

Monitoramento e avaliação da qualidade hídrica do Rio Formoso - TO, Brasil usando índices de macroinvertebrados

Monitoring and evaluation of the water quality of Rio Formoso - TO, Brazil using macroinvertebrate indices

Monitoreo y evaluación de la calidad del agua del Rio Formoso - TO, Brasil utilizando índices de macroinvertebrados

Recebido: 25/07/2022 | Revisado: 04/08/2022 | Aceito: 05/08/2022 | Publicado: 15/08/2022

Patricia Martins Guarda

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0937-6779>
Federal University of Tocantins, Brazil
E-mail: patriciaguarda@uft.edu.br

Danylo Bezerra Mendes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2115-9796>
Federal University of Tocantins, Brazil
E-mail: danylo@uft.edu.br

Fabiane Fernandes da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7933-449X>
Federal University of Tocantins, Brazil
E-mail: fab_i_fernandes@uft.edu.br

Mayana Mendes Dias Machado

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5872-6320>
Federal University of Tocantins, Brazil
E-mail: mayanamd@hotmai.com

Larissa da Silva Gualberto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7335-1771>
Federal University of Tocantins, Brazil
E-mail: larissagualberto.eng@gmail.com

Magale Karine Diel Rambo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2529-9574>
Federal University of Tocantins, Brazil
E-mail: magalerambo@uft.edu.br

Emerson Adriano Guarda

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0227-3881>
Federal University of Tocantins, Brazil
E-mail: emersonprof@uft.edu.br

José Expedito Cavalcante da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8776-389X>
Federal University of Alagoas, Brazil
E-mail: jose.silva@penedo.ufal.br

Resumo

Os recursos hídricos são os mais afetados pela atividade agrícolas de uma região, comprometendo as características dos sistemas hídricos. A expansão da fronteira agrícola e o uso de fertilizantes e agrotóxicos, que vem ocorrendo no Cerrado Tocantinense, constitui uma grande ameaça à qualidade, conservação e a biodiversidade desse ambiente, sendo assim necessário um maior controle para a preservação da qualidade das águas. Tendo isso em vista, este trabalho avaliou a diversidade de macroinvertebrados bentônicos e classificou a qualidade ecológica, utilizando índices biológicos, Índice Biótico de Famílias de Hilsenhoff (IBF) e *Biological Monitoring Working Party-score* (BMWP) baseados na presença e ausência de organismos aquáticos, para avaliação da degradação ambiental e saúde desse ecossistema. Verificou-se que as amostras do período seco apresentaram uma maior diversidade de organismos coletados, embora tenham apresentado uma menor abundância relativa em relação a organismos sensíveis indicadores qualidade ecológica. Segundo os diferentes índices biológicos utilizados o índice IBF foi o que atribuiu menor qualidade ao recurso hídrico. Relacionou-se esta poluição com período amostrado, indicando uma grande poluição por substâncias orgânicas no local de estudo. Os macroinvertebrados utilizados como indicadores de bioavaliação, classificou a água do Rio Formoso com presença de poluição em um longo prazo, mostrando assim um impacto no ecossistema.

Palavras-chave: Monitoramento; Índices biológicos; Ecossistemas aquáticos.

Abstract

Water resources are the most affected by agricultural activity in a region, compromising the characteristics of water systems. The expansion of the agricultural frontier and the use of fertilizers and pesticides, which has been occurring in the Cerrado Tocantinense, constitutes a major threat to the quality, conservation and biodiversity of this environment, thus requiring greater control to preserve water quality. With that in mind, this work evaluated the diversity of benthic macroinvertebrates and classified the ecological quality, using biological indices Hilsenhoff Family Biotic Index (IBF) and Biological Monitoring Working Party-score (BMWP) based on the presence and absence of aquatic organisms, to assess the environmental degradation and health of this ecosystem. It was found that the samples from the dry period showed a greater diversity of organisms collected, although they showed a lower relative abundance in relation to sensitive organisms that are indicators of ecological quality. According to the different biological indices used, the IBF index was the one that attributed the lowest quality to the water resource. This pollution was related to the sampled period, indicating a great pollution by organic substances in the study site. The macroinvertebrates used as indicators of bioassessment, classified the water of the Rio Formoso with the presence of pollution in the long term, thus showing an impact on the ecosystem.

Keywords: Monitoring; Biological indices; Aquatic ecosystems.

Resumen

Los recursos hídricos son los más afectados por la actividad agrícola en una región, comprometiendo las características de los sistemas hídricos. La expansión de la frontera agrícola y el uso de fertilizantes y pesticidas, que viene ocurriendo en el Cerrado Tocantinense, constituye una gran amenaza para la calidad, conservación y biodiversidad de este ambiente, por lo que requiere mayor control para preservar la calidad del agua. Con eso en mente, este trabajo evaluó la diversidad de macroinvertebrados bentónicos y clasificó la calidad ecológica, utilizando índices biológicos Hilsenhoff Family Biotic Index (IBF) y Biological Monitoring Working Party-score (BMWP) basados en la presencia y ausencia de organismos acuáticos, para evaluar la degradación ambiental y la salud de este ecosistema. Se encontró que las muestras del período poco lluvioso presentaron una mayor diversidad de organismos colectados, aunque mostraron una menor abundancia relativa en relación a los organismos sensibles que son indicadores de calidad ecológica. De acuerdo a los diferentes índices biológicos utilizados, el índice IBF fue el que atribuyó menor calidad al recurso hídrico. Esta contaminación estuvo relacionada con el período muestreado, indicando una gran contaminación por sustancias orgánicas en el sitio de estudio. Los macroinvertebrados utilizados como indicadores de bioevaluación clasificaron el agua del Río Formoso con presencia de contaminación a largo plazo, mostrando así un impacto en el ecosistema.

Palabras clave: Monitoreo; Índices biológicos; Ecosistemas acuáticos.

1. Introdução

A relação entre o cerrado e a água no Brasil é estreita, já que esse domínio abriga nascentes de vários rios e abastece importantes aquíferos. Essa relação dá ao cerrado o título de “caixa d'água do Brasil”, pois é responsável por abastecer a maior parte dos rios e recursos hídricos do país. Neste bioma encontram-se as nascentes das maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazonas/Tocantins, São Francisco e Prata), que favorecem a biodiversidade (Rabelo et al. 2009).

As atividades antrópicas vêm afetando de forma muito intensa e rápida a qualidade da água (Silva 2016, Souza et al. 2016). Alguns aspectos têm causado problemas na qualidade das águas nas principais bacias hidrográficas do Tocantins, aspectos esses como, a falta de um planejamento eficiente do uso dos recursos hídricos, o avanço desordenado das fronteiras agrícolas, a poluição industrial, urbana, agrícola, variabilidade climática, como estiagens, entre outros (SEPLAN, 2016). A agricultura é a atividade antrópica que mais consome água no mundo, destinando-se para a irrigação de cultivos de grãos, frutas e hortaliças (Queiroz et al. 2008).

A agricultura se destaca como a responsável por produzir uma enorme quantidade de poluentes, que causam contaminações nos mais diferentes compartimentos ambientais (Queiroz et al. 2008). Esta contaminação causada pela agricultura ocorre tanto em águas superficiais quanto em águas subterrâneas, em decorrência do lançamento ao meio ambiente de substâncias como fertilizantes e agrotóxicos (Saraiva et al. 2009).

Como as redes hidrográficas são integradas, a contaminação dos corpos hídricos, pode ser encontrada não apenas nas regiões de plantio, mas em todos os ecossistemas do seu percurso (Queiroz et al. 2008). Mesmo que essas substâncias cheguem

aos rios e lagos em pequenas quantidades, a bioacumulação fará com que a sua ação seja altamente prejudicial ao longo das cadeias alimentares (Faria 2004, Lima 2010).

Índices de qualidade de água são utilizados para fornecer um indicativo da qualidade da água de um determinado local (Silva 2016). Tais índices, convertem informações de diversas variáveis, parâmetros e indicadores em um valor numérico que possibilita o seu enquadramento em classes ou categorias de qualidade. Com a variedade de uso da água, surgiram vários índices que indicam a qualidade em geral, para usos específicos, e para o planejamento ambiental, entre outros (Brasil 2001).

Para determinar todos os indicadores físicos, químicos e biológicos de qualidade, os custos são muito elevados e a execução é difícil, desta forma os índices de qualidade surgiram como uma alternativa para dar uma resposta de forma mais rápida e barata (Campos 2011, Aazami et al. 2015). A base para um biomonitoramento de qualidade de água é o conhecimento de que os diferentes organismos apresentam uma maior ou menor sensibilidade a determinados poluentes (Queiroz et al. 2008).

Neste contexto o objetivo deste trabalho foi monitorar e avaliar a qualidade hídrica do Rio Formoso, a margem de um projeto agrícola, usando como parâmetros os índices e diversidade dos macroinvertebrados.

2. Materiais e Métodos

O trabalho de pesquisa foi realizado nos períodos chuvoso e seco, com o intuito de obter informações sobre qualidade da água superficial do Rio Formoso.

2.1 Descrição da área de estudo

Conforme divisão hidrográfica da ANA - Agência Nacional das Águas (2018), a bacia do Rio Formoso apresenta uma área de drenagem de 21.328,57 km², cerca de 7,7 % da área total do Estado do Tocantins e 5,6 % da bacia do Rio Araguaia. A bacia do Rio Formoso abrange parte do território de 21 municípios dos estados do Tocantins e Goiás, compreendida entre as coordenadas geográficas 10°28' e 13°16' S e 48°50' e 49°57' W.

O Projeto de Irrigação do Rio Formoso está localizado dentro da várzea tropical no extremo oeste da Bacia do Bananal, caracterizado por uma área plana de baixa altitude, no município de Formoso do Araguaia, região sudoeste do estado do Tocantins. É considerado o maior projeto de arroz irrigado do tipo inundação do mundo, em área contínua, com sistema de subinundação, para produção de soja certificada no período de seca. Situado à margem do Rio Formoso, possui área de 27800 hectares com duas safras anuais. No período chuvoso na região (outubro a abril), ocupa-se com arroz irrigado com área cultivada de 18000 hectares em 2018 e produtividade média de 7500 kg por hectares. No período de estiagem na região (maio a setembro), basicamente a área é ocupada com a produção de soja para semente subirrigada (vazio sanitário), com produtividade média de 3300 kg por hectare e área de 16000 hectares cultivada, 2000 hectares de melancia subirrigada com produtividade média de 25000 kg por hectare.

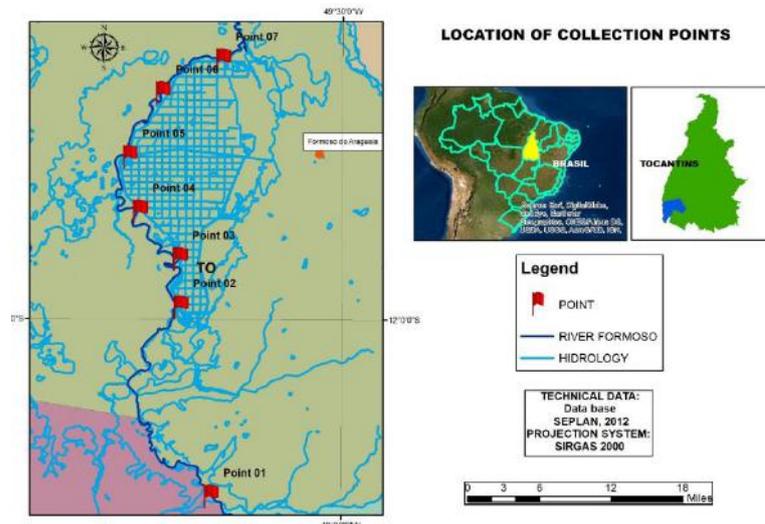
A região do projeto agrícola tem característica de uma região dominada pela agricultura e pecuária com poucas áreas de florestas e Parque de Cerrado.

2.2 Procedimento amostragem

Na Figura 1 são apresentados os 7 pontos de coleta realizados ao longo do Rio Formoso na região do Projeto Agrícola Formoso, em Formoso do Araguaia-TO. Os pontos de coleta foram escolhidos pela possível influência de contaminação do rio pelo uso de agrotóxicos ao longo da região em estudo. Selecionou-se no rio, um ponto anterior ao projeto agrícola (P1), cinco pontos ao longo do projeto (P2 a P6), um ponto após o rio passar a margem do projeto (P7). As quatro campanhas foram realizadas: em abril de 2018 (Campanha - C1) realizada no período chuvoso, julho de 2018 (Campanha 2 - C2) no período

seco, outubro de 2018 (Campanha 3- C3) realizadas no período seco e fevereiro de 2019 (Campanha 4- C4) realizada no período chuvoso. Duas coletas foram realizadas em cada ponto destacado, tanto no período chuvoso quanto no período seco.

Figura 1 – Localização dos pontos de coleta e projeto agrícola.



Fonte: SEPLAN (2012).

A amostragem ocorreu com frequência trimestral, sendo duas coletas em período chuvoso, onde, no projeto agrícola, se planta arroz irrigado em quase sua totalidade e duas amostragens no período seco, quando, 70 % da área plantada possui soja para semente e nos outros 30 % feijão, melancia e melão.

As amostras de água e macroinvertebrados bentônicos foram coletadas segundo CETESB (2012), acondicionadas em recipientes específicos para cada tipo de análise, resfriadas e encaminhadas para a análise laboratorial.

2.3 Identificação de Macroinvertebrados e Índice Biótico de Famílias de Hilsenhoff (IBF) e Biological Monitoring Working Party-score (BMWP)

A composição de espécies dos macroinvertebrados nos ecossistemas aquáticos reflete o nível de poluição da água. Para avaliação e classificação da qualidade da água, usou-se Índice Biótico de Hilsenhoff (IBF) e o Biological Monitoring Working Party-score (BMWP). A triagem e identificação foram realizadas utilizando lupa Leica modelo L2, acoplada em computador com o auxílio de literaturas especializadas (Hamada & Ferreira-Kelpler 2012).

Os resultados obtidos receberam um tratamento com caráter descritivo, tratamento matemático sobre forma de densidade numérica, riqueza e índices de indicação como: IBF e BMWP.

O IBF constitui um modo de avaliar a qualidade da água de onde são coletadas amostras de macroinvertebrados aquáticos. Este índice qualifica o ambiente de excelente a muito pobre, de acordo a presença ou ausência de famílias dos organismos. Neste método, a cada grupo taxonômico de família é atribuído valores de tolerância à poluição, baseados na tolerância dos grupos à poluição orgânica. Estes valores variam entre 0 e 10, em que 0 se aplica aos grupos menos tolerantes e 10 aos grupos mais tolerantes, e com isso é atribuído valores de tolerância à poluição orgânica.

O BMWP é um índice onde as famílias são ordenadas em 10 grupos, sendo conferido a cada grupo um valor numérico preestabelecido de acordo com sua tolerância à poluição. As pontuações são feitas de forma qualitativa e não quantitativa, de

modo que somente um exemplar é contado da respectiva família, ao contrário do IBF que utiliza todos os exemplares das famílias. A pontuação varia entre 1 e 10, onde as famílias sensíveis à poluição tem pontuações mais altas e famílias tolerantes pontuações mais baixas (ARMITAGE et al. 1983).

Para cálculo do BMWP foi utilizado Junqueira; Campos (1998) que estabelece pesos específicos para cada família de macroinvertebrados aquáticos.

2.4 Análises de parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e Índice de qualidade de água (IQA-NSF)

A National Sanitation Foundation (NSF) desenvolveu um índice de qualidade de água (IQA) para comparar a qualidade dos corpos hídricos e monitorar as alterações temporais ou espaciais na qualidade da água, refletindo a sua contaminação por ações antrópicas (Ferreira et al., 2015).

No IQA (NSF) são avaliados nove parâmetros com seus respectivos pesos (w), são eles: variação da temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido (OD), resíduo total (ou sólidos totais), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total e turbidez. O cálculo do IQA é realizado por meio do produto ponderado desses nove parâmetros gerando um número entre 0 a 100, sendo esse valor classificado em faixas.

As análises como: pH, temperatura do ar e da água, oxigênio dissolvido (OD), turbidez e sólidos totais dissolvidos, foram realizadas através de sonda multiparamétrica e realizadas no local da coleta, não precisando de armazenamento para transporte.

Os métodos analíticos utilizados para a determinação de Fósforo total obedeceram a procedimentos e metodologias recomendadas no Standard methods for the examination of water and wast-water (APHA, 2005).

Para as análises de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Nitrogênio utilizou-se o método de diferenciação, e para Nitrogênio Orgânico, método Kjeldahl, os Coliformes totais foram determinados pelo método Colilert (APHA, 2005).

3. Resultados e Discussões

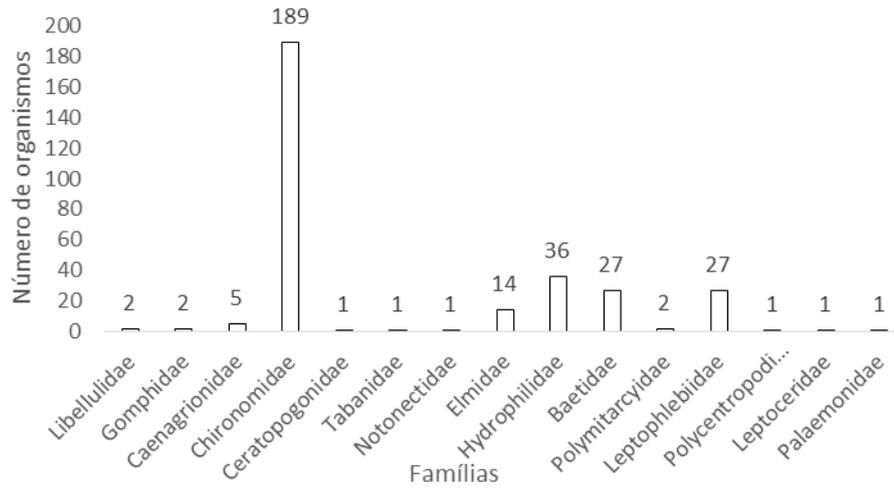
3.1 Identificação de Macroinvertebrados

A flutuação de riqueza desses organismos invertebrados em ambientes aquáticos gera mudança na função dos ecossistemas (Aazami et al. 2015). A disponibilidade de um determinado grupo ao longo do rio pode indicar a disponibilidade de recursos alimentares e de status de condições ambientais (Copatti et al. 2013).

As campanhas totalizaram o número de 1.618 macroinvertebrados coletados na área amostrada, nos 7 pontos e nas 4 campanhas de coletas.

Na Campanha 1, os pontos apresentaram um total de 310 organismos distribuídos em sete ordens e 15 famílias, dessas foram coletados 50 organismos no ponto amostral P1, 74 em P2, 46 em P3, 40 em P4, 65 em P5, 14 em P6 e 21 em P7, representados pelas ordens de Odonata com três famílias (Libellulidae, Gomphidae e Coenagrionidae), Diptera com três famílias (Chironomidae, Ceratopogonidae e Tabanidae), Hemiptera com uma família (Notonectidae), Coleoptera com duas famílias (Elmidae e Hydrophilidae), Ephemeroptera com três famílias (Baetidae, Polymitarcyidae e Leptophlebiidae), Trichoptera com duas famílias (Polycentropodidae e Leptoceridae) e Decapoda com uma família (Palaemonidae), essa distribuição pode ser melhor visualizada na Figura 2.

Figura 2 - Representação da riqueza das famílias coletadas na área de influência na C1.

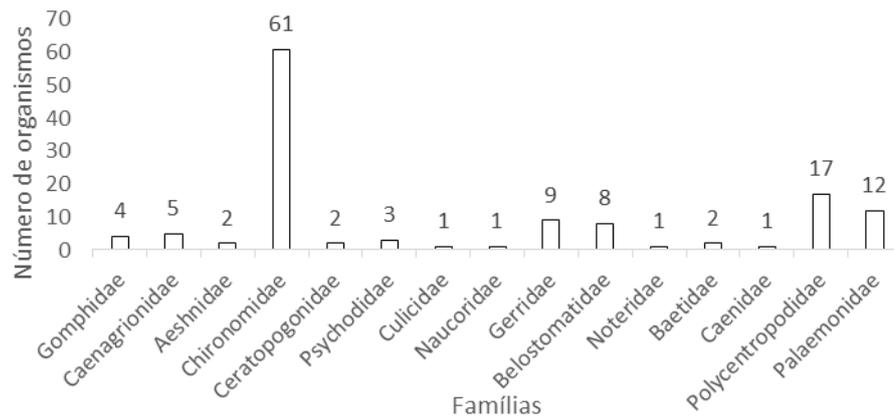


Fonte: Autores.

A Campanha 2, apresentou o total de 129 organismos distribuídos em sete ordens e 15 famílias, com coleta de 16 organismos no ponto amostral P2, 21 em P4, 7 em P5, 29 em P6 e 56 em P7, representados pelas ordens de Odonata com três famílias (Gomphidae, Coenagrionidae e Aeshnidae), Diptera com quatro famílias (Chironomidae, Ceratopogonida e Psychodidae e Culicidae), Hemiptera com três famílias (Naucoridae, Gerridae e Belostomatidae), Coleoptera com uma família (Noteridae), Ephemeroptera com duas famílias (Baetidae e Caenidae), Trichoptera com uma família (Polycentropodidae) e Decapoda com uma família (Palaemonidae).

A Figura 3 abaixo mostra a distribuição dos organismos por famílias. Vale ressaltar que nesta campanha os pontos P1 e P3 não foram amostrados.

Figura 3 - Representação da riqueza das famílias coletadas na área de influência na C2.

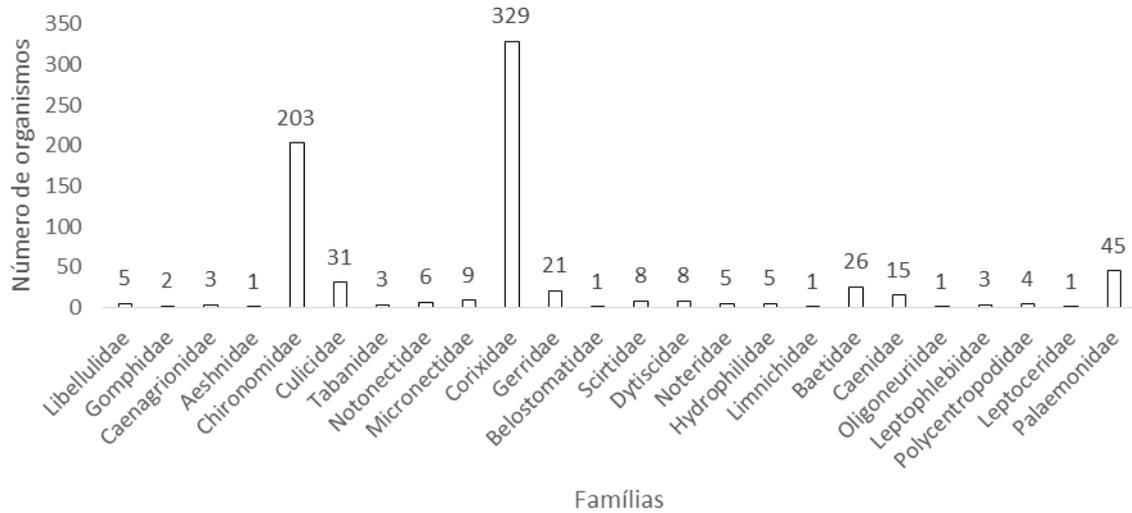


Fonte: Autores.

A Campanha 3, apresentou um total de 736 organismos coletados e distribuídos em sete ordens e 24 famílias, com 331 organismos (Figura 4). No ponto amostral P1, 46 em P2, 91 em P3, 101 em P4, 61 em P5, 34 em P6 e 72 em P7, representados pelas ordens de Odonata com quatro famílias (Libellulidae, Gomphidae, Coenagrionidae e Aeshnidae), Diptera com três famílias (Chironomidae, Culicidae e Tabanidae), Hemiptera com cinco famílias (Notonectidae, Micronectidae, Gerridae, Corixidae e Belostomatidae), Coleoptera com cinco famílias (Scirtidae, Dytiscidae, Noteridae, Hydrophilidae e Limnichidae),

Ephemeroptera com quatro famílias (Baetidae, Caenidae, Oligoneuriidae e Leptophlebiidae), Trichoptera com duas famílias (Polycentropodidae e Leptoceridae) e Decapoda com uma família (Palaemonidae).

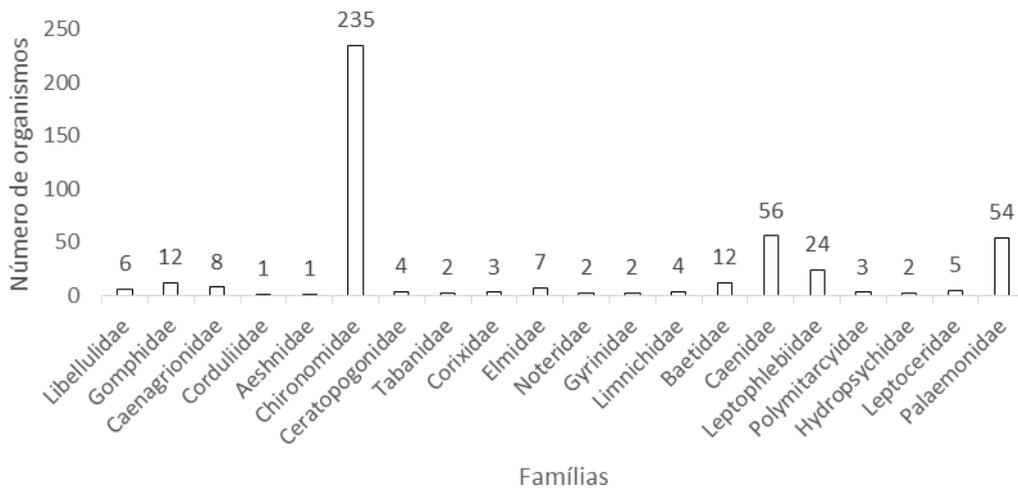
Figura 4 - Representação da riqueza das famílias coletadas na área de influência na C3.



Fonte: Autores.

A Campanha 4, no total de 443 organismos foram coletados e de distribuídos em sete ordens e 20 famílias, com 70 organismos no ponto amostral P1, 72 em P2, 24 em P3, 24 em P4, 107 em P5, 34 em P6 e 112 em P7, representados pelas ordens de Odonata com cinco famílias (Libellulidae, Gomphidae, Coenagrionidae, Corduliidae e Aeshnidae), Diptera com três famílias (Chironomidae, Ceratopogonidae e Tabanidae), Hemiptera com uma família (Corixidae), Coleoptera com quatro famílias (Elmidae, Noteridae, Gyrinidae e Limnichidae), Ephemeroptera com quatro famílias (Baetidae, Caenidae, Leptophlebiidae e Polymitarciidae), Trichoptera com duas famílias (Hydropsychidae e Leptoceridae) e Decapoda com uma família (Palaemonidae), figura 5.

Figura 5 - Representação da riqueza das famílias coletadas na área de influência na C4.



Fonte: Autores.

Entre os organismos identificados os pertencentes a família Chironomidae (Diptera) foram os mais abundantes, com dominância na maioria das campanhas (Figura 2, 2 e 4) a exceção da Campanha 3 a família Corixidae (Hemiptera) (Figura 4). Os organismos pertencentes a família Chironomidae totalizaram cerca de 60,97 % dos macroinvertebrados coletados na Campanha 1, 47,28 % na Campanha 2 e 53,05 % na Campanha 4, já o segundo grupo de organismos dominantes pertencentes a família Corixidae totalizaram 44,70 % de macroinvertebrados coletados na Campanha 3.

Segundo Tapia et al. (2018), é reconhecida a supremacia da família Chironomidae em locais com interferência antrópica, com entrada de poluentes inorgânicos, assim como agrotóxicos levados de áreas agrícolas, o que pode explicar a abundância desse grupo nos pontos estudados. Estes possuem múltiplas estratégias de adaptação ao stresse e alimentação. Assim, como da família Chironomidae, organismos da família Corixidae também se caracterizam por estarem presentes em ambientes com poluição.

Como grupos de organismos indicam de forma diferente os efeitos de poluição, a composição de ordens e famílias, e a distribuição espaço temporal dos organismos aquáticos, se alteram dependendo do impacto. Quanto mais intenso for o impacto, mais evidente as respostas ecológicas desses organismos bioindicadores, podendo, por exemplo, ter no meio organismos sensíveis a poluição (Zardo 2011).

Entre os organismos que são considerados indicadores de boa qualidade, podemos citar: aqueles pertencentes às ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) (Domínguez et al. 2006). Os pontos exibiram organismos da ordem Ephemeroptera em todas as campanhas, porém não em todos os pontos. No geral as campanhas demonstraram ainda baixa diversidade da ordem Trichoptera, além da ausência de macroinvertebrados que compõem a ordem Plecoptera, logo nota-se pela falta desses organismos que existe um impacto no ambiente, já a presença destes dão ao meio uma melhor qualidade ambiental.

Para análise da dominância e frequência dos macroinvertebrados bentônicos, foram estabelecidas categorias, conforme realizado por o Abílio et al. (2007), em estudos sobre macroinvertebrados bentônicos na Caatinga. Neste trabalho o autor classifica da seguinte forma os macroinvertebrados bentônicos: eudominantes (superior a 60 % de abundância relativa), dominantes (de 25 a 59 % de abundância relativa), frequentes (de 10 a 24 % de abundância relativa), pouco frequente (de 5 a 9 % de abundância relativa), raro (menor que 5 % de abundância relativa).

Segundo Tapia et al. (2018), quanto maior a abundância relativa desses organismos no local, maior a qualidade da água, já que esta ordem é mais sensível a poluição de orgânicos.

Após análise dos resultados das 4 campanhas de coletas e realizado a relação conforme descrito por Abílio et al. (2007), verificou-se que se em alguns pontos estes organismos são raros ou pouco frequentes, conforme Tabela 1. Nesta tabela pode-se perceber que de forma geral ao analisarmos os pontos amostrais P5 e P6, estes apresentam menor abundância relativa, com 2,5 % (raro) e 8,1 % (pouco frequente), respectivamente desses organismos, que significa, menor presença de organismos indicadores de qualidade ambiental. Já o P1, que serve como referência de qualidade do rio antes desse passar as margens do projeto com uma abundância relativa de 31,6 % (dominante), ou seja, uma quantidade maior de organismos EPT.

Tabela 1 - Dominância e frequência dos macroinvertebrados bentônicos nos pontos amostrais e diferentes campanhas.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
C1	Dominante	Frequente	Frequente	Dominante	Raro	Frequente	Raro
C2	*NA	Raro	*NA	Raro	Frequente	Raro	Dominante
C3	Raro	Frequente	Frequente	Frequente	Raro	Pouco Frequente	Raro
C4	Frequente	Frequente	Dominantes	Pouco Frequente	Raro	Pouco Frequente	Dominante

*NA- não analisado. Fonte: Autores.

A região de estudo apresenta dois períodos distintos de clima, com variações de índices pluviométricos, vazão do rio e níveis de água que são fatores determinantes para o processo de adaptação e colonização.

As condições pluviométricas no local amostrado no dia da coleta das amostras foram de 11,4mm na C1, 0 mm de chuva nas C2 e C3 de coleta, e de 0,6 mm na C4. A profundidade do rio nas campanhas diferiram bastante nesses períodos amostrados sendo, na C1, 830 cm no P1 e 650 cm no P5; C2, 275 cm no P1 e 183 cm no P5; na C3, 233cm no P1 e 158cm no P5 e na C4, 413 cm no P1 e 249 cm no P5. Os dados são referentes apenas a esses 2 pontos, pois apenas esses possuem aparelhos de monitoramento fixos no local.

Condições secas podem levar a um aumento da população de macroinvertebrados, em período de chuva ocorre homogeneização e diluição de condições físicas, químicas e biológicas da água, entrada de matéria orgânica e nutrientes de origem alóctone.

Neste estudo verificou-se no período de estiagem houve maior riqueza das ordens e famílias, porém, a abundância relativa de organismos indicadores de qualidade (EPT), é menor, sendo C1 e C4, período chuvoso de 18,7 e 23 % respectivamente e C2 e C3, período estiagem de 14 a 6,9 % respectivamente. Em estudos realizados por Zardo (2011), a maior abundância ocorreu em período chuvoso onde a vazão do rio é maior, podendo ter havido um maior carregamento de nutrientes, já que o local de estudo não apresentava mata ciliar.

3.2 Índices biológicos de qualidade de água

Observado por Xu et al. (2014), a poluição afeta a biodiversidade da comunidade aquática, e a composição das espécies, muda de espécies naturais para biotolerantes. A presença de determinados táxons com conhecida tolerância a poluição ambiental, nos ajuda nessa avaliação (Aazami et al. 2015), já que alguns macroinvertebrados apenas habitam um determinado grau de qualidade de água (Xu et al. 2014).

3.3 Índice Biótico de Família (IBF)

Os cálculos do IBF para os pontos analisados apresentaram a seguinte classificação (Tabela 2), em três campanhas (exceto a C2), o resultado da qualidade da água nos trechos, demonstraram ampla variação, indo de muito pobre a boa. Em todas as 3 campanhas de coleta (C1, C3 e C4), sendo que dessas, o ponto amostral P5 referente a Campanha 3 foi o que apresentou maior valor de índice e por consequência os piores resultados de qualidade da água, o que pode ser observado na Tabela 2. Por outro lado, os pontos P4, P5, P6, que se localizam ao longo do projeto agrícola e com menor quantidade de mata ciliar entre a plantação e o rio, apresentaram os piores resultados de qualidade de água, indicativo de uma severa poluição orgânica neste trecho do rio.

Tabela 2 - Resultados de qualidade de água baseados nos valores do Índice Biótico de Hilsenhoff (IBF).

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
C1	5,02 Razoável	5,94 Bastante pobre	7,46 Muito pobre	4,40 <u>Bom</u>	7,78 Muito pobre	6,86 Pobre	5,71 Razoável
C2	-	6,69 Pobre	-	6,81 Pobre	5,57 Razoável	6,24 Bastante pobre	6,93 Bastante pobre
C3	5,07 Razoável	6,56 Pobre	5,40 Razoável	7,22 Muito pobre	9,34 Muito pobre	7,94 Muito pobre	5,92 Bastante pobre
C4	5,77 Bastante pobre	5,50 Razoável	6,17 Bastante pobre	7,37 Muito pobre	7,60 Muito pobre	7,44 Muito pobre	7,17 Pobre

Excelente – Poluição orgânica improvável (0,00-3,75); Muito bom - Possível poluição orgânica leve (3,76-4,24); Bom - Alguma poluição orgânica provável (4,26-5,00); Razoável - provável poluição bastante substancial (5,01 - 5,75); Bastante pobre - poluição substancial provável (5,76-6,50); Pobre - provável poluição muito substancial (6,51-7,25); Muito pobre - poluição orgânica grave provável (7,26-10,0). Fonte: Autores.

Independente da campanha ou ponto analisado, segundo os índices IBF, apresentado na Tabela 2, todos os resultados apontam para presença de poluição orgânica em algum nível, mesmo no P1, isso também ocorre. Nesta tabela pode ser verificado que, independente no período seco ou chuvoso a qualidade da água do rio piora à medida que este passa a margem do projeto agrícola, tendo seu pior índice o P5 amostrado.

Guarda et al. (2020a, 2020b, 2020c), em seus estudos de monitoramento de pesticidas em diferentes compartimentos ambientais, detectaram presenças de pesticidas em água superficial no Rio Formoso, assim como no solo as margens do rio, nos mesmos pontos amostrados. Corroborando a presença de poluição por compostos orgânicos, verificados neste estudo.

Não foi observada nenhuma alteração significativa da qualidade, ao avaliarmos as diferentes épocas de coletas, quando avaliados os índices IBF na Tabela 2, embora nos estudos de pesticidas de Guarda et al. (2020a, 2020b, 2020c), foram verificados que o período seco na região, a poluição é mais crítica, onde maior número de princípios ativos foram detectados e quantificados como contaminantes.

3.4 Biological Monitoring Working Party-score (BMWP)

Ao calcular o índice BMWP nota-se que os resultados atingiram pontuações elevadas na maioria dos pontos, valor superior a 86 para a Campanha 1, 3 e 4, desta forma, a qualidade da água para essas campanhas é classificada como ótima. A Campanha 2 destaca-se novamente pela singularidade no resultado, para essa, os pontos obtiveram classificação de qualidade da água com pequena variação, assim o índice sugere que no trecho, a qualidade seja de satisfatória a ótima, conforme Tabela 3.

O índice em destaque leva em consideração o número de organismos coletados nos pontos, então infere-se que a dominância e abundância de determinado organismo contribua com a elevação do valor final do cálculo do índice, uma vez que, os pontos que exibiram maior quantidade de organismos dominantes e poucas diversidades de famílias, ainda assim conseguiram atingir valor superior a 86. Isso demonstra que o número alto de macroinvertebrados dominantes, contribuíram significativamente na elevação e melhora da qualidade da água no trecho avaliado.

Tabela 3 - Qualidade da água com base na pontuação atribuída pelo *Biological Monitoring Working Party-score* (BMWP).

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
C1	243	259	106	89	144	63	90
	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Satisfatória	Ótima
C2	-	63	-	56	39	124	222
		Satisfatória		Satisfatória	Satisfatória	Ótima	Ótima
C3	1611	153	396	352	234	89	238
	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima
C4	276	403	92	91	254	89	524
	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima

Ótima (> 86); Boa (64-85); Satisfatória (37-63); Ruim (17-36); Péssima (<16). Fonte: Autores.

Os dois índices utilizados deram resultados diferentes, isso pode ter ocorrido em função de utilizarem diferentes critérios para classificação. O índice BMWP as pontuações são feitas de forma qualitativa, enquanto o IBF utiliza uma abordagem mais quantitativa, com todos os exemplares das famílias, dando um resultado mais real da situação.

3.5 Análises de Parâmetros físico químicos e Índice de Qualidade de Água IQA-NSF

Os resultados apresentados na Tabela 4 são comparados com os valores estabelecidos pela legislação brasileira obtidos na resolução número 357, de 17 de março de 2005 do CONAMA (Brasil, 2005), que estabelece classes de qualidade de água baseados no uso dos corpos hídricos, e determina limites máximos para parâmetros, que asseguram a qualidade e o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos. No presente trabalho, usou-se como referência os valores para classe II.

Tabela 4 - Resultados das variáveis físicas, químicas e microbiológicas analisadas nos pontos monitorados.

		C1							C2						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
T	°C	26,00	26,50	26,40	26,55	26,86	26,76	26,83	25,65	29,32	29,27	28,37	28,63	28,52	27,49
Turb	NTU	6,80	4,70	4,40	3,60	2,30	2,30	3,30	11,22	14,20	22,80	43,70	17,70	19,50	17,10
STD	mg.L ⁻¹	27,00	23,00	23,00	24,00	22,00	23,00	23,00	270,00	46,00	50,00	59,00	50,00	45,00	44,00
OD	mg.L ⁻¹	7,30	3,83	3,31	2,55	2,94	3,19	3,27	4,24	5,94	6,34	5,85	6,72	5,27	5,41
BOD	mg.L ⁻¹	3,95	4,47	4,76	4,60	4,68	4,70	3,20	2,36	0,77	1,71	1,10	1,60	2,20	2,08
pH		7,12	6,63	6,46	6,51	6,60	6,61	6,69	7,55	7,84	6,66	7,20	6,80	7,60	NA
N total	mg.L ⁻¹	0,93	1,43	1,90	1,45	0,90	1,01	1,00	3,32	3,38	2,25	1,26	3,20	4,16	1,48
P total	mg.L ⁻¹	0,26	0,29	0,40	0,24	0,32	0,24	0,22	0,27	0,25	0,25	0,20	0,16	0,22	0,19
Coli Totais	NMP. 100 mL ⁻¹	> 2419	> 2419	> 2419	> 2419	> 2419	> 2419	> 2419	>2419	>2419	>2419	>2419	1553	>2419	>2419
		C3							C4						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
T	°C	32,00	32,80	30,42	28,89	24,73	31,20	31,42	31,72	29,35	30,25	30,34	31,32	31,00	32,25
Turb	NTU	17,60	26,20	26,00	28,40	22,60	17,20	14,60	27,4	59,60	40,50	41,80	19,00	17,50	32,10
STD	mg.L ⁻¹	34,00	70,00	78,00	85,00	83,00	79,00	78,00	30,00	32,0	33,00	36,00	36,00	40,00	40,00
OD	mg.L ⁻¹	3,52	5,91	5,02	4,53	3,07	4,59	6,98	3,61	5,30	5,30	4,06	5,89	4,39	4,69
BOD	mg.L ⁻¹	4,90	5,01	4,02	4,53	3,07	4,59	5,80	4,53	4,28	3,16	2,64	3,20	2,98	2,94
pH		6,96	7,62	7,55	7,43	7,49	7,20	7,25	6,39	7,10	6,86	7,00	7,43	6,55	6,49
N total	mg.L ⁻¹	1,28	2,35	1,39	1,37	2,24	1,40	1,50	2,48	2,24	3,45	3,01	2,67	3,38	4,03
P total	mg.L ⁻¹	0,28	0,20	0,21	0,38	0,17	0,15	0,13	0,29	0,43	0,43	0,32	0,42	0,35	0,47
Coli Totais	NMP. 100 mL ⁻¹	2419,6	>2419	>2419	>2419	>2419	>2419	>2419	>2419	>2419	>2419	>2419	>2419	>2419	>2419

Temperature (T), Turbidez (Turb), Sólidos Totais dissolvidos (STD), Oxigênio dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de oxigênio (BOD), Coliformes totais (Coli Total) Fonte: Autores.

Ao avaliarmos estes resultados, podemos observar que alguns estão em desconformidade com esta legislação, como é o caso do fósforo total.

Nos ambientes aquáticos o fósforo pode ser encontrado na forma orgânica e/ou inorgânica. Em ambas as formas, pode estar solúvel (matéria orgânica dissolvida ou sais de fósforo) ou particulado (biomassa microbiana ou compostos minerais). A presença de altas concentrações de fósforo, pode estar ligada a processos naturais ou antrópicos (Bortoletto et al., 2015).

No Rio Formoso esta alta concentração se fez presente ao longo dos pontos amostrados, nos diferentes períodos monitorados. Em áreas rurais, caso o fósforo não seja proveniente de fontes naturais, pode estar relacionado com o uso de fertilizantes e agrotóxicos.

Nas campanhas realizadas no período chuvoso, os valores foram maiores que no período seco, indicativo de que pode ter ocorrido escoamento superficial de fósforo proveniente de fertilizantes utilizados na região.

O fósforo é um nutriente importante para o crescimento das plantas aquáticas e sua alta concentração pode gerar eutrofização e, como consequência, uma drástica redução do número de espécies aquáticas vegetais e animais. Logo, no período seco na região com um menor teor de fósforo, pode justificar a maior abundância de macroinvertebrados neste período, embora tenham sido registrados organismos de menor qualidade ambiental, em comparação ao período chuvoso.

Segundo CETESB (2018), valores de condutividade elétrica superiores a $100\mu\text{S cm}^{-1}$, indicam ambientes impactados como foi observado nos resultados encontrados Campanha 3 de coleta, nos pontos a margem do Projeto Agrícola. Este foi o período mais seco do monitoramento, onde os resultados mostram um impacto ambiental enorme no rio.

O oxigênio dissolvido em água é um dos indicadores de qualidade mais importantes na dinâmica dos ambientes aquáticos, pois este gás é essencial para o metabolismo dos diferentes organismos aeróbios presentes no rio, é fundamental para o equilíbrio dessas comunidades (Amorim et al., 2017). Neste monitoramento ele se manteve com valores baixos, indicando um impacto enorme aos organismos aquáticos dos compartimentos ambientais deste rio, principalmente a partir do P4 de monitoramento, o que se observa neste ponto de coleta é uma maior proximidade de propriedade rural com o rio, não ocorrendo mata ciliar protegendo a margem do mesmo.

No estado do Tocantins, a Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH) através do Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água - QUALIÁGUA da Agência Nacional de Águas (ANA), monitorou no ano de 2017 e 2018, o Rio Formoso, trimestralmente. Em 2017, os resultados mostraram que o OD foi um dos maiores problemas encontrados dentro dos parâmetros analisados nos recursos hídricos do estado (SEMARH, 2017), assim como, também foi observado ao término das análises de 2018, vários rios com valores inferiores ao estabelecido pela legislação (SEMARH 2018a; SEMARH 2018b; SEMARH 2018c; SEMARH 2018d).

No período de monitoramento deste trabalho, a DBO apresentou-se alta ($> 5 \text{ mg.L}^{-1}$), nos pontos P2 da Campanha 3 e ponto P7 da Campanha 4. Segundo XU et al. (2014), agrotóxicos e fertilizantes da agricultura contribuem com descargas de 43 % de DQO, 67 % de fósforo e 57 % de nitrogênio para os corpos hídricos. Por ser uma região com característica agrícola e os pontos amostrados a margem de um Projeto Agrícola, esta atividade pode ser a responsável por estes resultados alterados.

Todos os demais parâmetros indicadores de qualidade encontram-se em conformidade com a legislação. Ao utilizarmos esses resultados na obtenção do IQA-NSF, verificamos os resultados apresentados na Tabela 5 abaixo.

Tabela 5 - Valores de Índice de Qualidade de Água IQA-NSF.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
C1	73,09 Bom	48,26 Ruim	56,90 Médio	51,27 Médio	54,79 Médio	57,18 Médio	55,89 Médio
C2	61,95 Médio	73,95 Bom	72,79 Bom	68,66 Médio	75,93 Bom	59,92 Médio	68,07 Médio
C3	63,90 Médio	63,46 Médio	58,77 Médio	57,16 Médio	53,80 Médio	65,13 Médio	75,03 Bom
C4	53,82 Médio	54,57 Médio	57,31 Médio	57,13 Médio	68,32 Médio	58,68 Médio	59,29 Médio

NFS-Excelente ($90 < IQA \leq 100$); Bom ($70 < IQA \leq 90$); Médio ($50 < IQA \leq 70$); Ruim ($25 < IQA \leq 50$); Muito Ruim ($0 < IQA \leq 25$). Fonte: Autores.

De forma geral a qualidade da água utilizando o IQA com a classificação NSF verifica-se que a qualidade da água é média, obtendo-se resultados de boa apenas no ponto P1 da Campanha 1 e pontos P2, P3, P4 da Campanha 2, permanecendo o ponto P2 da Campanha 1 com qualidade ruim.

Verifica-se que de forma geral, não temos nenhum dos resultados apresentados na Tabela 5 uma classificação de água como de ótima ou de excelente qualidade. Verificou-se que na Campanha 2 no período seco a qualidade é inferior as demais épocas coletadas, embora os valores obtidos de OD, apenas nesta campanha, que se encontram em conformidade com a legislação.

Segundo Zardo (2011), o monitoramento de parâmetro físico, químicos e biológicos apresentam algumas vantagens quando se quer uma avaliação imediata do impacto ambiental por modificação em propriedades físico-químicas, porém apresentam desvantagens de uma descontinuidade temporal e especial das amostragens. Esse tipo de monitoramento é ineficiente e o conhecimento das comunidades biológicas que nos proporcionam uma análise mais fiel das condições a um prazo mais longo, já que alguns grupos de organismos são mais sensíveis as condições ambientais, e que outros, conseguem viver em ambientes com condições mais afetadas. As alterações nos habitats e microhabitats são melhores na determinação das consequentes alterações na qualidade dos ecossistemas, pois nos permitem maior entendimento causa e avaliação dos efeitos.

Tapia et al. (2018), afirmam que o conhecimento de que as análises físico químicas refletem a qualidade da água apenas no momento da amostragem, isso porque o resultado de um parâmetro físico químico analisado em um estudo, representa a situação apenas no momento da amostragem, como o meio ambiente é dinâmico, mudando momento da amostragem o resultado pode ser outro.

Após essa percepção apresentada pelos autores acima mencionados, e pelos resultados encontrados neste trabalho, observou-se que, se levassemos em consideração apenas o IQA a qualidade do rio estaria de média a boa, porém, quando avaliamos os índices que consideram os macroinvertebrados e a possível poluição orgânica como o IBF, essa qualidade cai muito.

4. Considerações Finais

As análises dos resultados apresentados acima indicaram que existe uma substancial poluição por compostos orgânicos, ao se avaliar o IBF, embora pelos BMWP a qualidade da água seja ótima (exceto Campanha 2). Quanto à abundância e dominância dos macroinvertebrados coletados, os pontos P5 e P6 mais ao final do projeto agrícola, são os que

apresentam menor abundância de organismos considerados indicadores de qualidade, que possuem menor tolerância a poluidores e outros estressores, e indicou que por período de estiagem é o mais crítico para o ecossistema aquático.

Somente com monitoramento biológico da qualidade desses ambientes é possível se avaliar a dimensão da contaminação hídrica, realizar a remediação de áreas contaminadas, planejar e gerenciar o uso da água, prevenir futuras contaminações e preservar a biodiversidade desse bioma tão importante.

O uso maciço de substâncias na agricultura e pecuária no projeto agrícola presente na região estudada pode afetar a biodiversidade do meio já que P1 amostrado no rio antes deste passar as margens do projeto agrícola é o de melhor qualidade ambiental, ressaltando a necessidade de constante monitoramento, controle das substâncias (fertilizantes e agrotóxicos) utilizados na região.

Portanto, é necessária a continuidade do monitoramento, aumentando o número de pontos analisados, e quem sabe apresentar tais dados como forma de tentar melhorar a qualidade de água e dos diferentes tipos de organismos que habitam os diversos compartimentos ambientais do Rio Formoso.

Referências

- Aazami, J., Esmaili-Sari, A., Abdoli, A., Sohrabi, H., & Brink, P. J. V. (2015). Monitoring and assessment of water health quality in the Tajan River, Iran using physicochemical, fish and macroinvertebrates indices. *J Environ Health Sci Engineer*, (2) 13-29. 10.1186/s40201-015-0186-y
- Abílio, F. J. P., Ruffo, T. L. M., De Souza, A. H. F. F., Florentino, H. D., Oliveira Júnior, E. T., Meireles, B. N., & Santana, A. C. D. (2007). Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da Caatinga. *Oecol. Bras.*, 11 (3): 397-409. https://www.researchgate.net/profile/Artur_Henrique_Souza/publication/28224195_Macroinvertebrados_Bentonicos_como_Bioindicadores_de_Qualidade_Ambiental_de_Corpos_Aquaticos_da_Caatinga/links/5afdd0e1a6fdcc3a5ac90fa9/Macroinvertebrados-Bentonicos-como-Bioindicadores-de-Qualidade-Ambiental-de-Corpos-Aquaticos-da-Caatinga.pdf
- APHA. (2005). *Standard methods for the examination of water and wast-water*. APHA, AWWA, WPCF, 21. Ed.
- Amorim, D. G., Cavalcante, P. R. S., Soares, L. S., & Amorim, P. L. C. (2017). Ordination and evaluation of the water quality index for the creeks Rabo de Porco and Precuá, located in the Premium I Refinery area, municipality of Bacabeira (MA), Brazil. *Eng Sanit Ambient*, 22 (2): 251-259. 10.1590/s1413-41522016131212.
- ANA. (2018). *Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia*. Agência Nacional Das Águas. <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/planejamento/planoderecursos/Tocantins-Araguaia.aspx>.
- Arias, A. R. L., Buss, D. F., Alburquerque, C., Inácio, A. F., Freire, M. M., Egler, M., Mugnai, R., & Baptista, D. F. (2007). Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. *Ciênc. saúde coletiva*, 12 (1): 61-72. 10.1590/S1413-81232007000100011.
- Armitage, P. D., Moss, D., Wright, J. F., & Furse, M. T. (1983). The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research*, 17 (3): 333-347. 10.1016/0043-1354(83)90188-4
- Bortoletto, E. C., Silva, H. A., Bonifácio, C. M., & Tavares, C. R. G. (2015). Water quality monitoring of the Pirapó River watershed, Paraná, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 75, 4(2), 148-157. doi:10.1590/1519-6984.00313suppl
- Brasil. (2001). Programa Nacional do Meio Ambiente – PNMA II. Índice e indicadores de qualidade da água: revisão da literatura. Recife: Ministério do Meio Ambiente. <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/indice-agua-volume2.pdf>
- Bortoletto, E. C., Silva, H. A., Bonifácio, C. M., & Tavares, C. R. G. Water quality monitoring of the Pirapó River watershed, Paraná, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 75, 4 (2), 148-157, (2015). 10.1590/1519-6984.00313suppl
- Campos, P. L. (2011). *Índice de qualidade de água com base na normalização dos dados a análise de componentes principais*. Lavras, Dissertação (Mestrado em recursos hídricos e sistemas agrícolas) – UFLA. http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/4576/1/DISSERTA%20C3%87%20C3%83O_%20C3%8Dndice%20de%20qualidade%20de%20C3%A1gua%20com%20base%20na%20normaliza%C3%A7%C3%A3o%20dos%20dados%20e%20an%C3%A1lise%20de%20componentes%20principais.pdf
- CETESB. (2018). *Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo*. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo- São Paulo. CETESB. Série Relatórios. <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2019/10/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-das-%C3%81guas-Interiores-no-Estado-de-SP-2018.pdf>
- CETESB. (2012). *Protocolo para o biomonitoramento com as comunidades bentônicas de rios e reservatórios do estado de São Paulo*. <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/protocolo-biomonitoramento-2012.pdf>
- Copatti, C. E., Ross, M., Copatti, B. R., & Seibel, L. F. (2013). Bioassessment using benthic macroinvertebrates of the water quality in the Tigreiro river, Jacuí Basin. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 35 (4): 521-529. 10.4025/actascibiols.v35i4.18934

- Domínguez, E., Molineri, C., Pescador, M. L., Hubbard, M. D., & Nieto, C. Ephemeroptera of South America. In: Adis, J., Arias, J. R., Rueda-Delgado, G., Wantzen, K. M. eds. *Aquatic Biodiversity in Latin America (ABLA)*. Sofia-Moscow, Pensoft. v. 2, 644p. 2006.
- Faria, L. J da Silva. (2004). *Avaliação de diferentes solventes na extração em fase sólida de pesticidas em água: desenvolvimento e validação de metodologia*. Campinas, Dissertação (Mestrado em Química Analítica)- UNICAMP. http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/250506/1/Faria_LeonardoJardimdaSilva_M.pdf
- Ferreira, K. C. D., Lopes, F. B., Andrade, E. M. De, Meireles, A. C. M., & Silva, G. S. Da. (2015). Adapting the National Sanitation Foundation water quality index to the Brazilian semiarid. *Revista Ciência Agronômica*, 46 (2): 277-286 abr-jun. 10.5935/1806-6690.20150007
- Guarda, P. M., Pontes, A. M. S., Domiciano, R. S., Gualberto, L. S., Mendes, D. B., Guarda, E. A., & Silva, J. E. C. (2020a). Assessment of Ecological Risk and Environmental Behavior of Pesticides in Environmental Compartments of the Formoso River in Tocantins, Brazil. *Arch Environ Contam. Toxicol*, 79: 524–536. <http://doi.org/10.1007/s00244-020-00770-7>
- Guarda, P. M., Pontes, A. M. S., Domiciano, R. S., Gualberto, L. S., Mendes, D. B., Guarda, E. A., & Silva, J. E. C. (2020b). Analysis of triazines, triazoles, and benzimidazoles used as pesticides in different environmental compartments of the Formoso River and their influence on biodiversity in Tocantins. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 55 (9): 783-793 <http://doi.org/10.1080/03601234.2020.1784667>
- Guarda, P. M., Pontes, A. M. S., Domiciano, R. S., Gualberto, L. S., Mendes, D. B., Guarda, E. A., & Silva, J. E. C. (2020c). Determination of Carbamates and Thiocarbamates in Water, Soil and Sediment of the Formoso River, TO, Brazil. *Chemistry & Biodiversity*, 17 (4) DOI:<https://doi.org/10.1002/cbdv.201900717>
- Hamada, N., & Ferreira-Kelpler R. L. (2012). *Guia ilustrado de insetos aquáticos e semiaquáticos da Reserva Florestal Ducke Manaus Amazonas, Brasil*. Universidade Federal do Amazonas, 1ª Ed.
- Hilsenhoff, W. L. (1988). *Use of arthropods to evaluate water quality of streams. Technical Bulletin*, 100 (15). <http://digicoll.library.wisc.edu/cgi-bin/EcoNatRes/EcoNatRes-idx?type=article&did=EcoNatRes.DNRBull100.i0001&id=EcoNatRes.DNRBull100&isize=M>
- Junqueira, V.M., & Campos, S.C.M. (1998). Adaptation of the BMWP method for water quality evaluation to Rio das Velhas watershed (Minas Gerais, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensis*, 10 (12): 125-135. <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutedobotanica/1998/01/adaptation-of-the-bmwp-method-for-water-quality-evaluation-to-rio-das-velhas-watershed-minas-gerais-brazil/>
- Lima, R. A. M. (2010). *Avaliação da contaminação de Leptodactylus ocellatus, ocasionada por agrotóxicos, na sub-bacia do Rio Urubu – TO. Palmas*, Dissertação (Mestrado) - UFT. <https://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/700/1/Raquel%20Aparecida%20Mendes%20Lima%20%20Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>
- Pinto, C.C., Calazans, G.M., & Oliveira, S.C. (2019). Assessment of spatial variations in the surface water quality of the Velhas River Basin, Brazil, using multivariate statistical analysis and nonparametric statistics. *Environ Monit Assess*, 191 (164). 10.1007/s10661-019-7281-y
- Queiroz, J. F., Silva, M. S. G. M., & Strixino, S. T. (2008). Organismos Bentônico: biomonitoramento de qualidade de água. Jaguariúna. *Embrapa Meio Ambiente*. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/15644/organismos-bentonicos-biomonitoramento-de-qualidade-de-aguas>
- Rabelo, C. G. Ferreira, M. E., Araújo, J. V. G., Stone, L. F., Silva, S. C., & Gomes, M. P. (2009). Influência do uso do solo na qualidade da água no bioma cerrado: um estudo comparativo entre bacias hidrográficas no Estado de Goiás. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, 4 (2): 172-187. 10.4136/ambi-agua96
- Saraiva, V. K., Nascimento, M. R. L. do, Palmieri, H. E. L., & Jacomino, V. M. F. (2009). Avaliação da qualidade de sedimentos - estudo de caso: sub-bacia do Ribeirão Espírito Santo, afluente do Rio São Francisco. *Química Nova*, 32 (8): 1995-2002. 10.1590/S0100-40422009000800003
- SEMARH. (2017). *Boletim de qualidade de água*. Secretaria do Meio Ambiente e Recurso Hídricos - Governo do Tocantins. Boletim. <https://hidricos/boletim-de-qualidade-de-agua/-boletim-anual-2017/>
- SEMARH. (2018a). *Boletim de qualidade de água*. Secretaria do Meio Ambiente e Recurso Hídricos - Governo do Tocantins.- Boletim Trimestral 1. <https://central3.to.gov.br/arquivo/416996/>
- SEMARH. (2018b). *Boletim de qualidade de água*. Secretaria do Meio Ambiente e Recurso Hídricos - Governo do Tocantins.- Boletim Trimestral 2. <https://central3.to.gov.br/arquivo/412019/>
- SEMARH. (2018c). *Boletim de qualidade de água*. Secretaria do Meio Ambiente e Recurso Hídricos - Governo do Tocantins.- Boletim Trimestral 3. <https://central3.to.gov.br/arquivo/416998/>
- SEMARH. (2018d).. *Boletim de qualidade de água*. Secretaria do Meio Ambiente e Recurso Hídricos- Governo do Tocantins.- Boletim Trimestral 4. <https://central3.to.gov.br/arquivo/427447/>
- SEPLAN. (2016). *Perfil do agronegócio tocaninense-Versão Final (P6)*. Secretaria do Planejamento e Orçamento – Governo do Estado do Tocantins. Março <https://central3.to.gov.br/arquivo/279142/>
- SEPLAN - Secretaria do Planejamento e Orçamento – Governo do Estado do Tocantins. (2012). *Base de Dados Geográficos do Estado do Tocantins*. <http://www.sefaz.to.gov.br/zonamento/bases-vetoriais/base-de-dados-geograficos-do-tocantins-atualizacao-2012/>
- Silva, D. B. (2016). *Qualidade de Água e Sedimento em Reservatório*. São Paulo, Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear-Materiais) - Instituto De Pesquisas Energéticas e Nucleares. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-08072016-103350/publico/2016SilvaQualidade.pdf>
- Sousa, A. C., Cruz, A. D., Oliveira, G. J. S, Felix, A. M. C. Nunes, R. K. F., & Alves, G. S. (2016). Análise exploratória da qualidade da água tratada, armazenada em caixas d'água do bairro do Roger, em João Pessoa-PB. *Principia* (João Pessoa), 29: 110-118. 10.18265/1517-03062015v1n29p110-118

Souza, P.A.P. (2001). Importância do uso de bioindicadores de qualidade: o caso específico das águas. In: Felicidade, N. Et al. *Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil*. São Carlos: Rima.

Tapia, L., Sánchez, T., Baylón, M., Jara, E., Arteaga, C., Maceda, D., & Salvatierra, A. (2018). Invertebrados bentônicos como bioindicadores de calidad de agua en lagunas Altoandinas del Perú. *Ecología Aplicada*, 17 (2): 149-163. 10.21704/rea.v17i2.1235

Xu, M., Wang, Z., Duan, X., & Pan, B. (2014). Effects of pollution on macroinvertebrates and water quality bio-assessment. *Hydrobiologia*, 729: 247–259. 10.1007/s10750-013-1504-y

Zardo, D. C. (2011). *Ocorrência de macroinvertebrados bentônicos em ecossistema aquático localizado em área agrícola no município de Campo Verde-MT*. Cuiabá Dissertação- UFMT.