

CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ALICE DO NASCIMENTO RIBEIRO
FLAVYANE KALINE SOBRAL DE OLIVEIRA
MARJORYE CLARYCYE DA SILVA PAIXÃO

**POTENCIAL USO DA BARONESA (*EICHHORNIA CRASSIPES L.*) NA
FITORREMEDIÇÃO DE AMBIENTES ANTROPIZADOS**

RECIFE
2023

**ALICE DO NASCIMENTO RIBEIRO
FLAVYANE KALINE SOBRAL DE OLIVEIRA
MARJORYE CLARYCYE DA SILVA PAIXÃO**

**POTENCIAL USO DA BARONESA (*EICHHORNIA CRASSIPES L.*) NA
FITORREMEDIAÇÃO DE AMBIENTES ANTROPIZADOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à disciplina de TCC II do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas do Centro Universitário Brasileiro – UNIBRA, como parte dos requisitos para conclusão do curso.

Orientador(a): Prof. Me. Paulo Braga Mascarenhas Júnior

RECIFE

2023

Ficha catalográfica elaborada pela
bibliotecária: Dayane Apolinário, CRB4- 2338/ O.

R484p Ribeiro, Alice do Nascimento.
Potencial uso da baronesa (*eichhornia crassipes l.*) na fitorremediação de ambientes antropizados / Alice do Nascimento Ribeiro; Flavyane Kaline Sobral de Oliveira; Marjorye Clarycye da Silva Paixão. - Recife: O Autor, 2023.
30 p.
Orientador(a): Me. Paulo Braga Mascarenhas Júnior.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário Brasileiro – UNIBRA. Bacharelado em Ciências Biológicas, 2023.
Inclui Referências.
1. Macrófitas. 2. Proliferação. 3. Bioindicadores. I. Oliveira, Flavyane Kaline Sobral de. II. Paixão, Marjorye Clarycye da Silva. III. Centro Universitário Brasileiro. - UNIBRA. IV. Título.

CDU: 573

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus, porque sem ele nada disso seria possível, ao meu falecido avô Sr. Paixão e minha mãe Marluce por todo apoio emocional e incentivo nos estudos para continuar nessa caminhada. Agradeço também o professor orientador Paulo Braga Mascarenhas Júnior por se dedicar incansavelmente e orientar nosso trabalho. (Marjorye Paixão)

Agradeço a Deus acima de tudo pela sabedoria e pela força para chegar até aqui, e minha mãe Maria Alice Sobral de Oliveira, que sempre lutou e ainda luta para que eu possa terminar a faculdade ,ao meu pai Gilson Alves de Oliveira (in memorian), que me inspirou e inspira até hoje a buscar os meus sonhos e realizá-los e ao meu namorado Ronaldo Wesley que sempre esteve apoiando nos momentos de ansiedade e preocupação. (Flavyane Kaline)

Deus, pois, sem ele não sou nada. A meu pai Arlindo Ribeiro que me ensinou a sonhar, a minha mãe Miriam Nascimento, minha avó Maria Nascimento, a minha avó Josefa Santos, ao meu avô Amaro Santos(in memorian),a meu marido Iêgo Alves pelo amor e cuidado e por me ajudar e apoiar em tudo, a minha sogra Ilza Santos, e meu sogro Marcelino Santos, minha irmã/amiga Ana Paula Araújo, a minha irmã/amiga Aline Araújo pelo amor e incentivo, a Meu sobrinho Samuel Ribeiro, a meu irmão Romário Ribeiro por sempre acreditar em mim e me apoiar, a minha tia Dominga Dias, a meu tio Cícero Barbosa,a todos familiares e amigos em geral, as minhas companheiras de pesquisa que com a nossa união foi realizado este trabalho Flavyane Kaline, Marjorye Paixão, a meu professor Paulo Braga pela mentoria e por toda ajuda para que esse trabalho de pesquisa fosse realizado.(Alice Ribeiro)

RESUMO

As macrófitas são conhecidas como indicadores biológicos ou bioindicadores, são seres que respondem a mudanças no ambiente e podem ser definidos por determinadas espécies e comunidades, que por sua presença fornecem informações sobre as condições em que estão condicionadas. A antropização do ambiente é o descarte de poluentes e metais pesados por causa dos descartes incorretos da população e indústrias que são absorvidos pelos organismos e acumulam na natureza acarretando morte e perda de seres. O principal objetivo do trabalho é investigar formas de manejo sustentáveis em casos de proliferação descontrolada da baronesa e apontar os principais impactos da proliferação. Nesse aspecto foi realizada uma revisão bibliográfica e análise documental. Desse modo chegamos a conclusão de respostas resultantes de alterações nos ecossistemas e origens como, processos industriais, agropecuária, esgotos domésticos, entre outros. Acerca dos resultados foi possível observar que após o ano 2000 teve um aumento de artigos sobre essa temática, sendo constatado uma grande quantidade de estudos sobre a baronesa no continente sul-americano, devido à grande incidência de macrófitas e projetos de pesquisa e sinalizado os metais mais citados nos estudos em ambientes de proliferação das baronesas. Além disso, foi observado ao decorrer do trabalho que existem formas de minimizar a proliferação com planos de monitoramento ambiental que são realizados somente com análises de parâmetros físicos e químicos, mas hoje é adicionado a essas avaliações o denominado monitoramento biológico, que é a utilização de seres vivos.

Palavras chaves: macrófitas; proliferação; bioindicadores

ABSTRACT

Macrophytes are known as biological indicators or bioindicators. They are beings that respond to changes in the environment and can be defined by certain species and communities, which by their presence provide information about the conditions in which they are conditioned. The anthropization of the environment is the disposal of pollutants and heavy metals due to incorrect disposal by the population and industries, which are absorbed by organisms and accumulate in nature, causing death and loss of beings. The main aim of this work is to investigate sustainable management methods in cases of uncontrolled baroness proliferation and to point out the main impacts of proliferation. In this respect, a literature review and documentary analysis were carried out. In this way, we came to the conclusion of responses resulting from changes in ecosystems and origins such as industrial processes, farming, domestic sewage, among others. Regarding the results, it was possible to observe that after the year 2000 there was an increase in articles on this subject, with a large number of studies on the baroness on the South American continent, due to the high incidence of macrophytes and research projects and signaling the metals most cited in studies on baroness proliferation environments. In addition, it was observed during the course of the work that there are ways to minimize proliferation with environmental monitoring plans that are carried out only with analyses of physical and chemical parameters, but today the so-called biological monitoring is added to these evaluations, which is the use of living beings.

Key words: macrophytes; proliferation; bioindicators

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 - Inflorescência de <i>Eichhornia crassipes</i>	13
Figura 2 - Morfologia da <i>E. Crassipes</i>	13
Figura 3 - Possíveis destinos dos poluentes durante a fitorremediação	21
Figura 4 - Boi se alimentando da baronesa em um rio	25
Figura 5-Artesanatos feitos de Baronesas.....	26
Figura 6 - Canal situado em Olinda/PE e em Ipojuca com proliferação de Baronesas	28

GRÁFICOS

Gráfico 1 - Quantidade de artigos e seus respectivos anos de publicação	29
Gráfico 2- Porcentagem de estudos realizados em continentes	30
Gráfico 3- Animais mais citados nos estudos de Ração Animal.....	31
Gráfico 4- Metais mais citados nos estudos realizados no Brasil e em outros países.....	32

LISTA DE TABELAS E QUADROS

TABELAS

Tabela 1 - Tipos de bioindicadores	14
Tabela 2- Classificação dos tipos de níveis tróficos.....	18

QUADROS

Quadro 1 - Classificação das Macrófitas.....	16
Tabela- 2- Índice de Estado Trófico de cada tipo de Estado Trófico.....	19

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Zn - Zinco

pH - Potencial hidrogeniônico de uma solução

Pb- Chumbo

Cd - Cádmio

Cu - Cobre

Ni - Níquel

Cr - Cromo

EPA - United States Environmental Protection Agency

U - Urânio

Cs- Césio

Sr - Estrôncio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	07
2 OBJETIVOS.....	08
2.1 Objetivo geral.....	08
2.2 Objetivos específicos.....	08
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	09
3.1 Morfologia e fisiologia da <i>Eichhornia crassipes</i>.....	09
3.2. Bioindicadores ambientais.....	11
4 DELINEAMENTO METODOLÓGICO.....	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
REFERÊNCIAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

A fitorremediação é uma técnica de tratamento em que plantas são utilizadas para remover, isolar ou reduzir a toxicidade de contaminantes em solos e água (Ndebele et al., 2013) e a atuação da macrófita no contaminante varia de acordo com as características (Akhtar et al., 2017). As atividades geradas pelo ser humano acabam sendo prejudiciais ao meio ambiente e a retirada desses compostos poluentes acaba sendo cada vez mais difícil e a presença resulta em mais destruição para o ecossistema, em países mais pobres, somente o tratamento inicial é realizado e resulta na ineficácia da retirada dos poluentes, por isso, a fitorremediação torna-se uma forma de recuperação mais barata em relação a outros métodos.

Para realizar a fitorremediação é preciso um planejamento para analisar o ecossistema e saber a melhor forma de introdução da mesma para a recuperação do ambiente, esse planejamento é feito através do biomonitoramento ou monitoramento ambiental, um método experimental indireto de avaliação da existência de substâncias xenobióticas de uma região ou ecossistema, que utiliza seres vivos sensíveis a estresses, quando submetidos a modificações no ambiente e o acúmulo de contaminantes (Carreras; Pignata et al., 2001).

As macrófitas são conhecidos como indicadores biológicos ou bioindicadores, seres que respondem a mudanças no ambiente e que podem ser definidos por determinadas espécies ou comunidades que por sua presença ou ausência, fornecem informações sobre a condição do ambiente em que estão condicionadas, seja de forma física ou química (Bellinger, 2010). Uma das formas de antropização do ambiente é o descarte de poluentes, os metais pesados um produto da contaminação é encontrado por causa do descarte incorreto de várias indústrias, e que são absorvidos facilmente pelos organismos e acabam acumulando na natureza e acarretando na morte e perda dos seres que se encontram localizados no ambiente.

A baronesa (*Eichhornia crassipes*) pertencente à família Pontederiaceae e ao gênero Eichhornia. É flutuante livre, ou seja, não enraíza no sedimento, seu caule e suas folhas ficam submersas, sendo geralmente as flores que emergem e ficam fora da água (Esteve et al., 1998; Pedralli et al., 1990). A baronesa ou aguapé é conhecida

muitas vezes como erva daninha, por formar um tapete verde por motivo da presença exacerbada de nutrientes que são absorvidos nos rios que foram poluídos por ações antrópicas, porém, a planta também pode ser um benefício por participar ativamente da reciclagem de nutrientes por meio de suas raízes, absorvendo elementos retidos no sedimento (Granéli e Solander et al., 1988).

O conhecimento sobre essa macrófita pela população em geral é de extrema importância, pois, sua presença ou ausência demonstra um desequilíbrio no ambiente e a necessidade de sua recuperação, além disso, a proliferação exagerada dessa macrófita pode resultar na perda de vários padrões do corpo d'água que deveriam estar naturalmente em equilíbrio. Diante disso, este presente trabalho tem como intuito de informar a importância da baronesa como bioindicador ambiental, utilizando a fitorremediação para a recuperação do meio ambiente junto ao monitoramento ambiental nos casos de poluição realizada por ações antrópicas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Investigar o potencial uso da baronesa na fitorremediação de ambientes antropizados e o monitoramento no controle da proliferação da macrófita.

2.2 Objetivos específicos

2.2.1 Apontar os principais impactos da proliferação;

2.2.2 Investigar formas de manejo sustentáveis em casos de proliferação descontrolada da baronesa;

2.2.3 Avaliar a reutilização da baronesa depois de ser utilizado o processo da fitorremediação.

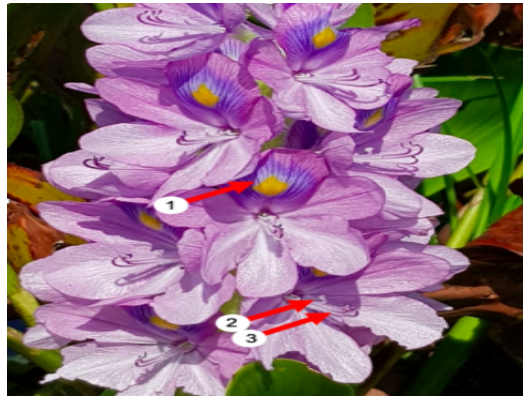
3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Morfologia e fisiologia da *Eichhornia crassipes*

A baronesa *Eichhornia crassipes* é uma macrófita pertencente à família Pontederiaceae e ao gênero *Eichhornia*. É flutuante livre, ou seja, não enraíza no sedimento, seu caule e suas folhas ficam submersas, sendo geralmente as flores que emergem e ficam fora da água (Esteves et al.,1998; Pedralli et al.,1990). É uma erva, paludosa, estolonífera, perene, é nativa da América do Sul, podendo ser encontrada em grande parte do mundo (Pompêo; Moschini-carlos et al.,2003).

A *E.crassipes* possui preferência por ambientes de água doce, como rios, lagos e riachos, que fiquem localizados em áreas com clima tropical e subtropical (Pompêo; Moschini, Carlos et al., 2003; Pott et al., 2000). Suas flores são bissexuadas, e inflorescências tipo espiga e com perigônio variável (Petrell; Bagnall; Smerage et al.,1991) representada na figura 1. São zigomorfas, e possuem variações em suas cores, entre lilás ou azul, o centro é amarelo. As folhas são espiraladas e esporadicamente, ou seja, é quando as folhas nascem em forma de espiral e se encontram espalhadas, o pecíolo, responsável por prender a folha ao ramo ou tronco, é inflado e o tamanho do rizoma possui relação linear com a biomassa da planta e com o comprimento do pecíolo (Petrell; Bagnall; Smerage et al., 1991).

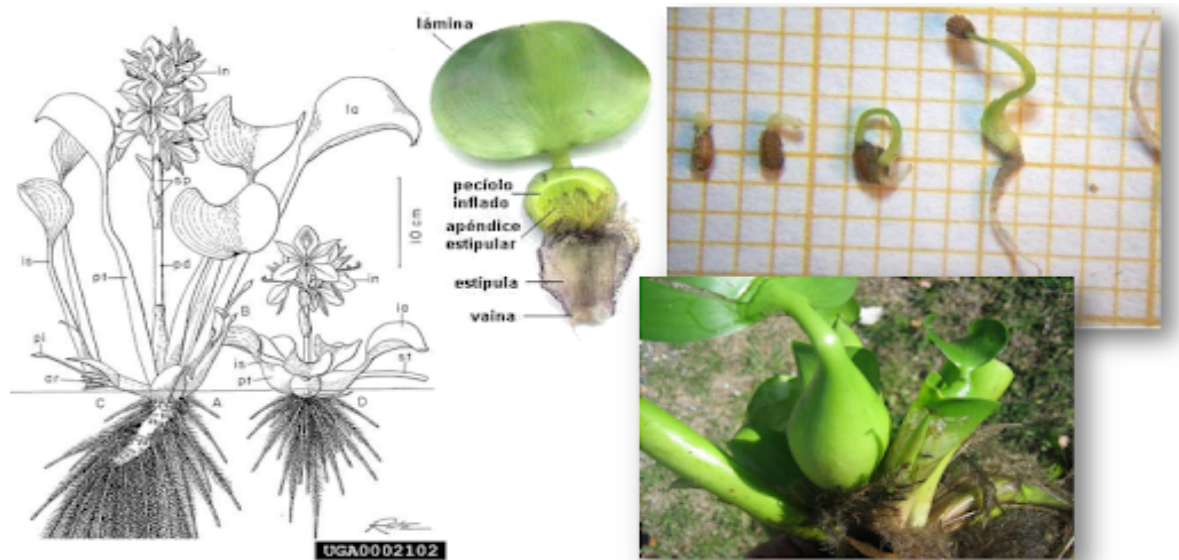
Figura 1: Inflorescência de *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae). As setas representam (1) pétala estandarte com guias de néctar, (2) estilete curto com estigma e (3) estames longos.



Fonte: Vogel, Patrícia, 2021.

Os morfotipos da baronesa são variados; com seis estames, sendo dois estames longos, dois de tamanho médio e dois estames pequenos, sendo cada um, com uma morfologia diferente, ovário súpero e sementes numerosas, o seu caule é bastante curto que até parece não ser existente, o seu caule possui aerênquima bem desenvolvida, as raízes são fibrosas e com pelos em enorme quantidade, podendo assim, atingir até um metro de comprimento, conforme representada na figura 2 (Oliveira,2014; Simpson,Sanderson,2002; Souza; Lorenzi, 2012).

Figura 2: Morfologia da *E. Crassipes*.



Fonte: Gobierno de España, 2018.

3.2 Bioindicadores ambientais

Em todos os ecossistemas naturais, há uma exibição de variedades de substâncias xenobióticas. Essas substâncias podem ter diversas origens como, processos industriais, agropecuária, esgotos domésticos, entre outros. Por isso, vivemos atualmente com a diminuição da biodiversidade e da qualidade ambiental, como consequência temos impactos na qualidade de vida e na saúde dos organismos que coexistem nesses ambientes, ser humano e natureza (Carajaville et al., 2000). Essas substâncias afetam a vários seres diferentes e de formas diferentes, porém, existem espécies ou comunidades, que por sua presença ou ausência, e por suas respostas biológicas fornecem informações sobre o ambiente físico e ou químico em uma determinada área ou região (Bellinger; Sigee et al., 2010).

As respostas biológicas resultantes de alterações nos ecossistemas podem ser observadas em vários níveis de organização, desde ecossistemas, compartimentos subcelulares ou intracelulares, sistemas fisiológicos e celulares até passar por comunidades e populações. Porém, toda resposta biológica aparece inicialmente em nível bioquímico, celular e molecular (Walker et al., 1997).

Existem organismos que reagem ao estresse pela acumulação de substâncias nos tecidos, no qual são conhecidos como organismos resistentes, são nomeados de bioindicadores de acumulação ou biomagnificados. Já que sofrem de alterações bioquímicas, morfológicas, fisiológicas, genéticas, e etológicas, são considerados organismos sensíveis e denominados bioindicadores de reação (Nimis et al., 2000; Klumpp et al., 2001; Wolterbeek et al., 2002).

os bioindicadores podem ser de diversos ambientes (água, solo e ar), mas possuindo alguns tipos que são:

Tabela 1: Tipos de bioindicadores

Bioindicadores sentinela	Espécies que são introduzidas para indicar níveis de degradação e prever ameaças ao ecossistema
Bioindicadores detectoras	São espécies locais que respondem a alterações e estresses ambientais de forma mensurável
Bioindicadores exploradoras	São espécies que reagem

	positivamente a perturbações
Bioindicadores acumuladoras	São espécies que permitem a verificação de bioacumulação
Bioindicadores bioensaio	São espécies usadas na experimentação
Bioindicadores sensíveis	São espécies que modificam acentuadamente o comportamento frente a alterações ambientais

Fonte: Zamoner, 2007.

Os bioindicadores são de extrema importância quando se fala na questão da degradação ambiental, por ser um sinal de alerta sobre a condição do ambiente e um guia para a restauração do mesmo, são fundamentais ferramentas na área do conhecimento e identificação de degradações ambientais, causadas pela ação antrópica do ser humano. Por ser uma planta visualmente sensível por seu bloom quando o ambiente está antropizado, a baronesa é uma importante aliada na descoberta do desequilíbrio ambiental.

3.3 Monitoramento ambiental

O biomonitoramento ou monitoramento ecológico, um método experimental indireto de avaliação da existência de substâncias xenobióticas de uma região ou ecossistema, que utiliza seres vivos sensíveis a estresses, quando submetido a modificações no ambiente e o acúmulo de contaminantes (Carreras; Pignata et al., 2001).

Esse método pode ser utilizado com as baronesas observando sua presença ou ausência, bem como análise dos parâmetros como tamanho da população ou comunidade, forma e características funcionais, grupos funcionais de macrófitas. Tendem a ocupar seções distintas de gradientes ambientais, e a identificação de espécies dentro do grupo permite que sua ocorrência no ambiente seja usada para prever a existência de tipos predefinidos desses gradientes (Murphy et al., 2000).

Além disso, grupos funcionais são definidos em termos de alguns atributos quantificáveis, e geralmente morfológicos, facilmente visualizados e mensuráveis em campo (Murphy et al., 2000).

Tradicionalmente, os planos de monitoramento ambiental eram realizados somente com análises de parâmetros físicos e químicos, mas hoje é adicionado a essas avaliações o denominado monitoramento biológico, que é a utilização de seres vivos e citado anteriormente. O monitoramento ambiental ou monitoramento biológico é de extrema importância, pois todos os ecossistemas naturais estão expostos a variedades de emissões e de substâncias xenobióticas, que possui sua origem em diversos processos, tais como os industriais até o esgotamento doméstico (Cajaraville et al, 2002; Moraes,2002).

Também são de grande valia por gerar importantes dados sobre a proporção da degradação fazendo assim, produzir informações sobre os avanços de ações remediadoras adotadas em determinadas áreas, por isso, sua presença junto a fitorremediação é uma certeza sobre o controle do que será feito e do que foi realizado. Com isso, os programas de monitoramento podem, de uma forma ampla, auxiliar na produção de orientações e normas que levem a proteção e a restauração do ecossistema (Rodriguez, 2000).

3.4 Fitorremediação

A fitorremediação é um mecanismo de baixo custo, em que o meio ambiente fornece através das plantas uma forma eficaz de mobilização e transformação de substâncias nocivas e prejudiciais para o ecossistema e ao próprio ser humano (Almeida et al., 2011, Sukumaran et al., 2013). A fitorremediação tem relação direta com a forma biológica da macrófita, portanto, os tipos de fitorremediação agem de formas completamente diferentes da outra dependendo do tipo de macrófita, apresentadas na quadro 1.

Quadro 1: Classificação das Macrófitas

Tipos de Macrófitas	Definições
Anfíbia	capaz de viver tanto em área alagada como fora da água, geralmente modificando a

	morfologia da fase aquática para a terrestre quando o nível da água abaixar;
Emergente	enraizada no sedimento, com uma parte submersa e outra emersa;
Flutuante fixa	enraizada no sedimento, possuindo folhas flutuantes;
Flutuante livre	não enraizada no sedimento, podendo ser levada pela correnteza, pelo vento ou até por animais;
Submersa fixa	enraizada no sedimento, caules e folhas submersos, geralmente emergindo a flor para fora da água;
Submersa livre	não enraizada no fundo, totalmente submersa, geralmente emergindo somente as flores;
Epífita	ocorre sobre outras plantas aquáticas

Fonte: Pedralli, 1990.

Entretanto, é importante identificar o estado trófico do corpo d'água onde a fitorremediação e o monitoramento serão realizados para ser feita uma análise para a atuação da baronesa como fitorremediadora ser favorável. A classificação dos níveis tróficos do corpo d'água é feita a partir dos termos: eutrófico, mesotrófico e oligotrófico, muito, medianamente e pouco produtivos, respectivamente. Além disso, os termos, ultraoligotrófico e hipereutrófico, produtividade muito pequena e avançado estágio de eutrofização, também são utilizados (Carlson, 1977). Termos evidenciados e classificados no Tabela 2.

Tabela 2: Classificação dos tipos de níveis tróficos

Oligotrófico	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água.
Mesotrófico	Corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
Eutrófico	Corpos de água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, em que ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água e interferências nos seus múltiplos usos.
Hipereutrófico	Corpos de água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutriente, com acentuado comprometimento nos seus usos, inclusive associados a episódios de florações de algas e de mortandade de peixes, causando consequências indesejáveis sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2003.

O índice de Estado Trófico (IET) ajuda na análise criteriosa, que classifica utilizando os seguintes critérios: a concentração de oxigênio dissolvido, composição da fauna ou do fitoplâncton, concentração de nutrientes e entre outros (Carlson, 1977). Conforme o quadro 2 a seguir.

Quadro 2: Índice de Estado Trófico de cada tipo de Estado Trófico.

Classificação do Estado Trófico - Reservatórios				
Categoria (Estado Trófico)	Ponderação	Secchi - S (m)	P-total - P (mg.m ⁻³)	Clorofila a (mg.m ⁻³)
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47	S ≥ 2,4	P ≤ 8	CL ≤ 1,17
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52	2,4 > S ≥ 1,7	8 < P ≤ 19	1,17 < CL ≤ 3,24
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59	1,7 > S ≥ 1,1	19 < P ≤ 52	3,24 < CL ≤ 11,03
Eutrófico	59 < IET ≤ 63	1,1 > S ≥ 0,8	52 < P ≤ 120	11,03 < CL ≤ 30,55
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67	0,8 > S ≥ 0,6	120 < P ≤ 233	30,55 < CL ≤ 69,05
Hipereutrófico	IET > 67	0,6 > S	233 < P	69,05 < CL

Fonte: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2003.

Dentro desse processo da fitorremediação existem outras formas dos contaminantes serem eliminados do ambiente, sendo eles: fitovolatização, fitodegradação, fitoestabilização, fitoextração e rizofiltração (Singh et al., 2012).

3.4.1 Fitovolatização

É um processo não destrutivo em que o contaminante é removido do efluente, através das raízes, e liberado na atmosfera no estado gasoso pelas folhas. Acetonas, fenóis, benzenos e etenos clorados, MTBE e BTEX que são comumente removidos por meio de fitovolatização, sendo os compostos hidrofóbicos mais suscetíveis (Imfeld et al., 2009; Ting et al., 2018).

3.4.2 Fitodegradação

Fitodegradação ou fitotransformação, conversão metabólica de contaminantes tóxicos, realizada por enzimas presente nas plantas e por micro-organismos que são atraídos para as raízes devido a liberação de exsudatos radiculares, substâncias

como oxigênio, enzimas, aminoácidos carboidratos, entre outras, que garantem o desenvolvimento e a degradação microbiana (Monteiro et al.2012; Ting et al.2018).

3. 4. 3 Fitoestabilização

Ocorre na redução na mobilidade e disponibilidade dos contaminantes, através de ligações químicas formadas com substâncias liberadas pelas plantas (Ting et al, 2018). Esse mecanismo de fitorremediação é observado em macrófitas enraizadas, uma vez que a imobilização do contaminante ocorre principalmente nas raízes e embaixo do solo (Imfield et al.2009; Castaldi et al.2018).

3. 4. 4 Fitoextração

Consiste na capacidade das plantas de absorverem contaminantes do ambiente através de suas raízes, resultando em acúmulo de contaminantes nas células da sua biomassa (Ting et al.2018). Alguns fatores interferem na fitoextração, como a idade das plantas e hidrofobicidade do contaminante. Raízes mais novas tendem a apresentar uma maior absorção de substâncias, porém plantas mais velhas tendem a transferir e acumular maiores concentrações nas folhas do que as plantas mais novas (Akhtar et al.2017).

As raízes das macrófitas desempenham importantes funções na fitorremediação dos efluentes (Ting et al,2018). No caso das espécies emergentes, flutuantes enraizadas e submersas, as interações das raízes com o solo, o efluente e os microrganismos proporcionam gradientes de potencial redox, pH e nutrientes favorecendo a degradação dos contaminantes na rizosfera (Schaezel; Thomas; Gualous, 2017).

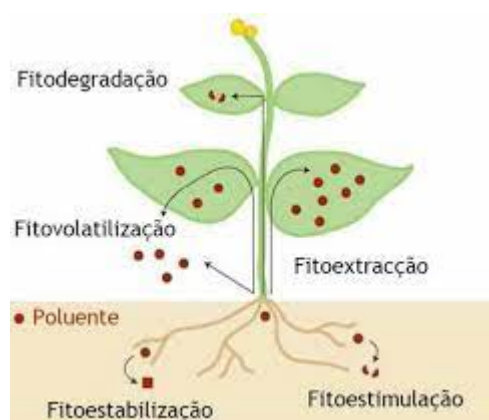
3.4. 5 Rizofiltração

Quando as raízes ficam suspensas ao invés de estarem fixadas no solo, elas realizam um processo no qual ocorre a absorção, acúmulo e precipitação dos contaminantes pelo sistema radicular das plantas. A *Eichhornia crassipes* se encaixa nesta categoria por não possuir raízes presas no solo, sendo flutuadores livres (Akhtar et al.2017).

Segundo Andrade et al (2007) a rizofiltração tem como objetivo de fazer a adsorção e precipitação dos contaminantes nas raízes. A rizofiltração é uma técnica

apropriada para a separação de metais em águas através da retenção de contaminantes imobilizando e acumulando-os nas raízes (Andrade; bTavares e Mahler, 2007). Segundo o EPA, os metais como Pb, Cd, Cu, Ni, Zn e Cr e alguns radionuclídeos como o U, Cs e Sr são os metais mais apropriados para a rizofiltração em questão. Os diferentes tipos de fitorremediação e onde atuam são demonstrados na figura 3, abaixo.

figura 3: Possíveis destinos dos poluentes durante a fitorremediação.



Fonte: Ferreira, 2014.

A fitorremediação realizada com as baronessas deve ser controlada, por sua alta reprodução quando em contato com uma vasta quantidade de nutrientes. Por isso, os westlands construídos são muito utilizados por seu baixo custo de implementação e manutenção e por sua utilização mais controlada da macrófita (Flores et al.,2019). Os westlands tem a finalidade de moderar impactos causados por efluentes, os mesmos consistem num reservatório com pouca profundidade, preenchidos muitas vezes por um material filtrante e vegetados com algumas espécies de plantas (Flores et al.,2019).

Segundo Gomes(2019) O westland tem por objetivo realizar a fitorremediação de efluentes compostos por nitrogenados e fósforo,em sua pesquisa foram vistos os seguintes resultados na utilização da baronesa em um westland constituído por nove tanques de policloreto de Vinila (PVC): foi observada uma depuração da água para nitrito e amônia muito favorável que o equipamento não detectou a baixa concentração dos compostos. Além disso, a redução da amônia no ambiente foi bem maior, pois, a baronesa realiza a melhora do processo de nitrificação por meio dos

microrganismos que estão presentes no seu sistema radicular, a *E. Crassipes*, possui uma absorção seletiva, assimilando mais a amônia (Wang et al., 2013).

Além disso, a baronesa mostrou-se eficiente na depuração da concentração de fósforo encontrada no ambiente, pois, realiza um ciclo conhecido como bomba de nitrogênio- fósforo, que absorve e excreta nutrientes na coluna d'água (Gomes et al., 2019). É notória a redução dos compostos com relação à presença da macrófita no ambiente, por sua absorção dos mesmos.

A baronesa com o seu potencial acumulador de nutrientes é extremamente atuante na fitorremediação, pois, os nutrientes que acabam alterando a composição dos corpos hídricos são absorvidos por suas raízes e servem de alimento para outros animais e para a economia do ser humano sendo utilizada em outros meios. além disso, produzem substâncias alelopáticas que reduzem ou inibem o crescimento de fitoplânctons, que são prejudiciais se em excesso no ambiente (Gross et al., 2007).

Segundo Oliveira et al. (2001) em seu estudo sobre a baronesa, foi observado cerca de 80% do Cádmio (Cd) absorvido pelas raízes da macrófita. O aguapé não apresentou sintoma de toxidez aparente ou qualquer indício de que o seu metabolismo estivesse com alguma alteração, nas concentrações mais baixas do contaminante. Nas concentrações mais altas foram observados alguns sintomas de toxidez que não puderam ser considerados específicos para toxidez de Cd, uma vez que várias deficiências minerais podem ter sintomas similares.

Pereira (2010) acrescenta em suas pesquisas, que a baronesa é capaz de suportar concentrações de 4,0 mg L⁻¹ de chumbo sem prejuízos em sua estrutura, além disso, a presença do metal pesado promoveu um aumento da taxa fotossintética associada com modificações anatômicas e fisiológicas.

Entretanto, a baronesa não só possui o histórico de acúmulo pesados, de acordo com Greco (2010), a baronesa apresentou eficiência de remoção de 87,98% de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e teor de celulose de 20,2% quando cultivado no efluente da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) da Universidade de Santa Cruz do Sul - RS. Além disso, ela acrescenta que a baronesa utilizada em tratamento de efluentes com a técnica da fitorremediação tem um grande potencial de ser reaproveitada como futuros combustíveis e geradores de energia, devido a seus elevados teores de celulose.

A fitorremediação que é discutida em vários artigos e revistas é um método que está se desenvolvendo e renovando, mas sendo uma técnica, sem dúvida, menos invasiva para o meio ambiente e quando feita de forma controlada, com planejamento e análises ambientais, é uma importante aliada.

3.5 Importância da baronesa no meio ambiente.

As plantas aquáticas possuem grande adaptabilidade e ampla distribuição orgânica. Esse fator permite que uma mesma espécie colonize os mais diversos tipos de ambientes, que favorece sua ampla distribuição geográfica, internacionalização em geral. Apenas alguns gêneros e famílias são distribuídos mais limitados, essa universalidade se deve principalmente à maior homogeneidade da temperatura do ambiente aquático comparada com o ambiente terrestre (Mitchell et al., 1974).

Existem muitos fatores que apoiam o crescimento e, portanto, a uma grande produção de biomassa vegetal, mas de origem humana, por exemplo, excesso de nutrientes de esgoto doméstico, erosão de terras agrícolas, cascalho e outras fontes. A indústria é o mais importante (Mitchell et al., 1974). Por esta razão, grandes plantas muitas vezes, ocorre como uma praga em vários ecossistemas de águas interiores partes do Brasil, foram registrados casos de perturbação indesejada de grandes plantas em reservatórios hidrelétricos com prejuízo na geração de eletricidade e ambientes impactados pelo lançamento de esgotos domésticos e industriais (López ferreira., 1998; Marcondes et al., 2003).

As macrófitas aquáticas formam uma das comunidades mais importantes promovendo o ecossistema a introduzir a biodiversidade, alta biomassa e alta produtividade, que desempenham um papel importante no ciclo de nutrientes e fluxo de energia (Esteves, 1998; Wetzel, et al., 1993). São também capazes de criar uma ligação forte entre o sistema hídrico e o ambiente terrestre que o rodeia (Jorgensen e Löffler, et al., 1990). Acredita-se que esses organismos desempenham um papel mais importante em planícies de inundação e ecossistemas, onde ocupam grandes áreas e apresentam altos índices de produção primária (Neiff et al., 1986).

Entre os diversos papéis que são desempenhados pelas macrófitas aquáticas pode citar a sua função de hospedeiras para algas e bactérias fixadoras de

nitrogênio (Esteves et al., 1998). Elas também atuam como armazenamento de nutrientes, influenciando as características físico-químicas no ambiente aquático (Pagioro & Thomaz et al., 1999). As macrófitas favorecem a comunidade do perifíton, pois, seu caule, as raízes e as folhas submersas das plantas proporcionam um ambiente favorável e adequado para a comunidade do perifíton, por reter material particulado (Xavier et al., 2021).

A baronesa realiza a reciclagem de nutrientes por meio do chamado efeito do bombeamento, que consiste na absorção dos nutrientes das partes profundas tornando-os disponíveis para outras comunidades no ecossistema aquático, fazendo assim, uma interação ecológica com outras espécies. A baronesa é uma planta com um valor econômico para o homem, usada como adubo orgânico, produção de artesanatos e como alimento para gado e algumas espécies de peixe (Xavier et al., 2021).

O manejo da macrófita é necessário quando há descontrole da macrófita, a forma de retirar a macrófita mais utilizada é a física, que consiste na sua retirada do local por meio de máquinas, porém, toda a sua biomassa é descartada e desperdiçada, entretanto, existem estudos para encontrar um novo destino para essas toneladas e toneladas de baronesas descartadas. O manejo biológico é outro meio de destino da baronesa, como adicionar espécies nativas para alimentação da mesma com as baronesas ou criação de ração animal a partir das baronesas como é citado a seguir (Pompêo, 2009).

3.5.1 Alimentação animal com baronesas

Segundo Strano (1987) a partir do suco experimental da massa seca do aguapé, e depois da retirada de toda a umidade é possível obter-se um farelo insípido constituído em cerca de 5% por Proteína, com potencial de utilização humana ou animal. A *Eichhornia Crassipes* é utilizada também na engorda de suínos na Birmânia e provoca melhoramento na qualidade e no sabor da carne (Corrêa, 1984).

Segundo Kwai et al. (1986) relata a utilização da baronesa desidratada para a alimentação de coelhos de corte, frango de corte e galinhas poedeiras apontando a planta como fonte segura de xantofilas, o que melhora a coloração da gema dos ovos. Além disso, os rebanhos bovinos de criação extensiva na ilha de Marajó e no

Mato Grosso do Sul consomem a planta como forrageira, dentro do seu perímetro de pastagem (Corrêa,1984).

Além da alimentação bovina, Biudes et al (2009) cita as espécies de peixe (*Oreochromis niloticus*) a tilápia do nilo e a (*Colossoma macropomum*) o tambaqui que foram alimentados com composto alimentar à base de *Eichhornia crassipes*, fazendo assim a baronesa ser um ótimo suplemento alimentar.

A alimentação bovina é observada facilmente em rios, como na figura 4 a seguir:

Figura 4: Boi alimentando-se de baronesa em um rio.



Fonte: As autoras, 2023.

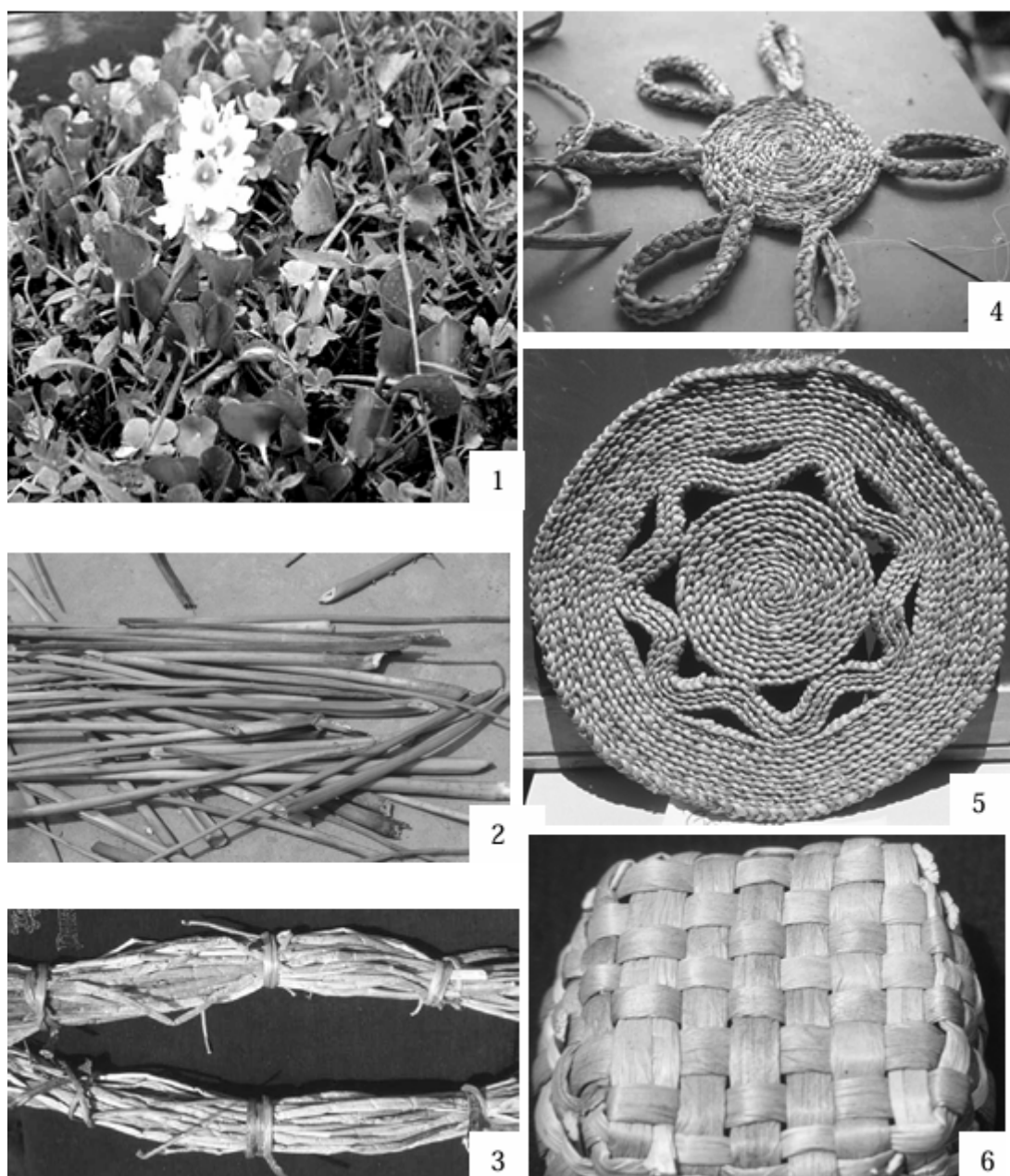
3.5.2 Reaproveitamento da *E. crassipes* para o artesanato

O Camarote é utilizado em qualquer período do ano, mas em período de cheia do rio fica mais macio melhor para manuseio manual. Em períodos assim, quando a água está acima do nível, ou seja, alta, a retirada dessa macrófita é feita de canoa, em nível baixo o coletor retira. As folhas são cortadas da baronesa adulta 50 cm em diante. O artesanato é feito do pecíolo das folhas, baronesas com cm

abaixo de 50 não são utilizadas, e também os que possuem pecíolo inflado. (Germano Neto, 2005).

A utilização da fibra da baronesa no mato-grossense e aproveitado para fabricação de tapeçaria associada aos índios Guató eu Josefina Alves Ribeiro, descendente indígena guató passou para as futuras gerações a tradição de trançar a baronesa e confecção de tapetes em escola na "Casa do Artesão" em corumbá. Em entrevista a Ramires (1987). Artesanatos citados anteriormente representado na figura 5:

Figura 5: Artesanatos feitos de Baronezas



Fonte: Bortolotto e Neto(2005)

3.5.3 A baronesa como fonte de produção de energia e economia

O aguapé, quando utilizado como fonte de biomassa, tem a capacidade de ser transformado em formas de energia mais valiosas por meio de processos térmicos, biológicos, físicos ou mecânicos. Dentre essas opções, a conversão térmica por meio da pirólise da biomassa destaca-se por várias vantagens, incluindo alta eficiência durante a fase de transformação, possibilitando alcançar rendimentos de até 70% na conversão para bio-óleo. Além disso, essa abordagem apresenta benefícios como baixo investimento e a capacidade de produção distribuída dos produtos (Carregosa, 2016).

O processo predominante para converter biomassa lignocelulósica em biocombustíveis é a pirólise, um método de craqueamento térmico que ocorre em altas temperaturas, sem a presença de oxigênio. Esta conversão térmica resulta em biocombustíveis de segunda geração, incluindo bio-óleo, biogás e biocarvão. A distribuição dos produtos finais na pirólise de biomassa residual está vinculada à matéria-prima utilizada, e as propriedades dos produtos estão intrinsecamente ligadas às condições e configuração do reator de pirólise (Carregosa, 2016).

a biomassa como uma forma indireta de energia solar, destacando seu potencial devido à capacidade de isolar diretamente compostos combustíveis e coprodutos petroquímicos. Combustíveis derivados de biomassa têm o potencial de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, uma vez que o carbono liberado durante a combustão foi inicialmente removido da atmosfera durante o crescimento da biomassa por meio da fotossíntese. No entanto, o impacto climático positivo depende das práticas de gestão, especialmente em relação ao crescimento lento da biomassa, que emite carbono rapidamente durante a combustão, mas pode absorvê-lo em um período de rebrota longo. Portanto, os benefícios climáticos associados ao uso da biomassa dependem das práticas de gestão adotadas antes e após a conversão para produção de energia(Carregosa, 2016).

Além dos artigos e revistas falando sobre o impacto favorável da baronesa no ambiente, há também a existências de diversas literaturas sobre o caráter nocivo da baronesa em relação ao seu Bloom, que nada mais é do que a proliferação

descontrolada da baronesa por excesso de nutrientes no ambiente aquático, que em grande parte é causado por ações antrópicas, como o descarte de esgoto doméstico, industrial e hospitalar, a baronesa é vista muitas vezes como erva daninha, por motivo de seus casos de proliferação descontrolada, que acarreta na perda da biodiversidade, redução das trocas gasosas entre o ambiente aquático e a atmosfera devido a redução da turbulência das águas (Xavier et al.,2021). Proliferação de baronesas é observada em várias regiões de Pernambuco, demonstrada na figura 5 abaixo:

Figura 6: Canal situado em Olinda/Pe e em Ipojuca com proliferação de Baronesas

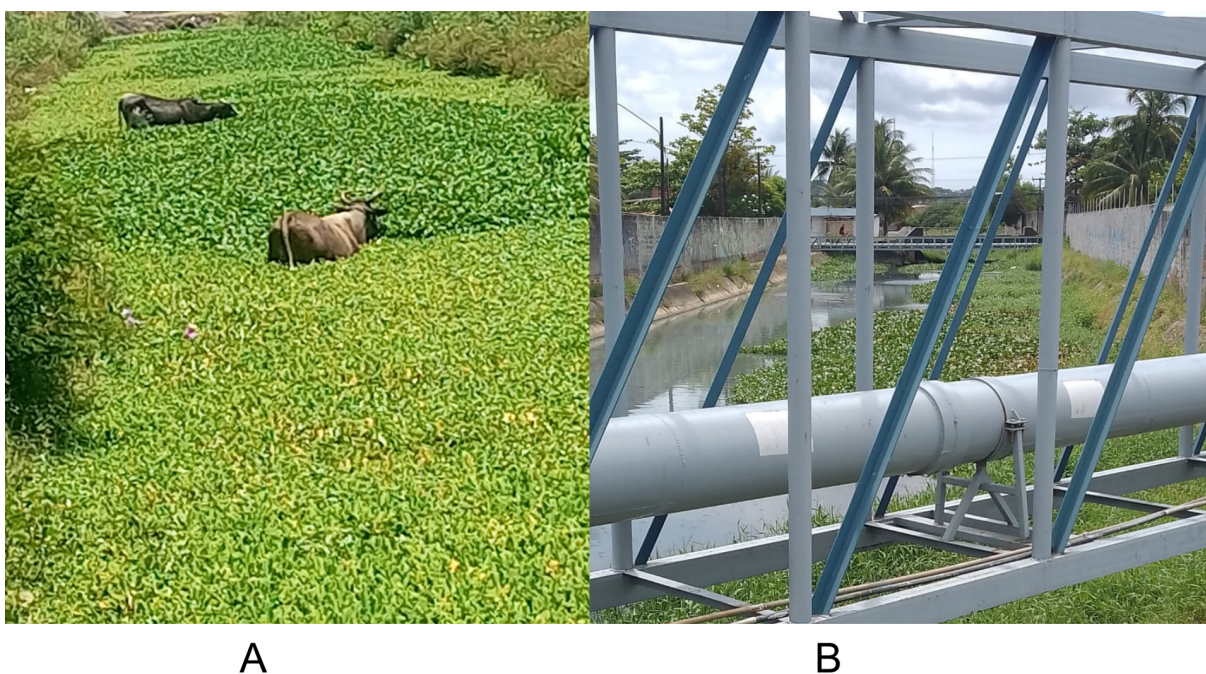


Imagem A e B, tratam-se respectivamente da proliferação de baronesas em um rio em Ipojuca e Olinda.

Fonte: As autoras, 2023.

4 DELINEAMENTO METODOLÓGICO

Para construção deste presente trabalho, foi utilizada uma revisão bibliográfica, que consiste no exame da literatura científica para o levantamento e análise de dados, entre o período de 1972 a 2021. Mediante a nossa necessidade de informações utilizamos como fonte de apoio, livros e artigos científicos virtuais, retirados de sites como: Scielo, Google Acadêmico e Bibliotecas Virtuais de algumas Universidades como: Paraná, Minas Gerais e São Paulo.

Foram utilizados alguns critérios de inclusão e exclusão para a utilização dos estudos, como a utilização de plantas hidrófitas, o uso da fitorremediação e os contaminantes utilizados, para a inclusão dos estudos. Para exclusão os critérios foram de: utilização de outras macrófitas que não fossem a *Eichhornia crassipes*, utilização de solo e ar na fitorremediação e componentes inconsistentes com a capacidade de absorção da macrófita. Além do operador booleano and, que utilizou das palavras-chaves: Bioindicadores and macrófitas, fitorremediação and macrófitas.

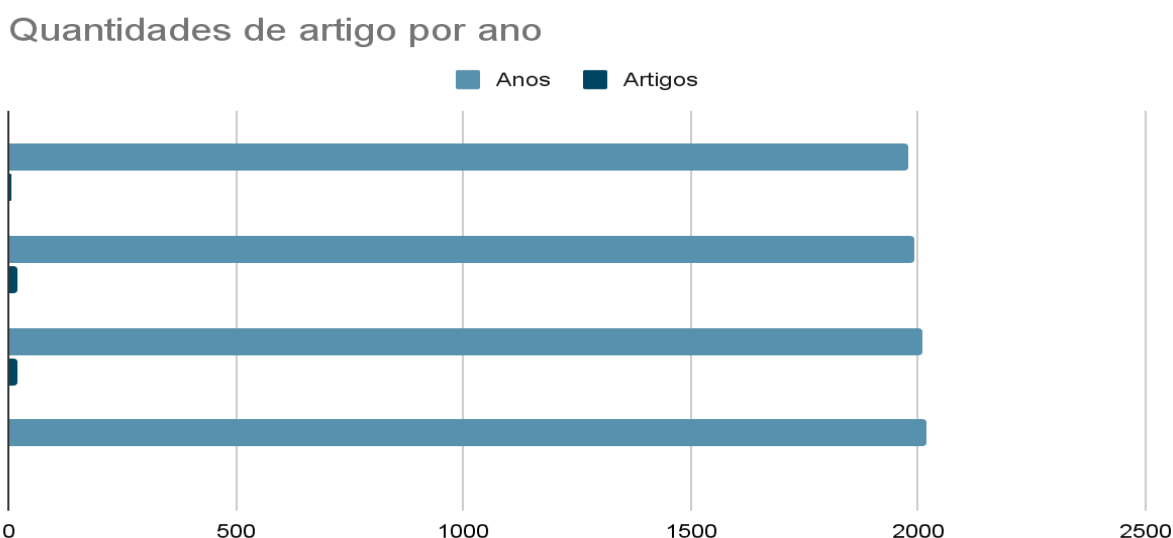
A partir dessa base de dados, fomos em busca de formas de avaliar o potencial uso da baronesa como uma fitorremediadora de ambientes aquáticos. Foram utilizadas palavras chaves para melhor entendimento, utilizando de palavras importantes na construção do trabalho.

Palavras-chaves: bioindicadores, fitorremediação, macrófita.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante das pesquisas e leituras realizadas em materiais publicados entre os anos de 1972 a 2021 foram estudados ao todo 60 artigos foram colocados no gráfico 1 de acordo com o ano de publicação. Destaca que dentre os 60 artigos, o maior quantitativo por ano foi de 5, entre 2000 a 2016.

Gráfico 1 Quantidade de artigos e seus respectivos anos de publicação.

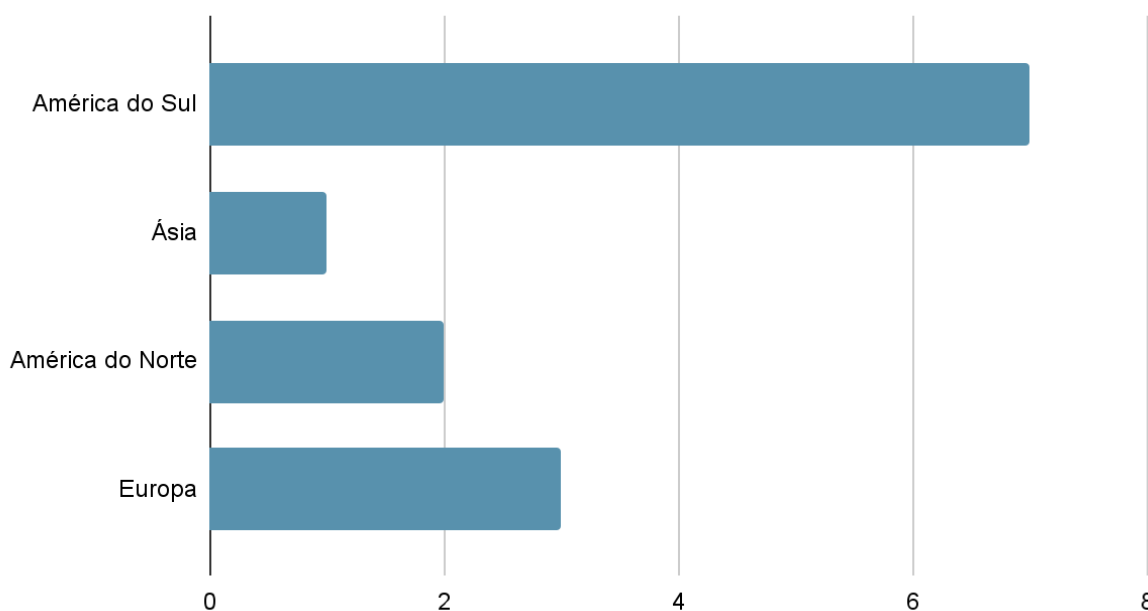


Fonte: As autoras, 2023.

É observado no gráfico acima um aumento de publicações a partir do ano de 2000, pois, nos anos 80 as pesquisas em relação a baronesa eram poucas e com ajuda financeira mínima, além de pouco avanços no conhecimento da morfologia das macrófitas. Porém, a partir dos anos 2000 houve um aumento no interesse sobre a proliferação das macrófitas, em razão do aumento de sua incidência e táticas de remediá-las.

Gráfico 2. Porcentagem de estudos realizados em continentes.

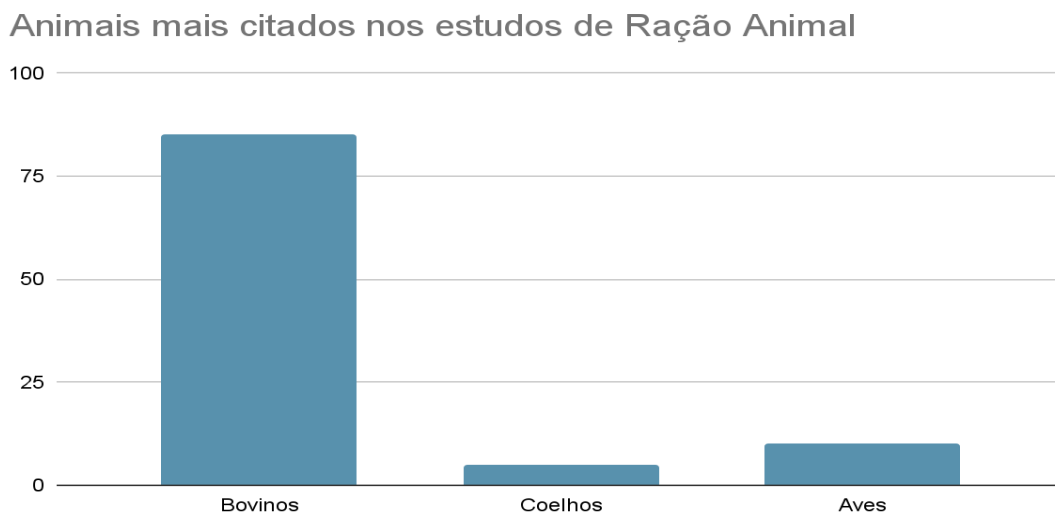
Estudos nos Continentes



Fonte: As autoras, 2023.

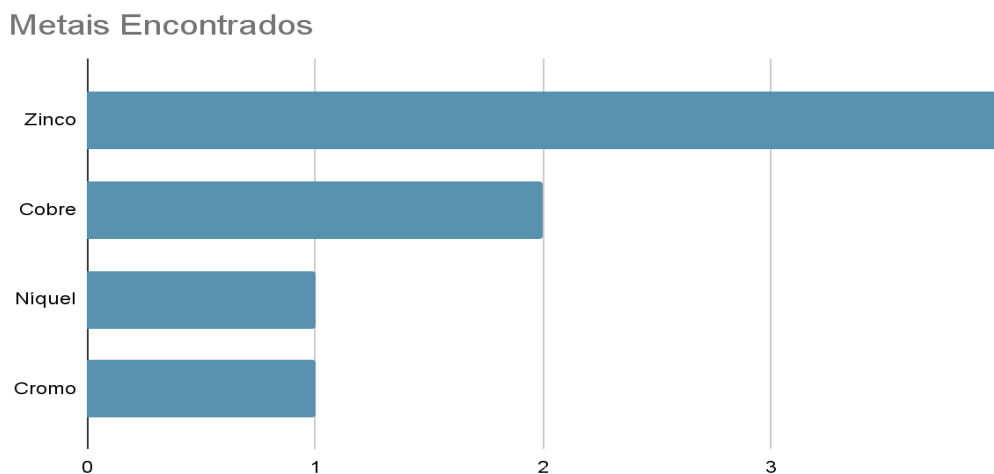
Observa-se uma grande quantidade de estudos sobre a baronesa e formas de remediação no continente sul-americano, devido à grande incidência de macrófitas e de projetos de pesquisa.

Gráfico 3. Animais mais citados nos estudos de Ração Animal



Fonte: As autoras, 2023.

Foi observado nos estudos utilizados, que os bovinos são os animais mais citados na alimentação por ração à base de baronesa, por estarem em regiões onde as baronesas predominam. Entretanto, não são os únicos animais a terem essa alimentação, coelhos e aves também entram na lista. Já sendo implementada no Brasil, e em algumas regiões como os rebanhos bovinos de criação extensiva na ilha de Marajó e no Mato Grosso do Sul consomem a planta como forrageira, dentro do seu perímetro de pastagem (Corrêa,1984).

Gráfico 4. Metais mais citados nos estudos realizados no Brasil e em outros países

Fonte: As autoras, 2023.

Está sinalizado no gráfico os metais mais citados nos estudos, o Zinco (Zn) foi o metal mais citado em ambientes onde se encontram as proliferações de baronesas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições de desenvolvimento das pesquisas concluiu-se que: a baronesa é um meio de sustentabilidade, por seu uso como alimentação de animais aquáticos e terrestres, além de um abrigo para várias espécies e do controle de poluição da água como uma importante planta bioindicadora, entretanto, é uma espécie pouco utilizada, e conhecida de forma mal conscientizada como somente uma erva daninha, causada pela má utilização dos recursos de muitos ecossistemas e antropização do meio ambiente, e por abandono dos órgãos responsáveis que a manejam de forma equivocada causando sua proliferação.

Entretanto, existem ações para utilizar a mesma como um meio favorável de controle do ambiente, tanto como bioindicadora para monitoramento ambiental como para planos de fitorremediação do ecossistema antropizado, a utilização da baronesa como bioindicadora e fitorremediadora é muito favorável pelo seu baixo custo e sua fácil implementação, mas ainda precisa do desenvolvimento de mais projetos de pesquisa para ser conhecida e utilizada de forma correta.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A; GOMES, L.C. JÚLIO JR, H.F. **Relações entre macrófitas aquáticas e fauna de peixes**. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas. Maringá: EDUEM, 2003. Cap. 13. P. 261-298.
- AKHATAR, A. B. T.; YASAR, A.; ALI, R.; IRFAN, R. **Phytoremediation using aquatic macrophytes**. In: ANSARI, A.A.; GILL, S. S.; GILL, R.; LANZA, G. R.; NEWMAN, L. Phytoremediation- Management of Environmental Contaminants. 5. Vol. Suíça: Springer, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/bitstream>. Acesso em: 10 de abril de 2023.
- ANDRADE, J.C.M.; TAVARES, S. R.; MAHLER, C. F. **Fitorremediação: O uso de plantas na melhoria ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.176p.
- BELLINGER, E.G.; SIGEE, D. C. C. **Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators**. In: CARDOSO, V., VALESCA; MASCARENHAS, A., MARCELLO. ESPÉCIES BIOINDICADORAS: Impacto e Qualidade Ambiental. Porto Alegre: Editora Universitária Metodista, 2016, 1.
- BIUDES, J.F. V.; CAMARGO, A. F. M. **Changes in biomass, chemical composition and nutritive value of *Spartina alterniflora* due to organic pollution in the Itanhaém River Basin**(SP, Brazil). Brazilian Journal of Biology, v. 66, n.3,p. 781-789,2006.
- BORTOLOTTI, I. M.; NETO, G. G. O uso do camalote, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, Pontederiaceae, para confecção de artesanato no Distrito de Albuquerque, Corumbá, MS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, p. 331-337, 2005.
- BUIKEMA; A. L; VOSHELL, J. R. **Toxicity studies using freshwater benthic macroinvertebrates**. Disponível em: <https://www.scielo.br>. Acesso em: 05 de abril de 2023. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. Scielo, 2003.

CAJARAVILLE, M. P.; BEBIANNO, J. M.; BLASCO, J.; PORTE, C.; SARASQUETE, C.; VIARENGO, A. **The use of biomarkers to assess the impact of pollution in coastal environments of the Iberian Peninsula: a practical approach.** Sci Total Environ, 2000; 247:295-311. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10803557/>. Acesso em: 16 de abril de 2023.

CARREGOSA, Ingrid Suellen Carvalho et al. **Termovalorização da biomassa de aguapé (Eichhornia crassipes) através de pirólise em reator forno rotativo.** 2016.

CARRERAS, H. A; PIGNATA, M. L. **Comparison among Air pollutants, meteorológicas conditions and some chemical parameters in the transplanted lichen Usnea amblyoclada.** In: CARDOSO, V., VALESCA; MASCARENHAS, A.,

CASTALDI, P.; SILVETTI, M.; MANZANO, R.; BRUNDU, G.; ROGGERO, P. P.; GARAU, G. **Mutual effect of Phragmites Australis, Arundo donax and immobilization agent sonar senicand trace metal phytostabilization in polluted soils.** Geoderma. V. 314, p. 63-72, 2018. Disponível em: www.researchgate.net. Acesso em: 5 de maio de 2023.

CIFUENTES, NICOLÁS. **Descrição da espécie.** 2018. Imagem. Disponível em: <http://www.invasep.eu.pdf>. Acesso em: 04 de março de 2023

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Relatório de qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo 2002.** São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2003. 279 p. (Série Relatórios)

CORRÊA, M.P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas.** Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1984. v. 1, 174p.

CORRELL, D.S. e CORREL, H.B. **aquatic and wetland plants of southwestern United status.** U.S. Environmental protection agency, Washington. Stanford, California: Stanford University Press. 177p., 1972. In: CARDOSO, V., VALESCA;

MASCARENHAS, A., MARCELLO. **ESPÉCIES BIOINDICADORAS: Impacto e Qualidade Ambiental**. Porto Alegre: Editora Universitária Metodista, 2016, 1.

ESTEVES, F.A. 1998. **Fundamentos de Limnologia**. 2ª ed. Interciência/FINEP. Rio de Janeiro. 602p

FENG, W.; XIAO, K.; ZHOU, W.; ZHU, D.; ZHOU, Y.; YUAN, Y. XIAO, N; WAN. X.; HUA, Y. ZHAO, J. **Analysis of utilization technologies for Eichhornia crassipes biomass harvested after restoration of wastewater. Bioresource Technology**. V. 223, p. 287-295,2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27780621/>. Acesso em: 10 de abril de 2023. Analysis of utilization technologies for Eichhornia crassipes biomass harvested after restoration of wastewater. National Library of Medicine, 2016.

FLORES, L.; GARCÍA, J.;PENA,R.; GARFÍ,M. Constructed wetlands for Winery wastewater treatment: a comparative life cycle assessment. **Science of the Total Environment**, v. 659, n. 1, p. 1567-1576,2019.

GRANÉLI, E.; SOLANDER, D. **Influence of aquatic macrophytes on phosphorus cycling in lakes**. Hydrobiologia, 170:245-266. 1988. Disponível em: www.scielo.br. Acesso em: 20 de março de 2023. **Potential effects of mechanically removing macrophytes on the phytoplankton community of a subtropical reservoir**. Scielo, 2018.

GOMES, Augusto César Cavalcanti et al. **Fitorremediação de efluentes de piscicultura contendo compostos nitrogenados e fósforo**. 2019

GRECO, M. F. P. de S. **Estudo exploratório de macrófitas aquáticas: potencial de fitorremediação (N-NH3) e de aproveitamento de biomassa**. 2010.99 p. Dissertação (Mestrado)- Curso de Gestão e Tecnologia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul- UNISC, Santa Cruz do Sul.

GROSS, E.M; MEYER,H.; SCHILLING,G. **Release and ecological impact of algicidal hydrolyzable polyphenols in myriophyllum spicatum**. *Phytochemistry*, v. 41,p. 138.1996.

IMFELD, G.; BRAECKEVELT, M.; KUSCHK, P.; RICHNOW, H. H. **Monitoring And assessing processes of organic chemicals removal in constructed wetlands**. *Chemosphere*. V. 74, p. 349-362, 2009. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed. Acesso em: 20 de abril de 2023.

JORGENSEN, S.E. & LÖFFLER, H. 1990. **Guidelines of Lake Managment**. International lake Evironment Comitte. Unted Nations Envorounment Programme. (3): 174p

JUNK. W.J. Áreas inundáveis: Um desafio para a limnologia. *Acta Amazônica*. 10(4): 775-795.1980. In: CARDOSO, V., VALESCA; MASCARENHAS, A., MARCELLO. **ESPÉCIES BIOINDICADORAS: Impacto e Qualidade Ambiental**. Porto Alegre: Editora Universitária Metodista, 2016, 1.

KLUMPP, A.; ANSEL, W. KLUMPP, G.; FOMIN, A. **Um novo conceito de monitoramento e comunicação ambiental:a rede europeia para a avaliação da qualidade do ar usando plantas bioindicadoras**.rev. Disponível em: www.scielo.br

KWAI,H.; ARIKI, J.; MILEO, H. **Substituição do farelo de trigo por aguapé (*Eichhornia Crassipes*) desidratado em rações de poedeiras comerciais**. São Paulo: CETESB,1986.35p.

MITCHELL, D.S. 1974. **Aquatic Vegetation and its use and Control**. Unesco, Paris. 135p.

MURPHY, K. J. **Predizendo alterações em ecossistemas aquáticos continentais e áreas alagáveis: o potencial de sistemas bioindicadores funcionais utilizando macrófitas aquáticas**. *Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia*, Maringá, n. 27, p. 7-9, 2000. Disponível em: chesf.com.br. Acesso em: 04 de maio de 2023.

NDIMELE, P. E.; NDIMELE, C. C. **Comparative effects of biostimulation and phytoremediation crude oil degradation and absorption by water hyacinth (*Eichhornia crassipes* [Mart.] Solms)**. International Journal of Environmental Studies. V. 70, p. 241-258, 2013.

NEIFF, J.J. 1996. **Large rivers of South America: toward the new approach**. Verh. Int. Verein. Limnol. (26) 167–180.

NIMIS, P. L., LAZZARIN, N., SKERT, N. **Biomonitoring of trace elements With lichens in Veneto (NE Italy)**. Disponível em: <https://pubmed.ncbi>. Acesso em: 10 de Abril de 2023.

OLIVEIRA, M. G. de. OLIVEIRA, M. G. Solms (*Pontedericeae*) **sobre o potencial Alelopático da Espécie**. Orientador: Prof.Dr. Sandro Barbosa. 2014. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal de Alfenas, 2014. Disponível em: www.unifal-mg.edu.br:8443. Acesso em: 28 de abril de 2023.

OLIVEIRA, J. A.; CANO, M. A.; JORDÃO, C. P. Absorção e acúmulo de cádmio e seus efeitos sobre o crescimento relativo de plantas de aguapé e salvinia. **Rev. Bras. Fisiol. Veg.** Lavras, v.13,n. 3, p. 329-341,2001.

PAGIORO, T.A. & THOMAZ, S.M. 1999. **Decomposition of *Eichhornia azurea* from limnologically different environments of the Upper Paraná River floodplain**. Hydrobiologia 411: 45–51

PANDIT, A. K. **Role of macrophytes in aquatic ecosystems and management of water resources**. *Journal of Environmental Management*, Estados Unidos, v. 18, n. 1, p.7388. 1984.

PEDRALLI, G. **Macrófitas aquáticas como bioindicadores de qualidade da água:alternativas para usos múltiplos de reservatórios**. In: Thomaz, S.m.; BINI, L. M. Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas. Maringá: EDUEM, 2003. Cap. 8. P. 171-188.

PETRELL; BAGNALL, L. O.; SMERAGE, G.H. **Physical description of water hyacinth mats to improve harvester design**. Journal of Aquatic Plant Management, Vicksburg, v. 29, n.1, p.45-50, jan. 1991. In: CARDOSO, V., VALESCA; MASCARENHAS, A., MARCELLO. ESPÉCIES BIOINDICADORAS: Impacto e Qualidade Ambiental. Porto Alegre: Editora Universitária Metodista, 2016, 1.

PEREIRA, F.J. **Características anatômicas e fisiológicas de aguapé e índice de fitorremediação de alface d'água cultivados na presença de arsênio, Cadmio e Chumbo**.2010.116. p. Tese (Doutorado)- Curso de agronomia/ fisiologia vegetal, Universidade Federal de Lavras-Minas Gerais.

POMPÊO, M. L. M. **Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas**. Oecologia Australis. América do Norte, v. 12, n. 3. 406-424,2009. Disponível em: www.OecologiaAustralis.org/ojs/index.php/os/article/view/114/40. Acesso em 25 mar.2023.

RAHMAN, M. A.; HASEGAWA, H. Aquatic Arsenic: **phytoremediation using floating macrophytes**. Chemosphere. v. 83, p. 633-646, 2011. Disponível em: www.pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21435676. Acesso em: 10 de abril de 2023.

Ramires, M. 1987. A volta de maguató - **o frango d'água pantaneiro**. MS CULTURA. Ano III - N. 7 - Março de 1987.

RAYA-RODRIGUEZ, M. T. **O uso de bioindicadores para avaliação da qualidade do ar de Porto Alegre**. In: ZURITA, M. L. L. (Org), TOLFO, A. M. A qualidade do ar em Porto Alegre. Porto Alegre: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, 2000. P. 68-75.

SCHAETZEL, P.; THOMAS, S.; GUALOUS, H. L. **Analogy between adsorption and sorption: an element or mechanistic approach**. I. Monolayer Adsorption And Sorption without Solvente cluster formation. Chinese Journal of Chemical Engineering. v. 25, p. 1740-1749, 2017. Disponível em: <https://cjche.cip.com>. Acesso em: 8 de abril de 2023.

SIMPSON, D.; SANDERSON, H. *EICHHORNIA CRASSIPES*, **Pontedericeae – Royal Botanic Garden, Kew, Blackwell Publishig** Ltda. P. 28-34.2002. Disponível em: powo.science.kew.org/taxon. Acesso em: 19 de maio de 2023.

SOUZA, S., ANGÉLICA; OLIVEIRA, S., GUILHERME; ALVES, H., LAÍS. **A Pesquisa Bibliográfica: Princípios e Fundamentos**. Cadernos da Fucamp, Minas Gerais, v. 20 n. 43, 2021. Disponível em: revistas.fucamp.edu.br. Acesso em: 03 de abril de 2023.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para Identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas do Brasil**, baseado em APG III. 3. Ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2012. 768 p.

STRANO, H. C. V.C. Obtenção e caracterização de concentrado proteico de aguapé (*Eichhornia Crassipes*). Dissertação, (Mestrado). Piracicaba, SP, 1997. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo.

Suresh, R. Phytoremediation - **A novel and promising approach for environmental clean-up. Critical Reviews in Biotechnology**. 2004

Sukumaran, D. Phytoremediation of Heavy Metals from Industrial Effluent Using Constructed Wetlands Technologt. **Applied Ecology and Environmental Sciences**. 2013

THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. Cap. 13. P. 261-298.

TING, W. H. T.; TAN, L. A. W; SALLEH, S. F.; WAHAB, N. A. **Application Of Water hyacinth (Eichhornia crassipes) for phytoremediation of ammoniacal nitrogen: A review**. Journal of Water Process Engineering. v. 22, p. 239-249, 2018.

TREVELIN, L. C. et al. **Diversidade local de macrófitas aquáticas em águas brancas e pretas na Amazônia central**. 2007. Disponível em: www.inpa.gov.br. Acesso em: 12 de fevereiro de 2023.

VOGEL, F., PATRÍCIA. **Aspectos florais de E. crassipes**. 2021. Imagem. BIOLOGIA FLORAL DE UMA POPULAÇÃO DE *Eichhornia crassipes*. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br>. Acesso em: 02 de abril de 2023.

WALKER, R. M. **Innovation type and diffusion: an empirical analysis of local government**. *Public Administration*. 84(2): 311-335, 2006.

WANG, Z.; ZHANG,Z; ZHANG, Y.; ZHANG, J.; YAN,S.; GUO,J. Nitrogen removal from Lake Caohai, a typical ultra-eutrophic lake in China With large scale confined growth of *Eichhornia crassipes*. *Chemosphere*, v.92, n.2, p. 177-183,2013.

WETZEL, R.G 1993. **Limnologia**. 2. ed. Lisboa: Fundação Calauste Gulbenkian.

XAVIER, J. O.; CAMPOS, M. C. S.; RIBEIRO, S. T. M; MOTA, H. M. **Macrófitas Aquáticas**: Caracterização e Importância em Reservatórios Hidrelétricos. Cemig. Belo Horizonte. 16. p. 2021.

ZAMONER, M. **Biologia Ambiental**. 1. ed. Curitiba: Protexoto, 2007. In: CARDOSO, V., VALESCA; MASCARENHAS, A., MARCELLO. ESPÉCIES BIOINDICADORAS: Impacto e Qualidade Ambiental. Porto Alegre: Editora Universitária Metodista, 2016, 1.