

QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO DOURADOS, MS – PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS

PAULA, Suéllen Machado de^{*}; RAMIRES, Ivan^{**}; DANTAS, Fabiana Gomes da Silva^{***};
TEODÓSIO, Tiara Kesli Conticelli^{****}; CAMPOS, Karine Baldo de Gênova^{*****};
BRABES, Kelly Cristina da Silva^{*****}; NEGRÃO, Fábio Juliano^{*****}

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água do Rio Dourados com a utilização de indicadores físico-químicos e microbiológicos, considerando que esse recurso hídrico é responsável pelo abastecimento de 75% da população da cidade de Dourados, MS, além de ser utilizado para a irrigação, dessedentação de animais e na indústria. A Bacia do Rio Dourados situa-se na porção Sul do Estado de Mato Grosso do Sul, ocupando uma faixa no sentido Oeste-Leste desde as imediações da Serra de Maracaju até a foz do Rio Dourados no Rio Brillhante. Foram utilizados seis parâmetros físico-químicos para monitorar a qualidade da água, além de parâmetros microbiológicos. A amostragem foi constituída de seis coletas de amostras de água, sendo três no período de estiagem e três no período de chuva durante o ano de 2010; compreendendo cinco pontos, desde a nascente até as proximidades da foz do Rio. Como ferramenta estatística foi utilizada a análise multivariada (Análise

^{*} Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal da Grande Dourados; suellepaula@ufgd.edu.br

^{**} Mestre e Doutor em Química pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho; Professor Adjunto III da Universidade Federal da Grande Dourados; ivanramires@ufgd.edu.br

^{***} Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal da Grande Dourados; fabianasilva@ufgd.edu.br

^{****} Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal da Grande Dourados; tiarateodosio@yahoo.com.br

^{*****} Doutoranda em Ciências pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura na Universidade de São Paulo; Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal da Grande Dourados; kadegenova@gmail.com

^{*****} Professora na Universidade Federal da Grande Dourados; kellybrabes@ufgd.edu.br

^{*****} Doutor e Mestre em Ciência Animal pela Universidade Estadual de Londrina; Professor Adjunto I da Universidade Federal da Grande Dourados; fabionegrão@ufgd.edu.br

de Componentes Principais (PCA)). Os resultados microbiológicos evidenciaram a contaminação das águas por bactérias de origem fecal; a presença de coliformes termotolerantes esteve acima do recomendado pela Resolução n. 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) para rios Classe II na maioria dos pontos de coleta. A análise de PCA evidenciou áreas que apresentam elevada concentração de sólidos totais e turbidez, principalmente no período de chuva e em locais com mata ciliar reduzida. O escoamento superficial agrícola e a poluição urbana foram fatores determinantes para esta condição.

Palavras-chave: Recursos hídricos. PCA. Contaminação. Micro-organismos patogênicos.

Water quality of Rio Dourados, MS – parameters physico-chemical and microbiological

Abstract

This study has had by main purpose to evaluate water quality from Rio Dourados, using physical-chemical and microbiologic indicators, considering that this warer resource is responsible for 75% of Dourados, MS population supply, besides being used for irrigation, animals watering and industries. Rio Dourados watershed is situated at south portion of Estado de Mato Grosso do Sul, occupying a strip from west to east that begins in Serra de Maracaju and goes to Rio Dourados mouth in Rio Brillhante. Six physical-chemical parameters have been used to monitor water quality, besides parameters microbiologics. The study has been made through six collects of water samples, of which three were collected on drought period and three on rain period, during the year 2010, involving five points, since the source until close to the River mouth. The statistical tool used to evaluate the data was the multivariate analysis (Principal Component Analysis (PCA)). The results evidence water contamination by faeces bacteria, while the presence of thermal tolerant coliforms is above recommendation defined by 357/05 National Enviroment Council (Conama) resolution for Class II rivers in most of the collect points. The PCA analysis has shown areas with high concentration of total solids and turbidity, mainly during the rainy season and in places with reduced riparian vegetation. The agricultural runoff and urban pollution were determining factors for that condition.

Keywords: Water resources. PCA. Contamination. Pathogenic micro-organisms.

1 INTRODUÇÃO

A utilização dos recursos naturais, em especial a água, de forma intensa e muitas vezes irracional, tem gerado uma série de consequências que influenciam diretamente na sua qualidade e disponibilidade.

A literatura atual sobre a poluição ambiental indica que o aumento das atividades humanas nas bacias hidrográficas está afetando negativamente a qualidade das águas superficiais. Por essa razão,

trabalhos relacionados ao monitoramento de ambientes aquáticos têm adquirido extrema importância (TELICI et al., 2009; STRIEDER et al., 2006).

Vários são os fatores que contribuem para a degradação dos recursos hídricos, entre os quais se destacam a contaminação por lixiviação de solos contendo implementos agrícolas (MERTEN; MINELLA, 2002) e o descarte de efluentes industriais, urbanos e domésticos, ocasionando uma extensa lista de efeitos para a saúde (MORAES; JORDÃO, 2002).

Os impactos nos ambientes aquáticos são múltiplos em termos de fonte de poluição e dinâmica no tempo e no espaço, compreendendo uma série de consequências, entre elas a depleção de oxigênio em virtude da degradação da alta carga de matéria orgânica trazida pelo esgoto e lixiviação de solos, do aumento da turbidez levando à redução da fotossíntese e produção primária, do aumento da concentração de alguns micropoluentes e da concentração de metais e microrganismos patogênicos (PASSERAT, et al. 2011; HAMZA et al., 2011); fatores ambientais podem influenciar na presença e na distribuição destes microrganismos (HONG; QIU; LIANG, 2009; GEORGE; ANZIL; SERVAIS, 2004).

Cada um dos usos que se destinam aos ambientes aquáticos requerem características qualitativas diferentes; as exigências quanto ao grau de pureza variam com o emprego que será feito da água. Os padrões bacteriológicos de qualidade da água são baseados especificamente na proteção do consumidor, evitando as doenças de veiculação hídrica, as quais são causadas, em sua maioria, por microrganismos patogênicos de origem entérica pela rota fecal-oral (NOGUEIRA et al., 2003; CASTANIA, 2009); eles são responsáveis por altos índices de mortalidade, principalmente em crianças (HALVORSON et al., 2011).

A avaliação da qualidade das águas em uma bacia hidrográfica é de fundamental importância para assegurar o gerenciamento sustentado dos recursos hídricos e seus múltiplos usos (STRIEDER et al., 2006); o monitoramento pode ser realizado com a utilização de parâmetros químicos, físicos e microbiológicos, considerando a possibilidade de identificação de fontes poluidoras, bem como seu potencial poluidor e concentrações alteradas, sendo uma importante ferramenta à gestão ambiental.

O Estado de Mato Grosso do Sul cobre uma parte do Planalto Central brasileiro e é formado por condições edafoclimáticas adequadas ao desenvolvimento da agricultura e pecuária. Esse contexto trouxe um forte impulso de desenvolvimento à região, que não foi acompanhado de um apropriado planejamento de uso da terra (GONÇALVES et al., 2010). O uso intensivo do solo pode acarretar, em alguns casos, a destruição das matas ciliares, e, conseqüentemente, a perda da qualidade dos recursos hídricos.

Entre as bacias hidrográficas do MS, a Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (BHRD) possui grande importância no Estado. De acordo com Gonçalves et al. (2010), a agricultura e a pecuária abrangem a maior proporção de atividades na BHRD. Observando também que houve um crescimento nas áreas destinadas à agricultura, com decréscimo nas áreas de pastagem, o que possivelmente ocorreu em decorrência da expansão da cultura de cana-de-açúcar, visto que é crescente o arrendamento das áreas destinadas à pecuária para as usinas de álcool e açúcar, fato que levou a BHRD a apresentar uma matriz predominantemente agrícola, ocasionando, conseqüentemente, a diminuição da área ocupada por florestas nativas.

O principal constituinte da BHRD é o próprio Rio Dourados, o qual é responsável pelo abastecimento de vários municípios, entre eles, a cidade de Dourados, com mais de 180 mil habitantes, cujas residências, em sua maioria, recebem água tratada deste Rio, destacando-se a necessidade de pesquisas que visem à conservação dos recursos ambientais a fim de se manter a qualidade da água na referida Bacia (GONÇALVES et al., 2010; DANIEL et al., 2004).

Além de utilização para o consumo humano, as águas do Rio Dourados servem como fonte de dessedentação de animais, bem como para a irrigação e a área de pesca (MATO GROSSO DO SUL, 2000).

Diante desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água do Rio Dourados a partir da análise multivariada de dados físico-químicos e microbiológicos; a Análise de Componentes Principais (PCA) foi utilizada com a finalidade de identificar possíveis relações entre os pontos de amostragem, em razão da similaridade dos resultados das variáveis analisadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

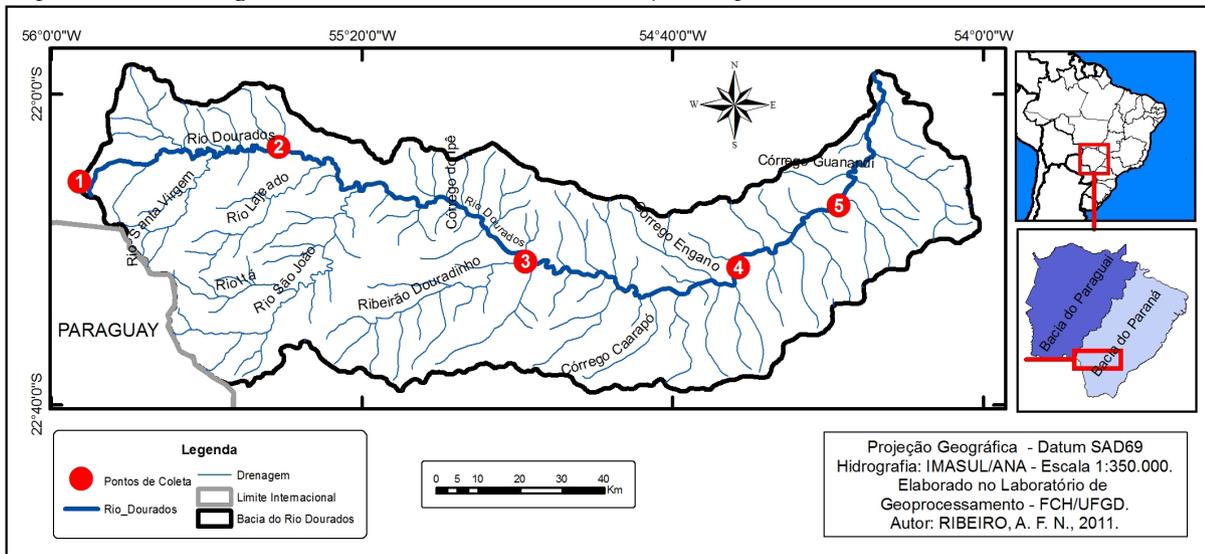
2.1 ÁREA DE ESTUDO E PONTOS DE COLETA

A BHRD se localiza na porção Sul do Estado de Mato Grosso do Sul, ocupando uma faixa no sentido Oeste-Leste desde as imediações da Serra de Maracaju até a foz do Rio Dourados no Rio Brillhante. Situa-se na Sub-bacia do Rio Ivinhema, que, por sua vez, insere-se na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná. A área da Bacia é de 9.205,41 quilômetros quadrados, o que perfaz cerca de 20,47% da área da Sub-bacia do Rio Ivinhema e aproximadamente 5,41% da área da Bacia do Rio Paraná (MATO GROSSO DO SUL, 2000).

O Rio Dourados nasce nas imediações da Serra de Maracaju, na cidade de Antônio João, a uma altitude de aproximadamente 700 metros; percorre todo o Planalto até a cidade de Fátima do Sul, onde então toma a direção Norte até a sua foz, percorrendo uma extensão de 374 quilômetros, desembocando no Rio Brillhante (MATO GROSSO DO SUL, 2000).

Ao longo do curso do Rio Dourados foram escolhidos cinco pontos de coleta (Mapa 1), de forma a compreender desde a nascente até a sua foz. As coordenadas geográficas de acordo com cada ponto são: Ponto 1 (P1) – 22°11'13"S e 55°56'16"W; Ponto 2 (P2) – 22°06'45"S e 55°30'38"W; Ponto 3 (P3) – 22°21'31"S e 54°58'51"W; Ponto 4 (P4) – 22°22'18"S e 54°31'25"W e Ponto 5 (P5) – 22°14'21"S e 55°18'32"W.

Mapa 1 – Bacia Hidrográfica do Rio Dourados com demarcação dos pontos de coleta



Fonte: Ribeiro (2011).

As coletas foram realizadas em duas etapas, compreendendo os dois períodos do ciclo sazonal: estiagem, com coletas nos meses de maio, junho e julho (1ª etapa) e chuvoso, nos meses de outubro, novembro e dezembro (2ª etapa), do ano de 2010.

Os pontos de amostragem apresentavam as seguintes características:

- a) P1: representa a nascente do Rio Dourados, localizada no município de Antonio João. O local é notoriamente impactado, com apenas alguns metros de mata ciliar, ou até mesmo ausência; o terreno no entorno da nascente é caracterizado por processos de erosão;
- b) P2: localizado na divisa dos municípios de Dourados e Ponta Porã, no perímetro rural, nas proximidades de um assentamento com mais de 1.000 famílias. O entorno do Rio é utilizado para o cultivo de milho e soja;
- c) P3: situado na divisa de Dourados e Laguna Caarapã, no perímetro rural, nas proximidades de uma usina de açúcar e álcool, com plantações de cana-de-açúcar nos arredores;
- d) P4: localizado na cidade de Fátima do Sul no perímetro urbano; esse trecho do Rio é utilizado como balneário pela população, além de área de pesca. Há alguns metros do Rio se encontram alguns estabelecimentos comerciais e residências;
- e) P5: localizado entre os municípios de Dourados e Deodápolis. Situa-se no perímetro rural com predominância das culturas de soja e milho nos arredores.

2.2 METODOLOGIA ANALÍTICA PARA A AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Foram utilizados seis parâmetros físico-químicos para analisar a qualidade da água do Rio Dourados, MS, sendo eles: pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, temperatura da água, sólidos totais e turbidez.

Em relação à qualidade microbiológica, foram avaliados os Mesófilos Aeróbios e isolados indicativos de *Escherichia coli*, *Salmonella* sp. e *Enterococcus* sp., com a utilização de técnicas e meios de cultura específicos. As amostras de água foram coletadas a uma distância mínima de cinco metros da margem do Rio.

2.2.1 Análises físico-químicas

Foram realizadas medições *in loco* de OD (metodologia adaptada de Winkler), pH (aparelho portátil) e temperatura da água (termômetro convencional).

Os sólidos totais foram determinados por meio do método gravimétrico. Já o parâmetro turbidez foi obtido por meio do aparelho turbidímetro (Instrutherm®) e as medidas de condutividade foram determinadas por um condutivímetro (Metrohn®).

2.2.2 Análises microbiológicas

O método *Pour Plate* foi utilizado para a enumeração das unidades formadoras de colônias (UFCs) de Mesófilos Aeróbios em placas de Petri contendo Ágar Padrão para Contagem (PCA) (Himedia®).

A análise de coliformes termotolerantes foi realizada se utilizando a técnica de tubos múltiplos com determinação do número mais provável (NMP). A confirmação das colônias de *Escherichia coli* foi realizada em meio Eosina Azul de Metileno (EMB) (Himedia®), sendo consideradas como positivas aquelas com coloração rósea com ou sem halo de precipitação e verde-metálicas.

Para a análise de *Salmonella* sp., alíquotas de 25 mL de cada amostra foram adicionadas a 225 mL de Água Peptonada Tamponada (Himedia®), e, posteriormente, foram incubadas por 24h em estufa a 35-37 °C.

Após o período de 24h de incubação das amostras em Água Peptonada Tamponada, foram retiradas alíquotas de 1 mL e inoculadas em 9 mL de caldo Selenito Cistina (SC) (Himedia®) e em 9 mL de caldo Rappaport-Vassiliadis (RV) (Himedia®), respectivamente. Os tubos foram incubados por 24h, à temperatura de 35-37 °C.

A partir do crescimento microbiano em ambos os tubos SC e RV, foram retiradas alíquotas de cada meio com o auxílio de uma alça de platina e estriadas em placas de Petri contendo os meios seletivos Agar Hektoen (Himedia®), Agar *Salmonella Shigella* (SS) (Himedia®) e Agar Bismuto Sulfito

(Himedia®). Estas foram incubadas por 24h a 35-37 °C. Com testes bioquímicos para a identificação de cepas indicativas de *Salmonella* sp. foram utilizados o Ágar Lisina Ferro (LIA) (Himedia®) e Ágar Ferro Açúcar Triplo (TSI) (Himedia®).

A identificação presuntiva de *Enterococcus* sp. nas amostras de água foi realizada empregando-se a técnica da membrana filtrante. Aliquotas de 100 mL das amostras foram filtradas utilizando-se filtros com poro de 0,45 µm. Logo após, as membranas foram transferidas para placas de Petri contendo Ágar m-*Enterococcus* (Himedia®) e incubadas a 37 °C por 24-48h. A presença de colônias com coloração de rosa a vermelho, em virtude da redução do indicador trifetil tetrazólio (TTC) foi considerada indicativa de *Enterococcus* sp. A partir das colônias isoladas no Ágar m-*Enterococcus*, procedeu-se a confirmação delas com a utilização do Ágar Bile Esculina (Himedia®).

2.3 FERRAMENTA ESTATÍSTICA

Os métodos de estatística multivariada são utilizados com o propósito de simplificar ou facilitar a interpretação do fenômeno em estudo mediante a construção de índices ou variáveis alternativas que sintetizem a informação original dos dados, além de construir grupos de elementos amostrais que apresentem similaridade entre si, possibilitando a segmentação do conjunto de dados original (MINGOTI, 2005).

A análise de componentes principais tem por objetivo reduzir o número de variáveis, melhorar a interpretação e analisar quais variáveis ou conjuntos destas explicam a maior parte da variabilidade total, revelando que tipo de relacionamento existe entre elas (FRANÇA, 2009).

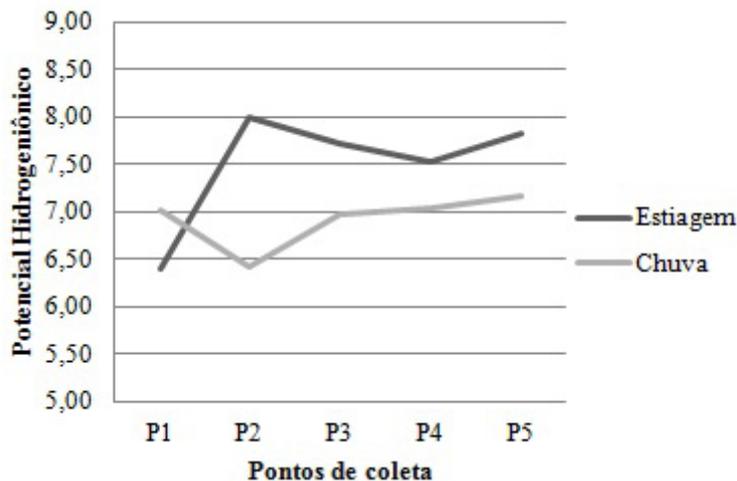
Os resultados utilizados na análise estatística se referem aos parâmetros físico-químicos, quantificação de mesófilos aeróbios e de coliformes termotolerantes; as bactérias analisadas por técnicas presuntivas não foram incluídas na análise, considerando que o teste estatístico utilizado requer dados quantitativos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS

Os resultados referentes ao pH das amostras de água demonstram variações em relação aos períodos de estiagem e chuva, como pode ser observado no Gráfico 1. Foi evidenciada uma tendência de as águas apresentarem condições mais neutras a levemente ácidas durante as chuvas, em contrapartida de uma tendência ao aumento do pH nos períodos de estiagem. Berrêdo, Costa e Progene (2008), em um estudo para identificar o efeito das variações sazonais em área de manguezal, encontraram resultados semelhantes, nos quais os valores de pH indicaram condição alcalina na época de estiagem e sensível decréscimo no período de chuva.

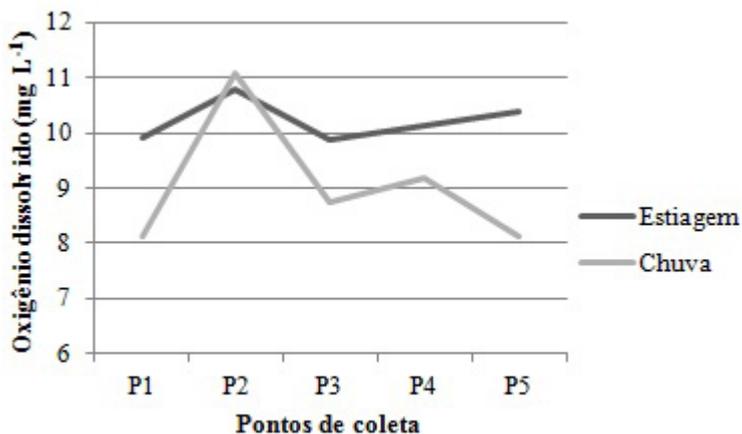
Gráfico 1 – Variação média do potencial hidrogeniônico da água durante o período de estiagem e chuva



Fonte: os autores.

Quando se analisou a variação na concentração de oxigênio durante os dois períodos do ciclo sazonal, observou-se que no geral os maiores valores foram registrados na época de estiagem e os menores durante as chuvas (Gráfico 2). Esses resultados podem ser explicados em razão da maior dissolução de OD em temperaturas mais baixas, sendo uma característica dos meses amostrados durante o período de estiagem. No entanto, todos os resultados estão dentro dos limites estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), o qual preconiza valor não inferior a 5 mgL¹ para rios Classe II (BRASIL, 2005).

Gráfico 2 – Variação da concentração média de oxigênio dissolvido (mg L⁻¹) na água durante o período de estiagem e chuva

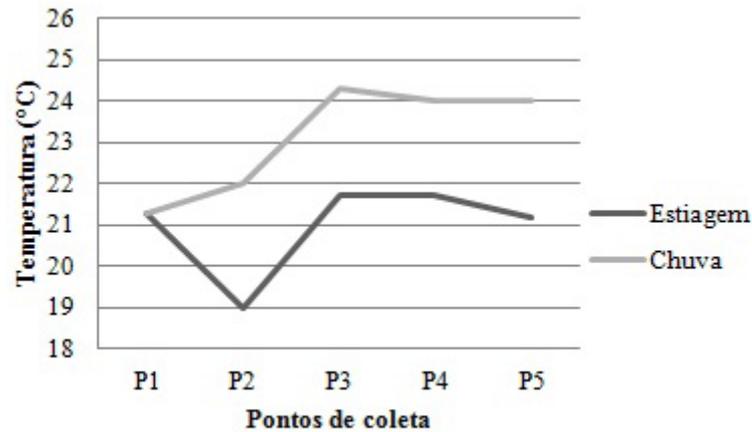


Fonte: os autores.

Os valores médios para a temperatura da água no período de estiagem variaram de 19 °C a 21,7 °C, enquanto que no período chuvoso de 21,3 °C a 24,3 °C (Gráfico 3), sendo um resultado esperado,

considerando que as temperaturas do ar durante a época de estiagem (maio, junho e julho) eram mais amenas em relação ao período de chuvas (outubro, novembro e dezembro).

Gráfico 3 – Variação da temperatura (°C) média da água durante o período de estiagem e chuva

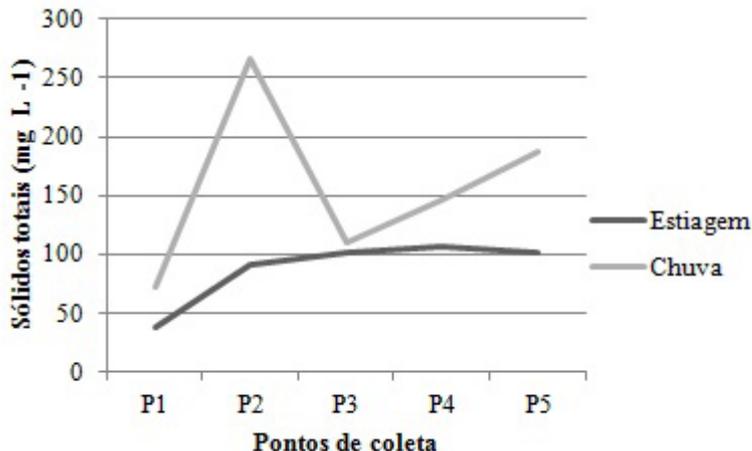


Fonte: os autores.

Observou-se, também, uma tendência a temperaturas mais baixas no início da coleta (Pontos 1 e 2), seguida de um aumento e posterior redução no fim da etapa de amostragem (Gráfico 3). Essas variações se devem, principalmente, aos horários da coleta, diferenciados em razão da distância de uma localização para outra. Os primeiros pontos foram amostrados entre 8 e 9h e os últimos pontos entre 16 e 17h; as coletas no ponto 3 foram realizadas por volta das 12 às 13h, momento de elevada incidência de radiação solar. No entanto, a temperatura da água não sofreu grandes alterações, em razão, principalmente, da capacidade da água de reter calor, não variando muito em decorrência da temperatura do ar.

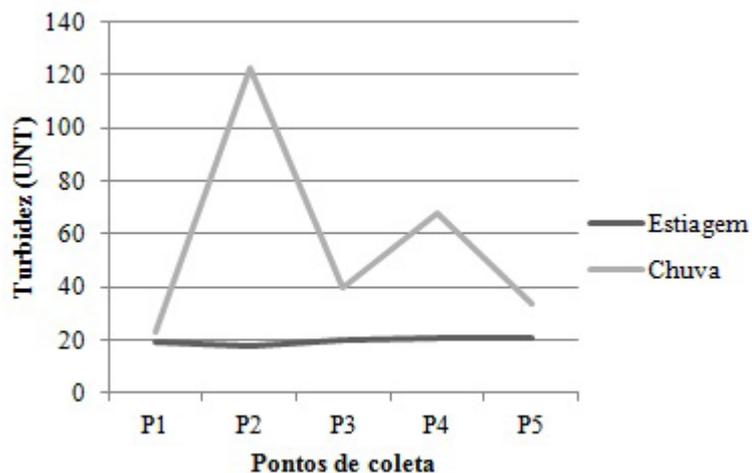
Os menores valores para a concentração de sólidos totais na água foram registrados na nascente do Rio (P1), aumentando gradativamente ao longo do curso do Rio; as médias mais elevadas corresponderam ao período de chuvas (Gráfico 4), condição determinante para o aumento do aporte de material alóctone aos recursos hídricos, contribuindo também para o aumento da turbidez (Gráfico 5).

Gráfico 4 – Variação da concentração média de sólidos totais (mg L⁻¹) durante o período de estiagem e chuva



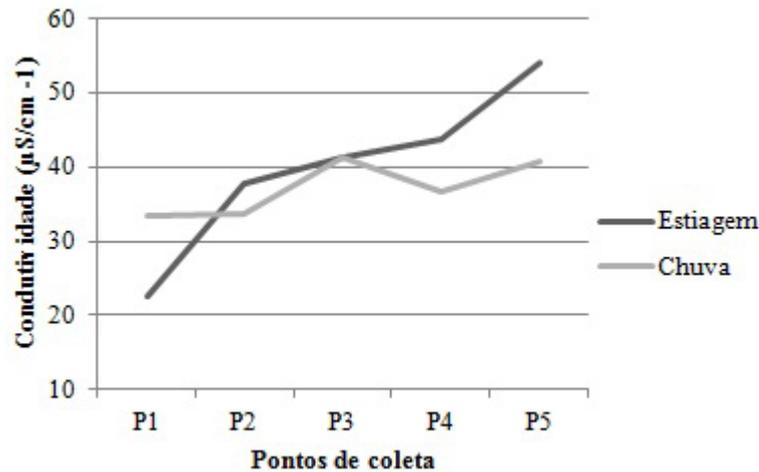
Fonte: os autores.

Gráfico 5 – Variação média da turbidez (UNT) durante o período de estiagem e chuva



Fonte: os autores.

A condutividade elétrica variou de 22,6 a 54,01 $\mu\text{S cm}^{-1}$ durante todo o estudo (Gráfico 6). Coelho (2008) afirma que os maiores valores de condutividade estão relacionados aos ambientes aquáticos mais impactados, enquanto os menores estão associados aos cursos de água que drenam áreas em melhor estado de conservação. No entanto, a presença de chuva pode carrear poluentes para os recursos hídricos, e, ao mesmo tempo, contribuir para a dissolução da carga poluidora. Em virtude disso, as informações de condutividade não se correlacionam exatamente com os resultados de sólidos e turbidez. Os resultados de condutividade servem para complementar outros parâmetros, a fim de se obterem maiores informações a respeito da carga poluidora nas águas.

Gráfico 6 – Variação média da condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$) durante o período de estiagem e chuva

Fonte: os autores.

3.2 VARIÁVEIS MICROBIOLÓGICAS

O número de unidades formadoras de colônia (UFC) e número mais provável (NMP) para quantificação de mesófilos aeróbios e coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*), respectivamente, são apresentados em escala logarítma, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Média das unidades formadoras de colônia de mesófilos aeróbios e número mais provável de coliformes termotolerantes isolados de amostras de água coletadas em cinco pontos ao longo do Rio Dourados

Bactéria indicadora	Pontos de coleta	Período de estiagem		Período de chuva	
		Log UFC/mL		Log UFC/mL	
Mesófilos aeróbios	P1	5,49		4,09	
	P2	3,79		3,89	
	P3	5,50		3,21	
	P4	4,68		4,00	
	P5	4,82		2,93	
Coliformes termotolerantes		Log NMP/100 mL		Log NMP/100 mL	
	P1	3,29		1,59	
	P2	3,79		2,26	
	P3	3,59		3,58	
	P4	3,95		3,30	
P5	3,34		3,56		

Fonte: os autores.

Os resultados demonstraram uma variação de 2,93 a 5,50 log UFC/100 mL para mesófilos aeróbios, apresentando elevadas concentrações, inclusive na nascente do Rio. O alto índice de microrganismos nessa localização pode ser explicado em decorrência das condições do local amostrado, estando este nas proximidades de um campo com criação animal e apresentando pequeno fluxo de água.

De acordo com a Resolução do Conama n. 357/2005 para rios Classe II, os coliformes termotolerantes não deverão exceder um limite de 1.000, número mais provável (NMP) por 100 mL em 80% ou mais das amostras analisadas durante o período de um ano com coletas bimestrais. Este trabalho não seguiu exatamente o período de amostragem indicado pelo órgão ambiental, no entanto, com exceção do valor médio registrado na nascente e no ponto 2 durante o período de chuva, nas demais localidades se observou a presença de cepas indicativas de *Escherichia coli* em elevadas concentrações, atingindo um limite de 3,95 log NMP/100 mL, valor correspondente a aproximadamente 8913 NMP/100 mL.

Ribeiro (2006) cita que para o início de infecções bacterianas são necessárias cerca de 1000 NMP/mL células e para infecções causadas por vírus entéricos ou *E. coli* O157:H7 apenas 10 partículas infecciosas são suficientes.

A presença de *E. coli* patogênica em nascentes é sempre uma questão de saúde pública, considerando que na ausência de água potável tratada muitas comunidades rurais utilizam desta água para o consumo direto (OBI et al., 2004).

Em relação aos períodos em estudo, observou-se uma tendência a maior concentração de microrganismos em época de estiagem, provavelmente em razão de fontes pontuais de contaminação e menor dissolução da carga poluidora.

Salmonelas patogênicas são frequentemente detectadas em esgoto, água doce, subterrâneas e em ambientes marinhos. Essas bactérias podem sobreviver por longos períodos em águas naturais, e a persistência dessas cepas ocasiona grande preocupação no que diz respeito a condições higiênico-sanitárias e à saúde pública. No entanto, a diversidade de espécies encontradas no ambiente natural ainda permanece desconhecida (BAUDART et al., 2000).

Esses patógenos são comuns em águas residuais e podem chegar aos rios em decorrência do descarte de água não tratada. Uma segunda via de contaminação provém de áreas de pastagens, consideradas fontes difusas de contaminação, as quais se intensificam principalmente em razão de eventos de precipitação (LEMARCHAND; LEBARON, 2002).

No presente estudo, foram identificadas cepas indicativas de *Salmonella* sp. em todos os pontos durante o mês de maio. Nos meses de junho, julho e outubro, com exceção das nascentes, em todas as outras localidades foi observada a presença de *Salmonella* sp. Já para as duas últimas coletas houve registro dessa bactéria nas três primeiras localizações e ponto 5 durante a quinta coleta (Tabela 2).

Tabela 2 – Incidência de cepas indicativas de *Salmonella* sp. e *Enterococcus* sp. isoladas de amostras de água do Rio Dourados

Bactéria indicadora	Ponto de coleta	Período de estiagem			Período de chuva		
		maio	junho	julho	outubro	novembro	dezembro
<i>Salmonella</i> sp.	P1	+	-	-	-	+	+
	P2	+	+	+	+	+	+
	P3	+	+	+	+	+	+
	P4	+	+	+	+	-	-
	P5	+	+	+	+	+	-
<i>Enterococcus</i> sp.		maio	junho	julho	outubro	novembro	dezembro
	P1	-	-	+	+	-	+
	P2	+	+	+	-	-	+
	P3	+	+	+	+	+	+
	P4	+	+	+	+	+	+
	P5	-	-	+	+	+	+

Fonte: os autores.

Em relação à incidência de *Enterococcus* sp. nas amostras de água, observou-se a presença dessa bactéria em todas as amostras coletadas nos pontos 3 e 4. Na sequência, os pontos que apresentaram maior número de registros foram P2, P5 e P1 (Tabela 2). Enterococos geralmente não ocorrem em águas e solos virgens ou não poluídos, por isso, sua identificação pode ser considerada indício de contaminação fecal (humana ou animal).

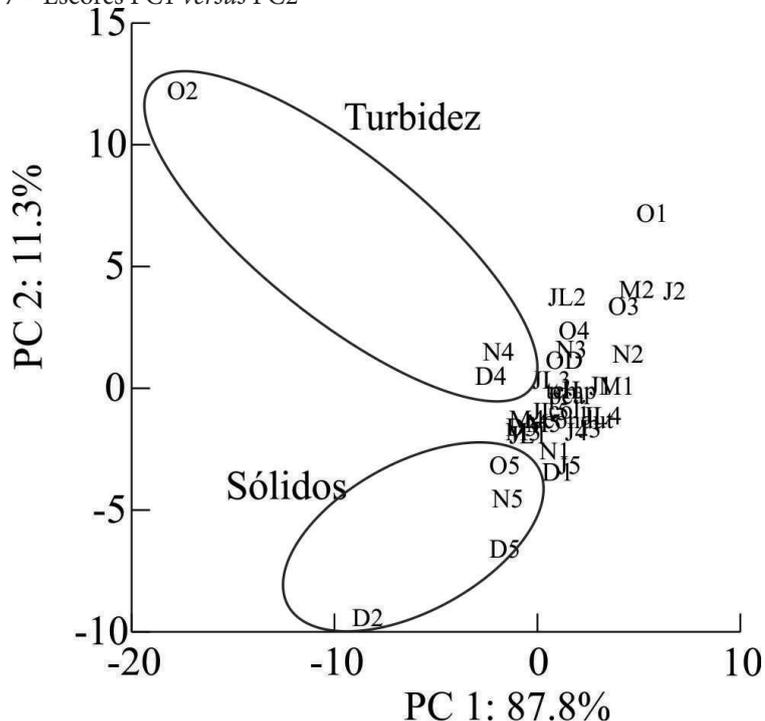
O alto índice de microrganismos indicadores de condições higiênico-sanitárias registrado nas águas do Rio Dourados sugere alterações antrópicas, ocasionadas por descarte de esgoto não tratado ao longo de seu trajeto.

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise estatística os pontos de amostragem foram identificados com a letra inicial do mês de coleta e de acordo com sua localização; os meses maio, junho e julho representam a época de estiagem, e outubro, novembro e dezembro o período de chuva. Exemplo: O1 – Mês de outubro (primeira coleta durante o período de chuva) ponto 1.

O Gráfico 7 mostra os escores da PC1 versus PC2, explicando 99,1% da variância total dos dados. Observou-se a formação de dois grupos, em que o grupo 1 se refere ao parâmetro Turbidez e o grupo 2 ao parâmetro Sólidos Totais.

Gráfico 7 – Escores PC1 versus PC2



Fonte: os autores.

O significado de se terem amostras próximas entre si, indicando agrupamentos, é que estas são semelhantes, podendo sugerir uma mesma característica de parâmetros de qualidade de água para as respectivas condições de amostragem, implicando do ponto de vista estatístico um mesmo “retrato” da condição de poluição (FRANÇA, 2009).

Fazem parte do grupo 1 os pontos O2, N4 e D4, os quais apresentaram maiores valores para o parâmetro turbidez. Já o grupo 2 foi formado pelos pontos O5, N5, D5 e D2 em razão da elevada concentração de sólidos totais em sua amostra de água. Os resultados demonstraram que todos os pontos de monitoramento inseridos nos dois agrupamentos foram amostrados durante o período de chuvas, fato que favorece o arraste de material para o Rio, elevando sua concentração de sólidos totais e conseqüente turbidez da água.

Os pontos 1 e 5 correspondem a áreas agricultáveis com produção de soja e milho durante o período amostrado. De acordo com o Zoneamento Agrícola de Risco Climático para as Culturas de Soja no Estado de Mato Grosso do Sul, safra 2009/2010 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a época de semeadura no município de Dourados ocorre em média de outubro a dezembro. Fietz e Rangel (2008) apontam que várias dessas lavouras de soja são semeadas em outubro, visando possibilitar a semeadura do milho de segunda safra, cujo limite é a primeira quinzena de março, caracterizando-as como culturas anuais. Durante esse período, o solo encontra-se mais exposto, em decorrência da fase inicial do desenvolvimento vegetativo, fato este que associado ao volume de chuvas da época contribui para o aumento da lixiviação aos recursos hídricos.

Já o ponto 4 corresponde a uma região urbana, com grande fluxo de veículos e pessoas nos entornos do Rio. O provável descarte de resíduos domésticos e o constante revolvimento dos sedimentos, em razão de a área ser utilizada pela população como balneário, promovem o aumento do material particulado, influenciando diretamente nos níveis de turbidez e sólidos totais.

A nascente do Rio (P2), mesmo localizada em uma região notoriamente impactada, não demonstrou similaridade com os demais pontos quanto à concentração de sólidos e turbidez.

Embora o ponto 3 também se localize em área de atividade agrícola, o plantio realizado nesse local é de cana-de-açúcar. Por se tratar de uma cultura semiperene, a colheita é realizada geralmente a partir do mês de abril até meados de dezembro. Esse tipo de cultura apresenta raízes mais profundas, condição que propicia maior cobertura vegetal do ambiente, facilitando a infiltração no solo.

Vale ressaltar que a redução das matas ciliares contribui para o aumento do escoamento superficial, ocasionando processos erosivos e o carreamento de materiais e substâncias para o leito dos rios, que levam à perda da qualidade da água.

Em relação aos demais parâmetros de qualidade de água não houve variações significativas entre os pontos e os períodos de coleta.

4 CONCLUSÃO

A utilização da análise de agrupamentos (PCA) contribui para a formação de dois grupos: turbidez e sólidos totais. Fazem parte do primeiro grupo os pontos O2, N4 e D4, os quais apresentaram os maiores níveis de turbidez; e o segundo grupo é representado por O5, N5, D5 e D2; estes pontos demonstraram elevada concentração de sólidos totais.

O aumento dessas variáveis ocorreu principalmente durante o período de chuvas e nas localizações que apresentavam culturas anuais nos entornos do Rio, condições estas que favoreceram o arraste de material para os recursos hídricos, em razão também da ausência ou área reduzida de mata ciliar.

Os demais parâmetros físico-químicos demonstraram um perfil linear ao longo do estudo, não variando significativamente entre os pontos de coleta e o período de amostragem. O pH e o oxigênio dissolvido estiveram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução do Conama de 2005 para rios Classe II.

A análise microbiológica revelou elevados índices de contaminação fecal, ocasionados provavelmente pelo descarte de esgoto não tratado no Rio. A presença de *Escherichia coli* esteve acima do recomendado pelo Conama em grande parte dos pontos de amostragem durante todo o período de estudo. Houve registros também de *Salmonella* sp. e *Enterococcus* sp. nas amostras de água coletada no Rio Dourados.

Os resultados evidenciaram alterações na qualidade das águas, principalmente no que diz respeito aos aspectos higiênico-sanitários. A presença de bactérias em águas de rio é um problema de saúde pública, principalmente pela possibilidade de este ambiente abrigar estirpes patogênicas e

muitas vezes resistentes. Considerando que o Rio Dourados é responsável por 75% do abastecimento de água da cidade de Dourados, conclui-se ser de imprescindível importância maiores estudos que visem retratar a qualidade de suas águas, a fim de garantir segurança no consumo, além de preservação do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- BAUDART, J. et al. Diversity of *Salmonella* strains isolated from the aquatic environment as determined by serotyping and amplification of the ribosomal DNA spacer regions. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 66, n. 4, p. 1544-1552, 2000.
- BERRÊDO, J. F.; COSTA, M. L.; PROGNE, M. P. S. Efeitos das variações sazonais do clima tropical úmido sobre as águas e sedimentos de manguezais do estuário do Rio Marapanim, costa nordeste do Estado do Pará. **Acta Amazonica**, v. 38, p. 473-482, 2008.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n. 136, de 22 de julho de 2009. Zoneamento Agrícola de Risco Climático para as Culturas de Soja no Estado de Mato Grosso do Sul na safra 2009/2010. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2009.
- BRASIL. Resolução Conama n. 357, de 17 de março de 2005. Classificação dos corpos-d' água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Ministério do Meio Ambiente. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005.
- CASTANIA, J. **Qualidade da água utilizada para consumo em escolas públicas municipais de ensino infantil de Ribeirão Preto-SP**. 2009. Dissertação (Mestrado em Enfermagem em Saúde Pública)–Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.
- COELHO, R. C. T. P. **Avaliação das bacias hidrográficas dos Arroios Caçador e Tiririca na Floresta Nacional de Canela, com ênfase na qualidade da água e ocupação do solo das áreas de preservação permanente ripárias**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ecologia)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- DANIEL, O. et al. Identificação de pontos de uso indevido das áreas de preservação permanente às margens do Rio Dourados, MS. **Revista de Geografia**, Campo Grande, v. 10, n. 20, p. 11-18, 2004.
- FIETZ, C. R.; RANGEL, M. A. S. Época de semeadura da soja para a região de Dourados-MS, com base na deficiência hídrica e no fotoperíodo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 666-672, 2008.
- FRANÇA, M. S. **Análise estatística multivariada dos dados de monitoramento de qualidade de água da Bacia do Alto Iguaçu: uma ferramenta para a gestão de recursos hídricos**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental)–Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

- GEORGE, I.; ANZIL, A.; SERVAIS, P. Quantification of fecal coliform inputs to aquatic systems through soil leaching. **Water Research**, v. 38, p. 611-618, 2004.
- GONÇALVES, G. G. et al. Evolução do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do Rio Dourados-MS, Brasil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 11, n. 36, p. 366-374, 2010.
- HALVORSON, S. J. et al. Water quality and water borne disease in the Niger River Inland Delta, Mali: A study of local knowledge and response. **Health & Place**, v. 17, p. 449-457, 2011.
- HAMZA, I. A. et al. Evaluation of pepper mild mottle virus, human picobirnavirus and Torque teno virus as indicators of fecal contamination in river water. **Water Research**, v. 45, p. 1358-1368, 2011.
- HONG, H.; QIU, J.; LIANG, L. Environmental factors influencing the distribution of total and fecal coliform bacteria in six water storage reservoirs in the Pearl River Delta Region, China. **Journal of Environmental Sciences**, v. 22, n. 5, p. 663-668, 2010.
- LEMARCHAND, K.; LEBARON, P. Influence of mutation frequency on the persistence of Salmonella enterica serotypes in natural waters. **FEMS Microbiology Letters**, v. 41, n. 2, p. 125-131, 2002.
- MATO GROSSO DO SUL (Estado). **Microbacia Hidrográfica do Rio Dourados: diagnóstico e implantação da rede básica de monitoramento da qualidade das águas**. Campo Grande: Secretaria de Estado de Meio Ambiente, 2000.
- MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentado**, Porto Alegre, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002.
- MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2005. 295 p.
- MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002.
- NOGUEIRA, G. et al. Qualidade microbiológica de água potável de comunidades urbanas e rurais. **Revista de Saúde Pública**, v. 37, n. 2, p. 232-236, 2003.
- OBI, C. L. et al. Gene encoding virulence markers among Escherichia coli isolates from diarrhoeic stool samples and river sources in rural Venda communities of South África. **Water SA**, v. 30, n. 1, p. 37-42, 2004.
- PASSERAT, J. et al. Impact of an intense combined sewer overflow event on the microbiological water quality of the Seine River. **Water Research**, v. 4-5, p. 893-903, 2011.
- RIBEIRO, D. A. **Escherichia coli isoladas de água de consumo; caracterização fenotípica e genotípica das propriedades de virulência**. 2006. Dissertação (Mestrado em Genética e Biologia Molecular)–Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

STRIEDER, M. N. et al. Medidas biológicas e índices de qualidade da água de uma microbacia com poluição urbana e de curtumes no Sul do Brasil. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 28, n. 1, p. 17-24, 2006.

TELICI, I. T. et al. Optimal water quality monitoring network design for river systems. **Journal of Environmental Management**, v. 90, p. 2987-2998, 2009.

Recebido em 28 de junho de 2013
Aceito em 25 de novembro de 2013