



IV-028 - ESTUDO DAS CARGAS DE NUTRIENTES NO RESERVATÓRIO “LAGO DO AMOR” (CAMPO GRANDE, MS)

Leandro Guimarães Bais Martins⁽¹⁾

Acadêmico do curso de graduação em Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Kennedy Francis Roche⁽²⁾

Doutor em Biologia; Professor do Departamento de Hidráulica e Transportes da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Tiago Lemos Guedes⁽³⁾

Acadêmico do curso de graduação em Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Bolsista de iniciação científica do CNPq.

Caroline Alvarenga Pertussatti⁽⁴⁾

Acadêmica do curso de graduação em Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Bolsista de iniciação científica do CNPq.

Endereço⁽¹⁾: DHT/CCET/UFMS, CX. POSTAL 549, CEP 79070-900, Campo Grande/MS, fone: +55 (67) 3345-7490, fax: +55 (67) 3345-7499, email: leandrogbm@hotmail.com

RESUMO

Diversas pesquisas apontam as redes de drenagem como veículo de cargas poluidoras que contribuem, substancialmente, para a degradação dos corpos d'água. Para mitigar esse impacto, torna-se necessário o controle do uso e ocupação do solo, e ainda o monitoramento da qualidade de água desses recursos hídricos. Nesse contexto, este trabalho realizou o estudo das cargas de nutrientes no reservatório “Lago do Amor”, situado no município de Campo Grande, no estado de Mato Grosso do Sul, no período de maio de 2007 a agosto de 2008, pois se trata de uma represa inserida em uma área altamente urbanizada, onde seus tributários recebem efluentes domésticos, bem como industriais. Vários trabalhos têm quantificado a carga de poluição difusa e comprovado que a quantificação destas apresenta grande importância na avaliação do impacto por elas produzido e no projeto de medidas estruturais para o seu controle. Diante dessa relevância, este trabalho buscou quantificar as cargas afluentes (córregos Cabaça e Bandeira) e efluentes (saída do Lago do Amor) de nutrientes do “Lago do Amor”, estimando o balanço de massa dos nutrientes. As coletas de amostras de água foram realizadas, para análises de carga (nitrogênio e fósforo), e análises físico-químicas (pH, cor, turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido e condutividade). Durante as coletas, foram obtidos dados para o cálculo da vazão dos córregos. Os resultados demonstram que o maior contribuinte de carga de fósforo é o córrego Bandeira. A represa funciona como um regularizador da vazão da bacia, e ainda remove parte da carga de fósforo recebida. A antropização da região onde se encontra a sub-bacia do Imbiruçu contribui para um aumento significativo das cargas de nutrientes acima de níveis naturais em seus córregos, provenientes de poluição difusa, e pontual, com isso essa região sofre processos constantes de degradação.

PALAVRAS-CHAVE: carga de nutrientes, monitoramento, qualidade da água.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional associado ao desenvolvimento urbano, industrial e rural, promove profundas alterações no meio ambiente, as quais se refletem principalmente na deterioração da qualidade da água dos recursos hídricos disponíveis (PAZ *et al.*, 2003).

O uso e ocupação desordenados das populações sobre as bacias de drenagem, associados ao desenvolvimento sem planejamento das cidades, têm alterado drasticamente os ecossistemas aquáticos, principalmente, acelerando o aporte de nutrientes para os corpos d'água, podendo gerar cargas poluidoras (cargas difusas). A poluição difusa possui origens bastante diversificadas, englobando também ligações clandestinas de esgotos, efluentes de fossas sépticas, abrasão e desgaste das ruas pelos veículos, lixo acumulado nas ruas e calçadas, resíduos orgânicos de pássaros e animais domésticos, atividades de construção, resíduos de combustível, óleos e graxas deixados por veículos, poluentes do ar, entre outros (TUNDISI, 2003; PORTO, 1998).



Dentre as diferentes formas de impacto ambiental causado pela poluição difusa, está a eutrofização, que tem provocado a deterioração dos ecossistemas aquáticos e vem promovendo alterações ecológicas, econômicas, sociais e na saúde pública (TUNDISI, 2003).

A eutrofização pode ser natural ou acelerada, e em termos gerais, pode ser definida como o processo de enriquecimento por nutrientes de um corpo d'água, ocasionando o excessivo crescimento de macrófitas aquáticas e/ou algas (ESTEVES, 1998). Os principais nutrientes responsáveis pelo processo são o fósforo e o nitrogênio. Conforme os ambientes aquáticos passam de condições mais amenas de eutrofização como a oligotrófica para estágios mais avançados como a eutrófica, a tendência é o assoreamento e desaparecimento desse corpo d'água, encurtando sua vida útil, além de alterações na sua colonização por plantas e animais e nas suas características químicas. As principais fontes de nitrogênio e fósforo são: dissolução de compostos do solo, decomposição da matéria orgânica, esgotos domésticos e industriais, fertilizantes, detergentes, e excrementos animais (BRAGA *et al.*, 1998).

A previsão dos danos à qualidade da água e os seus respectivos controles e/ou tratamentos encontram barreiras devido a sua grande variabilidade espacial e temporal. As concentrações dos poluentes variam com o tipo de área (residencial, industrial, comercial, rural), com eventos de precipitação e ao longo do mesmo evento (PAZ *et al.*, 2003). A mitigação desses impactos implica em grandes gastos para a recuperação de ecossistemas aquáticos, e seu controle depende de ações que iniciam nas bacias hidrográficas e nas fontes pontuais de descarga de nitrogênio e fósforo (TUNDISI, 2003).

Enfim, para regulamentar e possibilitar a cobrança da gestão e do gerenciamento dos recursos hídricos, a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) foi instituída, pela Lei Federal nº 9433, de 08 de janeiro de 1997. Através dessa, estabeleceu-se que devem ser realizados planos diretores, também chamados de planos de recursos hídricos, os quais devem ser de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos, devem ainda fazer:

- diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos;
- análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo;
- balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais;
- metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis;
- medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas;
- prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos;
- diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
- propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos.

O conhecimento gerado a partir de investigações anuais é uma valiosa ferramenta para o bom desenvolvimento de estratégias de manejo e controle de processos de eutrofização. É importante estudar as dinâmicas dos corpos d'água, pois é necessário conhecer bem os seus processos para que se possa fazer uma avaliação qualitativa e quantitativa do ecossistema, e conhecendo bem as interações existentes entre as variáveis se torna mais fácil escolher técnicas para remediação ou recuperação do ambiente (COELHO *et al.*, 2007).

Este trabalho apresenta então um diagnóstico preliminar da situação atual dos recursos hídricos, mais especificamente do aporte de fósforo e nitrogênio, nos tributários e da saída do reservatório "Lago do Amor"



(Campo Grande - MS), como uma prévia avaliação da qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Imbiruçu, podendo ser o primeiro passo para a elaboração de um plano diretor da mesma.

MATERIAIS E MÉTODOS

No período entre as datas 17 de maio de 2007 até 01 de agosto de 2008 foram estudados três pontos de amostragem (Figura 1), próximos ao reservatório “Lago do Amor” e apresentando seção aberta. O primeiro ponto localiza-se à saída do reservatório (Ponto 1, efluente do reservatório), a cerca de 100 m de seu sumidouro, em área de propriedade da UFMS, o segundo ponto, no córrego Cabaça, também está dentro da universidade, localizado na reserva ecológica próxima à biblioteca central (Ponto 2, afluente do reservatório), e o terceiro ponto, no córrego Bandeira, também na reserva ecológica, localizado atrás das quadras polivalentes da universidade (Ponto 3, afluente do reservatório).



Figura 1: Localização dos pontos de coleta e confluência dos córregos Cabaça e Bandeira na represa “Lago do Amor” inseridos na RBI/UFMS (fonte: Google 2007).

Num período de 16 meses, as amostras foram coletadas a cada duas ou quatro semanas nos 3 pontos de amostragem, sendo também estudada a evolução física das seções transversais.

COLETA E ANÁLISE DE AMOSTRAS DE ÁGUA

In loco foram medidos os valores de: temperatura ambiente (°C) medido por termômetro convencional; temperatura da água (°C) e condutividade (µMHOS), ambos medidos diretamente com eletrodos padrão (Condutivímetro *Yellow Spring Instr*). Foram registradas, visualmente, as características climáticas de cada data de amostragem para possível correlação entre qualidade da água e clima.

As amostras de água foram coletadas usando dois frascos de 1 litro, retirando uma amostra preservada (com 1 mL de ácido sulfúrico forte) e outra *in natura*, dos pontos 1, 2 e 3. Esses frascos eram levados ao Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA), da UFMS, onde foram realizadas as análises: nitrogênio total, fósforo total, pH, cor e turbidez, seguindo as normas estabelecidas em APHA (2005). A técnica analítica adequada de cada parâmetro é citada individualmente na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros e técnicas analíticas utilizadas

Parâmetros	Técnica analítica	Unidade
pH	Potenciométrico	-
Oxigênio dissolvido	Winkler, Azida sódica e Sulfato manganoso (laboratório) - Titulação	mg O ₂ /L
Turbidez	Turbidímetro (método nefelométrico)	NTU
Nitrogênio total	Método Hach com digestão com Perssulfato (TNT <i>Persulfate Digestion Method</i> - HACH)	mg N/L
Fósforo total	Espectrofotométrico (Cloreto estanhoso) com pré-digestão sem filtração	mg P/L

MEDIÇÕES FÍSICAS DA ÁREA DAS SEÇÕES E CÁLCULO DAS VAZÕES

Foram medidas as profundidades e velocidades das verticais e largura da seção transversal, uma vez que a medição de descarga líquida (vazão) dos pontos pesquisados segue as recomendações para possibilitar o cálculo de vazão pelo método da Meia-Seção, descrito em Carvalho (1976).

Para a medição de descarga líquida (vazão), foi utilizado um molinete (fluxômetro *Global Water*), formado por uma haste com uma hélice acoplada à sua extremidade inferior e um pequeno marcador digital anexo à extremidade superior, que calcula a velocidade baseado no número de voltas da hélice por unidade de tempo, apresentando o resultado em pés por segundo ou metros por segundo. A figura 2 mostra os componentes do molinete utilizado no estudo.


Figura 2: (A) Haste e hélice para medição de fluxo de água. (B) Marcador digital

O método da Meia-Seção consiste na divisão da seção de medição em segmentos de área molhada ou seções parciais. As larguras destes segmentos, proporcionais à largura da seção, quando somadas, aproximam-se da largura total da seção de medição e, em cada segmento, é feita a medida de profundidade. A descarga em cada segmento de área é obtida, multiplicando-se o valor da área do segmento (A_i , em m²) pela velocidade média na vertical (v_i , em m/s), e a soma das descargas (Q , em m³) caracteriza a descarga total do córrego (equação 1).

$$Q = \sum_{i=1}^N v_i \cdot A_i \quad (\text{equação 1})$$

CÁLCULO DA CARGA DE NUTRIENTES

A carga é expressa em termos de massa por unidade de tempo, podendo ser calculada pelo seguinte método (equação 2), de modo que se trabalhe em unidades consistentes, como por exemplo kg/dia ou g/s (SPERLING, 1995):

$$\text{Carga} \left(\frac{g}{s} \right) = \text{concentração} \times \text{vazão} = \frac{g}{m^3} \times \frac{m^3}{s} \quad (\text{equação 2})$$



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos parâmetros medidos e analisados apresentaram variações ao longo do estudo, podendo ser relacionados entre si. As figuras 3, 4, 5 e 6 demonstram os registros dos valores de pH, oxigênio dissolvido (OD), condutividade, e temperatura da água respectivamente. Os valores ausentes são decorrentes de falhas técnicas.

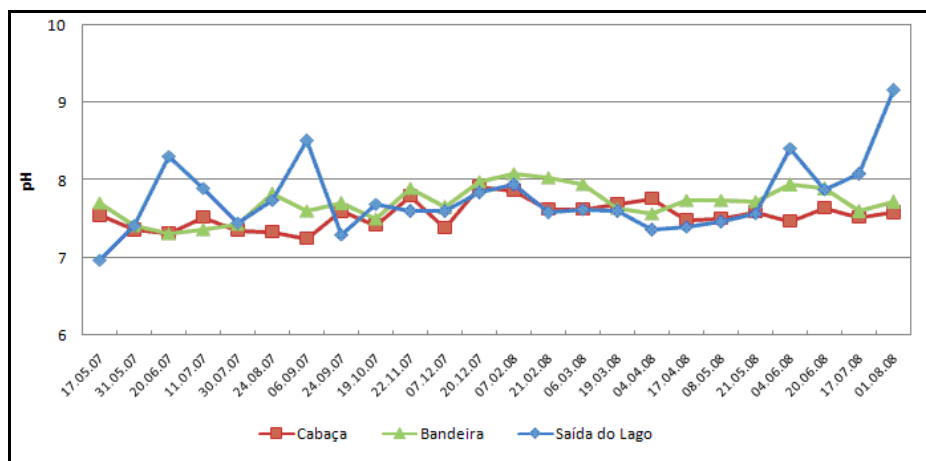


Figura 3: Variação do pH nos três pontos de amostragem

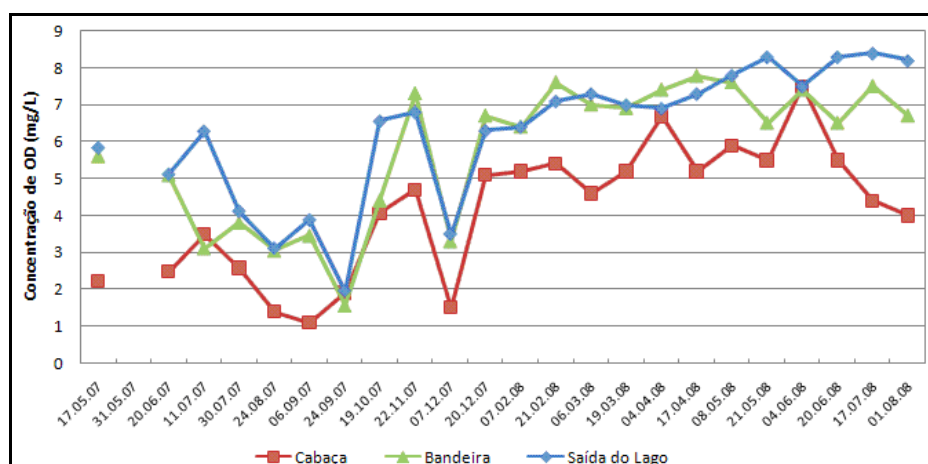


Figura 4: Variação do Oxigênio dissolvido nos três pontos de amostragem

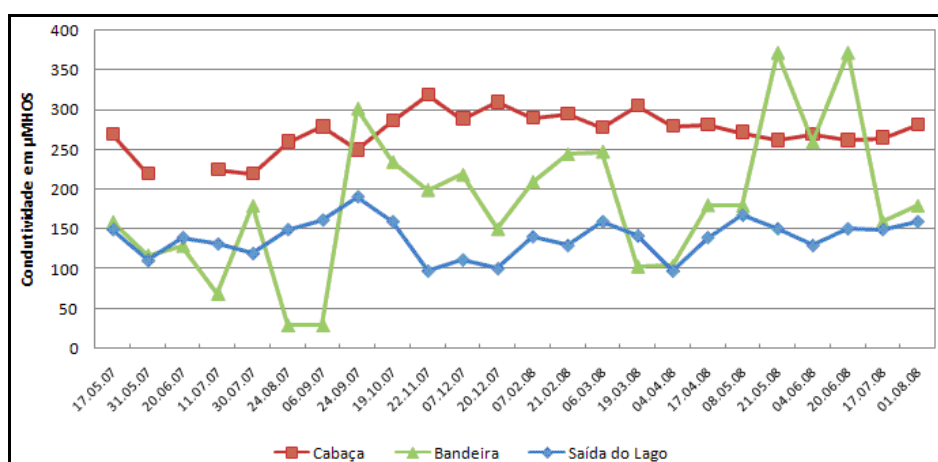


Figura 5: Variação da Condutividade nos três pontos de amostragem.

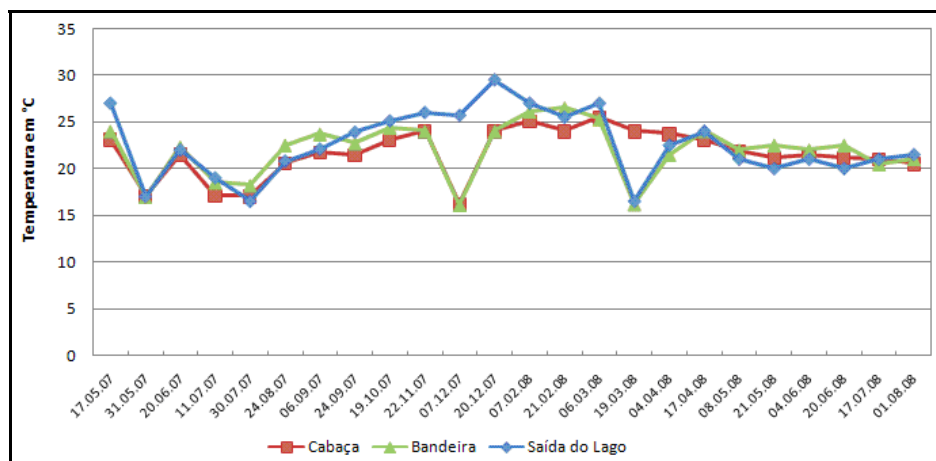


Figura 6: Variação da Temperatura da água nos três pontos de amostragem.

Nos quatro parâmetros apresentados, os três corpos d'água apresentam uma variação semelhante entre si, ou seja, quando é observada uma ascensão no valor de determinado parâmetro em um canal, na maioria dos casos, os outros dois apresentam o mesmo comportamento, o que indica que a variação de qualidade da água é influenciada, em grande parte, pelas condições climáticas, como por exemplo: temperatura ambiente e ocorrência de chuva antes ou durante as coletas.

O pH nos dois córregos afluentes (Cabaça e Bandeira) do "Lago do Amor" apresentam variações mais amenas que seu córrego efluente, indicando neste último uma alteração no pH provavelmente oriunda da atividade biológica (fotossíntese) dos organismos que habitam o reservatório, ou ainda pela adição de substâncias carregadas pela drenagem urbana despejada diretamente no lago. Valores elevados de pH podem estar associados a proliferação de algas. Valores de pH acima de 8,2 indicam ausência de CO₂ livre (SPERLING, 1995). Esse fenômeno pode ser observado nos dados das coletas realizadas em: 20.06.07; 06.09.07; 04.06.08 e 01.08.08.

Dentre os quatro parâmetros exibidos, a variação de condutividade é a que se mostra mais independente nos três pontos, não apresentando uma relação clara entre eles, apresentando esporadicamente variações bruscas de valores em datas próximas, principalmente no córrego Bandeira, como pode ser observado no período entre 30.07.07 a 24.09.07. Isto pode estar relacionado a despejos de efluentes industriais ou domésticos na água, o que explica a variação desigual entre os corpos d'água.

Os valores dos parâmetros Nitrogênio e Fósforo também apresentaram variações ao longo do estudo, as quais podem ser relacionadas às condições climáticas e diferenciadas conforme as características individuais de cada corpo d'água. Os gráficos 5 e 6 demonstram os resultados dessas análises, sendo que os valores ausentes são decorrentes de falhas técnicas.

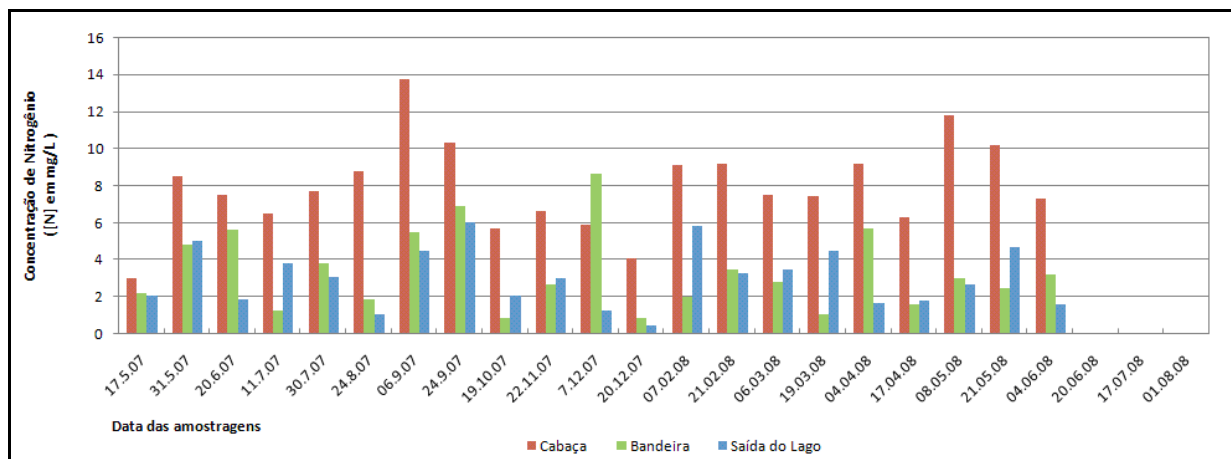


Figura 7: Variação da concentração de nitrogênio (mg/L) no três pontos de amostragem

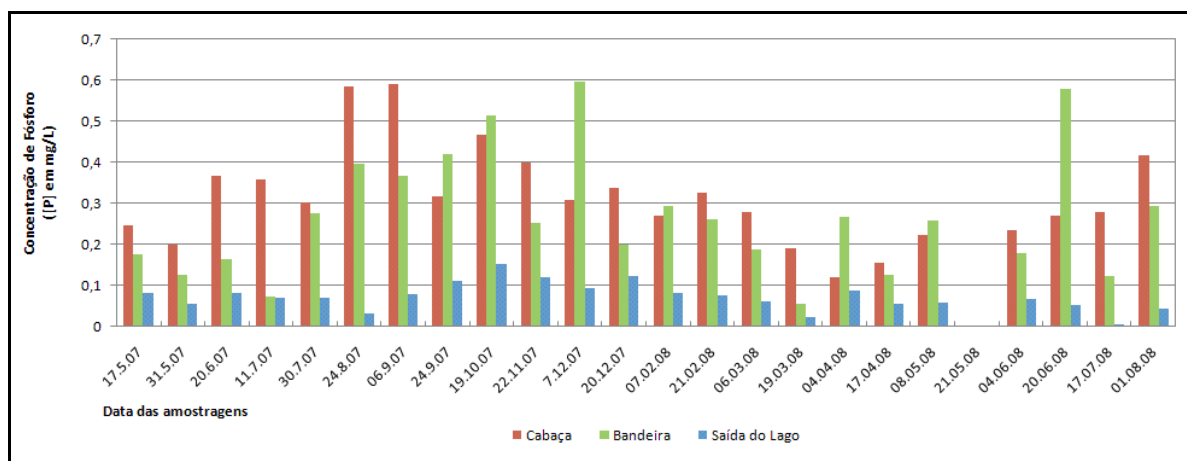


Figura 8: Variação da concentração de fósforo (mg/L) nos três pontos de amostragem

Os valores de concentração de nitrogênio, assim como os de fósforo, são de grande importância, pois ambos são compostos estimuladores de eutrofização. A importância destes elementos como desencadeadores do processo de eutrofização, resulta de sua atuação como fatores limitantes da produção primária dos ecossistemas (ESTEVES, 1998). Sendo assim, a concentração de nitrogênio e fósforo tem influência direta na qualidade da água da sub-bacia do Imbiruçu, tendo também de grande influência no grau de eutrofização do reservatório “Lago do Amor”.

Contudo, a concentração não se mostra representativa no que diz respeito à quantidade real de nutrientes que é despejada na sub-bacia, dependendo então da vazão dos córregos para que se possam obter valores em massa desses nutrientes. Ao se observar a variação das vazões ao longo do estudo (figura 9), pode-se constatar que nem sempre o volume afluente à represa é igual ao volume efluente. Esse balanço tem como variáveis sumidouros não conhecidos, drenagem direta por parte do lago (que não passa pelo leito dos córregos afluentes), taxa de evaporação (elevadas, já que o lago possui um espelho d’água de 11 ha) e tempo de detenção hidráulica.

O tempo de detenção hidráulica merece atenção especial nesse balanço, pois a vazão efluente de uma determinada data não se refere ao somatório das vazões efluentes nessa mesma data, devendo então ser calculada considerando-se o tempo de detenção hidráulica próximo a 20 dias. (PONES, 2007)

Vale lembrar também que as vazões afluentes podem apresentar uma variação temporal bastante dinâmica, por exemplo, numa escala de horas.

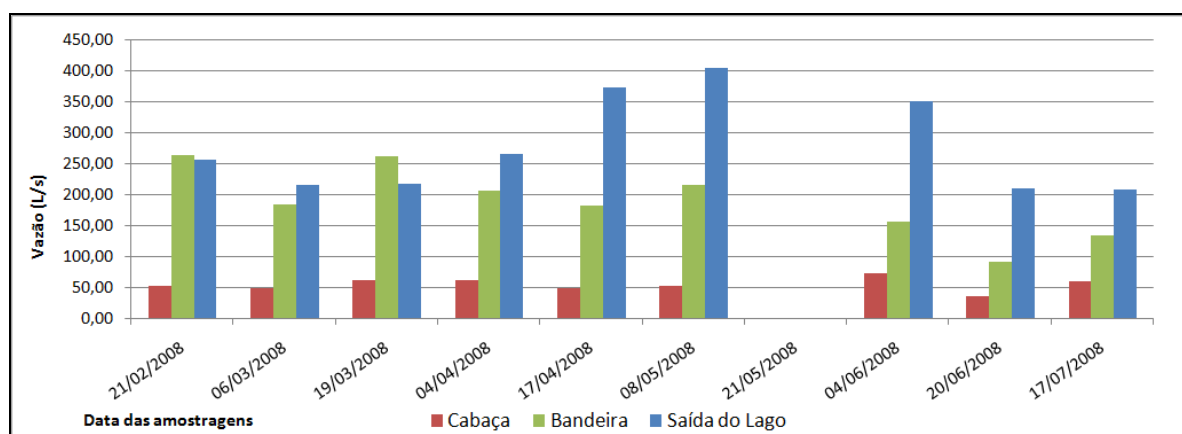


Figura 9: Variação da vazão (L/s) nos três pontos de amostragem

As reais quantidades de nutrientes despejadas na sub-bacia são representadas pelas cargas de nutrientes, apresentadas nas figuras 10 e 11 (carga de nitrogênio e fósforo total, respectivamente).

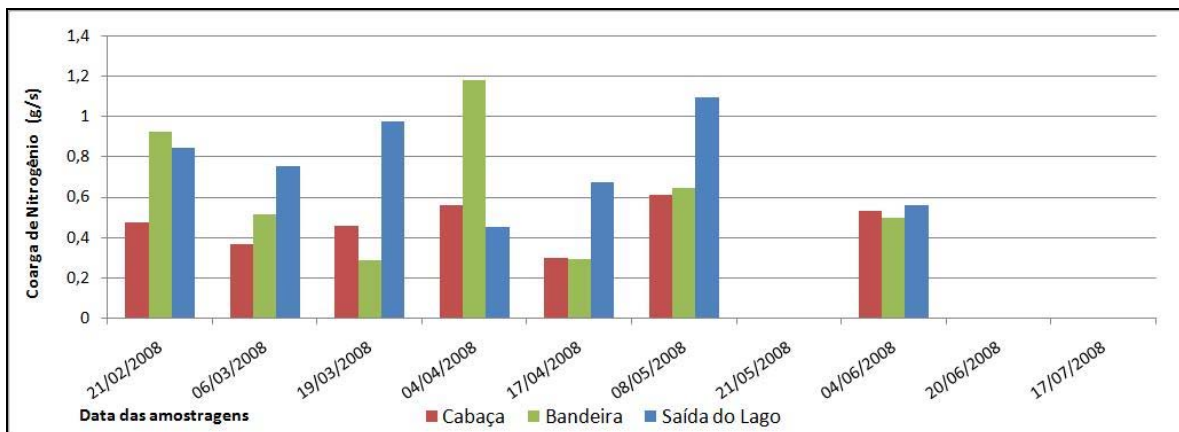


Figura 10: Carga de nitrogênio total nos três pontos de amostragem

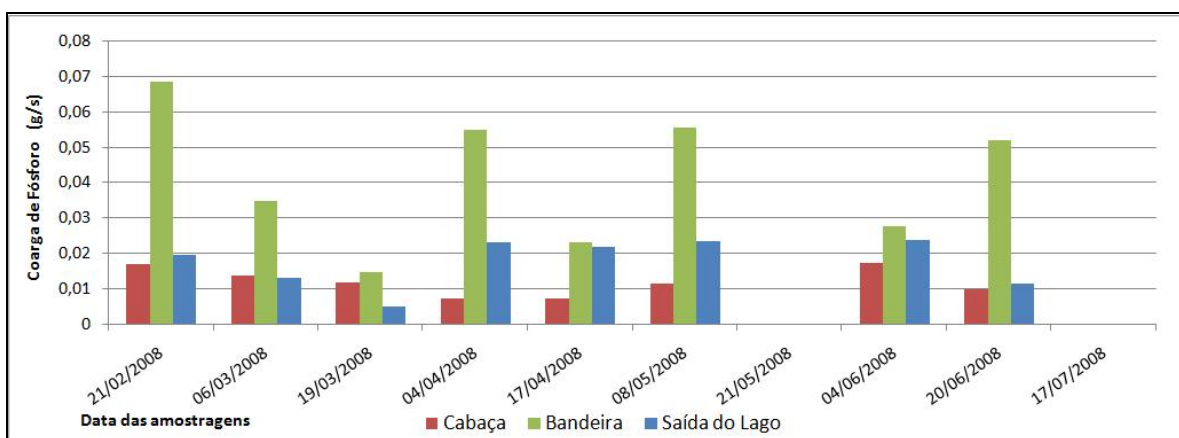


Figura 11: Carga de fósforo total nos três pontos de amostragem

As cargas de nitrogênio e fósforo exprimem a real quantidade de nutrientes, em massa por unidade de tempo, carregada pelos corpos de água, relacionando a vazão dos mesmos com a concentração dos respectivos nutrientes. As cargas de nitrogênio indicam que, apesar de a figura 7 apontar o córrego Cabaça como o de maior concentração de nitrogênio, o maior contribuinte em massa desse nutriente, dentro da sub-bacia do Imbiruçu, é geralmente o córrego Bandeira. Isso pode ser explicado pelo fato do córrego Bandeira apresentar uma vazão superior à apresentada pelo córrego Cabaça, causando uma maior diluição de nitrogênio, o que resulta em valores menores de concentração deste. Por sua vez, o córrego efluente do Lago do Amor apresenta uma concentração de nitrogênio muito variável (figura 7), e na maioria dos casos, inferior aos demais córregos. Porém, em termos de carga de nitrogênio, os valores apresentados à jusante do lago superam os valores encontrados individualmente nos córregos à montante, o que pode ser explicado pelo fato de a vazão freqüente neste córrego ser predominantemente superior aos demais.

Concentrações elevadas de fósforo podem contribuir, da mesma forma que o nitrogênio, para a proliferação de algas, e acelerar, indesejavelmente, em determinadas condições, o processo de eutrofização. Por outro lado, o fósforo é um nutriente fundamental para o crescimento e multiplicação das bactérias responsáveis pelos mecanismos bioquímicos de estabilização da matéria orgânica (CUNHA, 2006). As concentrações de fósforo encontradas ao longo do estudo e apresentadas na figura 8 demonstram que o córrego Cabaça apresentou, na maioria dos casos, uma concentração de fósforo superior aos demais córregos, o que pode ser explicado pela sua baixa vazão, causando menor diluição de fósforo, exatamente como ocorre com o nitrogênio. Em termos de carga de fósforo, o córrego Bandeira apresenta valores superiores aos demais em todos os casos amostrados. Por sua vez, o córrego efluente do reservatório, durante todo o período de estudo, apresentou insistentemente valores de concentração e carga de fósforo menores do que os córregos afluentes, o que indica que a massa afluente é maior que a massa efluente. Para explicar esse fenômeno, pode-se citar principalmente a perda de fósforo por sedimentação (BARBOSA *et al.*, 1998).



CONCLUSÕES

A sub-bacia do Imbiruçu, por ser altamente antropizada, sofre processos constantes de degradação, principalmente devido aos altos valores de nutrientes encontrados ao longo do estudo. A represa “Lago do Amor” além de funcionar como um regularizador da vazão da bacia, tem como característica a remoção de parte da carga de fósforo da bacia por apresentar, na maioria dos dados analisados, uma carga de fósforo afluente maior que a efluente.

A antropização da região onde se encontra a sub-bacia do Imbiruçu contribui para um aumento significativo das cargas de nutrientes acima de níveis naturais em seus córregos, provenientes de poluição difusa (drenagem urbana), e pontual (lançamento de efluentes domésticos e industriais).

Sabe-se que o atual trabalho contribui como parte de um diagnóstico das condições de cargas de nutrientes, podendo ser usado para indicar prováveis focos de poluição dos corpos d’água dessa bacia, além de apresentar importante histórico de dados para a elaboração de um projeto de medidas de controle da sub-bacia, como criar regras de uso e ocupação do solo, ou ainda dimensionar redes de drenagem, entre outros, todos previstos em um plano diretor de bacia.

Estes dados podem subsidiar a construção de modelos matemáticos em relação ao comportamento dos nutrientes e outros parâmetros limnológicos do sistema (SPERLING, 1995; VOLLENWEIDER, 2000; SALAS & MARTINO, 1990).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA; AWWA; WEF.: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21 th ed. Washington American Public Health Association, 2005.
2. BARBOSA, F.; GARCIA, F.C.; MARQUES, M.M.G.S.M.; NASCIMENTO, F.A.: Nitrogen and phosphorus balance in a eutrophic reservoir in Minas Gerais: a first approach. Rev. Brasil. Biol. 58(2): 233-239, 1998.
3. BRAGA, B.; ROCHA, O.; TUNDISI, J.G.: Reservoir management in South America. Water Resources Development 14: 141-155. 1998.
4. BRASIL - Lei Federal nº 9433/97, de 08 de janeiro de 1997: Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, 1997.
5. CARVALHO, N. O.: Medição de descarga líquida com molinete. Em: Saneamento. Rio de Janeiro, out./dez. 1976. p. 260-266.
6. COELHO, L. S.; PONES, O. D. D. M. C.; SHINZATO, M. P.; ROCHE, K. F.; SILVA, W. M.: Estudo da qualidade da água do reservatório Lago do Amor (Campo Grande, MS). 2007. Belo Horizonte, MG; XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Ambiental e Sanitária.
7. CUNHA, H. B.; PACOALOTO, D.: Hidroquímica dos rios da Amazônia. Centro Cultural Povos da Amazônia - CCPA, Manaus, 2006.
8. ESTEVES, F.A.: Fundamentos de limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 1998.
9. PAZ, M. F.; GASTALDINI, M. C. C.; GELLER, R. A.: Comparação da carga difusa em bacia urbana e rural. 2003. Joinville, SC; XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Ambiental e Sanitária.
10. PONES, O. D. D. M. C.: Estudo das cargas de nutrientes no reservatório “Lago do Amor” (Campo Grande- MS). Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2007.
11. PORTO, M. F. A.: Aspectos Qualitativos do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas. In: BRAGA, B.; TUCCI, C. E. M.; TOZZI, M. Drenagem Urbana: gerenciamento, simulação, controle. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1998, p.387-428.
12. SALAS, H. J. & MARTINO, P.: Metodologías simplificadas para la evaluación de eutrofización en lagos calidos tropicales. Programa Regional CEPIS/HPE/OPS, 1990.
13. SPERLING, M. V.: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte, Depto. de Eng. Sanitária e Ambiental, 1995.
14. TUNDISI, J. G.: Água no século XXI: Enfrentando a escassez. Rima, São Carlos, Brasil, 2003.
15. VOLLENWEIDER, R. A.: Avaliação do balanço de massas. Em Diretrizes para o gerenciamento de lagos. Vol. 1 Princípios para o gerenciamento de lagos (eds Jorgensen, S.E. & R.A. Vollenweider, ed. Português J.G. Tundisi), ILEC, UNEP, IIE, 43-57, 2000.