

Revista Ambiente & Água



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License. Fonte: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2016000100198&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 15 dez. 2017.

REFERÊNCIA

PIMENTA, Sandro Morais et al. Estudo da qualidade da água por meio de bioindicadores bentônicos em córregos da área rural e urbana. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 11, n. 1, p. 198-210, jan./mar. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2016000100198&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 dez. 2017. doi: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1672>.



Estudo da qualidade da água por meio de bioindicadores bentônicos em córregos da área rural e urbana

doi:10.4136/ambi-agua.1672

Received: 26 May 2015; Accepted: 19 Nov. 2015

Sandro Morais Pimenta^{1*}; Geraldo Resende Boaventura²;
Alfredo Palau Peña³; Tiago Godoi Ribeiro¹

¹Instituto Federal de Goiás (IFG), Goiânia, GO, Brasil

²Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF, Brasil

Departamento de Geociências

³Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC), Goiânia, GO, Brasil

Departamento de Arqueologia

*Autor correspondente: e-mail: moraisecologia@gmail.com,
grbunb@unb.br, alfredo.palau@gmail.com, godoiribeiro@gmail.com

RESUMO

Na avaliação da qualidade da água, além das análises físico-químicas e geoquímicas, outros métodos podem ser utilizados para realizar estudos ou monitoramentos. O objetivo deste estudo foi utilizar espécies de bioindicadores bentônicos intolerantes, tolerantes e resistentes às alterações na qualidade da água de dois córregos, considerando a granulometria dos sedimentos e sólidos voláteis. Foram amostrados oito pontos no córrego Bandeirinha e quatro pontos no córrego Josefa Gomes nos meses de janeiro e setembro de 2013. Os córregos estão localizados no município de Formosa-GO. A escolha dos dois córregos deu-se por estarem inseridos em ambientes distintos. Foram utilizados os índices de diversidade Shannon (H), Equitabilidade (E) e Similaridade de Bray-Curtis e o método de agrupamento UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*). Foram identificadas no córrego Bandeirinha espécies bioindicadoras intolerantes às alterações na qualidade da água. Os reduzidos valores aferidos de sólidos voláteis, próprios de locais com pouca alteração antrópica, e as maiores dimensões granulométricas também corroboram uma paridade nos resultados. O córrego Josefa Gomes, completamente inserido em ambiente urbano apresentou alterações com espécies tolerantes e resistentes. Os resultados demonstraram a distinção da qualidade da água em ambiente rural e urbano e a relação dos bioindicadores com os sedimentos. O estudo auxilia na interpretação das alterações na qualidade nas duas drenagens na região. A análise da qualidade da água por meio dos bioindicadores bentônicos pode ser associada às análises físico-químicas e geoquímicas da água e dos sedimentos para uma melhor interpretação dos resultados.

Palavras-chave: poluição, espécies resistentes, Formosa, Goiás, sedimento.

Study of water quality using benthic biological indicators in rural and urban streams

ABSTRACT

Methods other than physical-chemical and geochemical analyses can be used to assess

water quality in surface drainage. This study used intolerant, tolerant and resistant benthic species as bioindicators of changes in water quality of two streams, taking in account particle size of sediments and volatile solids. Eight points were sampled in the stream Bandeirinha and four points in the stream Josefa Gomes in January and September 2013 in the municipality of Formosa-GO. The two streams were chosen in order to study two different environments. The study used the diversity indexes of Shannon (H), Equitability (E) and Bray-Curtis Similarity and the grouping analysis method UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean). The results of particle size and volatile solids study of Bandeirinha stream located in rural areas showed bioindicator species intolerant of changes in water quality. The stream Josefa Gomes, completely inserted in an urban environment, showed alteration identified by tolerant and resistant species. The results demonstrate differences in water quality in the rural and urban environments and the relationship of bioindicators with sediments. The study aids the interpretation of changes in the water quality of the two drainages areas. Analysis of water quality based upon benthic biological indicators associated with physical-chemical and geochemical analyses of water and sediments provide a better interpretation of the results.

Keywords: pollution, Formosa, Goias, resistant species, sediment.

1. INTRODUÇÃO

A avaliação da qualidade da água, nas drenagens superficiais, pelos parâmetros físico-químicos e geoquímicos pode ser associada à utilização de bioindicadores, que é a observação e acompanhamento da espécie ou grupo indicador durante um intervalo de tempo, visando obter informações sobre a condição do ambiente e mudanças nas comunidades biológicas (Mugnai et al., 2010).

A bioindicação usa alguns organismos que compõem um determinado ambiente para caracterizá-lo, a partir do conhecimento do comportamento das comunidades ecológicas quando submetidas a fatores estressantes, como a supressão da vegetação, na perda de habitats, reservatórios na mudança da paisagem, poluição e outras. As comunidades biológicas com a presença de poluentes na água sofrem alterações em densidade e riqueza, com isso são capazes de indicar o efeito, das ações antrópicas ou naturais no ambiente, o que permite uma avaliação biológica eficiente na identificação dos fatores atuantes (Chalar, 1994).

Para Callisto e Moreno (2006), espécie indicadora é aquela que possui pequena tolerância a variações ambientais e, quando presentes em determinada área, revela um conjunto de condições particulares daquele ambiente. A essência da bioindicação são as relações entre os seres vivos e os fatores ambientais. Assim, rápidas mudanças do ambiente provocadas pelo homem causam flutuações populacionais nos organismos. Cada espécie possui um padrão de variação característico: algumas são mais tolerantes, outras menos.

De acordo com Ribeiro e Uieda, (2005), ainda que as análises físico-químicas demonstrem o estado da água, o ideal é a associação desses métodos com métodos biológicos, permitindo uma caracterização mais completa, abrangendo os aspectos biológicos e a interação entre o meio físico, muitas vezes necessária para o manejo adequado dos recursos hídricos. Os indicadores biológicos têm sido considerados eficientes para medir a qualidade da água com baixos custos.

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (Environmental Protection Agency – EPA) recomenda a utilização de critérios biológicos que utilizam a condição de um organismo ou conjunto de organismos para descrever a integridade ecológica de uma área impactada, pouco impactada, ou áreas de referência, para complementar as informações sobre qualidade de água, tradicionalmente baseados em parâmetros químicos e físicos (USEPA, 2013).

Callisto et al. (2004) apontam que a capacidade de sensibilidade às alterações do meio ambiente é o que determina a escolha dos bioindicadores, sendo os mais utilizados aqueles capazes de diferenciar entre oscilações naturais e alterações antrópicas, podendo indicar a presença e a dimensão de um determinado impacto ou anomalia no ambiente.

Milesi et al. (2008) afirmam que os macroinvertebrados bentônicos constituem um dos melhores bioindicadores de qualidade das águas nos ambientes lóticos, pois possuem características sésseis, ciclo de vida relativamente longo e são de fácil visualização.

Os macroinvertebrados referem-se à fauna de invertebrados que fica retida em uma malha de 0,2 mm, sendo ela constituída por diversos táxons, tais como Arthropoda, Mollusca, Annelida e Platyhelminthes, dentre outros. A maioria dessas espécies está associada aos habitats de fundo das drenagens superficiais e lagos, fixos ou não a um substrato, sendo denominada de comunidade bentônica (Mäenpää et al., 2003).

Callisto et al. (2004) destacam que as amostragens de bentos são relativamente fáceis e baratas. Os bentos são variavelmente sensíveis às condições ambientais, são sedentários, podem integrar e acumular condições em um ambiente, oferecendo um adequado nível de diagnóstico, considerando a natureza dos efeitos observados.

A utilização de bioindicadores para o monitoramento ambiental, com ênfase em insetos aquáticos é empregada em outros países, com métodos bem definidos e comunidades bioindicadoras conhecidas. Os macroinvertebrados bentônicos têm sido amplamente utilizados como bioindicadores de qualidade de água, por apresentarem as seguintes características: Ciclos de vida longo, podem viver entre semanas, meses e mesmo mais de 1 ano; em geral são organismos grandes (maiores que 125 ou 250 μm), sésseis ou de pouca mobilidade, portando mais fáceis de serem amostrados, com custos relativamente baixos; grande diversidade taxonômica e de identificação relativamente fácil (ao nível de família e alguns gêneros); e são organismos sensíveis a diferentes concentrações de poluentes no meio (Callisto e Moreno, 2006).

A utilização dos bioindicadores pode também ser mais direcionada a um tipo de poluição. Belmejo e Martos (2008) utilizaram bioindicadores sensíveis à poluição hídrica de derivados de petróleo em condições tropicais, impacto diretamente relacionado a drenagens localizadas em ambientes urbanos.

Neste entendimento, Milesi et al. (2008) realizaram o estudo dos efeitos dos metais Cobre e Zinco em comunidades de macroinvertebrados bentônicos, por estes íons metálicos estarem presente em fertilizantes e pesticidas além de resíduos orgânicos provenientes de áreas urbanas; portanto, sua correlação com os bioindicadores, pode ser utilizada na identificação de impactos e análise da qualidade da água em drenagens urbanas ou rurais.

Colpo et al. (2009) utilizando os macroinvertebrados bentônicos como indicadores do impacto ambiental promovido pelos efluentes de áreas orizícolas e os de origem urbana/industrial, concluíram que os efluentes produzidos pelas cidades e indústrias, são mais agressivos aos ambientes aquáticos que os efluentes drenados de uma lavoura manejada de acordo com as recomendações técnicas para a cultura.

Estudos mais recentes, como os de Yokoyama et al. (2012), destacam a importância dos bioindicadores na avaliação da qualidade da água e seu comportamento durante o ciclo hidrológico anual, com a flutuação da composição em resposta à variação da precipitação entre os períodos seco e chuvoso. Este efeito deve ser considerado ao realizar os estudos e monitoramento da qualidade da água em uma drenagem superficial.

O objetivo deste trabalho foi realizar o estudo da qualidade da água por meio de bioindicadores da comunidade bentônica, análise granulométrica dos sedimentos de corrente e sólidos voláteis, comparando os resultados do córrego Bandeirinha situado em ambiente predominantemente rural e o córrego Josefa Gomes, inserido no núcleo urbano do município de Formosa-GO. A aplicação da avaliação qualidade da água por bioindicadores, nas duas

drenagens auxilia na determinação das possíveis contaminações provenientes das atividades antrópicas no ambiente rural e urbano do município de Formosa, bem como as consequências a médio e longo prazo, além de contribuir com a geração de dados e caracterização regional.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

Como área representativa para o desenvolvimento da pesquisa, optou-se pelos córregos Bandeirinha e Josefa Gomes localizados no município de Formosa-GO, e estes situam-se na microrregião do entorno de Brasília. O córrego Bandeirinha está inserido em ambiente rural e o córrego Josefa Gomes em ambiente urbano. A escolha das duas drenagens para o desenvolvimento do estudo, deu-se por possuírem características distintas; porém, localizadas na mesma região, o que permite a comparação da aplicação dos métodos de análise em ambos ambientes e a avaliação do comportamento destes, sujeitos a impactos ambientais diversos, do meio rural e do meio urbano. O município de Formosa-GO situa-se a 280 km da capital do estado, Goiânia e a 70 km de Brasília, possui uma população total de 100.085 habitantes, sendo distribuída em 92.023 habitantes em zona urbana e 8.062 em zona rural (IBGE, 2012). A agropecuária é atividade estruturante na economia de Formosa, principalmente a pecuária de corte e leite.

A região onde está inserido o município de Formosa possui clima Aw, segundo a classificação de Köppen. A distribuição pluviométrica é padrão típico do domínio morfoclimático dos cerrados, com precipitação média anual na ordem de 1.485 mm, concentrando-se principalmente nos meses de outubro a abril. Nos meses de junho e julho as precipitações são praticamente ausentes. A temperatura média anual é em torno de 21,5°C.

O córrego Bandeirinha tem suas nascentes localizadas na Fazenda Bandeirinha dentro do município de Formosa sob as coordenadas UTM (SAD 69) Zona 23L 235.931.00 m E; 8.285.262.00 m S, em altitudes médias de 1130 metros, com um percurso de 41,9 km em direção Norte, desaguando no Rio Paranã, em altitude aproximada de 600 metros, próximo à Serra Laranjeira. A drenagem principal da bacia dista do seu meandro mais próximo cerca de 2 km do núcleo urbano de Formosa, porém recebe contribuições antrópicas por alguns dos seus tributários, localizados na área urbana. Atualmente o córrego Bandeirinha é o principal manancial aproveitado pelo sistema de abastecimento de água no município.

A bacia hidrográfica que forma a cabeceira do Rio Preto está inserida dentro da área urbana de Formosa. Na área urbana este córrego tem o nome de Josefa Gomes, e tem percurso de 7,5 km em direção sudoeste. Sua nascente localiza-se no parque municipal Mata da Bica, sob as coordenadas UTM (SAD 69) Zona 23L 249.481 m E; 8.278.785 m S, com elevação de 945 metros desaguando na Lagoa Feia, em elevação de 873 metros. A área da nascente no Parque Municipal Ecológico Mata da Bica possui várias surgências de água, que se unem ao longo da área do parque formando a Lagoa da Mata da Bica e esta por consequência, alimenta a vazão do Córrego Josefa Gomes. Parte do percurso do córrego Josefa Gomes é retificado, principiando na lagoa da Mata da Bica, e se estendendo aproximadamente 1,5 km de percurso, e possuindo 2,5 metros de largura. Após a retificação o córrego Josefa Gomes percorre aproximadamente 6 km e deságua na Lagoa Feia. Em seguida a Lagoa Feia, o córrego é denominado Rio Preto e possui uma área de drenagem de aproximadamente 10.500 km² abrangendo os Estados de Goiás, Distrito Federal e Minas Gerais. O Rio Preto é um dos principais tributários do rio Paracatu, no Estado de Minas Gerais, e é afluente do Rio São Francisco.

Conforme a carta geológica do Serviço Geológico Nacional, a região do córrego Bandeirinha no alto da bacia está situado em rochas do grupo Paranoá, e nas regiões média e baixa da bacia predomina as rochas do grupo Bambuí. O córrego Josefa Gomes está

completamente inserido em rochas do grupo Paranoá da sua nascente ao seu deságuo (Souza, 2004).

Faria (1995) descreveu que as aluviões da região são caracterizadas por sedimentos inconsolidados, predominantemente arenosos, representados por areias, com níveis de cascalhos, e lentes de material silto-argiloso.

2.2. Amostragem e análises

Para a realização do estudo foram determinados 8 pontos espacializados no córrego Bandeirinha, e 4 pontos no córrego Josefa Gomes (Figura 1). A seleção dos pontos de amostragem deu-se considerando as atividades antrópicas ao longo da drenagem e a incidência de tributários. As coletas ocorreram nos meses de janeiro e setembro de 2013 de acordo com o ciclo hidrológico da região. Os 8 pontos de amostragem no córrego Bandeirinha e os 4 pontos de amostragem no córrego Josefa Gomes seguem da nascente até o deságuo das drenagens.

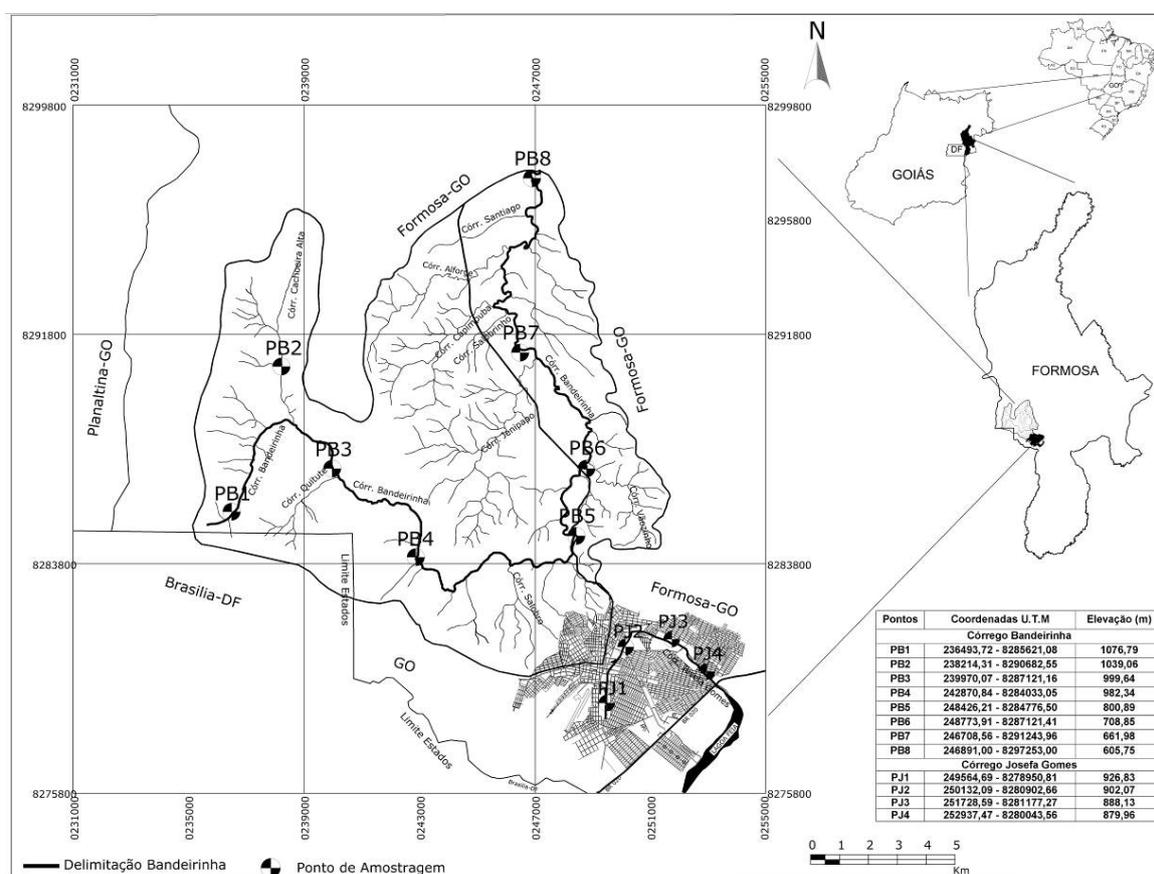


Figura 1. Localização da área, pontos de amostragem nos córregos Bandeirinha e Josefa Gomes, Formosa-GO.

Fonte: IBGE (2010).

As análises foram realizadas no Laboratório de Geoquímica da Universidade de Brasília – LabGeq e nos Laboratórios do Instituto Federal de Goiás, logo após a recepção das amostras. Nos pontos de amostragem foram coletadas amostras de sedimentos de corrente, uma vez que as dimensões das partículas que compõe as amostras de sedimentos são importantes para a caracterização dos habitats dos macroinvertebrados bentônicos. As amostras de sedimentos foram dispostas em bandejas previamente lavadas com HNO₃ 20% v/v, cobertas com papel e colocadas para secar à temperatura ambiente. Após secagem, as

amostras foram desagregadas e passaram por uma série de peneiras, a fim de identificar sua granulometria, retirando-se restos de folhas, plantas, pedregulhos e objetos maiores. Parte do material passante foi reservada para ser utilizado na determinação dos sólidos voláteis.

O procedimento para a avaliação da composição granulométrica seguiu a metodologia do Laboratório de Geotecnia do Instituto Federal de Goiás. Para a caracterização da granulometria das amostras, utilizou-se o jogo de peneiras com malhas nas seguintes ordens: 10 mm – 5 mm – 2,5 mm – 0,8 mm – 0,5 mm – 0,125 mm – 0,1 mm. As peneiras foram previamente limpas e encaixadas de modo a formar um único conjunto com abertura de malha em ordem crescente da base para o topo, e fundo fechado. Após este procedimento promoveu-se a agitação mecânica do conjunto, para permitir a separação e classificação prévia dos diferentes tamanhos de grão da amostra. A composição granulométrica no material retido é calculada em função do peso da amostra e apresentada em porcentagem sobre o total da amostra.

A determinação dos sólidos voláteis nos sedimentos seguiu os procedimentos estabelecidos pela *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA et al., 1999). Esta determinação foi realizada por gravimetria no laboratório de Geoquímica da UnB. Massas de 2 g das amostras foram pesadas em balança METLER modelo AG. 240 com variação de $\pm 0,00001$ g e colocadas para secar em estufas a 105°C por 24 horas para determinar seu peso seco. Em seguida, as amostras foram levadas ao forno mufla, a temperatura de 450°C, durante 24 horas, para que toda matéria orgânica e parte dos ânions volatilizassem. Posteriormente, foram novamente pesadas. O resultado é dado pela diferença entre o peso inicial subtraído do peso final.

Para análise dos bioindicadores foram utilizados os invertebrados bentônicos, coletados nos pontos onde se realizaram as amostragens de sedimentos de corrente. Foram utilizados os invertebrados bentônicos, coletados com um amostrador tipo Surber com armação dobrável em aço, tela de nylon 250 micras de abertura na malha, dimensões de abertura de 30 x 30 cm e comprimento de 60 cm. Foram realizadas 5 réplicas de coleta por ponto em período sazonal. Após coletadas as amostras de bentos foram acondicionados individualmente em frascos plásticos e fixados com álcool 80%, para identificação e contagem dos táxons encontrados, seguindo os trabalhos de Callisto et al. (2004), Borisko et al. (2007), Pimenta et al. (2009) e Mugnai et al. (2010).

A identificação dos táxons foi realizada por meio de Lupa binocular estereoscópica e os indivíduos foram identificados em ordem, família e gênero. Os bioindicadores foram divididos segundo Callisto et al. (2004) e Pimenta et al. (2009) em três grupos quanto a sua tolerância: organismos sensíveis ou intolerantes (representantes de Trichoptera, Plecoptera, Ephemeroptera), organismos tolerantes (representantes de Coleoptera, Heteroptera, Odonata) e organismos resistentes (Díptera, Oligochaeta).

Para o tratamento dos dados obtidos pelos bioindicadores, realizam-se cálculos dos índices ecológicos da diversidade Shannon (H), Equitabilidade (E) conforme Magurran, (1988) e Similaridade de Bray-Curtis com o agrupamento UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean), nestes cálculos foi utilizado o programa *BioDiversity Professional Version 2*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da composição granulométrica foram classificados de acordo com os tamanhos dos grãos, utilizando a escala de Wentworth, conforme os procedimentos adotados pelo Laboratório de Geotecnia do Instituto Federal de Goiás, assim classificados: Cascalho (8 a 2 mm); Areia grossa (1 a 0,5 mm); Areia média (0,5 a 0,25mm); Areia fina (0,25 mm a 0,125 mm) (Figura 2).

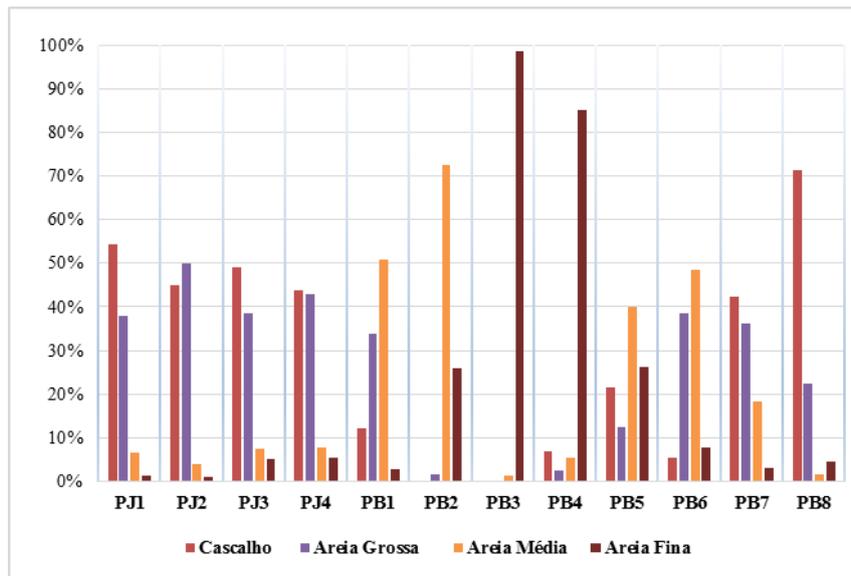


Figura 2. Percentagem de ocorrência das classes granulométricas dos sedimentos nos córregos Josefa Gomes e Bandeirinha nos pontos de amostragem.

Nos sedimentos amostrados, no córrego Bandeirinha destaca-se o ponto PB3, com o maior percentual composto por areia fina. A maioria dos pontos amostrados apresentou sedimento com distribuição entre Areia Fina – Areia Média – Areia Grossa, componentes naturais presentes no leito desta drenagem. Os sedimentos amostrados nos pontos do córrego Josefa Gomes demonstraram uma maior concentração de Areia Grossa a Cascalho. Partes deste material presente no leito desta drenagem provêm de contribuições antrópicas de construções, próximas ao córrego, lançadas pelas ligações do sistema de drenagem pluvial. A granulometria está em conformidade com as características geológicas da região, representadas pelo Grupo Paranoá e Grupo Bambuí, com aluviões recentes nas margens dos cursos de água, correspondendo a um depósito de sedimentos clásticos (areia e ou cascalho) formado pelo sistema fluvial no leito e nas margens dos córregos Bandeirinha e Josefa Gomes.

Os resultados da análise de sólidos voláteis representam parte da matéria orgânica e argilo minerais presentes nas amostras que se volatilizaram, pelo procedimento. Estes resultados são apresentados em percentagem pela diferença entre o peso inicial subtraído do peso final dado por: $\% = (P_{inicial} - P_{final}) * 100$. As análises de sólidos voláteis nos pontos do córrego Bandeirinha indicam tendência nos valores percentuais mantendo-se abaixo dos 10% com média de 4,5 %, tendo seus maiores valores no PB2 (7%), ponto localizado a cerca de 700 m de uma produção de hortaliça em área rural, e ponto PB5 (8%), localizado a jusante do núcleo urbano do município, próximos a rodovia GO 116.

Para o córrego Josefa Gomes os percentuais encontrados são maiores que no córrego Bandeirinha. Da nascente no Parque Mata da Bica até próximo ao deságue na Lagoa Feia apresentou média de 16%, tendo a maior aferição no PJ4 (21%) ponto cerca de 850 metros de distância do deságue. Os maiores percentuais encontrados no córrego Josefa Gomes podem ser justificados por estar inserido em ambiente urbano e com diversas alterações antrópicas no seu canal e em suas margens.

Na amostragem dos bioindicadores realizada durante o ciclo hidrológico da região em ambas as drenagens foram identificados 64 táxons com um total de 1236 indivíduos, sendo 816 e 420 indivíduos respectivamente para o córrego Bandeirinha e córrego Josefa Gomes. Na estação seca foram amostrados 58 táxons e três vezes mais indivíduos (N= 966) que a

estação chuvosa (N= 270) com 50 táxons.

Na Tabela 1 estão representados os índices de diversidade (H) que variaram entre 1,372 (PJ2) a 3,15 (PB3) e equitabilidade (E) entre 0,5723 (PJ2) a 0,909 (PB3), com a evidência de maiores índices para os pontos mais a montante do córrego Bandeirinha, e mais a jusante no córrego Josefa Gomes.

Tabela 1. Índices de diversidade para os 12 pontos amostrados entre as drenagens dos córregos Bandeirinha (PB) e Josefa Gomes (PJ), Formosa-GO.

Pontos	Espécies	Espécimes	Shannon (H)	Equitabilidade (E)
PJ1	15	125	1,904	0,7031
PJ2	11	165	1,372	0,5723
PJ3	17	90	2,202	0,7773
PJ4	16	40	2,484	0,8958
PB1	29	122	2,769	0,8223
PB2	39	113	3,121	0,8520
PB3	32	96	3,150	0,9090
PB4	23	124	2,679	0,8545
PB5	18	52	2,541	0,8792
PB6	23	85	2,699	0,8608
PB7	20	83	2,429	0,8110
PB8	21	141	2,387	0,7841

Na análise da similaridade entre os pontos amostrados no córrego Bandeirinha variou entre 24,32% a 50,19%, já para os pontos do córrego Josefa Gomes a variação foi maior entre 18,53% a 65,51% da amostragem (Figura 3) apresenta uma dissimilaridade entre as duas drenagens.

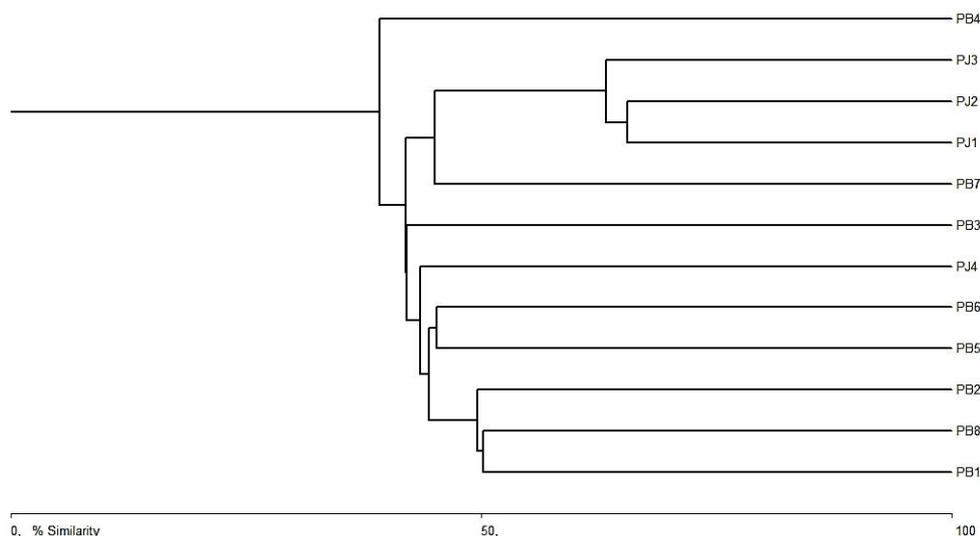


Figura 3. Análise de agrupamento (UPGMA) realizada a partir da matriz dos coeficientes de similaridade de Bray-Curtis, para os 12 pontos amostrados. Pontos córrego Bandeirinha (PB); Pontos córrego Josefa Gomes (PJ).

O efeito sazonal marcado pelas amostragens dos períodos seco e chuvoso evidenciou um padrão espaço-temporal. Hauer e Resh (1996) afirmam que períodos secos e chuvosos também influenciam na distribuição desses organismos em seu habitat, pois alteram as características do substrato, disponibilidade de alimento e refúgio. O padrão espacial encontrado provavelmente pode estar relacionado ao tipo de substrato, que é fundamental para ocupação desses microhabitats tanto na fixação como na obtenção de alimento e refúgio pelos organismos (Hauer e Resh, 1996; Carvalho e Uieda, 2004).

Os macroinvertebrados bentônicos depois de identificados foram classificados, quanto a sua função de bioindicadores, sensíveis às mudanças que se sucedem na estrutura das comunidades bentônicas que variam de organismos próprios de águas limpas, intolerantes à poluição, a simples e de baixa diversidade, com organismos capazes de viver em águas poluídas. Os bioindicadores foram divididos em três grupos principais, existindo exceções dentro de cada grupo: organismos sensíveis ou intolerantes, organismos tolerantes e organismos resistentes (Tabela 2).

Tabela 2. Densidades dos táxons amostrados nos córregos Bandeirinha (PB) e Josefa Gomes (PJ), classificados por seu grau de tolerância, segundo Callisto et al. (2004). C = período chuvoso; S = período seco.

Bioindicadores	Córrego Bandeirinha																Córrego Josefa Gomes								
	PB1		PB2		PB3		PB4		PB5		PB6		PB7		PB8		PJ1		PJ2		PJ3		PJ4		
Ciclo Hidrológico	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	
Intolerante	Trichoptera	6	21	11	15	0	14	2	17	7	12	4	14	2	8	17	47	1	8	0	0	0	11	0	0
	Plecoptera	2	5	0	0	2	1	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ephemeroptera	2	10	11	21	13	27	1	55	0	3	11	9	5	27	5	13	0	1	0	0	0	1	0	0
Somatória	10	36	22	36	15	42	3	72	7	15	16	27	7	35	22	60	1	9	0	0	0	12	0	0	
Tolerante	Coléoptera	2	12	1	9	3	0	1	10	2	7	9	15	2	0	5	7	0	3	0	0	0	0	0	8
	Heteroptera	0	0	1	3	1	0	0	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	3
	Odonata	1	5	1	3	1	4	1	4	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3	0	7	0	3
Somatória	3	17	3	15	5	4	2	16	4	10	9	15	2	1	5	7	1	3	1	3	0	8	0	14	
Resistente	Díptera	18	35	15	14	1	12	6	13	1	7	9	9	5	21	15	28	4	71	16	87	2	38	4	8
	Anellida	0	1	0	1	0	4	0	0	0	3	0	0	0	5	0	0	0	23	8	35	2	17	4	1
	Mollusca	0	1	4	1	0	0	7	3	0	0	0	0	0	1	0	1	0	5	1	8	0	3	2	3
Somatória	18	37	19	16	1	16	13	16	1	14	9	9	5	27	15	29	4	99	25	130	4	58	10	12	

Os resultados obtidos na avaliação de bioindicadores apontam a presença de táxons intolerantes em todos os pontos do córrego Bandeirinha. O maior número foi encontrado nos pontos PB2 e PB8, indicando condições ambientais favoráveis para espécies sensíveis às alterações ambientais. Os indivíduos tolerantes e resistentes foram também encontrados em todos os pontos de amostragem, com maior número de táxons nos pontos PB1 e PB2. A menor riqueza e diversidade foram encontradas no ponto PB8 próximo ao exutório do córrego Bandeirinha.

A presença da maioria dos grupos taxonômicos (N=33) das Ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) nas amostragens de invertebrados bentônicos evidenciaram ambientes com melhor qualidade ambiental. As características de ambientes lóticos com corredeiras na maioria dos pontos amostrados auxiliaram na abundância e ou riqueza da maioria dos táxons.

A qualidade ambiental dos pontos no córrego Bandeirinha pode ser verificada pela presença nos pontos PB1, PB3 e PB6 do gênero *Anacroneria* (Plecoptera) que vive apenas em locais que apresentam boa qualidade da água. Nos pontos PB2 e PB3 foram registradas as maiores quantidades de táxons sensíveis Leptophlebiidae.

O tipo de substrato registrado em todos os pontos, conforme caracterização granulométrica foram areia e cascalho, favorecendo a presença de táxons mais sensíveis, como Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera. Substratos formados por cascalhos e folhas apresentam as maiores riquezas, pois suportam uma maior quantidade de macroinvertebrados (Pierre e Kovalenko, 2014; Dias-Silva et al. 2013).

No córrego Josefa Gomes em todos os pontos predominaram táxons resistentes. Os pontos PJ3 e PJ4 apresentaram somente indivíduos resistentes, dos filos Annelida (classe: Oligochaeta) e Mollusca (classe: Gastropoda) indicando alterações antrópicas relevantes.

A não ocorrência espaço-temporal de alguns táxons registrados entre os 12 pontos amostrados (córregos Bandeirinha e Josefa Gomes) pode estar relacionada principalmente a capacidade de colonização dos grupos amostrados, com influência dos distúrbios gerados.

Na relação granulometria e biótica a heterogeneidade da composição física do sedimento pode ter influenciado na colonização em ambas as drenagens, mas tendo maior influência no córrego Josefa Gomes, com o menor número de táxons e indivíduos colonizadores.

Os teores de sólidos voláteis para ambas as drenagens indicam a distribuição e colonização no número de registros de táxons, evidenciando a maior influência na estação seca com maiores registros de riqueza. Os maiores resultados de sólidos voláteis presentes nos sedimentos amostrados são os do córrego Josefa Gomes, inserido no ambiente urbano, onde se percebe a relação com os bioindicadores pela ausência de táxons intolerantes e baixos resultados para táxons tolerantes, evidenciada no ponto PJ4. Os sólidos voláteis em sedimentos são indicativos indiretos de matéria orgânica de origem antrópica proveniente de lançamento de efluentes de forma contínua nesta drenagem.

4. CONCLUSÕES

Deve-se ressaltar que todas as áreas dos pontos amostrados possuem passivos ambientais gerados pelas atividades antrópicas, que contribuem de forma significativa para as alterações na qualidade da água, seja por áreas de preservação permanente desprovidas de cobertura vegetal, lançamentos de efluentes e resíduos sólidos, ou por atividades agropastoris. O córrego Bandeirinha, inserido em área rural do município, mesmo com os impactos gerados pelas atividades agropastoris, apresentou menores alterações na qualidade da água amostrada, em comparação com o córrego Josefa Gomes, inserido em ambiente urbano, onde os impactos gerados alteraram a qualidade da água nesta drenagem, e neste córrego predominaram táxons tolerantes e resistentes à poluição.

No córrego Josefa Gomes é visível a ausência da vegetação ciliar, pois grande parte das formações vegetais foi removida para propiciar, inicialmente, a prática da agropecuária e posteriormente, dar lugar à expansão urbana do município. É possível verificar que ao longo do córrego existem lançamentos de efluentes, ocupações no fundo de vale, lançamento de resíduos sólidos, desenvolvimento de processos erosivos, assoreamentos, dentre outros impactos, intensificados pelos processos de uso e ocupação do solo na área urbana.

Os resultados demonstram a distinção entre as alterações na qualidade da água em ambiente rural e urbano e a relação dos bioindicadores com os sedimentos de corrente. O estudo auxilia na interpretação das alterações na qualidade da água além de contribuir com a geração de dados sobre as duas drenagens da região. A análise por meio dos bioindicadores bentônicos pode ser associada a análises físico-químicas e geoquímicas da água e dos

sedimentos, proporcionando uma melhor interpretação dos resultados, para determinar a qualidade da água em drenagens superficiais.

A legislação brasileira, mais especificamente a Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005), classifica as drenagens superficiais, por meio dos padrões e valores máximos e mínimos permitidos para os parâmetros físico-químicos, não considerando as informações da dinâmica de interação dos organismos bioindicadores de qualidade de água. Contudo, os órgãos ambientais já solicitam dos empreendimentos relatório de qualidade de água em programas de monitoramento, que contenham além dos parâmetros físico-químicos de qualidade, indicação biológica para drenagens superficiais. É previsível que a legislação se atualize, direcionando uma metodologia que contemple a inter-relação da qualidade da água entre os parâmetros físico-químicos e os bioindicadores.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos técnicos, professores e alunos do Laboratório de Geoquímica da UnB e ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiás – IFG, ao CNPq e a CAPES.

6. REFERÊNCIAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION - WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20th ed. Washington, 1999. 1496 p.
- BELMEJO, L.; MARTOS. H. L. Utilização de *Xiphophorus helleri* como bioindicador de poluição hídrica de derivados de petróleo em condições tropicais. **Revista Eletrônica de Biologia**, v 1, n. 2, p. 1-17, 2008.
- BORISKO. J. P; KILGOUR. B. W; STANFIELD. W. F; JONES. C. An evaluation of rapid bioassessment protocols for stream benthic invertebrates in Southern Ontario. **Water Quality Research Journal**, v. 42, n. 3, p. 184-193, 2007.
- CALLISTO, M.; GOULART, M.; MEDEIROS, A. O.; MORENO, P.; ROSA, C. A. Diversity assessment of benthic macroinvertebrates, yeasts and microbiological indicators along a longitudinal gradient in Serra do Cipó, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 61, n. 2, p. 259-266, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842004000500003>
- CALLISTO, M.; MORENO, P. Bioindicadores como ferramenta para o manejo, gestão e conservação ambiental In: SIMPÓSIO SUL DE GESTÃO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL, 2., 2006, Erechim. **Anais...** Erechim: URI-Campus de Erechim, 2006.
- CARVALHO, E. M.; UIEDA, V. S. Colonização por Macroinvertebrados Bentônicos em Substrato Artificial e Natural em um Riacho da Serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, n. 2, p. 287-293, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752004000200021>
- CHALAR, G. Composición y abundancia Del zoobentos Del Arroyo Toledo (Uruguay) y su relación com La calidad de água. **Revista Chilena de História Natural**. v. 67, p. 129-141, 1994.

- COLPO K. D.; BRASIL M. T.; CAMARGO, B.V. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores do impacto ambiental promovido pelos efluentes de áreas orizícolas e pelos de origem urbana/industrial. **Revista Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2087-2092, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009005000161>
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação de corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, n. 53, 18 mar. 2005. Seção 1, p.58-63.
- DIAS-SILVA. K.; CABETTE, H. S. R.; GIEHL, N. F. S.; JUAN, L. Distribuição de Heteroptera Aquáticos (Insecta) em Diferentes Tipos de Substratos de Córregos do Cerrado Matogrossense. **EntomoBrasilis**, v. 6 n. 2 p. 132-140. 2013.
- FARIA, A. **Estratigrafia e sistemas deposicionais do Grupo Paranoá nas áreas de Cristalina, Distrito Federal e São João d'Aliança – Alto Paraíso de Goiás**. 1995. 199f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 1995.
- HAUER, F. R.; RESH. V. H. Benthic macroinvertebrates. In: HAUER, F. R.; LAMBERTI, G. A. (Eds.). **Methods in Stream ecology**. San Diego: Academic Press, 1996. p. 339-369.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo 2010**. Disponível em: http://www.censo2010.ibge.gov.br/resultados_do_censo2010.php. Acesso em: 27 ago. 2012.
- MÄENPÄÄ, K. A.; SORMUNEN, A. J.; KUKKONEN, J. V. Bioaccumulation and toxicity of sediment associated herbicides (ioxynil, pendimethalin and bentazone) in *Lumbricus variegatus* (Oligochaeta) and *chironomus riparius* (Insecta). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 56 n. 3, p. 398-410, 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/S0147-6513\(03\)00010-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0147-6513(03)00010-1)
- MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. New Jersey: Princeton University Press, 1988. 179 p.
- MILESI, S. V.; BIASI, C.; RESTELLO, R. M; HEPP, L. U. Efeito de metais cobre (Cu) e Zinco (Zn) sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em riachos do sul do Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 30, n. 3, p. 283-289, 2008. <http://dx.doi.org/10.4025/actascibiols.v30i3.677>
- MUGNAI, R.; NESSIMIAN. J. L.; BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010.
- PIMENTA, S. M.; PEÑA, A. P.; GOMES, P. S. Aplicação de métodos físicos, químicos e biológicos na avaliação da qualidade das águas em áreas de aproveitamento hidroelétrico da bacia do Rio São Tomás, Município de Rio Verde – Goiás. **Sociedade & Natureza**, v. 21, n. 3, p. 393-412, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-45132009000300013>
- PIERRE, J. I.; KOVALENKO. K. E. Effect of habitat complexity attributes on species richness. **Ecosphere**, v. 5, n. 2, 2014. <http://dx.doi.org/10.1890/ES13-00323.1>

- RIBEIRO, L. O.; UIEDA, V. S. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n.3, p. 613-618, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752005000300013>
- SOUZA, J. D. (Coord.). **Carta geológica do Brasil ao milionésimo: Folha Brasília SD 23**. Brasília: CPRM, 2004.
- UNITED STATES. Environmental Protection Agency – USEPA. **Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish**. Disponível em: <http://water.epa.gov/scitech/monitoring/rs1/bioassessment/>. Acesso em: 22 maio 2013.
- YOKOYAMA, E.; PACIENCIA, G. P.; BISPO, P. C.; OLIVEIRA, L. G.; BISPO, P. C. A sazonalidade ambiental afeta a composição faunística de Ephemeroptera e Trichoptera em um riacho de Cerrado do Sudeste do Brasil. **Revista Ambiente Guarapuava**, v. 8, n. 1, p. 73-84. 2012.