em maio/2015 apresentou o menor valor de densidade (9,4 org. ml⁻¹) (Figura 5). Esses valores podem ser explicados pela turbulência do rio Araguaari que dificulta o crescimento das populações de microalgas. Já nos canais do rio, a turbulência é menor; e no período seco é menor ainda, o que facilita o aumento da quantidade de organismos fitoplantônicos. Observações similares foram feitas por Cunha et al. (2013) no mesmo rio, próximo ao reservatório Coaracy Nunes.

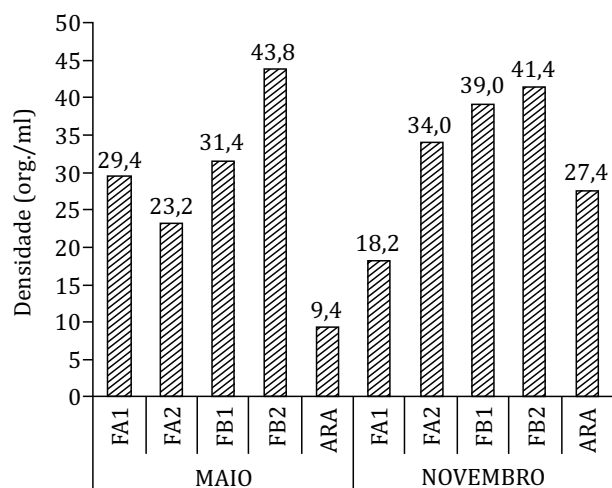


Figura 5. Densidade do fitoplâncton por ponto de coleta (org. ml⁻¹). / Figure 5. Phytoplankton density (org. ml⁻¹) in sampling sites.

Outro aspecto notável é a alternância entre as divisões Chlorophyta e Heterokontophyta ao longo dos períodos sazonais avaliados. No mês de maio (período chuvoso) a divisão Chlorophyta apresentou o maior valor de densidade total, enquanto a divisão Heterokontophyta foi a mais densa no mês de novembro (figura 6). Esse padrão foi observado tanto na densidade total do fitoplâncton em cada período sazonal (figura 4), como em cada ponto de amostragem (figura 6).

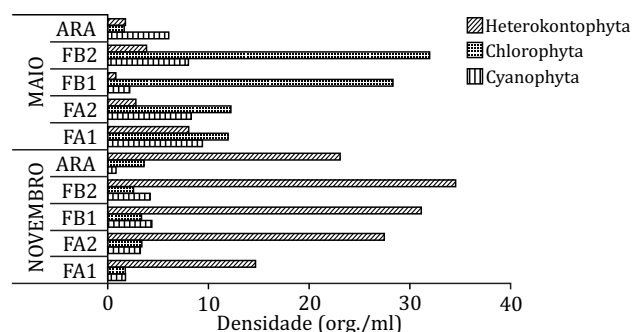


Figura 6. Densidade das divisões taxonômicas do fitoplâncton por ponto de coleta. / Figure 6. Phytoplankton divisions densities by sites.

A divisão Chlorophyta constitui o grupo mais abundante do fitoplâncton. Bastos et al. (2006) sugerem que a presença desse grupo indica boa qualidade do meio hídrico onde as espécies estão inseridas. Porém, Moura et al. (2007) e Almeida (2011) afirmam que algumas espécies da divisão Chlorophyta podem sobreviver em ambientes eutróficos. Vale destacar que no presente estudo a divisão Chlorophyta apresentou maior densidade no período chuvoso, no qual os pontos de coleta avaliados apresentaram uma boa qualidade da água. Por outro lado, no período seco, a maior densidade foi de Heterokontophyta, principalmente da classe Bacillariophyceae (diatomáceas). Estudos como o de Faria (2010) apontam que algumas espécies de diatomáceas são resistentes a meios eutróficos, mas o consenso geral é de que não são típicas de ambientes poluídos. No presente estudo, a qualidade da água no período seco apresentou comprometimento de alguns parâmetros, em especial nos pontos internos dos canais.

É importante mencionar que uma avaliação da qualidade da água que foque somente nos grandes grupos do fitoplâncton pode ser incompleta, uma vez que as espécies não se limitam a um determinado ambiente e apresentam amplitude ecológica (DESCY, 1979). Nesse sentido, a predominância de um táxon pode auxiliar na avaliação de um determinado ambiente. Portanto, o presente estudo também considerou as espécies abundantes e dominantes na caracterização ambiental dos pontos avaliados.

As espécies *Anabaena* sp., *Limnothrix planctonica*, *Leptolyngbya* sp., *Raphidiopsis mediterranea* e *Alkalinema pantanalense* foram classificadas como abundantes. Além das cianobactérias, espécies dos grupos Chlorophyta e Heterokontophyta, como *Actinocyclus* sp., *Platessa* sp., *Closterium acutum*, *Cosmarium contractum*, *Scenedesmus acunae*, *Mougeotia* sp. e *Mucidosphaerium puchellum* também foram abundantes (figura 7).

As cianobactérias compõem um dos mais importantes grupos do fitoplâncton do ponto de vista ecológico e sanitário. De acordo com a Resolução 357 do CONAMA (BRASIL, 2005), as cianobactérias são microrganismos procarióticos autotróficos, capazes de ocorrer em qualquer manancial superficial e especialmente naqueles com elevados níveis de nutrientes, podendo produzir toxinas com efeitos adversos a saúde.

A espécie *Closterium acutum* ocorreu em todos os pontos de coleta avaliados ao longo do período chuvoso e seco, sendo abundante em ambos, resultado este que foi influenciado principalmente pelos valores encontrados nos pontos FB1 e FB2 no período chuvoso. A clorófito *C. acutum* é uma espécie de distribuição ampla, podendo ser encontrada em habitats com diferentes estados tróficos, porém estudos comprovam sua utilização na bioindicação de ambientes eutróficos (REYNOLDS et al., 2002; PADISÁK et al., 2009). No presente trabalho, entretanto, *C. acutum* se destacou em ambientes que apresentaram classificação de ultraoligotrófico e oligotrófico.

Em relação a *Cosmarium contractum*, essa espécie ocorreu somente no período chuvoso e foi classificada como abundante no ponto FB2. *C. contractum* é típico de ambientes oligo-mesotróficos; vale ressaltar que o ponto de coleta em que essa espécie foi abundante foi classificado como oligotrófico pelo IET (REYNOLDS et al., 2002; PADISÁK et al., 2009). *Scenedesmus acunae* também foi abundante no ponto FB2 no período chuvoso. As clorófitas do gênero *Scenedesmus* apresentam distribuição cosmopolita, sendo espécies comumente encontradas nos sistemas aquáticos (ROSSIN et al., 2013).

Mucidosphaerium pulchellum também apresenta distribuição cosmopolita, assim como muitas outras espécies do grupo Chlorophyta (TSARENKO; JOHN, 2011). Esta espécie pode ser encontrada tanto no plâncton quanto associada com macrófitas, principalmente em ambientes aquáticos com águas calmas. Descrição similar pode ser feita para a espécie *Mougeotia* sp. Apesar da distribuição cosmopolita dessas duas espécies, ambas costumam ocorrer em ambientes mesotróficos (WEHR & SHEATH, 2003). Essas espécies foram abundantes apenas no período chuvoso e se destacaram no ponto FB1, que foi classificado como ultraoligotrófico no período chuvoso segundo o IET.

A espécie *Actinocyclus* sp. da divisão Heterokontophyta foi abundante nos dois períodos sazonais avaliados, sendo que o ponto de coleta FB2 no período seco foi o que registrou a maior quantidade de organismos dessa espécie. Verifica-se com esse

resultado, que essa espécie aparenta ser generalista, pois ocorre tanto em ambientes ultraoligotróficos como em hipereutróficos.

A única espécie classificada como dominante foi *Platessa* sp., diatomácea que ocorreu em FA2 e FB2 no período chuvoso, e em todos os pontos no período seco. Vale ressaltar que os maiores valores de densidade fitoplanctônica observados neste estudo foram de *Platessa* sp., a qual costuma ocorrer em ambientes oligotróficos (LOBO et al., 2016).

De modo geral, o fitoplâncton da área de estudo foi representado por espécies de ambientes oligo-mesotróficos, o que mostra que apesar do comprometimento da qualidade da água no período seco, resultado da desconformidade de alguns parâmetros ambientais, o fitoplâncton da área de estudo atua como um bom indicador revelando a grande capacidade de recuperação da área.

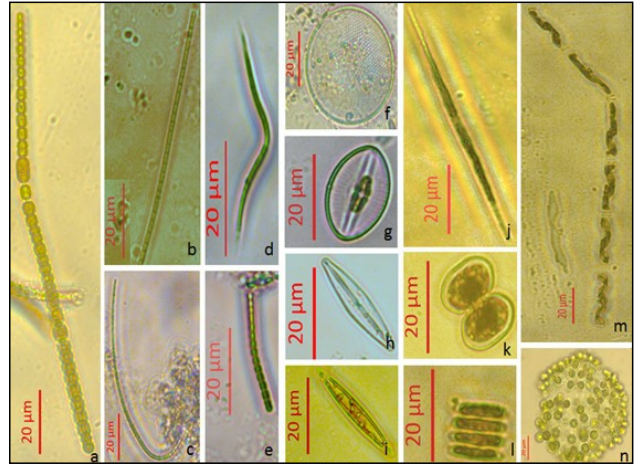


Figura 7. Espécies abundantes e/ou dominantes: a) *Anabaena* sp.; b) *Limnothrix planctonica*; c) *Leptolyngbya* sp.; d) *Raphidiopsis mediterranea*; e) *Alkalinema pantanalense*; f) *Actinocyclus* sp.; g) *Platessa* sp.; h) Heterokontophyta sp1; i) Heterokontophyta sp2; j) *Closterium acutum*; k) *Cosmarium contractum*; l) *Scenedesmus acunae*; m) *Mougeotia* sp.; n) *Mucidosphaerium puchellum*. / **Figure 7.** Abundant and/or dominant species: a) *Anabaena* sp.; b) *Limnothrix planctonica*; c) *Leptolyngbya* sp.; d) *Raphidiopsis mediterranea*; e) *Alkalinema pantanalense*; f) *Actinocyclus* sp.; g) *Platessa* sp.; h) Heterokontophyta sp1; i) Heterokontophyta sp2; j) *Closterium acutum*; k) *Cosmarium contractum*; l) *Scenedesmus acunae*; m) *Mougeotia* sp.; n) *Mucidosphaerium puchellum*.

As comunidades planctônicas são vistas como indissociáveis à interpretação do funcionamento dos corpos d'água, afinal, esses organismos respondem rapidamente às alterações ambientais. A ecologia dos organismos planctônicos, em especial do fitoplâncton, apresenta-se como uma importante ferramenta de avaliação e geração de diagnósticos dos ambientes aquáticos (HUSZAR et al., 1998).

Conclusões

Neste diagnóstico foi possível observar que apenas os parâmetros fósforo, sólidos suspensos e coliformes estiveram acima do permitido nos pontos mais internos dos canais e no período seco. Isto indica que os búfalos podem provocar tal piora na qualidade da água quando estão em altas concentrações em locais com pouca água. Não podemos atribuir aos búfalos a culpa exclusiva pela deterioração do Araguari como um todo. Porém, foi possível observar, com base nas análises químicas, físicas e biológicas, que a grande concentração desses animais (especialmente nos pontos de coleta mais internos - nos canais, distantes do ponto controle) intensifica a queda na qualidade da água na estação seca.

Outros estudos já mostraram que o rio Araguari sofre queda na qualidade da água neste período devido à diminuição da sua vazão e por várias razões como o despejo de esgotos das cidades, a bubalinocultura, a construção/operação de hidroelétricas, extração mineral, entre outros. Além disso, esta área passa por uma grande sedimentação, natural da evolução do rio Araguari que agora já não segue para o Oceano Atlântico, mas para o rio Amazonas. Este estudo acrescentou novas informações sobre os impactos sofridos pelo rio Araguari, com relação à bubalinocultura.

Agradecimentos

A Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária do estado do Amapá (EMBRAPA-AP), ao Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (IEPA), representado pelo Nú-

cleo de Pesquisas Aquáticas (NUPAQ) e Núcleo de Biodiversidade (NUBIO), ao Laboratório de Química e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Amapá (LQSM-UNIFAP) e a FAPEAP pelo financiamento do projeto Indicadores Técnicos para o Manejo Sustentável da Bubalinocultura na bacia do Araguari/Prodetec Araguari 2013.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, V. L. S.; **Comunidades planctônicas e qualidade da água em reservatórios tropicais urbanos com diferentes graus de trofia**. 2011. 138p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2011.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. INDICADORES DE QUALIDADE (ANA), 2015. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-introducao.aspx#> (Acesso em: 10/03/2017).
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION APHA AWWA WEF (APHA; AWWA; WEF). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21 ed. Washington, D.C., 2005.
- BÁRBARA, V. F.; CUNHA, A. C.; RODRIGUES, A. S. L.; SIQUEIRA, E. Q. Monitoramento sazonal da qualidade da água do rio Araguari/AP. **Revista Biociências**, v. 16, n.1, p.57-72, 2010.
- BASTOS, I. C. O.; LOVO, I. C.; ESTASNILAU, C. A. M.; SCOOS, L. M. Utilização de bioindicadores em diferentes hidrossistemas de uma indústria de papéis reciclados em Governador Valadares - MG. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.11, n. 3, p. 203-211, 2006.
- BERNARDI, C. C. **Conflitos socioambientais decorrentes da bubalinocultura em territórios pesqueiros artesanais: o caso de Nova Olinda do Maranhão**. Dissertação (Mestrado). Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2005.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução 357/2005**. Brasília: 2005. 23p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acessado em 12/06/2017.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução 274/2000**. Brasília: 2000. 71p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res27400.html>. Acessado em 12/06/2017.
- BRITO, D. C. **Aplicação do Sistema de Modelagem da Qualidade da Água QUAL2Kw em Grandes Rios: O Caso do Alto e Médio Araguari - AP**. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2008.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). 2009. Variáveis de qualidade de água. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#transparencia>. (Acessado em 10/03/2017).
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Relatório de qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo 2006**. São Paulo: CETESB, 2007.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Norma Técnica L5. 303 - Fitoplâncton de Água Doce - Métodos Qualitativo e Quantitativo (Método de Ensaio) - dez/2012**.
- COCKRILL, W. R. Management, conservation and use. In: Cockrill, W. R. (eds) **The husbandry and health of the domestic buffalo**. Rome: FAO, 1974. p. 276-312.
- COSTA, F. A.; INHETVIN, T. A **Agropecuária na Economia de Várzea da Amazônia: Os desafios do desenvolvimento sustentável**. 1. ed. Manaus: Ibama/ProVárzea, 2006. v. 1. 202 p.
- CUNHA, A. C. **Monitoramento, parâmetros e controle da qualidade da água - curso para engenheiros e técnicos das Unidades de Monitoramento (OEMAs)**. Macapá, AP: PPG7 [et al.]. 88 p. 2000.
- CUNHA, A. C.; CUNHA, H. F. A.; JÚNIOR, A. C. P. B.; DANIEL, L. A.; SCHULZ, H. E. Qualidade microbiológica da água em rios de áreas urbanas e periurbanas no baixo Amazonas: o caso do Amapá. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 302 - 309, 2004.
- CUNHA, A. C.; SOUZA, E. B.; CUNHA, H. F. A. 2010. **Tempo, clima e recursos hídricos - Resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá**. 1ªed. IEPA, Macapá/AP.
- CUNHA, A. C. et al. **Dam Effect On Stream Reaeration Evaluated With The Qual2kw Model: Case Study Of The Araguari River, Amazon Region, Amapá State/ Brazil**. In: BILLIBIO, C.; HENSEL, O.; SELBACH, J. (Eds.). Sustainable water management in the tropics and subtropics - and case studies in Brazil. Jaguarão/RS: Fundação Universidade Federal do Pampa, UNIKASSEL, PGcult- UFMA, 2011. p. 697.
- CUNHA, A. C. Revisão descritiva sobre qualidade da água, parâmetros e modelagem de ecossistemas aquáticos tropicais. **Biota Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 124-143, 2013.
- CUNHA, E. D. S.; CUNHA, A. C.; SILVEIRA JR, A. M.; FAUSTINO, D. M. M. 2013. Phytoplankton of two rivers in the eastern Amazon: characterization of biodiversity and new occurrences. **Acta Botanica Brasílica**, v. 27, n. 2, p. 364-377. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-3062013000200011>.
- DESCY, J. P. A new approach to water quality estimation using diatoms. **Nova Hedwigia, Beiheft**, n. 64, p. 305-323, 1979.
- FARIA, D. M. **Diatomáceas perfiticas de um reservatório eutrófico do rio Itaqui: aspectos qualitativos e quantitativos**. 2010. Dissertação (Mestrado em Botânica) Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2010.
- BÁRBARA, V. F. **Using the model QUAL2E in the study of water quality and self-purification capacity of Rio Araguari-AP (Amazon)**. 2006. 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharias) Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.
- GEORGOUDIS, A. G., PAPANASTASIS, V. P., BOYAZOĞLU, J. G. **Use of Water Buffalo for Environmental Conservation of Waterland**. Review. Symposium VIII. Entitled "Role of Water Buffaloes in Producing Foods" of the 8th World Conference on June 30, 1998 at Seoul National University, Seoul, Korea.
- HUSZAR, V. L. M.; CARRACO, N. The relationship between phytoplankton composition and physical-chemical variables: a comparison of taxonomic and morphological-functional groups approaches in six temperate lakes. **Freshwater Biology**, v. 40, p. 1-18, 1998.
- LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. 235 f. Tese (Doutorado em Ciências) Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- LAWTON, J. H. "Are there general laws in ecology?". **Oikos**, v. 84, p. 177-192, 1999.
- LOBO, E.; LEIGHTON, G. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. **Revista Biología Marina y Oceanografía**, v. 22, n. 1, p. 1-29, 1986.
- LOBO, E. A. **Índice trófico de qualidade da água: guia ilustrado para sistemas lóticos subtropicais e temperados brasileiros**. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2016.
- LUND, J. W. G., KIPLING, C.; LE CREN, E. D. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. **Hydrobiologia**, v. 11, p. 143-170, 1958.
- MONTEIRO, F. J. C. **Impactos ambientais pelos búfalos asselvajados nos campos inundáveis da ESEC de Maracá-Jipiôca (Costa Atlântica do Amapá)**. 2009. 50p. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2009.
- MOURA, A. N.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MENDONÇA, D. F. P.; OLIVEIRA, H. S. B.; DANTAS, E. W.; PIMENTEL, R. M. M. Microalgas e qualidade da água de manancial utilizado para abastecimento público localizado na região metropolitana da cidade do Recife, PE, Brasil. **Revista de Geografia**, v. 24, n. 2, p. 154-178, 2007.
- NEGLIA, G.; BALESTRIERI, A.; GASPARRINI, B.; CUTRIGNELLI, M. I.; BIFULCO, G.; SALZANO, A.; CIMMINO, R.; VARRICCHIO, E.; D'OCCHIO, M. J.; CAMPANILE, G. Nitrogen and Phosphorus Utilisation and Excretion in Dairy Buffalo Intensive Breeding. **Italian Journal of Animal Science**, v. 13, n. 4, 3362, 2014.
- PADISÁK, J.; CROSSETTI, L. O.; NASELLI-FLORES, L. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. **Hydrobiologia**, v. 621, n. 1, p. 1-19, 2009.
- POPE, M. L.; BUSSEN, M.; FEIGE, M. A.; SHADIX, L.; GONDER, S.; RODGERS, C.; CHAMBERS, Y.; PULZ, J.; MILLER, K.; CONNELL, K.; STANDRIDGE, J. Assessment of the effects of holding time and temperature on *Escherichia coli* densities in surface water samples. **Applied Environmental Microbiology**, v. 69, n. 10, p. 6201-6207, 2003.
- REYNOLDS, C. S.; HUSZAR, V.; KRUK, C.; NASELLI-FLORES, L.; MELO, S. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **Journal of Plankton Research**, v. 24, n. 5, p. 417- 428, 2002.
- ROSSINI, E. F.; SANT'ANNA, C. L.; TUCCI, A. Scenedesmeaceae (Chlorococcales, Chlorophyceae) de pesqueiros da Região Metropolitana de São Paulo, SP, Brasil: levantamento florístico. **Hoehnea**, v. 40, n. 4, p. 661-678, 2013.
- SANTOS, V. F.; FIGUEIREDO JR, A. G.; SILVEIRA, O. F. M.; POLIDORI, L.; OLIVEIRA, D. M.; DIAS, M. B.; MARTINS, M. H. A. **Processos Sedimentares em área de Macro-marés Influenciados Pela Pororoca-Estuarío do Rio Araguari-Amapá-Brasil**. In: X CONGRESSO ABEQUA, 2005, Guarapari. CD-Rom do x Congresso ABEQUA. Guarapari-ES: ABEQUA, 2005.
- SANTOS, V. F., POLIDORI, L., SILVEIRA, O. F. M., FIGUERIDO JR, A. G. Aplicação de Dados Multisensor (SAR e ETM+) no Reconhecimento de Padrões de Uso e Ocupação do Solo em Costas Tropicais - Costa Amazônica, Amapá, Brasil. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27, n. Supl. p. 39-55, 2009.
- SANTOS, E. S.; CUNHA, A. C.; CUNHA, E. D. S. Análise Espaço-Sazonal da Qualidade da água na Zona Flúvio-Marinha do Rio Araguari-Amazônia Oriental-Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 3, p. 215-226, 2014.
- SANTOS, E. S.; LOPES, P. P. P.; PEREIRA, H. H. S.; NASCIMENTO, O. O.; RENNIE, C. D.; STERNBERG, L. S. L. O.; CUNHA, A. C. The impact of channel capture on estuarine hydro-morphodynamics and water quality in the Amazon delta. **Science of the Total Environment**, v. 624, p. 887-899, 2018.
- SIOLI, H. Hydrochemistry and Geology in the Brazilian amazon region. **Amazoniana**, v. 1, p. 74-83, 1984.
- TSARENKO, P. M.; JOHN, D. M. 2011. **Phylum Chlorophyta (Green Algae) Order Sphaeropleales**. p. 461-465 In: The Freshwater Algal Flora of the British Isles (D. M., John, B.A. Whitton. & A. J. Brook, eds.), Cambridge University Press, Cambridge.
- UTERMÖHL, H. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik. **Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie**, v. 9, p. 1-38, 1958.
- VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.
- WEHR, J. D.; SHEATH, R. G. **Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification**. Academic Press, USA: 2003, 935 pp.
- WETZEL, R. G. **Limnology**. San Diego: Academic Press, 2001. 1006 p.
- ZACARDI, D. M.; PASSOS, L. S.; SILVA, T. C. Atividade pesqueira na região dos lagos, município de Pracuúba, Estado do Amapá, Brasil. **Revista de Ciências da Amazônia**, v. 1, n. 2, p. 74-87, 2014.