



Bioquímica ambiental: as macrófitas aquáticas como fitorremediadoras e bioindicadoras de poluentes

Gabriel Borges dos Santos^{1*}, Edeilson Brito de Souza², Joice de Jesus Souza³, Felipe Santiago da Invenção⁴, Érico Lima Sobrinho⁵, Larissa Rodrigues de Oliveira Sousa⁶

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IF Baiano), *campus* Serrinha. Estudante de Licenciatura em Ciências Biológicas.

<https://orcid.org/0000-0001-8778-4407>

²IF Baiano *campus* Serrinha. Estudante de Licenciatura em Ciências Biológicas.

<https://orcid.org/0000-0003-2195-245X>

³IF Baiano, *campus* Serrinha. Estudante de Licenciatura em Ciências Biológicas.

<https://orcid.org/0000-0002-4421-4794>

⁴ IF Baiano, *campus* Serrinha. Estudante de Licenciatura em Ciências Biológicas.

<https://orcid.org/0000-0002-1363-9327>

⁵IF Baiano, *campus* Serrinha. Estudante de Licenciatura em Ciências Biológicas.

<https://orcid.org/0000-0002-2675-1641>

⁶IF Baiano, *campus* Serrinha. Mestre em Biociências (UFBA) e docente do IF Baiano *campus* Serrinha.

<https://orcid.org/0000-0002-1051-2881>

*Autor correspondente:

gabrielborges00@outlook.com.br

Resumo:

O rápido desenvolvimento industrial e agropecuário, atrelado ao crescimento populacional e problemas de saneamento básico, tem contribuído de forma significativa para a poluição dos corpos hídricos, especialmente àqueles próximos aos centros urbanos, por meio do descarte inadequado de efluentes domésticos e industriais além de resíduos sólidos, prejudicando os ecossistemas naturais e às populações que dele fazem uso. Partindo-se dessa problemática, o estudo das macrófitas aquáticas através da bioquímica ambiental é uma das possibilidades para diagnosticar e posteriormente tratar os corpos hídricos poluídos, pois tais macrófitas podem apresentar potencial bioindicador e fitorremediador de diversos poluentes, os quais incluem substâncias xenobióticas. O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise no lago conhecido como Várzea no povoado Quipé, município de Biritinga-BA, objetivando identificar a presença de plantas bioindicadoras e fitorremediadoras. As metodologias adotadas foram: entrevistas semiestruturadas com moradores do entorno; observações *in loco* das condições do corpo hídrico e análise físico-química da água. Foi encontrada uma comunidade muito grande de macrófitas aquáticas. Assim, adotar estratégias de recuperação/despoluição dessa área perpassa pela sensibilização e conscientização do poder público e da sociedade civil e posterior uso do potencial fitorremediador dessas macrófitas.

Palavras-chave: Corpo Hídrico, Descontaminação, Educação Ambiental.

REVISTA MACAMBIRA

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *campus* Serrinha. Estrada Vicinal de Aparecida, s/n, Bairro Aparecida, Serrinha (Ba), CEP: 48700-000, sala 01, prédio acadêmico.



Environmental biochemistry: aquatic macrophytes as phytoremediators and bioindicators of pollutants

Gabriel Borges dos Santos^{1*}, Edeilson Brito de Souza², Joice de Jesus Souza³, Felipe Santiago da Invenção⁴, Érico Lima Sobrinho⁵, Larissa Rodrigues de Oliveira Sousa⁶

¹Federal Institute of Education, Science and Technology Baiano (IF Baiano), *campus* Serrinha. Graduate student in biological sciences.
<https://orcid.org/0000-0001-8778-4407>

²IF Baiano, *campus* Serrinha. Graduate student in biological sciences.
<https://orcid.org/0000-0003-2195-245X>

³IF Baiano, *campus* Serrinha. Graduate student in biological sciences.
<https://orcid.org/0000-0002-4421-4794>

⁴IF Baiano, *campus* Serrinha. Graduate student in biological sciences.
<https://orcid.org/0000-0002-1363-9327>

⁵IF Baiano, *campus* Serrinha. Graduate student in biological sciences.
<https://orcid.org/0000-0002-2675-1641>

⁶IF Baiano, *campus* Serrinha. Master in biosciences (UFBA) and professor at the IF Baiano *campus* Serrinha.
<https://orcid.org/0000-0002-1051-2881>

*Corresponding author:
gabrielborges00@outlook.com.br

Abstract:

The accelerated industrial and agricultural development, associated with the population growth and sanitation problems have contributed significantly to the pollution of hydric bodies, especially those close to urban centers. This occurs due to the inadequate disposal of domestic and industrial effluents and the discard of solid waste, which harms the natural ecosystems and the populations that make use of them. Starting from this problem, the study of aquatic macrophytes through environmental biochemistry is one of the possibilities to diagnose and then treat polluted hydric bodies, such as macrophytes may present bioindicator potential and phytoremediator of various pollutants, which include xenobiotic substances. The objective of this paper was to perform an analysis *in* the lake known as Várzea, in the village of Quipé in Biritinga-BA, aiming to identify the presence of bioindicator and phytoremediator plants. The methodologies adopted were: semi-structured interviews with surrounding residents; on-site observations of hydric body conditions and physicochemical analyses of water. A very large community of aquatic macrophytes was found. Thus, adopting recovery/depollution strategies in this area permeates the sensitization and awareness of the public authorities and civil society and the subsequent use of the phytoremediator potential of these macrophytes.

Keywords: Water Body, Decontamination, Environmental Education.

MACAMBIRA JOURNAL

Federal Institute of Education, Science and Technology Baiano, *campus* Serrinha. Estrada Vicinal de Aparecida, s/n, Bairro Aparecida, Serrinha, Bahia, Brasil, CEP: 48700-000, sala 01, prédio acadêmico.

Introdução

Uma das áreas das ciências naturais é a bioquímica ambiental, ela tem como principal objetivo o estudo dos aspectos ambientais a partir de uma visão bioquímica dos processos que nele ocorrem, como por exemplo, o estudo dos poluentes, seus efeitos e formas de tratamento, tecnologias voltadas para a recuperação de áreas degradadas, monitoramento ambiental, dentre outros (MANAHAN, 2013).

As sociedades atuais convivem cotidianamente com diversas problemáticas ambientais, sejam de grandes ou pequenas proporções, como o descarte do lixo domiciliar, ou até mesmo o despejo de efluentes das mais variadas origens em rios, lagos ou mares, acarretando, muitas vezes, em processos prejudiciais ao ambiente, a exemplo da eutrofização (BARBOSA *et al.*, 2014).

Em um corpo hídrico, diversos são os processos bioquímicos que ocorrem relacionados às interações dos componentes bióticos com os abióticos, tais interações resultam na modificação desses componentes. Assim, analisar essas respostas metabólicas permitem diagnosticar de maneira eficiente as características dos corpos hídricos (COUTINHO, 2018). Alguns processos bioquímicos naturais são de suma importância para a identificação e tratamento de áreas contaminadas, podendo ser citados a biomagnificação, biotransformação, bioacumulação.

A bioacumulação é um processo no qual substâncias lipossolúveis (geralmente tóxicas) são fixadas nos tecidos e órgão dos seres vivos. Esta diferencia-se dos outros processos, uma vez que ocorre em apenas um nível trófico, apresentando o acúmulo da concentração de substâncias ou compostos químicos fixo no organismo daquele nível. A maioria dos compostos a serem acumulados são moléculas cíclicas, aromáticas ou cloradas com moléculas grandes, as quais não são metabolizadas pelos organismos. O processo pode ocorrer de duas maneiras, sendo a primeira de forma direta: quando há a contaminação a partir do contato com a água, ou de forma indireta: quando há o acúmulo de substâncias por ingestão de outros organismos contaminados (FERNICOLA, BOHRER-MOREL, BAINY, 2003; MONTONE, 2015).

A biomagnificação é o processo resultante do acúmulo de um determinado composto em um predador, localizado em um nível superior da cadeia trófica. Se cada etapa resulta na bioacumulação de uma substância, o animal no topo da cadeia acumulará uma concentração muito maior dela, em comparação com a concentração presente nos organismos nas posições anteriores da cadeia, caracterizando-se então a biomagnificação (MONTONE, 2015).

Já a biotransformação pode ser caracterizada pelo uso do sistema biológico para a realização de modificações químicas na estrutura de compostos. Deste modo, moléculas orgânicas podem ser modificadas, tendo ou não as suas cadeias carbônicas degradadas nas reações. Portanto, o processo pode ser usado para a biotransformação química de substâncias tóxicas nos seres vivos, sendo este processo

geralmente catalisado por enzimas, objetivando transformar as substâncias tóxicas em uma substância mais hidrossolúvel para facilitar sua eliminação através da excreção (SANTOS, 2013).

A biorremediação é um método utilizado na recuperação de áreas contaminadas, normalmente solo, água e efluentes. Consiste na utilização de organismos vivos (normalmente vegetais e procariotos) para destoxificar e remediar ecossistemas degradados e poluídos. Apesar de existirem métodos de descontaminação por processos físicos ou químicos, a forma biológica é uma técnica mais barata, ecologicamente adequada e eficaz no tratamento de ambientes contaminados com moléculas tóxicas de difícil degradação, como metais pesados.

Vale destacar que a biorremediação é um processo natural do metabolismo de alguns organismos, como algas, plantas aquáticas, bactérias, dentre outros, e seu incremento em ecossistemas degradados é altamente benéfico, porém a biorremediação é um processo lento, mas eficaz de descontaminação. Desta forma, este método pode ser aplicado em diversos locais como: águas superficiais e subterrâneas, solos e efluentes industriais. Essas moléculas de difícil degradação natural são denominadas de recalcitrantes, podem ser naturais, sintetizada pelo metabolismo biológico, ou sintética: produzidas por tecnologias industriais modernas, estranhas ao ambiente e denominadas xenobióticas (agrotóxicos, corantes, fármacos, polímeros, plástico, dentre outros) (GAYLARDE, BELLINASCO, MANFIO, 2005; REECE, 2015).

A adição constante de poluentes nos corpos hídricos advindo de atividades antropogênicas acaba contaminando o ambiente, e por consequência o ser humano. Partindo dessa problemática, vários tratamentos são utilizados para limpar esses resíduos, uma alternativa é a fitorremediação, pois é um processo eficaz, de baixo custo, acessível e ecológico. Tal técnica utiliza as plantas para descontaminar áreas com o acúmulo de metais pesados, efluentes domésticos e industriais, principalmente, sendo que o mecanismo utilizado pelas plantas, na maioria das vezes, é a rizofiltração: que consiste na absorção dos contaminantes pela raiz das macrófitas (RAI, 2009; SHARMA, SINGH, MANCHANDA, 2015; SOOD *et al.*, 2012).

É válido ressaltar que os metais pesados são elementos químicos com alta massa atômica, por exemplo, mercúrio (Hg), cádmio (Cd), tálio (Tl) e chumbo (Pb), esses são extremamente tóxicos e podem se tornar nocivos para alguns organismos vivos (a exemplo, o ser humano) mesmo em baixas concentrações. Podem estar presentes nos corpos hídricos por fontes naturais: por meio da lixiviação do solo e das rochas, ou por fontes antropogênicas: resíduos industriais e domésticos, dentre outros (SOOD, *et al.*, 2012).

Dessa forma, as macrófitas destacam-se como uma maneira eficiente na remediação de compostos xenobióticos em ambientes aquáticos, assim, desempenham um papel de extrema relevância nestes ambientes, atuando de maneira eficiente na remediação de compostos xenobióticos em águas

superficiais (CRUM *et al.*, 1999; THOMAS; HAND, 2011; SOOD, *et al.*, 2012). De acordo com Pompêo (2008), estas, acumulam elementos metálicos e podem ser utilizadas para biomonitoramento desses ecossistemas. Os nutrientes mais importantes para as macrófitas são o nitrogênio e o fósforo, sendo estes encontrados em grandes quantidades em esgotos domésticos, desta forma, ambientes aquáticos que tiverem a presença destes nutrientes e de luz solar, se tornam um local de fácil proliferação para macrófitas, uma vez que se caracteriza um ambiente propício para sua reprodução. Assim, segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB):

As macrófitas são plantas superiores de tamanho macroscópico presentes em ambientes aquáticos e de grande importância por sua contribuição no funcionamento de um ecossistema. Essas plantas aquáticas são largamente utilizadas como bioindicadoras da qualidade da água de ambientes lânticos e lóticos e desempenham um papel muito importante na acumulação de elementos metálicos (SÃO PAULO, 2011, p.326).

De acordo com Pedralli (2003), a utilização de macrófitas aquáticas como bioindicadoras de qualidade de águas superficiais mostra-se uma excelente alternativa e de baixo custo, uma vez que a presença de macrófitas aquáticas, em grande maioria, fornecem informações sobre o ambiente onde estão inseridas. As espécies de plantas bioindicadoras são aquelas que se desenvolvem adequadamente em ambientes contendo substâncias poluentes específicas, assim a partir da presença destas plantas no ambiente é possível inferir qualitativamente as condições ambientais a partir da identificação e caracterização de cada planta (POMPÊO, 2008; RODRIGUES, 2011). O estudo dessas espécies fornece evidências da poluição, tanto pela identificação do acúmulo de poluentes, quanto pelos efeitos causados pela exposição a tais poluentes aquáticos (COUTINHO, 2018).

Algumas vantagens da fitorremediação são o baixo custo, tecnologia sustentável comparados aos processos tradicionais, possibilidade de tratamento *in situ* ou *ex situ*, uso do potencial natural das plantas, uso para mais de um poluente, dentre outros. O sucesso da fitorremediação depende da capacidade de tolerância de uma espécie a determinados poluentes. A limitação desse tratamento está atrelada às condições adequadas de crescimento como: clima, intensidade luminosa (SOOD *et al.*, 2012).

Neste contexto, os estudos de fitorremediação em macrófitas permitem avaliar o grau de contaminação do ambiente aquático, assim, a fitorremediação pode ser uma alternativa viável para tratar corpos hídricos eutrofizados. A eutrofização consiste na proliferação de macrófitas, algas e cianobactérias na superfície de corpos hídricos (GARCIA, 2015). Segundo Barreto (2013), o nitrogênio e o fósforo presentes nos corpos hídricos, são importantes nutrientes que compõem a cadeia alimentar, porém, em altas concentrações nas águas superficiais e associados às boas condições de luminosidade, provocam o enriquecimento do meio, fenômeno este denominado, eutrofização. Smith e Schindler (2009) destacam ainda que, a eutrofização pode levar a alterações nas características da água, sabor, turbidez, cor, redução dos níveis de oxigênio dissolvido, entre outros, culminando no crescimento excessivo de plantas aquáticas, mortalidade de organismos aquáticos e comprometimento nos usos múltiplos.

O objetivo deste artigo é apresentar uma pesquisa realizada no corpo hídrico Várzea da cidade de Biritinga-BA, no povoado Quipé, baseado em entrevistas com moradores, análises físico-química da água da Várzea e observações *in loco*, relacionando estes dados com a bioquímica ambiental, focando os impactos da poluição dos corpos hídricos e a despoluição desses ambientes usando a fitorremediação por meio de macrófitas aquáticas.

Material e métodos

Este trabalho foi realizado no lago conhecido como Várzea ($11^{\circ}38'18.16''S$ $38^{\circ}48'33.25''O$), um importante corpo hídrico, com uma área total de lâmina d'água aproximada de $0,99\text{km}^2$ (figura 1), localizado na cidade de Biritinga-BA, no povoado de Quipé. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE, 2019), este município possui uma população estimada de 15.979 pessoas e fica localizado no Território do Sisal. Seus principais corpos hídricos são o rio Inhambupe e o lago Várzea, além de seus importantes poços que abastecem várias cidades da região.

Figura 1: Imagem de satélite da área onde fica localizado a Várzea, na cidade de Biritinga-BA. Na imagem, a Várzea corresponde à área destacada em amarelo, ao lado se encontra um córrego destacado em vermelho. Biritinga-BA, 2019.



Fonte: Google Earth, 2020.

O estudo foi realizado em três etapas, durante o mês de julho de 2019: entrevista semiestruturada com alguns moradores do local; observação da biodiversidade local, especificamente as macrófitas e análises físico-química da água.

A primeira etapa baseou-se em entrevistas semiestruturadas, que consiste na elaboração de perguntas prévias para conduzir a entrevista (VERDEJO, 2010). Foram entrevistadas 15 pessoas, dentre

moradores e pessoas que faziam uso deste corpo hídrico no momento das entrevistas e observações *in loco*. Com o intuito de identificar os principais usos da água, as mudanças que ocorreram no corpo hídrico com o decorrer dos anos e as atividades agropecuárias, durante as entrevistas, as respostas eram registradas em caderno de campo. Essas informações são importantes, pois segundo Gaylarde, Bellinasco e Manfio (2005), permitem uma análise mais holística e temporal do ambiente estudado, verificando os possíveis impactos de atividades antropogênicas.

As observações *in loco* são importantes, pois permitem um diagnóstico qualitativo inicial que segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2012) é fundamental para a adoção de estratégias posteriores. Nesta observação foram levadas em consideração as condições ambientais deste corpo hídrico, observação desde a presença de macrófitas aquáticas até a presença de caramujos e animais de pasto, além de fontes visíveis de despejo de efluentes e atividades antrópica como pesca e recreação.

Foram coletadas, entre os dias 16 e 17 de julho de 2019, 12 (doze) amostras de água em 4 (quatro) pontos distintos da Várzea, desta forma, as amostras foram classificadas em 4 (quatro) grupos, de acordo com o ponto em que foram coletadas, sendo 3 (três) amostras para cada agrupamento distinto.

Todas as amostras foram coletadas com 30 cm de profundidade, sendo:

- ponto 1 (na chegada da Várzea, próximo da estrada que dá acesso principal para a cidade, onde apresenta uma quantidade muito grande de macrófitas flutuantes);
- ponto 2 (alguns metros depois do ponto 1);
- ponto 3 (na “boca de lobo” que atravessa a estrada);
- ponto 4 (no local onde é despejado o esgoto da cidade, em um córrego às margens da BA-233).

A escolha dos pontos de coleta foi feita a partir da observação de pontos críticos da Várzea, como: a presença excessiva de macrófitas; áreas com a cor bastante elevada; e fluxo de efluentes.

As análises laboratoriais feitas foram: pH, turbidez, condutividade elétrica, cor, e concentrações de fósforo, nitrito e nitrato. Foram utilizados para as análises físico-químicas o pHmetro, turbidímetro, condutivímetro o aparelho Hanna multiparâmetros, respectivamente, este último, possibilita o processamento de vários parâmetros, nele, foram feitas as análises de cor, fósforo, nitrito e nitrato.

No dia seguinte, as amostras coletadas foram analisadas no laboratório de Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *campus* Serrinha. O protocolo utilizado para as análises consistiu na realização dos testes em triplicata com cada amostra coletada, seguindo os procedimentos padrões de cada aparelho laboratorial utilizado (pHmetro, turbidímetro, condutivímetro e o aparelho Hanna multiparâmetro). Após a obtenção dos resultados dos testes em cada amostra, aplicou-se a média aritmética e, por fim, obteve-se um valor específico para cada ponto nos diferentes parâmetros analisados.

Resultados e discussão

Entrevistas

A entrevista foi um instrumento que contribuiu de forma efetiva para identificar as formas de uso da água e traçar um breve perfil dessa população que utiliza a Várzea como fonte hídrica para usos múltiplos.

De acordo com o resultado obtido a partir da interpretação dos dados da entrevista, ficou evidente que os principais usos que a população faz da Várzea são: pesca, banho, recreação, dessedentação e alimentação animal. Nesse sentido, Balduino, *et al.*, (2018), classifica esses usos como consuntivos: aqueles que retiram a água de seu ambiente natural, diminuindo sua disponibilidade, como no abastecimento público, agricultura, indústria, etc.; e não consuntivos: onde não há modificação no volume da água, como pesca, recreação, práticas esportivas e outras. Tais usos podem ter relação direta com a contaminação da água, influenciando assim, na composição física, química e biológica do corpo hídrico, uma vez que a ação antrópica pode causar diversos impactos negativos como, por exemplo, a poluição.

De acordo os entrevistados, há alguns anos a pesca era muito praticada para fins de comercialização devido à grande quantidade de peixes, entretanto, nos últimos anos observou-se uma redução significativa na quantidade de peixes, o que justifica a pesca ainda ser realizada apenas para consumo próprio e recreação. Neste contexto, segundo Gherardi (2010), a redução drástica na densidade de peixes existente nos corpos hídricos está diretamente relacionada à atividade antrópica. Tais alterações ocorridas na Várzea ao longo do tempo, podem estar relacionadas ao aumento da poluição e do desmatamento, provocando respostas ambientais expressas no desequilíbrio da biota, redução de determinados organismos e aumento de outros, de acordo as condições do ambiente.

Relacionado às mudanças ocorridas na Várzea, os entrevistados relataram que o esgoto da cidade antigamente não era despejado diretamente nesse corpo hídrico e, por consequência, a água era limpa e tinha mais peixes, um dos entrevistados disse: “antes o esgoto não ia pra Várzea”, outro acrescentou que “a água antes era limpa”, atualmente, conforme identificado, o esgoto continua sendo despejado no corpo hídrico em questão. Corroborando assim, com Martins, Rocha e Santana (2018), quando dizem que os impactos gerados por lançamento de efluentes não tratados em corpos hídricos são irreparáveis, e de acordo com o art. 3º da resolução nº430/11 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), os efluentes, independentemente de sua fonte, só estará apto para o despejo em corpos hídricos após o tratamento adequado (BRASIL, 2011).

A sazonalidade influencia na composição da Várzea, tanto nas plantas quanto na lâmina d'água, uma entrevistada afirmou que: “ela (a Várzea) muda de acordo ao tempo, no verão ela seca e no inverno, nas trovoadas, fica cheia”. Sobre as plantas, os moradores relataram que “o número delas aumentaram”;

“hoje em dia tem muito mais plantas”, este aumento pode, segundo Silva (2008), estar associado à disponibilidade de nutrientes no meio aquático.

Os entrevistados relataram que não perceberam casos de doenças que possam estar relacionadas diretamente à Várzea, somente um deles relatou que já teve frieiras, vermes e dores abdominais e que, provavelmente, estaria relacionado com o uso deste corpo hídrico. Afirmar que determinada doença adquirida pela população está relacionada diretamente a um local específico é uma questão que exige um estudo mais aprofundado. No entanto, Uhr, Schmechel e Uhr, (2016) constataram que quanto mais abrangentes e eficientes forem os serviços de saneamento ambiental, especialmente a implantação de sistemas de captação e tratamento adequado de esgoto, menor serão os índices de doenças de veiculação hídrica.

De modo geral, os moradores identificam as potencialidades da Várzea, principalmente relacionado a pesca e recreação e reconhecem a necessidade da adoção de estratégias para recuperação do local: “deve ter o tratamento de esgoto, pois comemos (os peixes), mas ficamos com medo de estarem contaminados”; “a água deve ser tratada e revitalizada”; “tratar a água e servir como ponto turístico”. Com todos esses relatos fica clara a preocupação da população com as condições da Várzea que se encontra poluída e contaminada principalmente por efluentes domésticos, necessitando assim esforços conjuntos do poder público e da sociedade civil para descontaminação, uma vez que, segundo a resolução CONAMA nº 430/11, o despejo de efluentes não tratados em corpos hídricos, além de causar impactos negativos no ambiente aquático, é considerado um crime ambiental (BRASIL, 2011).

Análise físico-química da água

A partir da análise em triplicata de 4 (quatro) pontos diferentes da Várzea, foram realizadas as análises físico-química em laboratório, com o objetivo de entender e/ou identificar algumas características da Várzea, como a presença de macrófitas. Na tabela 1 é possível identificar algumas das características analisadas.

Observando os parâmetros físico-químicos apresentados na tabela acima, é possível identificar alterações, como: cor, turbidez e condutividade elétrica. É importante salientar que essas alterações indicam as condições do corpo hídrico estudado, uma vez que este se encontra poluído com efluentes domésticos. Essa poluição altera as características da água, principalmente sua transparência e elevação de nutrientes, o que provoca aumento do número de espécies de macrófitas, comprometendo outros organismos aquáticos que necessitam de luz solar e de oxigênio na água: pequenas plantas, algas, peixes e outros, desequilibrando o ecossistema (HALLS *et al.*, 2005; COUTINHO, 2018).

Tabela 1: Média dos resultados obtidos dos parâmetros analisados em 12 amostras de água de 4 pontos de coleta distintos na Várzea de Biritinga-Ba, e os valores de referência de acordo à Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005). NTU - Unidade Nefelométrica de Turbidez; PCU - Unidades de Platina Cobalto; $\mu\text{S}/\text{cm}$ - microsiemens por cm. Biritinga-BA, 2019.

Parâmetro	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	CONAMA (357/05)
pH	7,17	7,54	7,80	6,97	6,0 - 9,0
Condutividade elétrica	1.326 $\mu\text{S}/\text{cm}$	1.308 $\mu\text{S}/\text{cm}$	1.303 $\mu\text{S}/\text{cm}$	1.439 $\mu\text{S}/\text{cm}$	-*
Turbidez	15,75 NTU	49,5 NTU	46,53 NTU	254,6 NTU	≤ 100 NTU
Cor	171 PCU	500 PCU	313,33 PCU	500 PCU	≤ 75 PCU
Nitrito	0,0033 mg/L	0,00 mg/L	0,00 mg/L	0,07 mg/L	≤ 1 mg/L
Nitrato	0,00 mg/L	1,56 mg/L	2,06 mg/L	5,76 mg/L	≤ 10 mg/L
Fósforo	-	-	-	10,83 mg/L	$< 0,15$ mg/L

*valor sem referência nesta resolução, adotou-se os níveis preconizados pela FUNASA (BRASIL, 2014). Fonte: Autores, 2019.

A turbidez avalia a quantidade de matéria em suspensão presente no corpo hídrico, o que implica na passagem de luz através da água, interferindo no ecossistema aquático, uma vez que a luz é essencial para os organismos fotossintéticos. Neste contexto, a Resolução CONAMA n° 357/05 estabelece que a turbidez deve estar em um intervalo de 0 a 100 NTU, porém, no grupo quatro, percebeu-se que os valores são elevados e alcançam 254,6 NTU, acima do recomendado (BRASIL, 2005).

A cor, matéria orgânica ou inorgânica diluída, também se encontra com valores acima do ideal de acordo à resolução CONAMA n° 357/05 em todas as amostras analisadas, tendo em vista que os valores deveriam ser inferiores a 75 PCU, mas alcançam 500 PCU em dois pontos de coleta. Atribui-se esses valores elevados, também, aos efluentes lançados na Várzea, já que há uma grande quantidade de matéria inorgânica e orgânica nesses efluentes domésticos, o que influencia diretamente na cor da água, uma vez que estas matérias são diluídas no corpo hídrico (BRASIL, 2005).

No ponto de coleta do grupo 4 (quatro), onde é lançado os esgotos na Várzea, havia um cano da concessionária de água que abastece a cidade, vazando água tratada, nesta é adicionado cloro para combater os microrganismos, provavelmente este seja o motivo pelo qual nas análises não houveram valores elevados de nitrito e nitrato, uma vez que são rapidamente oxidados quando entram em contato com o cloro (MEYER, 1994). Entretanto, a matéria dissolvida em interação com o cloro presente na água tratada, pode resultar em compostos químicos potencialmente cancerígenos, denominados trihalometanos, que podem ser acumulados pelos organismos presentes no ambiente aquático, pelo processo de bioacumulação e posteriormente, passada pela cadeia trófica através do processo de

biomagnificação. É importante salientar que esse processo representa um perigo a comunidade, uma vez que alguns indivíduos mantêm a atividade de pesca na Várzea como forma de sustento e obtenção de alimento (BRASIL, 2014).

Outro fato relevante levantado pelas análises físico-químicas foi a necessidade de realizar uma pesquisa sobre a quantidade de fósforo nas amostras, uma vez que este serve como indicativo de eutrofização, já que contribui com o processo (HALLS *et al.*, 2005). Neste contexto, o fósforo em excesso pode provocar diversos impactos negativos no ambiente (como a morte de organismos devido à eutrofização), uma vez que serve como nutrientes nestes corpos hídricos, criando ambiente adequado à proliferação excessiva de algas, macrófitas e cianobactérias, diminuindo o oxigênio da água, levando a diversas consequências em cadeia. Segundo Klain (2012), o aumento de fósforo na água pode estar associado ao lançamento de esgotos, agrotóxicos, águas pluviais de cidades e outros. A resolução do CONAMA nº 357/05 estabelece para águas de classe III (aquelas que podem ser destinadas ao consumo humano após o tratamento, à irrigação, à pesca, à recreação de contato secundário e à dessedentação animal) valor máximo de fósforo na água de 0,15 mg/L, no entanto obteve-se valor médio de 10,83 mg/L, assim fica claro que a Várzea se encontra em processo de eutrofização (BRASIL, 2005).

A resolução CONAMA nº357/05 não apresenta valores estabelecidos como referência para o parâmetro de condutividade elétrica (BRASIL, 2005), mas, segundo o Manual de Controle da Qualidade da Água do FUNASA o ideal é que esses valores estejam entre 0 a 100 uS/cm (BRASIL, 2014), contudo, é notório que os valores estão alterados, e acima do ideal. Segundo Pinto (2007) a condutividade elétrica diz muito sobre o corpo hídrico, uma vez que o parâmetro é definido como a capacidade de condução elétrica da água a partir da concentração de íons presentes, tais íons provêm da dissolução da matéria orgânica e inorgânica presente no corpo hídrico. Na Várzea, provavelmente, estas matérias advêm dos efluentes que são lançados na água, e uma vez ionizados, são indispensáveis para o processo de eutrofização.

Desta forma, a poluição por lançamento de efluentes altera as características da água, principalmente sua transparência (cor), elevação da matéria no corpo hídrico (turbidez), e conseqüentemente, o aumento no número de espécies de macrófitas, já que proporciona um ambiente favorável para o desenvolvimento desses organismos, tendo em vista a disponibilidade de nutrientes (íons e moléculas como a de fosfato). Neste contexto, o processo de eutrofização compromete outros organismos do ambiente aquático que necessitam de luz solar e de oxigênio na água, tendo em vista que a eutrofização impossibilita a passagem de luz pela água, impedindo que organismos fotossintetizantes realizem reações essenciais para a sua sobrevivência, e também, há um maior consumo de oxigênio pelos organismos resultantes de tal proliferação, desequilibrando o ecossistema, e assim, podendo gerar a mortes de organismos neste ambiente (GARCIA, 2015).

Macrófitas aquáticas

A presença de macrófitas aquáticas pode indicar diversas características dos corpos hídricos (bioindicação), podendo ser usadas como bioindicadoras da qualidade da água, pois desempenham funções importantes nos ecossistemas aquáticos e sua densidade ou características morfológicas são importantes parâmetros para se fazer uma análise qualitativa dos ambientes, além disso podem ser empregadas na fitorremediação (HEGEL, 2016).

Ainda segundo Hegel (2016), é importante destacar que nem todas as macrófitas são bioindicadoras ou fitorremediadoras, pois algumas delas não possuem mecanismos que conferem essas características ou as pesquisas ainda não identificaram. Em excesso, tais macrófitas podem trazer prejuízos aos corpos hídricos, dado que em grandes quantidades impedem a penetração eficiente de luz solar no ambiente aquático. Na Várzea foram encontradas uma quantidade considerável de macrófitas, isso devido principalmente a poluição que aumenta a quantidade de nutrientes, e por consequência, essas plantas encontram condições adequadas para o desenvolvimento.

Assim, no quadro 1, estão listadas as principais macrófitas encontradas na Várzea que foram observadas com relação às suas funções tanto bioindicadora quando fitorremediadora encontradas na literatura, podendo assim inferir análises quantitativas a respeito das condições desse corpo hídrico.

Observou-se, portanto, que no corpo hídrico estudado, especialmente nos locais mais poluídos (grupos 3 e 4), foram encontradas diversas macrófitas que apresentam potencial fitorremediador e bioindicador conhecidos através de diversos estudos. Essa investigação das plantas que ocorrem naturalmente em ambientes poluídos, para Barreto (2011), é considerado como um dos métodos para conhecer quais espécies seriam as melhores macrófitas para remediar determinado poluente.

A grande densidade de espécies encontradas na Várzea (figura 2 e 3) é um indicativo de que o ambiente dispõe de condições adequadas para sua alta proliferação, de acordo Rodrigues *et al.*, (2016), as plantas apresentam diversas respostas metabólicas aos poluentes, elas podem ser: sensíveis, apresentando sintomas de toxicidade; ou tolerantes, neste caso, tais macrófitas desenvolvem mecanismos que evitam os efeitos deletérios, e por consequência, melhora o desenvolvimento das plantas.

Sobre esta temática Rodrigues *et al.*, (2016) chegaram à conclusão de que diversos estudos têm demonstrado a possibilidade do uso de macrófitas aquáticas como, por exemplo: Aguapé (*Eichhornia crassipes*), Orelha de onça (*Salvinia minimos*) e Musgo d'água (*Azolla caroliniana*), em ações de descontaminação de corpos hídricos contaminados por diversos poluentes, como metais pesados, e ainda que, outras espécies como a Alface-d'água (*Pistia stratiotes*) precisam ser melhor estudadas, podendo ser utilizada na descontaminação de reservatórios de água contaminados por metais pesados, a partir do processo de biorremediação e biotransformação.

Quadro 1: Gêneros de macrófitas aquáticas observadas na Várzea da cidade de Biritinga-Ba e suas funções ambientais encontradas na literatura. Biritinga, 2019.

Gênero observado	Função Ambiental	Referências
<i>Azolla</i> sp.	Eficiente para remover nutrientes da coluna d'água evitando o surgimento de algas. É um eliminador natural da amônia, uma vez que além deste composto, absorverá também outros compostos como nitrito, nitrato e fosfatos, além de metais pesados.	SOOD <i>et al.</i> , 2012; RECHI, 2014.
<i>Sagittaria</i> sp.	É uma planta invasora medianamente frequente, infestando principalmente lavouras de arroz inundado, margens de lagos, canais de drenagem e baixadas úmidas. Vegeta tanto em áreas inundadas como em locais pantanosos.	MATIAS, 2015.
<i>Eichhornia</i> sp.	Não cresce em ambientes de água pura, é bioindicadora de ambientes poluídos.	POMPÊO, 2008.
<i>Pistia</i> sp.	Bioindicadora de poluentes e de presença de metais pesados, proliferam rapidamente em ambientes poluídos e ricos em nutrientes.	POMPÊO, 2008; LORENZI, 2008.
<i>Typha</i> sp.	É uma espécie indicada como remediadora de águas contaminadas por Arsênio, tolerando a presença deste elemento químico.	SILVA, 2014.
<i>Salvinia</i> sp.	Suas raízes atuam como esponja, filtrando a água. Usada para purificação e oxigenação da água.	POMPÊO, 2008; RODRIGUES, 2011; COUTINHO, 2018; RODRIGUES, A. <i>et al.</i> , 2016.
<i>Echinodorus</i> sp.	São capazes de absorver e acumular chumbo (Pb) principalmente nas raízes; esta absorção é, por outro lado, modulada pela anatomia radicular	RIBEIRO <i>et al.</i> , 2015.

Fonte: Autores, 2019.

Figura 2: Fotografia da Várzea estudada. Vale destacar a grande densidade de macrófitas aquáticas bem como a presença de lixo. Biritinga-BA, 2019.



Fonte: Autores, 2019.

Figura 3: Imagem do local onde o canal que leva o efluente da cidade desagua na Várzea. Biritinga-BA, 2019.



Fonte: Autores, 2019.

Considerações finais

O crescimento industrial, agrícola e demográfico gera uma quantidade consideravelmente alta de resíduos poluentes, como lixo e esgoto, que são prejudiciais ao meio ambiente, especialmente aos corpos hídricos, que, de forma incorreta, acabam sendo o destino final de muitos desses poluentes, prejudicando não somente a comunidade de seres vivos aquáticos, como também a população que faz uso deste corpo hídrico.

A cidade de Biritinga-BA possui um importante corpo hídrico, a Várzea, como é popularmente conhecido, localizado no povoado Quipé, bem próximo da cidade. Com todos os resultados abordados a partir das metodologias aplicadas, conclui-se que a Várzea encontra-se em processo de eutrofização, acarretado e/ou potencializado pelo despejo inadequado de resíduos poluentes como esgoto e lixo, fato comprovado pelas observações *in loco*, pelo relatos dos moradores, pela presença de macrófitas bioindicadoras e também através das análises laboratoriais (especificamente os valores alterados de fósforo, condutividade elétrica, turbidez e cor). Tudo isso causa impactos diretos no ecossistema aquático presente no local estudado e conseqüentemente, nas comunidades que usam da Várzea para atividades como a pesca.

Tendo em vista a importância da Várzea para o ecossistema ambiental bem como para a população da área, consideramos que é necessário a adoção de estratégias de revitalização e

monitoramento da qualidade da água. Para isso, é importante sensibilizar o poder público e a sociedade civil, através, por exemplo, de intervenções das organizações não governamentais e outras entidades, objetivando evitar ao máximo o descarte inadequado de poluentes neste corpo hídrico. Com a realização desse trabalho de forma conjunta e participativa, seria possível inserir alternativas como a fitorremediação para o tratamento e recuperação da Várzea, uma vez que constitui-se de uma atividade biotecnológica de baixo custo e ecologicamente viável usando as macrófitas aquáticas que já existem no local, pois estas espécies têm a capacidade de remover muitos dos principais poluentes dos efluentes por meio do seu metabolismo e/ou estrutura morfológica.

Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil**. Brasília: ANA, 2012. Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/Panorama_Qualidade_Aguas_Superficiais_BR_2012.pdf. Acesso em: 26 set. 2020.

BALDUINO, A. R.; FONTES NETO, P.; TARTA, M. S.; CARVALHO, A. P. **Avaliação preliminar da qualidade da água do ribeirão São João no município de Porto Nacional - TO**. In: FORTES, N. L. P.; FONES NETO, P. (org.). Ciências Ambientais. Taubaté: Editora da Universidade de Taubaté, v. 2, p. 141-171, 2018.

BARBOSA, G. L.; SILVEIRA, R. P.; PIRES, B. S.; OLIVEIRA, C. L.; CARVALHOSA, G. S.; BARATA, G. P. B.; VARGENS, M. M. F.; REIS, M. V. **Educação ambiental: conceitos e práticas na gestão ambiental pública**. Rio de Janeiro: INEA 2014. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/Guia-de-Educa%C3%A7%C3%A3o-Ambiental.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2020.

BARRETO, B. A. **Seleção de Macrófitas Aquáticas com Potencial para Remoção de Metais-traço em Fitorremediação**. 2011. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente E Recursos Hídricos) - Universidade Federal De Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/941M.PDF>. Acesso em: 26 set. 2020.

BARRETO, L. V.; BARROS, F. M.; BONOMO, P.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. S.; **Eutrofização em rios brasileiros**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer. Goiânia, v. 9, n. 16, p. 2165-2179, jul. 2013. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/biologicas/EUTROFIZACAO.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação nacional da Saúde (FUNASA). **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38937/Manual+de+controle+da+qualidade+da+%C3%A1gua+para+t%C3%A9cnicos+que+trabalham+em+ETAS+2014.pdf/85bbdbc8cd2-4157-940b-90b5c5bcfc87>. Acesso em: 26 abr. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357/2005, de 17 de março de 2005**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf. Acesso em: 26 set. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 430/2011, de 13 de maio de 2011**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011. Disponível em: http://www.adasa.df.gov.br/images/stories/anexos/8Legislacao/Res_CONAMA/Resolucao_CONAMA_430_2011.pdf. Acesso em: 26 set. 2020.

COUTINHO, S. N. **Estudo de Bioacumulação de Metais Tóxicos e Elementos Traço em Amostras de Macrófitas Aquáticas Flutuantes do Reservatório Guarapiranga, São Paulo - SP, Brasil**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Aplicações) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/49/066/49066553.pdf. Acesso em: 26 set. 2020.

CRUM, S. J. H.; KAMMEN-POLMAN, A. M. M. van; LEISTRA, M. **Sorption of nine pesticides to three macrophytes**. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, v. 37, p. 310-316, 1999. DOI 10.1007/s002449900519. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s002449900519>. Acesso em: 06 de jun. de 2020.

FERNICOLA, N. A. G. G.; BOHRER-MOREL, M. B. C.; BAINY, A. C. D. Ecotoxicologia. In: AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. (Ed.). **As bases toxicológicas da ecotoxicologia**. São Carlos: RiMa, 2003.

GARCIA, A. N. **A atividade antrópica como acelerador de processos de eutrofização**. São Paulo - SP, 2015. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/pgibt/2013/04/angelica.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2020.

GAYLARDE, C. C.; BELLINASCO, M. L.; MANFIO, G. P.; **Biorremediação: aspectos biológicos e técnicas da biorremediação de xenobióticos**. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento. n. 34. p. 36-45. jan/jun 2005. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=2226878>. Acesso em: 06 de jun. de 2020.

GHERARDI, C. F. E. **Estudo dos fatores que levam a mortandade de peixes em água doce**. Centro universitário Metodista Izabela Hendrix. Belo Horizonte - MG, 2010. Disponível em: <https://www.metodista.br/revistas-izabela/index.php/aic/article/viewFile/554/461>. Acesso em: 06 jun. 2020.

HALLS, S; YAMAZAKY, K; MATSUMURA-TUNDISI, T; TUNDISI, J. G. **Qualidade da água: o impacto da eutrofização**. In: **Lagos e reservatórios**. São Carlos-SP, v. 3, p. 13, 2005. Disponível em: <http://www.blogdocancado.com/wp-content/uploads/2011/02/eutrofizacao1.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2020.

HEGEL, C. G. Z.; MELO, E. F. R. Q. **Macrófitas Aquáticas Como Bioindicadoras Da Qualidade Da Água Dos Arroios Da Rppn Maragato**. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Maringá-PR, v. 9. n. 3, p. 673-693, jul/set 2016. DOI 10.17765/2176-9168. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/3744>. Acesso em: 18 jul. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). IBGE Cidades: cidade de Biritinga Bahia. 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/biritinga/panorama>. Acesso em: 28 abr. 2020.

KLAIN, C.; AGNE, S. A. A. **Fósforo: de nutriente à poluente**. Revista Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 8, n. 8, p. 1713-1721, 2012. DOI 10.5902/223611706430. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/6430/pdf>. Acesso em: 18 jul. 2019.

LORENZI, H. **Plantas Daninhas do Brasil: Terrestres, Aquáticas, Parasitas e Tóxicas**. 4 ed. Nova Odessa-SP: Instituto Plantarum, 2008.

MANAHAN, S. E. **Química Ambiental**. 9 ed. Columbia: University of Missouri, 2013.

MARTINS, A. B. C.; ROCHA, J. P.; SANTANA, C. G. **Análise dos impactos causados pelo lançamento de efluentes domésticos não tratados e sua relação com a capacidade de autodepuração de um corpo hídrico**. Revista CEDS, n. 9, ago/dez 2018. Disponível em: <http://sou.undb.edu.br/public/publicacoes/analise-dos-impactos-causados-pelo-lancamento-de-efluentes-domesticos-nao-tratados-e-sua-relacao-com-a-capacidade-de-autodepuracao-de-um-corpo-hidrico-ana-beatriz-jhogenes-pereira-e-claudemir-gomes.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2020.

MATIAS, L.Q. **Alismataceae**. In: **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB4272>. Acesso em: 18 jul. 2019.

MEYER, S. T. **O Uso de Cloro na Desinfecção de Águas, a Formação de Trihalometanos e os Riscos Potenciais à Saúde Pública**. Cad. Saúde Públ., p. 99-110, 1994. DOI 10.1590/S0102-311X1994000100011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csp/v10n1/v10n1a11.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2020.

MONTONE, R. C. **Bioacumulação e Biomagnificação**. Instituto de Oceanografia da Universidade de São Paulo (IOUSP), 2015. Disponível em: <http://www.io.usp.br/index.php/oceanos/textos/antartida/31-portugues/publicacoes/series-divulgacao/poluicao/811-bioacumulacao-e-biomagnificacao>. Acesso em: 24 jul. 2019.

PEDRALLI, G. **Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água: alternativas para usos múltiplos de reservatórios**. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Ed.). *Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas*. Maringá: EDUEM, 2003. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/45621382/Thomaz-e-Bini-2003-Ecologia-e-manejo-de-macrofitas-aquaticas>. Acesso em: 26 set. 2020.

PINTO, M. C. F. (org.). **Medição *in loco*: Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido**. Belo Horizonte -MG: Serviço Geológico do Brasil, 2007. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/gestao_territorial/geologia_medica/manual_medicoes_T_%20pH_OD.pdf. Acesso em: 27 abr. 2020.

POMPÊO, M. L. M. **Monitoramento e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Oecologia brasiliensis, v. 12, n. 3, p. 406-424, 2008. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2882865.pdf>. Acesso em: 26 de set. 2020.

RAI, P. K. **Heavy Metal Phytoremediation from Aquatic Ecosystems with Special Reference to Macrophytes**. Critical Reviews in Environmental Science and Technology. v. 39, n. 9, p. 697-753, set

2009. DOI 10.1080/10643380801910058. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10643380801910058>. Acesso em: 25 abr. de 2020.

REECE, J. B. **Biologia de Campbell**. 10 ed. Porto alegre: Artmed, 2015.

RECHI, E. **Samambaia Mosquito (*Azolla caroliniana*)**. Aquarismo Paulista, São Paulo-SP, 2014. Disponível em: <http://www.aquarismopaulista.com/azolla-caroliniana/>. Acesso em: 18 jul. 2019.

RIBEIRO, E. S.; PEREIRA, M. P.; CASTRO, E. M.; BARONE, G. R.; CORRÊA, F. F.; PEREIRA, F. J. **Relações da anatomia radicular na absorção, no acúmulo e na tolerância ao chumbo em *Echinodorus grandiflorus***. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande-PB, v. 19, n. 6, p. 605-612, 2015. DOI 10.1590/1807-1929. Disponível em: http://www.agriambi.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=88&Itemid=11. Acesso em: 22 jul. 2019.

RODRIGUES, A. C. D.; SANTOS, A. M.; SANTOS, F. S.; PEREIRA, A. C. C.; SOBRINHO, N. M. B. A. **Mecanismos de Respostas das Plantas à Poluição por Metais Pesados: Possibilidade de Uso de Macrófitas para Remediação de Ambientes Aquáticos Contaminados**. Revista Virtual de Química. v. 8, n. 1, p. 262-276, 2016. DOI 10.5935/1984-6835.20160017. Disponível em: <http://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/1488>. Acesso em: 28 abr. 2020.

RODRIGUES, M. E. F. **Levantamento florístico e distribuição de macrófitas aquáticas na Represa Guarapiranga, São Paulo, Brasil**. 2011. Dissertação (Mestrado em Botânica na Área de Sistemática) - Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41132/tde-09122011-135402/publico/M_Estefania_Rodrigues_CORRIG.pdf. Acesso em: 12 fev. 2020.

SANTOS, D. A. **Contribuição Química para os Voláteis da *Aristolochia trilobata* e Obtenção do Acetato de 6-metil-5-hepten-2-ila por biotransformação**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Sergipe (UFS). São Cristóvão - SE, 2013. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/6035/1/DARLISSON_ALEXANDRIA_SANTOS.pdf. Acesso em: 06 jun. 2020.

SÃO PAULO (Estado). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostra: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. São Paulo, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marta_Lamparelli/publication/275351750_Guia_Nacional_de_coleta_e_Preservacao_de_amstras_Agua_Sedimento_Comunidades_Aquaticas_e_efluentes_liquididos/links/57a088bf08aec29aed24b029/Guia-Nacional-de-coleta-e-Preservacao-de-amstras-Agua-Sedimento-Comunidades-Aquaticas-e-efluentes-liquididos.pdf. Acesso em: 26 de set. 2020.

SHARMA, S.; SINGH, B.; MANCHANDA, V. K. **Phytoremediation: role of terrestrial plants and aquatic macrophytes in the remediation of radionuclides and heavy metal contaminated soil and water**. Environ. Sci. Pollut. Res. v. 22, p. 946–962, 2015. DOI 10.1007/s11356-014-3635-8. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-014-3635-8>. Acesso em: 25 abr. 2020.

SILVA, C. O. **Características Físicas e Anatômicas de *Typha domingensis* Submetida a Concentrações Crescentes em Arsênio**. 2014. Dissertação (Mestrado em Botânica Aplicada) - Universidade Federal de Lavras. Lavras-MG, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/2627/1/DISSERTAÇÃO>. Acesso em: 22 jul. 2019.

SILVA, R. S. **Influência da temperatura e de cargas de nutrientes no crescimento da macrófita aquática flutuante *Eichhornia crassipes* (mart.) solms cultivada em água enriquecida artificialmente.** 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológica) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro-SP, 2008. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/87879/silva_rs_me_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 06 jun. 2020.

SMITH, V. H.; SCHINDLER, D. W. **Eutrophication science: where do we go from here?** Trends in Ecology and Evolution. v. 24, n. 4, p. 201-207, 2009. DOI 10.1016/j.tree.2008.11.009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016953470900041X>. Acesso em: 05 maio de 2020.

SOOD, A.; UNİYAL, P.I.; PRASANNA, R.; AHLUWALIA, A. S. **Phytoremediation Potential of Aquatic Macrophyte, Azolla.** National Library of Medicine. v. 41, n. 2, p. 122-137, 2012. DOI 10.1007/s13280-011-0159-z. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22396093/>. Acesso em: 26 abr. 2020.

TOMAS, K. A.; HAND, L. H. **Assessing the potential for algae and macrophytes to degrade crop protection products in aquatic ecosystems.** Environmental Toxicology and Chemistry v. 30, n. 3, 2011. DOI 10.1002/ets.412. Disponível em: <https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/etc.412>. Acesso em: 26 set. 2020.

UHR, J. G. Z.; SCHMECHEL, M.; UHR, D. A. P. **Relação entre saneamento básico no Brasil e saúde da população sob a ótica das internações hospitalares por doenças de veiculação hídrica.** Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace, Ribeirão Preto-SP, v. 7, n. 2, p. 01-16, jun. 2016. DOI 10.13059/racef.v7i2.104. Disponível em: https://www.fundace.org.br/revistaracef/index.php/racef/article/view/104/pdf_19. Acesso em: 12 jun. 2020.

VERDEJO, M. E. **Diagnóstico Rural Participativo: guia prático.** 3 ed. Brasília: MDA/Secretaria da Agricultura Familiar, 2010. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4616813/mod_resource/intro/pageflip-2583697-3759191-DRP_-_Guia_prtico-2649689.pdf. Acesso em: 26 set. 2020.

<p>Informações do Artigo</p> <p>Recebido em: 17/06/2020 Aceito em: 23/09/2020 Publicado em: 11/10/2020</p> <p>Conflitos de Interesse: Os autores declaram não haver quaisquer conflitos de interesse referente a este artigo.</p> <p>Como citar este artigo</p> <p>Santos, G. B. <i>et al.</i>, (2020). Bioquímica ambiental: as macrófitas aquáticas como fitorremediadoras e bioindicadoras de poluentes. <i>Revista Macambira</i>, 4(2), e043004. https://doi.org/10.35642/rm.v4i2.461</p> <p>Licença:</p>  <p>Este trabalho está licenciado sob uma Licença Internacional Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International .</p>	<p>Article Information</p> <p>Received on: 17/06/2020 Accepted in: 23/09/2020 Published on: 11/10/2020</p> <p>Conflict of Interest: No reported.</p> <p>How to cite this article</p> <p>Santos, G. B. <i>et al.</i>, (2020). Environmental biochemistry: aquatic macrophytes as phytoremediators and bioindicators of pollutants. <i>Revista Macambira</i>, 4(2), e042004. https://doi.org/10.35642/rm.v4i2.461</p> <p>License:</p>  <p>This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.</p>
---	--