

Aplicación de los índices biológicos *Biological Monitoring Working Party* y *Average Score per Taxon* para evaluar la calidad del agua del río Ouricuri en el Municipio de Capanema, Estado de Pará, Brasil*

Aplicação dos índices biológicos *Biological Monitoring Working Party* e *Average Score per Taxon* para avaliar a qualidade de água do rio Ouricuri no Município de Capanema, Estado do Pará, Brasil

Application of the biological indices *Biological Monitoring Working Party* and *Average Score per Taxon* to assess the water quality of Ouricuri river in the Municipality of Capanema, Pará State, Brazil

Kelves Willames dos Santos Silva

Laboratório de Biologia Molecular e Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Bragança, Pará, Brasil

Mauro André Damasceno de Melo

Laboratório de Biologia Molecular e Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Bragança, Pará, Brasil

Nafitalino dos Santos Everton

Laboratório de Biologia Molecular e Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Bragança, Pará, Brasil

RESUMEN

Problemas ambientales relacionados a la calidad del agua en ecosistemas continentales ha motivado la realización de estudios para proteger y conservar estos ambientes. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua en cinco puntos del río Ouricuri, localizados dentro y fuera de la zona urbana del Municipio de Capanema, Estado de Pará, Brasil, utilizando los índices biológicos *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) y *Average Score per Taxon* (ASPT). El resultado de la evaluación de los índices biológicos identificó un estándar de calidad de agua que se presentó como dudosa (P1), crítica (P2, P3 y P4) y muy crítica (P5), contaminadas de forma moderada y severa. Los valores de riqueza taxonómica tienden a disminuir de modo descendiente del punto P2, acompañados por el aumento de los niveles de turbidez, materia orgánica y fósforo total, estos dos últimos medidos a nivel de sustrato. Se identificaron 1.039 individuos pertenecientes a 14 familias en los cinco puntos muestreados, y los principales grupos fueron identificados como Chironomidae, Oligochaeta y Thiaridae. El cambio en la composición de la fauna de macroinvertebrados a lo largo del río Ouricuri se muestra como resultado de la combinación de factores antrópicos asociados al mismo, tales como: pérdida de bosques de galería, erosión de márgenes, cambio de sustrato, flujo de efluentes domésticos y proliferación de macrófitas.

Palabras clave: Macroinvertebrados; Bioindicadores; Potabilidad; Conservación.

* Artículo presentado al I Seminario de Investigación en Medio Ambiente y Conservación (I SPMAC), promovido por el Programa de Posgrado en Ciencias y Medio Ambiente (PPGCMA) y el Laboratorio de Simulación Computacional en Medio Ambiente (LSCMAM) de la Universidad Federal de Pará (UFPA), realizado de 4 a 8 de mayo de 2015 en la Ciudad de Belém, Estado de Pará, Brasil. Los Editores agradecen la colaboración del PPGCMA/UFPA y LSCMAM/UFPA y por haber elegido a la Revista Pan-Amazônica de Saúde para publicación de los excelentes trabajos presentados al evento.

Correspondencia / Correspondência / Correspondence:

Mauro André Damasceno de Melo

Rua da Escola Agrícola, s/n°. Bairro: Taíra.

CEP: 68600-000 Bragança-Pará-Brasil.

Tel.: +55 (82) 98891-2202

E-mail: mauroandremelo@gmail.com / mauro.melo@ifpa.edu.br

INTRODUCCIÓN

Mucho de lo que se observa de las alteraciones que existen en ambientes acuáticos son resultado, en gran parte, de la expansión de las fronteras agrarias y, consecuentemente, de las acciones antrópicas, las que, actualmente, han causado enorme preocupación en lo que dice respecto a la disponibilidad y calidad de los cuerpos de agua¹. De esta manera, ríos y riachos se presentan como ecosistemas intensamente impactados por el avance del crecimiento demográfico de las poblaciones, arrojado de elevadas cantidades de efluentes de origen industrial y doméstico, construcción de represas, destrucción de hábitats e introducción de especies exóticas^{2,3}. Tales eventos de origen antrópico han ocasionado un desequilibrio en estos ecosistemas continentales de agua dulce, alterando las actividades tróficas e influyendo sobre la diversidad de organismos que las habitan⁴. El impacto causado a los ambientes acuáticos continentales es resultante del aumento del flujo de nutrientes y contaminantes oriundos de la agricultura, industria y fuentes domésticas⁵, siendo este el primer problema identificado como causa importante en la determinación de la disminución de la calidad y diversidad biológica de los ríos. Por este motivo, en las últimas décadas, muchos esfuerzos han sido empleados en el sentido de detectar, cuantificar y mitigar estos efectos.

La característica natural de un ambiente lótico puede ser mensurada llevando en cuenta la aparición de agentes orgánicos e inorgánicos en diferentes cantidades, composición y también por la diversidad de la comunidad acuática presentes en el ecosistema, en la cual las particularidades de este ambiente están sujetas a variaciones estructurales y estacionales que son provenientes de factores particularmente internos y externos del propio curso de agua⁶.

El monitoreo de los recursos acuáticos tiene, como eje principal de ejecución, la posibilidad de realizar una evaluación de la presencia o ausencia de algunos organismos en un área del sistema lótico, verificándose en ese contexto, la cantidad y la diversidad de especímenes sensibles o no a las perturbaciones frecuentemente acometidas por esos ambientes⁷, o sea, verificar el equilibrio entre las comunidades de individuos en el ecosistema. Los individuos de vida acuática, en especial los animales invertebrados, se destacan como siendo los organismos que reflejan las reales alteraciones ocasionadas a los sistemas acuáticos⁸, registrando no solamente características específicamente relacionadas a las condiciones del agua, como también, la dinámica de agentes que se establecen entre los factores bióticos y abióticos (biotopo) del propio ecosistema⁹.

Los macroinvertebrados bentónicos son animales que tienen, como mínimo 0,25 mm, habitan el sedimento de cuerpos de agua y tienen la capacidad de colonizar diversos tipos de sustrato, tales como: restos de troncos, hojas, piedras y macrofitas acuáticas, durante todo o parte del ciclo de vida^{10,11}. La composición del sustrato y la disponibilidad de alimento afectan la distribución de esos organismos y de sus comunidades en el ambiente acuático¹², así como las características físico-químicas del agua¹³. La utilización de macroinvertebrados

bentónicos posibilita la evaluación de esos ecosistemas continentales y se presenta como un método eficaz para estudios de impactos ambientales, una vez que la integridad de esa comunidad de animales está íntimamente relacionada a posibles alteraciones en el hábitat con relación a la presencia de sustancias contaminantes^{14,15}. Por lo tanto, esos animales pueden ser empleados como bioindicadores de calidad del agua, permitiendo una evaluación asociada a los efectos ecológicos traídos por diversas fuentes de contaminación hídrica¹⁶. La viabilidad del uso de esos invertebrados en estudios de calidad ambiental resulta de las características de los mismos, tales como abundancia en diversos ecosistemas acuáticos (lóticos y lóticos), poca o ninguna locomoción y presencia en muestreos, tanto antes como después de eventos de impactos ambientales^{17,18,19,20}.

Las modificaciones ocasionadas en la composición natural de las poblaciones de macroinvertebrados bentónicos, en relación a la dinámica espacial, vienen siendo empleadas como eficientes instrumentos biológicos en estudios de monitoreo de agentes desencadenantes de contaminación hídrica²¹. Esos estudios adquirieron total relevancia al describir los impactos causados en las cadenas tróficas de ambientes acuáticos²². Un estudio analizó la diversidad de macroinvertebrados en el período de un año en puntos del río Támesis, Reino Unido, por medio de las estimaciones de *Biological Monitoring Working Party* (BMWP), *Average Score per Taxon* (ASPT) e índice de diversidad Shannon-Wiener, con la intención de evaluar los impactos causados a estos organismos por los factores de calidad de agua y las modificaciones físicas del hábitat²³. Los resultados mostraron que puntos menos modificados abrigaron mayores diversidades de organismos y que la calidad del agua se presentó como el factor limitante primario de esta diversidad. En Brasil, evaluaciones utilizando el índice BMWP se observaron en trabajos realizados en la cuenca del río Doce, Estado de Minas Gerais²⁴; un fragmento de mata atlántica, también en el mismo Estado²⁵ y río de los Sinos, en el Estado de Rio Grande do Sul²⁶, indicando un número todavía escaso y geográficamente restringido de estudios de biomonitoreo de calidad de agua en el País.

Se realizaron muchos trabajos en regiones de clima templado y tropical utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad en ambientes acuáticos continentales^{27,28,29,30}, aunque se observan pocos registros en la Región Amazónica, lo que genera cierta preocupación, visto que muchas de las ciudades insertas en este contexto están íntimamente asociadas a estos cuerpos de agua (transporte, ocio y fuente de alimento). Estudios sobre diez años de descarga de residuos de bauxita en el lago Batata, localizado en el Municipio de Oriximiná, Estado de Pará, identificaron una disminución de la densidad de macroinvertebrados bentónicos en puntos del lago, cuando se la comparó a los valores observados para el lago Mussurá, localizado en el mismo Municipio, no antropizado, levantando temas relacionados a la granulometría del sustrato y correlacionándola con una mayor o menor diversidad de taxones²⁹. Un estudio realizado durante tres años sobre

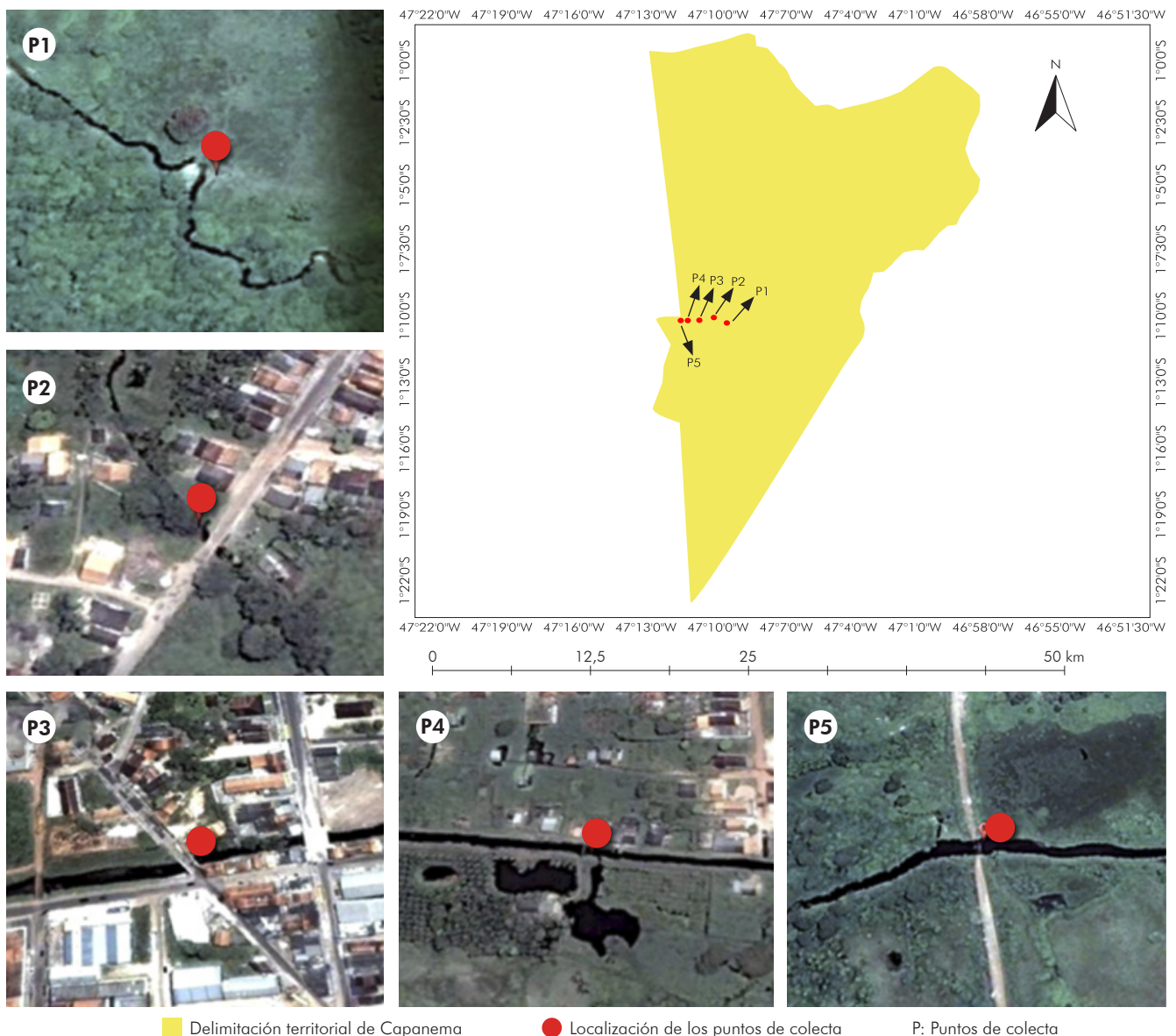
condiciones físico-químicas y biológicas en cinco puntos del Igarapé do Mindu, Ciudad de Manaus, Estado de Amazonas, identificó una evidente disminución de la diversidad de macroinvertebrados en áreas de presión antrópica, caracterizadas por deforestación de área ciliar, ocupaciones desordenadas y, consecuentemente, elevado flujo del alcantarillado doméstico³¹. El mismo estudio relata además, que, en puntos de menor urbanización, aún con la disminución del área de mata ciliar, fue posible identificar niveles más elevados de diversidad de invertebrados. Evaluaciones de las condiciones de 12 puntos del río Maroaga localizado en Presidente Figueiredo, Estado de Amazonas, revelaron que se enmarcaba en la clase I de los índices de BMWP, siendo considerado entonces como "limpio o no significativamente alterado"³².

El objetivo de este trabajo fue el de evaluar las condiciones de un trecho del río Ouricuri localizado

en el Municipio de Capanema, nordeste paraense, por medio del uso de los índices BMWP y ASPT.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los muestreos se realizaron en un trecho del río Ouricuri, en donde su canal atraviesa el perímetro urbano del Municipio de Capanema, el que está localizado a una distancia aproximada de 165 km de la capital del Estado de Pará, Belém (Figura 1). Se eligieron cinco puntos de muestreo a lo largo del cuerpo de agua, siendo el punto P1 (01°11'30.2"S y 47°09'36.1"W) localizado aguas arriba de la Ciudad de Capanema, los puntos P2 (01°11'16.7"S y 47°10'16.0"W), P3 (01°11'22.1"S y 47°10'47.4"W) y P4 (01°11'23.8"S y 47°11'18.4"W) localizados dentro de la red urbana de la Ciudad y el punto P5 (01°11'22.8"S y 47°11'32.7"W) localizado aguas abajo de la misma (Figura 2).



Datum: WGS 84. Sistema de Coordinadas Geográficas Lat/Long. Imágenes: Landsat/DigitalGlobe/Software Google Earth. Puntos colectados: estudio de campo/ Capanema-PA. Fecha de elaboración cartográfica: febrero/2014

Figura 1 – Localización de los puntos de colecta de las muestras de sustrato a lo largo del río Ouricuri, Municipio de Capanema, Estado de Pará, Brasil



P: Puntos de coleta.

Figura 2 – Puntos de colecta de las muestras de substrato a lo largo del río Ouricuri, Municipio de Capanema, Estado de Pará, Brasil

Para la colecta de datos, se realizaron dos muestreos en los cinco puntos predefinidos en el período de estío (octubre/2013). Las muestras de substrato se almacenaron en reservorios de 2 L, identificadas con sus respectivos puntos de colecta y se transportaron hasta el laboratorio, en donde fueron lavadas en agua corriente y procesadas en criba de 300 μ m de malla. La macrofauna bentónica fue conservada en alcohol 70% para posterior análisis en microscopio estereoscópico, en el cual se hizo la selección para la separación de los macrozoobentos del sedimento. Los animales bentónicos fueron cuantificados e identificados hasta el nivel de familia, según el Manual de Identificación de Macroinvertebrados Acuáticos del Estado de Rio de Janeiro³³. Las muestras se obtuvieron con el uso de un núcleo de captación en formato de tubo, confeccionado en policloruro de vinilo, midiendo 7,5 cm de diámetro por 80 cm de largo (*core sampler*), que permite la obtención de muestras de un perfil íntegro y profundo del sedimento.

Parámetros físico-químicos, como temperatura ($^{\circ}$ C), oxígeno disuelto (mg/L), turbidez (NTU), fósforo total (P) y materia orgánica (g/Kg), fueron evaluadas en todos los puntos del muestreo. Las tres primeras variables se evaluaron a partir de 1 L de muestra de agua colectada, mientras que los datos referentes al fósforo total y a la materia orgánica se obtuvieron a partir del análisis de 500 g de sedimento, posteriormente enviados al laboratorio de análisis de suelo de la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA), Amazonía Oriental.

Para el análisis de los datos oriundos de la macrofauna bentónica presente en las aguas del río Ouricuri, se seleccionaron los índices bióticos BMWP, ASPT y el índice de diversidad de Shannon-Wiener. El índice BMWP puntúa de 1 a 10 el grado de resiliencia de los animales bentónicos por familia, confiriendo valores elevados a los con más sensibilidad

a la contaminación orgánica y valores menores para los organismos con mayor tolerancia a este tipo de contaminación, basándose únicamente en la presencia o ausencia de los macroinvertebrados y posibilitando, de esta forma, su uso como herramienta para diagnosticar la contaminación de los cuerpos de agua por material orgánico³⁴. La puntuación para un determinado local de muestreo se obtiene por la suma de los valores individuales de todas las familias presentes. Los valores de puntuación totales para un determinado punto de colecta corresponden a una categoría de calidad de agua, variando de buena a muy crítica (Tabla 1).

El índice ASPT se obtiene a partir del valor de BMWP dividido por el número total de familias identificadas en el punto de muestreo analizado. Valores elevados de este índice son dores de locales de buena calidad, constituidos por un número relativamente grande de taxones³⁵ (Tabla 2).

Tabla 1 – Clases, valores de BMWP, categorías y diagnóstico da agua analizada del río Ouricuri, Municipio de Capanema, Estado de Pará, Brasil

Clase	BMWP	Categoría	Diagnóstico
I	>150	Buena	Agua limpia
	101–150		Limpia o no alterada significativamente
II	61–100	Aceptable	Limpia, aunque ligeramente impactada
III	36–60	Cuestionable	Moderadamente impactada
IV	15–35	Crítica	Contaminada o impactada
V	<15	Muy crítica	Altamente contaminada

Tabla 2 – Valores de referencia del índice ASPT y diagnóstico del agua analizada del río Ouricuri, Municipio de Capanema, Estado de Pará, Brasil

ASPT _{score}	Diagnóstico
>6	Agua limpia
5–6	Calidad dudosa
4–5	Probable contaminación moderada
<4	Probable contaminación severa

Los valores de diversidad se obtuvieron por el índice de Shannon-Wiener (H') [$H' = -\sum(\pi_i)(\log_2\pi_i)$] por intermedio del programa BioEstat v5.0³⁶, el que suministra informaciones sobre las condiciones de estabilidad de la comunidad bentónica. El índice de Shannon-Wiener evalúa la abundancia de especies en un muestreo,

llevando en consideración tanto la uniformidad como la riqueza de los taxones identificados en la muestra. Cuando la contaminación aumenta, toda la comunidad bentónica queda expuesta a estrés intenso que, consecuentemente, ocasionará una inestabilidad en este ambiente. Los organismos más sensibles desaparecen, mientras que los más tolerantes, por falta de competencia alimentaria y espacio, se perpetúan rápidamente por el sistema acuático, hecho que ocasiona déficit en el índice de diversidad.

RESULTADOS

Los valores de temperatura observados en los puntos muestreados no variaron significativamente, presentando un intervalo de aproximadamente 1° C. Sin embargo, los valores como oxígeno disuelto, turbidez, fósforo total y materia orgánica presentaron variaciones evidentes a lo largo de los cinco puntos de colecta, con oxígeno disuelto disminuyendo y los otros parámetros aumentando a medida que el cuerpo de agua se aproxima del área urbana del Municipio (Figura 3).

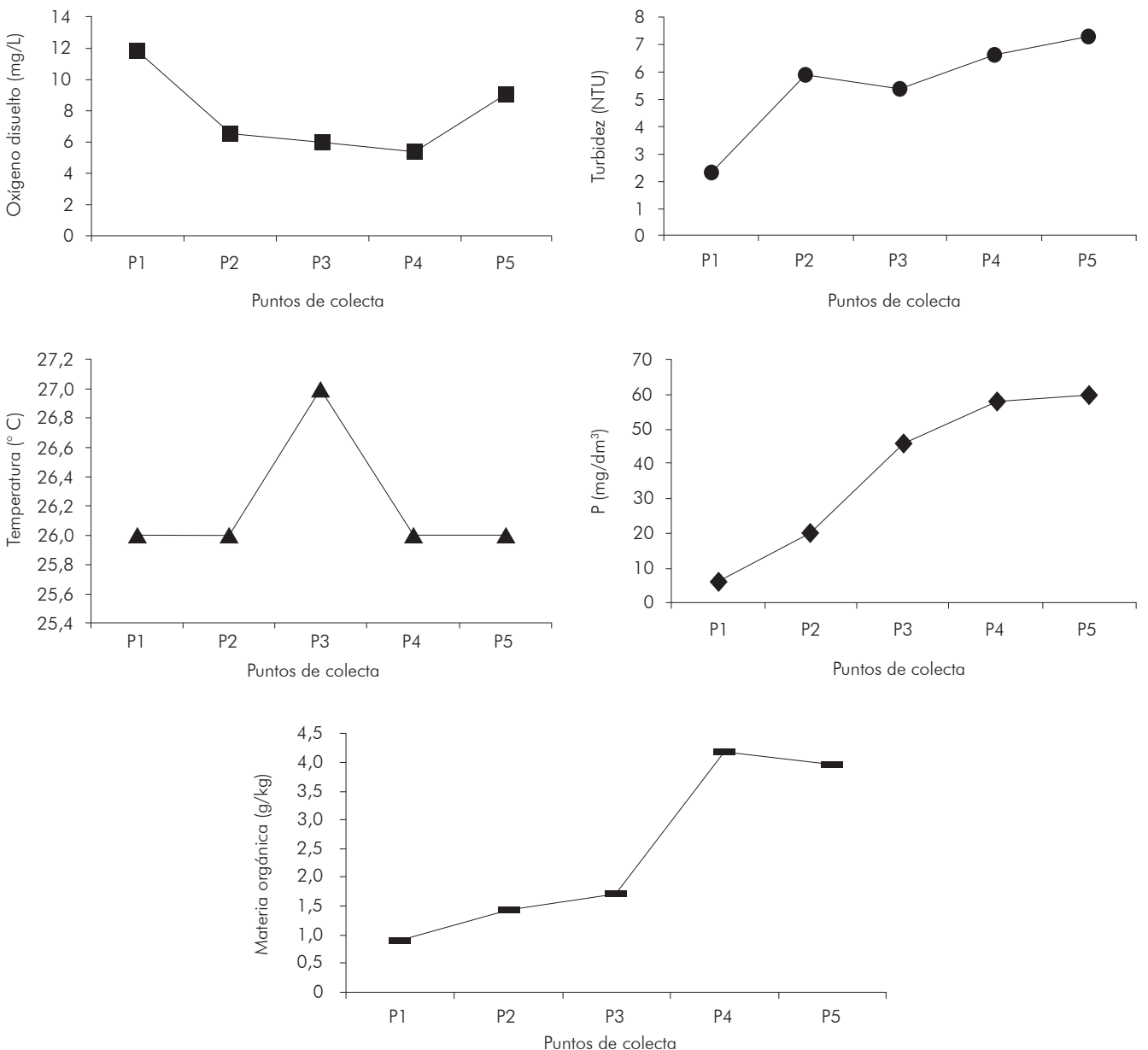


Figura 3 – Variación de los parámetros físico-químicos en los cinco puntos de colecta del río Ouricuri, Municipio de Capanema, Estado de Pará, Brasil

Se colectaron e identificaron 1.039 individuos constituyentes de la macrofauna bentónica de los cinco puntos analizados del río Ouricuri, pertenecientes a 14 familias (Tabla 3). Luego de la identificación de los organismos, los valores de BMWP fueron determinados para cada taxón. De las 14 familias de invertebrados identificados en los diferentes puntos del río Ouricuri, 13 (92,8% del total) se encontraron en los puntos P1 y P2, seguido por apenas cinco familias (35,7% do total) encontradas en los puntos P3, P4 y P5. Estos valores indican una clara disminución de la diversidad de tasa a medida que el cuerpo de agua se aproxima de las partes más urbanizadas del centro de la ciudad. Lo mismo se puede observar para los valores de BMWP para los puntos muestreados (P1: 36, P2: 32, P3: 16, P4: 19 y P5: 13), en donde se nota también una disminución evidente de los valores del índice a lo largo del curso del río.

Se puede identificar una mayor cantidad de especies tolerantes para los puntos P2, P3 y P4, evidenciando la presencia de organismos sensibles a la contaminación y a los indicadores de niveles menores de contaminación, apenas para el P1 (Tabla 3). Los resultados de BMWP clasifican el cuerpo de agua en el P1 como de calidad dudosa; los puntos P2, P3 y P4, de calidad crítica; y el P5, de calidad muy crítica (Tabla 4). Los índices obtenidos a partir del cálculo de ASPT variaron de 3,1 a 4,3 para los cinco puntos de colecta, caracterizándolos como ambientes impactados y oscilando entre cuerpos de contaminación moderada (P1 y P5) y severa (P2, P3 y P4) (Tabla 5). De forma similar a lo observado para el índice BMWP, se puede identificar el P1 como siendo el de calidad ambiental menos antropizada.

Tabla 3 – Datos de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos colectados en el río Ouricuri, Municipio de Capanema, Estado de Pará, Brasil

Taxones	Valores de tolerancia		Cantidad de individuos por punto de colecta			
	BMWP	P1	P2	P3	P4	P5
Díptera						
Chironomidae	2	30	166	7	24	–
Ceratopogonidae	4	1	–	7	–	2
Dixidae	4	1	–	–	2	–
Culicidae	2	–	1	–	–	–
Physidae	3	–	1	–	–	–
Psychodidae	4	–	2	–	–	–
Trichoptera						
Philopotamidae	8	2	–	–	–	–
Annelida						
Oligochaeta	1	4	2	103	6	–
Hirudinea	3	–	–	27	4	–
Turbelaria						
Planariidae	5	4	4	–	–	–
Gastrópoda						
Thiaridae	6	83	319	24	158	12
Ancylidae	6	1	1	–	–	–
Ampullariidae	3	–	28	–	–	1
Planorbidae	3	–	2	–	–	–
Riqueza taxonómica		8	10	5	5	3
Densidad total		126	536	168	194	15

Señal convencional utilizada: – Dato numérico igual a cero no resultante de redondeo.

Tabla 4 – Resultado de los índices BMWP y ASPT evaluados para los cinco puntos muestreados del río Ouricuri, Municipio de Capanema, Estado de Pará, Brasil






Puntos	Clase	Color	BMWP	Calidad	ASPT	Calidad
P1	IV		36	Dudosa	4,3	Probable contaminación moderada
P2	V		32	Crítica	3,5	Probable contaminación severa
P3	V		16	Crítica	3,2	Probable contaminación severa
P4	V		19	Crítica	3,1	Probable contaminación severa
P5	VI		13	Muy crítica	4,3	Probable contaminación moderada

Tabla 5 – Resultados del análisis del índice de diversidad de Shannon-Wiener para los cinco puntos analizados del río Ouricuri, Municipio de Capanema, Estado d Pará, Brasil

	P1	P2	P3	P4	P5
Tamaño de la muestra	126	526	168	194	15
Número de categorías	8	10	5	5	3
Shannon-Wiener (H')	0,4415	0,4168	0,4936	0,2868	0,2726
Máxima diversidad (H'max)	0,9031	1,0000	0,6990	0,6990	0,4771
Homogeneidad (H'/H'max)	0,4889	0,4168	0,7062	0,4103	0,5714
Heterogeneidad	0,5111	0,5832	0,2938	0,5897	0,4286

Los resultados del índice de Shannon-Wiener, llevando en consideración la diversidad de animales, variaron de 0,27 a 0,49 para los puntos evaluados del río Ouricuri, teniendo los puntos P1, P2 y P3 los mayores valores de diversidad (Tabla 5). El índice de Shannon-Wiener se basa en la evaluación de la abundancia proporcional de las especies identificadas en la muestra, observando también aspectos como uniformidad (equidad) y riqueza de especies. La homogeneidad (E; equidad de *Pielou*) se presenta como la razón entre la diversidad obtenida y la diversidad máxima variando de 0 a 1, donde 1 representa una condición de equiparidad entre la abundancia de las especies identificadas para un determinado muestreo. El P3 se mostró como siendo el de mayor valor de equidad entre los analizados.

DISCUSIÓN

A pesar de estar distante del área urbana, el P1 presentó valores de riqueza taxonómica semejantes a los encontrados para P3 y P4, tenidos como fuertemente impactados y dentro del área urbana del Municipio. Es posible que eso esté asociado a una combinación de factores externos e internos al ambiente acuático, relacionados a la disminución de la mata ciliar, seguida de erosión de los márgenes y a poca cantidad de materia orgánica presente en el substrato, lo que acabaría por restringir el número de taxones. Un estudio realizado en el lago Batata, Municipio de Oriximiná, identificó una disminución de la diversidad de macroinvertebrados en

un cuerpo de agua que presentaba elevada cantidad de sedimentos de constitución arcillosa, oriundo del proceso de extracción de bauxita y que, como consecuencia, había cambiado el sedimento local, antes arenoso³⁷. El aumento de la turbidez aguas abajo del P2 puede estar relacionado con la disminución de los valores de diversidad de taxones identificados en los puntos P3, P4 y P5.

Otro estudio evaluando la calidad de agua y del sedimento de fondo de un lago en el Municipio de Castelo, Estado de Espírito Santo, define que valores de fósforo, superiores a 40 mg/dm³ en substratos serían considerados altos y podrían estar relacionados a procesos de eutrofización en cuerpos de agua³⁸. Frente a eso, la presencia de una cantidad considerable de macrofitas observada en el P5 puede estar relacionada a la elevada tasa de fósforo presente en el substrato, lo que directa o indirectamente, estaría auxiliando en el proceso de proliferación de estos vegetales. El fósforo se presenta como el principal agente del proceso de eutrofización en ambientes acuáticos continentales y, en casos de ambientes acuáticos impactados, es común observar la reducción o aún, el desaparecimiento de algunas especies especialistas y su sustitución por grupos generalistas más tolerantes³⁹.

Es probable que el valor más alto de diversidad de taxón presente en el P2 esté relacionado a condiciones menos antropizadas, lo que confirma por la identificación

de niveles más elevados de materia orgánica y fósforo a partir del P3. Tales valores aumentados promueven un incremento de la actividad metabólica por parte de organismos descomponedores, con la consecuente disminución de los niveles de oxígeno disueltos en el ambiente y la reducción de los taxones menos tolerantes. Esto se puede identificar a través de la presencia del grupo Oligochaeta, un bioindicador de ambiente antropizado, y observado en mayor cantidad en el P3.

El resultado de los índices biológicos para los puntos evaluados mostró que las aguas del río Ouricuri se clasifican en dudosas, críticas y muy críticas, contaminadas de forma moderada a severa. Tales índices biológicos están muy por debajo de los observados en estudios realizados en cuerpos de agua continentales brasileños^{24,30}, donde se compararon un área de reserva y otra urbanizada en el Estado de Minas Gerais e identificada una diversidad de invertebrados bentónicos con valores de BMWP que variaban de 103 a 186. El cambio en la composición de la fauna de macroinvertebrados acuáticos en el río Ouricuri demostró ser resultado directo de factores como: modificaciones hidrológicas, alteraciones de composición de substrato, aporte de material orgánico y sedimentos y, específicamente con relación a estos dos últimos, se puede observar un claro aumento a partir del P2, con simultánea disminución de la concentración de oxígeno.

Los valores constatados para el índice de Shannon-Wiener referentes a los cinco puntos analizados fueron iguales o inferiores a los observados en los resultados de un estudio realizado en un arroyo integrante de la microcuenca del río Cambará en el Municipio de Cruz Alta, Estado de Rio Grande do Sul⁴⁰. Basado en valores del índice biológico BMWP, tal cuerpo de agua se presenta caracterizado como siendo de calidad dudosa ($H' = 0,46$). Delante de esto, se sugiere que todos los cinco puntos analizados se encuadren como de baja diversidad, siendo el P4 y el P5 los más preocupantes en virtud de los menores índices presentados.

Mediante la identificación de los taxones del presente estudio, se observó la presencia de familias indicadoras de baja calidad de agua, como Chironomidae, Oligochaeta, Planorbidae y Planariidae, en puntos considerados como alterados y de impacto. Esas familias de organismos bentónicos son señaladas como siendo de alta resistencia a las alteraciones antropogénicas, como lanzamiento de cloaca doméstica o industrial y ausencia de mata ciliar⁴¹. El grupo de dípteros perteneciente a la familia Chironomidae fue el taxón más frecuente de toda la comunidad analizada y potencialmente responsable por gran parte del cambio cuantitativo en la comunidad de la macrofauna, lo que corrobora los resultados encontrados en otros estudios de impactos ocasionados por descarte de material orgánico asociado a la expansión urbana^{42,43,44,45}. La familia Chironomidae es, en la literatura, adoptada como siendo de los organismos más presentes en ambientes acuáticos sometidos a perturbaciones antrópicas, con mayor frecuencia en áreas que sufren alteraciones directamente relacionadas a la calidad del agua por la presencia de contaminantes orgánicos oriundos de residuos domésticos^{46,47}.

CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados observados en el presente estudio, se concluye que los cinco puntos analizados de un trecho del río Ouricuri presentaron indicios de impacto ambiental causados por acciones antrópicas. La presencia de casas en varios locales adyacentes al río actúa como principal causadora de los problemas de contaminación de este cuerpo de agua.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Pará, campus Bragança, por el apoyo estructural a través del Laboratorio de Biología Molecular y Ambiental, y a la EMBRAPA.



Aplicação dos índices biológicos *Biological Monitoring Working Party* e *Average Score per Taxon* para avaliar a qualidade de água do rio Ouricuri no Município de Capanema, Estado do Pará, Brasil

RESUMO

Problemas ambientais relacionados à qualidade da água em ecossistemas continentais têm motivado a realização de estudos que visam à proteção e conservação destes ambientes. O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água em cinco pontos do rio Ouricuri, localizados dentro e fora da zona urbana do Município de Capanema, Estado do Pará, Brasil, utilizando os índices biológicos *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) e *Average Score per Taxon* (ASPT). O resultado da avaliação dos índices biológicos identificou um padrão de qualidade de água que se apresentou como duvidosa (P1), crítica (P2, P3 e P4) e muito crítica (P5), poluídas de forma moderada e severa. Os valores de riqueza taxonômica tendem a diminuir à jusante do ponto P2, acompanhados pelo aumento dos níveis de turbidez, matéria orgânica e fósforo total, sendo os dois últimos medidos em nível de substrato. Foram identificados 1.039 indivíduos pertencentes a 14 famílias nos cinco pontos amostrados, sendo os principais grupos identificados como Chironomidae, Oligochaeta e Thiaridae. A mudança na composição da fauna de macroinvertebrados ao longo do rio Ouricuri apresenta-se como resultado da combinação de fatores antrópicos associados ao mesmo, tais como: perda de mata ciliar, erosão de margem, mudança de substrato, fluxo de efluentes domésticos e proliferação de macrófitas.

Palavras-chave: Macroinvertebrados; Bioindicadores; Potabilidade; Conservação.

Application of the biological indices Biological Monitoring Working Party and Average Score per Taxon to assess the water quality of Ouricuri river in the Municipality of Capanema, Pará State, Brazil

ABSTRACT

Environmental problems related to water quality in continental ecosystems have conducted studies aimed at the protection and conservation of these environments. The current study aimed to evaluate the water quality in five points of Ouricuri river, located inside and outside of the urban area of the Municipality of Capanema, Pará State, Brazil, using the biological indices of Biological Monitoring Working Party and Average Score per Taxon. The result of the biological indices identified a pattern of water quality that was presented as doubtful (P1), critical (P2, P3 and P4) and very critical (P5), polluted water in moderate and severe form. The values of taxonomic richness tend to decrease downstream from point P2, with increased levels of turbidity, organic matter and total phosphorus and these last two are measured at substrate level. In the five sampled points, 1,039 individuals were identified which belong to 14 families with the main groups identified as Chironomidae, Oligochaeta and Thiaridae. The change in macroinvertebrate community composition along the Ouricuri river appears as a result of the combination of human factors associated with it, such as: loss of riparian forest, margin erosion, substrate change, domestic wastewater flows and proliferation of macrophytes.

Keywords: Macroinvertebrates; Bioindicators; Potability; Conservation.



REFERENCIAS

- 1 Callisto M, Moretti M, Goulart MDC. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. *Rev Bras Recur Hidr.* 2001 jan-mar;6(1):71-82.
- 2 Moya N, Tomanova S, Oberdorff T. Initial development of a multi-metric index based on aquatic macroinvertebrates to assess streams condition in the Upper Isiboro-Sécure Basin, Bolivian Amazon. *Hydrobiologia.* 2007 Sep;589(1):107-16.
- 3 Smith RF, Lamp WO. Comparison of insect communities between adjacent headwater and main-stem streams in urban and rural watersheds. *J North Am Benthol Soc.* 2008 Mar;27(1):161-75.
- 4 Vandewalle MF, Bello MP, Berg T, Bolger S, Doledec F, Dubs CK, et al. Functional traits as indicators of biodiversity response to land use changes across ecosystems and organisms. *Biodivers Conserv.* 2010 Sep;19(10):2921-47.
- 5 Meybeck M. Global analysis of river systems: from Earth system controls to Anthropocene syndromes. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2003 Dec;358(1440):1935-55.
- 6 Meybeck M, Helmer R. Introduction to water quality. In: Chapman D, editor. *Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring.* London: Chapman and Hall; 1992. p. 1-17.
- 7 Buss DF, Baptista DF, Nessimian JL. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. *Cad Saude Publica.* 2003 mar-abr;19(2):465-73.
- 8 Piedras SRN, Bager A, Morais PRR, Isoldi LA, Ferreira OGL, Heemann C. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água na barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil. *Cienc Rural.* 2006 mar-abr;36(2):494-500.
- 9 Magalhães APFP. As comunidades de macro-invertebrados num sistema hidroelétrico do norte de Portugal [tese]. Porto (PT): Universidade de Porto, Faculdade de Ciências; 1989. 357 p.
- 10 Callisto M. Macroinvertebrados bentônicos. In: Bozelli RL, Esteves FA, Roland F, editores. *Lago Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico.* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Limnologia/UFRJ; 2000. p. 141-51.
- 11 Péres GR. Guia para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Bogotá: Fen Colômbia y Colciencia; 1988.
- 12 Tikkanen P, Huhta A, Muotka T. Determinants of substrate selection in lotic mayfly larvae: is cryptic coloration importante? *Arch Hydrobiol.* 2000;148(1):45-57.
- 13 Ward JV. Riverine landscapes: biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation. *Biol Conserv.* 1998 Mar;83(3):269-78.
- 14 Li L, Zheng B, Liu L. Biomonitoring and bioindicators used for river ecosystems: definitions, approaches and trends. *Proc Environm Sci.* 2010;2:1510-24.
- 15 Qadir A, Malik RN. Assessment of an index of biological integrity (IBI) to quantify the quality of two tributaries of river Chenab, Sialkot, Pakistan. *Hydrobiologia.* 2009 Mar;621(1):127-53.

- 16 Belmejo L, Martos HL. Utilização de *Xiphophorus helleri* como bioindicador de poluição hídrica de derivados de petróleo em condições tropicais. *Rev Eletr Biol.* 2008;1(2):1-17.
- 17 Dornfeld CB. Utilização de análise limnológicas, bioensaios de toxicidade e macroinvertebrados bentônicos para o diagnóstico ambiental do reservatório de Salto Grande (Americana, SP) [dissertação]. São Carlos (SP): Universidade Federal de São Carlos; 2002.
- 18 Resh VH, Rosemberg DM. The ecology of aquatic insects. New York: Praeger Publishers; 1993.
- 19 Brandimart AL, Shimizu GY, Anaya M, Kuhlmann ML. Amostragem de invertebrados bentônicos. In: Bicudo CE, Bicudo DC, organizadores. Amostragem em limnologia. São Carlos: Rima; 2004. p. 213-30.
- 20 Modde T, Drewes HG. Comparison of biotic index values for invertebrate collections from natural and artificial substrates. *Freshwater Biol.* 1990 Apr;(23):171-80.
- 21 Sadin L, Johnson RK. The statistical power of selected indicator metrics using macroinvertebrates for assessing acidification and eutrophication of running waters. *Hydrobiologia.* 2000 Apr;422: 233-43.
- 22 Callisto M, Gonçalves Jr JF, Moreno P. Invertebrados aquáticos como bioindicadores. In: Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais. Belo Horizonte: UFMG; 2004. p. 1-12.
- 23 Beavan L, Sadler J, Pinder C. The invertebrate fauna of a physically modified urban river. *Hydrobiologia.* 2001 Feb;445(1):97-108.
- 24 Cota L, Goulart M, Moreno P, Callisto M. Rapid assessment of river water quality using an adapted BMWP index: a practical tool to evaluate ecosystem health. *Verh Internat Verein Limnol.* 2002 Dec;28: 1-4.
- 25 Oliveira A, Callisto M. Benthic macroinvertebrates as bioindicators of water quality in an Atlantic forest fragment. *Iheringia Ser Zool.* 2010 Dec;100(4):291-300.
- 26 Carvalho B, Strieder MN, Maltchik L, Stenert C. Are the streams of the Sinos River basin of good water quality? Aquatic macroinvertebrates may answer the question. *Braz J Biol.* 2010 Nov;70(4 Suppl):1207-15.
- 27 Lenat DR. Agriculture and stream water quality: a biological evaluation of erosion control practices. *Environm Management.* 1984 Jul;8(4):333-44.
- 28 Ducan WFA, Brusven MA, Bjornn TC. Energy-flow response models for evaluation of altered riparian vegetation in three southeast Alaskan streams. *Water Res.* 1989 Aug;23(8):965-74.
- 29 Callisto MFP, Esteves FA. Macroinvertebrados bentônicos em dois lagos amazônicos: Lago Batata (um ecossistema impactado pelo rejeito de bauxita) e Lago Mussuri (Brasil). *Acta Limnol Bras.* 1996;8:137-47.
- 30 Junqueira VM, Campos SCM. Adaptation of BMWP method for water quality evaluation to rio das Velhas watershed (Minas Gerais, Brasil). *Acta Limnol Bras.* 1998;10(2):125-35.
- 31 Cleto-Filho SEN, Walker I. Efeitos da ocupação urbana sobre a macrofauna de invertebrados aquáticos de um igarapé da cidade de Manaus/AM – Amazônia Central. *Acta Amaz.* 2001 mar;31(1):69-89.
- 32 Uherek CB, Gouveia FBP. Biological monitoring using macroinvertebrates as bioindicators of water quality of Maroaga Stream in the Maroaga Cave System, Presidente Figueiredo, Amazon, Brazil. *Int J Ecol.* 2014;(ID:308149):1-7.
- 33 Mugnai R, Nessimian JL, Babtista DF. Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Technical Books; 2010.
- 34 Baptista DF, Buss DF, Egler M, Giovanelli A, Silveira MP, Nessimian JL. A multimetric index based on benthic macroinvertebrates for evaluation of Atlantic Forest streams at Rio de Janeiro State, Brasil. *Hydrobiologia.* 2007 Jan;575(1):83.
- 35 Armitage PD, Moss D, Wright JF, Furse MT. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Res.* 1983;17(3):333-47.
- 36 Ayres M, Ayres Junior M, Ayres DL, Santos AA. BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Belém: MCT; IDSM; CNPq; 2007.
- 37 Esteves FA, Bozelli RL, Roland F. Lago Batata: um laboratório de limnologia tropical. *Cienc Hoje.* 1990;11(64):26-33.
- 38 Amaral AA, Pires SC, Ferrari JF. Qualidade da água e do sedimento de fundo de alguns córregos do município de Castelo, Estado do Espírito Santo. *Rev Agro@ambiente.* 2014 mai-ago;8(2):194-203.
- 39 Esteves FA. Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência; 2011.
- 40 Copatti CE, Schirmer FG, Machado JW. Diversidade de macroinvertebrados bentônicos na avaliação da qualidade ambiental de uma microbacia do sul do Brasil. *Rev Perspect.* 2010 mar;34(125):79-91.
- 41 Barbosa FAR, Sousa EMM, Vieira F, Renault GPCP, Rocha LA, Maia-Barbosa PM, et al. Impactos antrópicos e biodiversidade aquática. In: Paula JA, coordenador. Biodiversidade, população e economia: uma região de Mata Atlântica. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar; 1997. p. 345-454.

- 42 Guerreschi RM. Macroinvertebrados bentônicos em córregos da Estação Ecológica de Jatí, Luiz Antônio, SP: subsídios para monitoramento ambiental [tese]. São Paulo: Universidade de São Carlos; 2004. 82 p.
- 43 Lima JB. Impacto das atividades antrópicas sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos do rio Cuiabá no perímetro urbano das cidades de Cuiabá e Várzea Grande – MT [tese]. São Paulo: Universidade de São Carlos; 2002. 146 p.
- 44 Egler M. Utilizando a comunidade de macroinvertebrados bentônicos na avaliação da degradação ambiental de ecossistemas de rios em áreas agrícolas [dissertação]. Rio de Janeiro: Fiocruz; 2002. 147 p.
- 45 Fagundes RG, Shimizu GY. Avaliação da qualidade da água do rio Sorocaba - SP através da comunidade bentônica. Rev Bras Ecol. 1997;1(1):63-6.
- 46 Cairns J, Pratt JR. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. In: Rosenberg DM, Resh VH. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. New York: Chapman & Hall; 1993. p. 10-27.
- 47 Reise K. Sediment mediated species interactions in coastal waters. J Sea Res. 2002 Oct;48(2):127-41.

Recibido en / Recebido em / Received: 6/7/2015
Aceptado en / Aceito em / Accepted: 16/6/2016

Se refiere al doi: 10.5123/S2176-62232016000300002, publicado originalmente en portugués.

Traducido por: Lota Moncada

Cómo citar este artículo / How to cite this article:

Silva KWS, Everton NS, Melo MAD. Aplicación de los índices biológicos *Biological Monitoring Working Party* y *Average Score per Taxon* para evaluar la calidad del agua del río Ouricuri en el Municipio de Capanema, Estado de Pará, Brasil. Rev Pan-Amaz Saude. 2016 jul-sept;7(3):1-11. Doi: <http://dx.doi.org/10.5123/S2176-62232016000300002>