



UEPB

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA

CAMPUS V

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SOCIAIS APLICADAS

CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

LARISSA GERÔNIMO FERREIRA

***Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (PONTEDERIACEAE): TRISTILIA E
VARIAÇÃO MORFOLÓGICA – UM ESTUDO DE CASO NA PARAÍBA,
BRASIL**

JOÃO PESSOA – PB

2022

LARISSA GERÔNIMO FERREIRA

***Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (PONTEDERIACEAE): TRISTILIA E
VARIAÇÃO MORFOLÓGICA – UM ESTUDO DE CASO NA PARAÍBA,
BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Botânica

Orientador: Prof. Dr. Ênio Wocyli Dantas.

Coorientador: Dr. Túlio Freitas Filgueira de Sá.

JOÃO PESSOA – PB

2022

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

F383e Ferreira, Larissa Gerônimo.
Eichhornia Crassipeseichhornia Crassipes (Mart.) Solms
(Pontederiaceae) [manuscrito] : Tristília e variação
morfológica - um estudo de caso na Paraíba, Brasil / Larissa
Geronimo Ferreira. - 2022.
28 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências
Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de
Ciências Biológicas e Sociais Aplicadas, 2022.

*Orientação : Prof. Dr. Ênio Wocylí Dantas, Coordenação
do Curso de Ciências Biológicas - CCBSA.*

*Coorientação: Prof. Dr. Túlio Freitas Filgueira de Sá,
UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco*

1. Razão dos morfos. 2. Hercogamia recíproca. 3.
Heterostília. 4. Anisopletia. I. Título

21. ed. CDD 578.76

LARISSA GERÔNIMO FERREIRA

Eichhornia crassipes (Mart.) Solms (PONTEDERIACEAE): TRISTILIA E
VARIAÇÃO MORFOLÓGICA – UM ESTUDO DE CASO NA PARAÍBA,
BRASIL.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Departamento do Curso de Ciências
Biológicas da Universidade Estadual da
Paraíba, como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Botânica

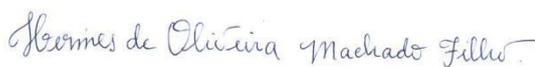
Aprovada em: 01/04/2022.

BANCA EXAMINADORA



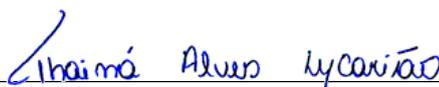
Prof. Dr. Ênio Wocylí Dantas. (Orientador)

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Hermes de Oliveira Machado Filho

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)



Profa. Dra. Thainá Alves Lycarião

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba campus Areia (IFPB)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, por tudo que fui, por tudo que sou e por tudo que serei, DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela benção dada a mim cada dia, por me ensinar a ter paciência e compreender todo o propósito da vida.

Ao meu pai, Ivanildo, por não medir esforços para minha formação, por acreditar na minha capacidade de vencer cada obstáculo, pelo apoio, dedicação, por me incentivar e sempre torcer pela minha felicidade.

Às minhas meninas e melhores amigas: minha mãe, Neves e minhas irmãs, Lígia e Leticia, minha eterna gratidão pelo companheirismo, amizade, união e apoio, sempre me dando confiança e forças para que eu não desistisse. Vocês foram fundamentais para realização deste trabalho.

Ao meu grande e querido professor orientador Ênio, minha eterna gratidão. Obrigada por ter sido o abraço amigo no meu momento de maior angustia e desespero. Obrigada pela paciência, apoio, por nunca soltar minha mão e sempre acreditar que sou capaz.

Ao meu querido coorientador Túlio, agradeço pela coorientação e amizade. Obrigada por todos esses anos em que você me acompanhou e me ajudou no desenvolvimento desse trabalho. Levarei comigo as lembranças dos nossos momentos no laboratório e nas coletas de campo.

À minha grande amiga Karlinha, sou eternamente grata por sua amizade, companheirismo e cuidado. Obrigada por estar comigo nos momentos mais angustiantes, me dando força para que eu conseguisse continuar. Obrigada por não medir esforços e sempre me ajudar quando preciso. Esse trabalho é um pouco de você também.

Aos meus professores da UEPB, agradeço por todo conhecimento compartilhado.

Aos meus grandes amigos que ganhei durante a graduação: Nathália, Amanda, Gabriel, Vitória e Rebeca, obrigada pela amizade, conhecimento, companheirismo, risadas e choros. Vocês foram fundamentais para que a caminhada se tornasse leve.

À todas as pessoas, no qual não cito nomes, que torceram e me ajudaram ao longo da minha graduação, tenham certeza que fizeram parte da minha vida e colaboraram para realização do meu trabalho, muito obrigada.

***Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (PONTEDERIACEAE): TRISTILIA E
VARIAÇÃO MORFOLÓGICA – UM ESTUDO DE CASO NA PARAÍBA,
BRASIL.**

Larissa Gerônimo Ferreira¹

RESUMO

Populações de flores tristílicas são compostas por flores com três morfos diferentes, diferindo em relação ao tamanho do estigma, da antera e do grão de pólen. De acordo com a adaptação do funcionamento da tristilia é esperado que a população que apresente razão igual entre os morfos florais, 1:1:1, apresentam um equilíbrio isoplético. Em contrapartida, a desproporção dos morfos denominado de anisopleitia pode resultar um desequilíbrio no fluxo de pólen dos morfos durante o tempo evolutivo tornando a espécie dimórfica, monomórfica ou semi-homostila dentro da tristilia. *Eichhornia crassipes* é uma planta tristílica, aquática, flutuante livre, nativa com um potencial invasor e com alta taxa de reprodução. A sua reprodução ocorre tanto assexuadamente (vegetativa) quanto sexuadamente (transferência de grãos de pólen). O objetivo do trabalho foi estudar a tristilia em *E. crassipes* por meio de informações publicadas com populações desta espécie, além de fazer um estudo de campo com populações em diferentes áreas do estado da Paraíba em relação a biologia floral. Desta forma, foi realizada uma revisão bibliográfica com o objetivo de compilar informações sobre estudos referente à espécie e também sobre sua tristilia. O estudo de campo foi realizado nos municípios de João Pessoa, Alagoa Grande, Remígio e Salgado de São Félix, onde foram obtidas informações sobre o sistema reprodutivo, para realização da polinização manual e a polinização cruzada, resultando na produção de capsulas com sementes; morfometria floral, obtenção das análises de altura e comprimento das estruturas sexuais.; ocorrência das razões dos morfos (isopleitia ou anisopleitia). Nos resultados, foi demonstrado que houve variação na morfologia entre os indivíduos. As populações de João Pessoa e Alagoa Grande foram caracterizadas como dimórfica atípica, com a presença do morfo longistilo e mediestilo e as populações de Salgado de São Félix e Remígio apresentaram monomorfismo atípico, com a presença de um único morfo floral, o mediestilo. Através do método de polinização manual, a espécie foi considerada auto compatível. Dessa forma os dados corroboram com estudos em que há variação em populações de *E. crassipes*. Com os dados morfométricos dessa espécie, foi analisado que os órgãos de reprodução da flor encontrados na Paraíba apresentam alturas menores em comparação aos dados encontrados na literatura.

Palavras-chave: razão dos morfos, hercogamia recíproca, heterostília, anisopleitia

¹ Graduanda em Ciências Biológicas (bacharelado) pela UEPB.
larissageronimo2@gmail.com

ABSTRACT

Populations of tristylous flowers are composed of flowers with three different morphs, differing in terms of stigma, anther and pollen grain size. According to the adaptation of the functioning of tristylia, it is expected that the population that presents an equal ratio between the floral morphs, 1:1:1, presenting an isopleth balance. On the other hand, the disproportion of the morphs called anisoplethys can result in an imbalance in the pollen flow of the morphs during evolutionary time, making the species dimorphic, monomorphic or semi-homostyle within the tristylous. *Eichhornia crassipes* is a tristylous, aquatic, free-floating, native and noxious invasive plant with a high reproduction rate. It reproduces both asexually (vegetative) and sexually (transfer of pollen grains). The general objective of this work was to study tristylia in *E. crassipes* through published information with populations of this species, in addition to carrying out a field study with populations in different areas of the state of Paraíba in relation to floral biology. In this way, a bibliographic review was carried out with the objective of compiling information on studies regarding the species and also on its tristylia. The field study was carried out in the municipalities of João Pessoa, Alagoa Grande, Remígio and Salgado de São Félix, where information about the reproductive system was obtained, for carrying out manual pollination and cross-pollination, resulting in the production of capsules with seeds; floral morphometry, obtaining height and length analyzes of sexual structures.; occurrence of morph reasons (isoplethy or anisoplethy). In the results, it was demonstrated that there was variation in morphology between individuals. The populations of João Pessoa and Alagoa Grande were characterized as atypical dimorphic, with the presence of the longstyle and mediostyle morphs, and the populations of Salgado de São Félix and Remígio showed atypical monomorphism, with the presence of a single floral morph, the mediostyle. Through the manual pollination method, the species was considered self-compatible. Thus, the data corroborate studies in which there is variation in populations of *E. crassipes*. With the morphometric data of this species, it was analyzed that the flower reproduction organs found in Paraíba present smaller heights compared to the data found in the literature.

Keywords: morph ratio, reciprocal herkogamy, heterostyly, anisoplethy

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Diagrama dos morfotipos florais de flores tristílicas. Sigla em inglês referida com o L (long) representa o morfo longistilo, M (mid) representa o morfo mediestilo e S (short) representa o morfo brevistilo..... 13
- Figura 2 - Flores de *E. crassipes*. As setas representam (1) estigma longo, (2) estame médio e (3) estame curto. 16
- Figura 3 - Distribuição geográfica dos morfos estilo de *E. crassipes* 18
- Figura 4 - Análise de morfometria, evidenciando o estigma de tamanho longo e os dois conjuntos de estames de tamanho médio e curto (A) e estigma de tamanho médio e os dois conjuntos de estames de tamanho longo e curto (B) de *E. crassipes*, através do software ImageJ. 23
- Figura 5 - Representação das alturas dos estigmas e anteras (estames longo, médio e curto) em flores de *E. crassipes* das populações da Paraíba, Brasil 24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Altura média e desvio padrão (mm) do estigma e das anteras nas três formas florais de <i>Eichhornia crassipes</i>	20
Tabela 2 - Autopolinização controlada dos três morfos florais (L = morfo longistilo; M = morfo mediostilo; S = morfo brevistilo) em <i>E. crassipes</i>	21
Tabela 3 - 1Relações de compatibilidade de morfos florais (L = morfo longistilo; M = morfo mediostilo; S = morfo brevistilo) de <i>Eichhornia crassipes</i> de populações do Brasil e da Costa Rica.....	21
Tabela 4 - Média e desvio padrão das alturas dos estigmas e anteras (estames longo, médio e curto) em flores de <i>E. crassipes</i> das populações da Paraíba, Brasil.....	23
Tabela 5 - Resultado dos experimentos de polinização (autopolinização manual e polinização cruzada) com os morfos florais (L = morfo longistilo; M = morfo mediostilo) das populações de <i>E. crassipes</i> do estado da Paraíba, Brasil	26

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	ESTUDOS SOBRE <i>Eichhornia crassipes</i>	15
3	TRISTILIA EM <i>Eichhornia crassipes</i>	16
4	ESTUDO DE CASO	22
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	27
	REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

Algumas flores – órgãos reprodutivos das fanerógamas - apresentam diferentes mecanismos que promovem a polinização cruzada e o fluxo gênico e que, dentre elas, destaca-se a heterostília (OLIVEIRA; MARUYAMA, 2014, p.80).

A heterostília é um polimorfismo floral geneticamente controlado que evita a autofecundação e promove a polinização cruzada. Populações heterostílicas são compostas por dois (distília) ou três (tristília) morfos florais que apresentam diferenças na posição das anteras e dos estigmas (GANDERS, 1979; BARRETT, 2002). Seu reconhecimento é baseado a partir de duas características principais: sistema de autoincompatibilidade e hercogamia recíproca. (OLIVEIRA; MARUYAMA, 2014, p.82).

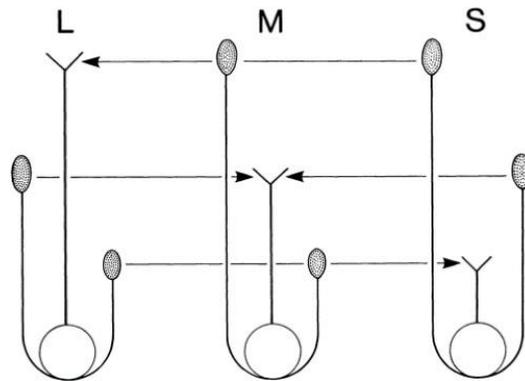
O sistema de incompatibilidade é uma estratégia fisiológica, essa estratégia reduz as chances de ocorrer a autofecundação através de um reconhecimento bioquímico do pólen na estrutura feminina de reprodução da flor (pistilo) de altura do morfo correspondente, na qual outra combinação de pólen proveniente de alturas desiguais resulta em nenhuma semente, sendo assim, apenas os cruzamentos intermorfo (pólen proveniente de indivíduos diferentes do morfo distinto) serão compatíveis (LENZA *et al.*, 2008; CUNHA, 2013; SÁ 2018) A hercogamia recíproca é uma estratégia física, considerada como um requisito fundamental para o funcionamento da heterostília (GANDERS, 1979). É caracterizada por apresentar altura recíproca dos estigmas e das anteras entre os morfotipos florais (BARRETT, 2002).

A heterostília está presente em 28 famílias de angiospermas, das quais a tristília é conhecida somente em quatro famílias (Amaryllidaceae, Lythraceae, Oxalidaceae e Pontederiaceae) (CHARLES WORTH, 1979; BARRETT, 2002; LENZA *et al.* 2008; CUNHA, 2013; ARUNKUMAR, 2017;). A morfologia floral tristílica é caracterizada por: 1) flores com estigma alto e dois níveis de antera abaixo do estigma (médio e curto) – morfo longistilo 2) flores com estigma médio e dois níveis de antera acima (longo) e abaixo do estigma (curto) – morfo médio estilo 3) flores com estigma curto e dois níveis de antera acima do estigma (médio e longo) – morfo brevistilo (figura 1).

De acordo com a adaptação do funcionamento da tristília é esperado que a população que apresente frequência em igual proporção entre as diferentes formas florais dos indivíduos e que alcance uma razão equilibrada dos morfos na população 1:1:1 possui um equilíbrio isoplético. Em contrapartida, a desproporção dos morfos, denominado de anisopletia, pode resultar um desequilíbrio no fluxo de pólen dos morfos durante o tempo evolutivo tornando a

espécie monomórfica ou semi-homostílica dentro da tristílica, caracterizando a população como atípica (CUNHA, 2013; CUNHA et al, 2014).

Figura 1. Diagrama dos morfotipos florais de flores tristílicas. Sigla em inglês referida com o L (long) representa o morfo longistilo, M (mid) representa o morfo mediostilo e S (short) representa o morfo brevistilo.



Fonte: Retirado de Barrett (1988).

De acordo com a adaptação do funcionamento da tristílica é esperado que a população que apresente frequência em igual proporção entre as diferentes formas florais dos indivíduos e que alcance uma razão equilibrada dos morfos na população 1:1:1 possui um equilíbrio isoplético. Em contrapartida, a desproporção dos morfos, denominado de anisoplelia, pode resultar um desequilíbrio no fluxo de pólen dos morfos durante o tempo evolutivo tornando a espécie monomórfica ou semi-homostílica dentro da tristílica, caracterizando a população como atípica (CUNHA, 2013; CUNHA et al, 2014).

Populações monomórficas são caracterizadas por apresentar apenas um único morfo floral, havendo a perda de algum dos morfos, estando presente somente brevistilo, mediostilo ou longistilo. A caracterização da semi-homostílica geralmente apresenta alturas equivalentes entre alguns estames e estigmas, um dos conjuntos das anteras permanece no lugar e o outro permanece na altura do estigma. Em espécies tristílicas é mais comum no morfotipo médio o estame mais curto se alongar até alcançar a altura equivalente do estigma. (SÁ, 2018; CUNHA, 2013).

Pontederiaceae é uma família de plantas aquáticas que possui aproximadamente nove gêneros, cinco destes presentes no Brasil (*Eichhornia* Kunth, *Pontederia* L., *Heteranthera* Ruiz e Pav., *Hydrothrix* Hook e *Reussia* Endl.). O gênero *Eichhornia* inclui oito espécies, sendo três conhecidas como tristílicas: *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth, *E. crassipes* (Mart.) Solms e *E. paniculata* (Spreng.) Solms (CUNHA, 2013; SOUZA E LORENZI, 2005, P.158). Alguns estudos indicam variações morfológicas atípicas da tristílica, no gênero, como por exemplo a

presença de semi-homostilia e monomorfismo em populações de *E. azurea* (CUNHA, 2013), monomorfismo em *E. crassipes* (BARRETT, 1979) e monomorfismo e semi-homostilia em *E. paniculata* (BARRETT, 1992).

Eichhornia crassipes mais conhecida vulgarmente por jacinto d'água, baronesa ou aguapé, é uma planta invasora aquática flutuante livre, nativa da América do Sul, porém sua distribuição está espalhada por diversos países entre os 5 continentes, considerada então uma espécie cosmopolita. É uma espécie nativa da América do Sul, no Brasil, provavelmente na bacia amazônica. Devido a ação antropogênica, sua distribuição e introdução foi estabelecida em diversas áreas tropicais e subtropicais do mundo. Possui ampla distribuição geográfica, com exceção na Antártica, sendo restrita nessa área devido a temperatura fria que limita a sua propagação pois apresenta resistência a temperaturas mais frias de inverno, mas é sensível às geadas. (BARRET, 1982; TELLEZ *et al*, 2008; JCOETZEE *et al*, 2017; KRITICOS e BRUNEL, 2016; LIU *et al*, 2013; MINTEER *et al*, 2013).

E. crassipes é considerada uma macrófita tristílica, composta por três morfos florais que apresentem diferenças no comprimento do estame e estigma, promovendo o cruzamento entre os morfos florais. A sua reprodução ocorre tanto assexuadamente (vegetativa) quanto sexuadamente (transferência de grãos de pólen), contudo a reprodução vegetativa é mais comum, onde inclui a capacidade de se multiplicar vigorosamente através de propagação clonal (BARRETT, 1980). Experimentos conduzidos indicaram que o crescimento clonal proporciona uma rápida expansão e colonização de ambientes através de estolões, implicando na predominância de indivíduos com uma única carga genética, sem variabilidade (BARRETT, 1982). Portanto, a reprodução clonal, a alta taxa de crescimento e sua flexibilidade em função de ser uma planta flutuante livre contribuem para que *E. crassipes* tenha um sucesso como planta daninha em diversos habitats aquáticos. (ZHANG *et al*, 2010; TELLEZ *et al*, 2008).

É incontestável a importância da reprodução assexuada em *E. crassipes*, mas há evidência que ocorre problemas na reprodução sexuada da espécie, com ocorrência de quebra da tristilia e caracterização de populações monomórficas possivelmente associadas a fatores ambientais limitando a reprodução. Contudo, há clareza da frequência deste fenômeno em populações naturais, veja a falta de pesquisas neste sentido (BARRETT, 1980). Ainda assim, faz-se necessário a busca por mais informações e desenvolvimentos de estudos sobre a reprodução sexuada. Nesta tônica, o objetivo geral é estudar a tristilia em *E. crassipes* por meio de informações publicadas no Portal de Periódicos Capes com populações desta espécie, além de

fazer um estudo de campo com populações em diferentes áreas do estado da Paraíba (Nordeste do Brasil) em relação a biologia floral.

2 ESTUDOS SOBRE *Eichhornia crassipes*

Para se entender o estado da arte da espécie foi realizado um levantamento bibliográfico através de uma revisão feita por meio de consultas na base de dados de pesquisas do Periódico Capes realizada em dezembro de 2021 e incluindo todos os artigos sem limite de ano de publicação. As palavras chaves utilizadas foram: *Eichhornia*, *Eichhornia crassipes*, heterostyly, tristily, floral biology, reproduction e incompatibility. A busca realizada na plataforma virtual contabilizou 1237 artigos. Desse levantamento, 604 artigos citavam o gênero *Eichhornia*. Baseado nisso, 15 artigos foram selecionados para o estudo por ter relevância com informações referente à espécie, como também sobre tristilia, sistema reprodutivo e morfologia da espécie. 589 artigos não foram selecionados pois apresentavam temáticas como: controle biológico; genética; participação em trabalhos de levantamentos florísticos e animais associados à macrófita, que não são de interesse para o estudo. 633 citavam outros gêneros e espécies que não são de interesse para o estudo pois não traziam informações sobre *E. crassipes*.

Estudos nos quais indicam a ocorrência desta espécie discute que *E. crassipes* é uma macrófita aquática invasora flutuante livre, com rápida propagação clonal, considerada uma das maiores “pragas” / “ervas daninhas” em ecossistemas aquáticos onde está inserida. Uma das possíveis explicações apontadas pelos diversos autores, é a capacidade da espécie se reproduzir assexuadamente por estolões, sua rápida propagação clonal que pode dobrar de tamanho em poucas semanas e se espalhar rapidamente (AYANDA *et al*, 2020; BARRETT, 1981; REN E ZHANG, 2007).

De acordo com Lu *et al* (2007) há relatos de que invasões por *E. crassipes* causam sérios problemas ambientais. Sua pesquisa aponta como esta espécie, considerada a pior erva daninha existente, prejudica o ambiente na qual está inserida devido a sua rápida e alta taxa de propagação em corpos d’água. Tais problemas podem causar impactos econômicos e ambientais, atrapalhando o curso de rios, lagos, impedindo a navegação de embarcações e diminuição do número de populações de peixes, visto que a alta cobertura tem efeito prejudicial sobre a disponibilidade de oxigênio para esses animais (WALTHAM e FIXLER, 2017; GOVINDASWAMY *et al*, 2011). A remoção dessa erva daninha pode ser uma alternativa para a diminuição e controle temporário do local, porém, a remoção e descarte indevido dessa macrófita pode levar ao aumento do desenvolvimento de animais patogênicos como moscas e

mosquitos que podem ser vetores causadores de doenças (RODRIGUEZ *et al* 2013; LU *et al*, 2007 e AYANDA *et al*, 2020).

Dentre os efeitos positivos que a *E. crassipes* promove, podemos citar o uso de sua biomassa no desenvolvimento de composto vegetal, sua interação com organismos aquáticos no qual pode modificar as condições físico-químicas da água, além de servir de abrigos para uma diversidade de macro invertebrados, zooplanktons e peixes; bem como sua capacidade de favorecer a diminuição de nutrientes através da fitorremediação, possibilitando melhorar a qualidade da água (YAN, SONG e GUO 2016).

A *Eichhornia crassipes* é uma planta com alta utilidade e capacidade fitorremediadora para tratar águas contaminadas devido ao seu sistema de raízes fibrosas, grande biomassa e tolerância a metais pesados. *E. crassipes* possui maior eficiência na remoção e absorção de metais pesados comparados com outras plantas aquáticas (RAI, 2018). De acordo com Laet *et al* (2019) ela é eficaz na remoção de metais pesados através da rizofiltração, por meio de suas raízes com potencial de remoção. Alguns metais pesados que causam problemas ambientais como: Pb, Cu, Cr, Co, Cd, As, Ni e Zn são bioconcentrados nas suas raízes. Devido a sua rápida taxa de propagação, fácil adaptação em ambientes residuais e a sua capacidade de absorver o nitrogênio, ela pode ser considerada como eficiente na fitorremediação (TING *et al*, 2020; GOVINDASWAMY, 2011).

3 TRISTILIA EM *Eichhornia crassipes*

E. crassipes exibe flores bissexuada, com inflorescência do tipo tri a multiflora, apresentando de 4 a 25 flores, pétalas com tonalidade lilás claro. As flores apresentam dois conjuntos de estames (filete e antera) – três estames em cada conjunto. É possível notar a existência de três arranjos que caracterizam os morfos breve, médio e longi (tristilia) que são indicados baseados na altura do estigma, caracterizando diferentes o morfos para espécie. A Figura 2 ilustra a flor de *E. crassipes*. As formas florais são: i. flores com estigmas longos e dois conjuntos de estames abaixo dos estigmas (médio e curto); ii. flores de estigma médio com um conjunto de estame acima dos estigmas (longos) e um conjunto abaixo dos estigmas (curtos); iii. flores de estigma curto com estame em dois níveis acima dos estigmas (médio e longo) (BARRETT, 1977; LIU, WANG E CHEN, 2013).

Figura 2. Flores de *E. crassipes*. As setas representam (1) estigma longo, (2) estame médio e (3) estame curto.



Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

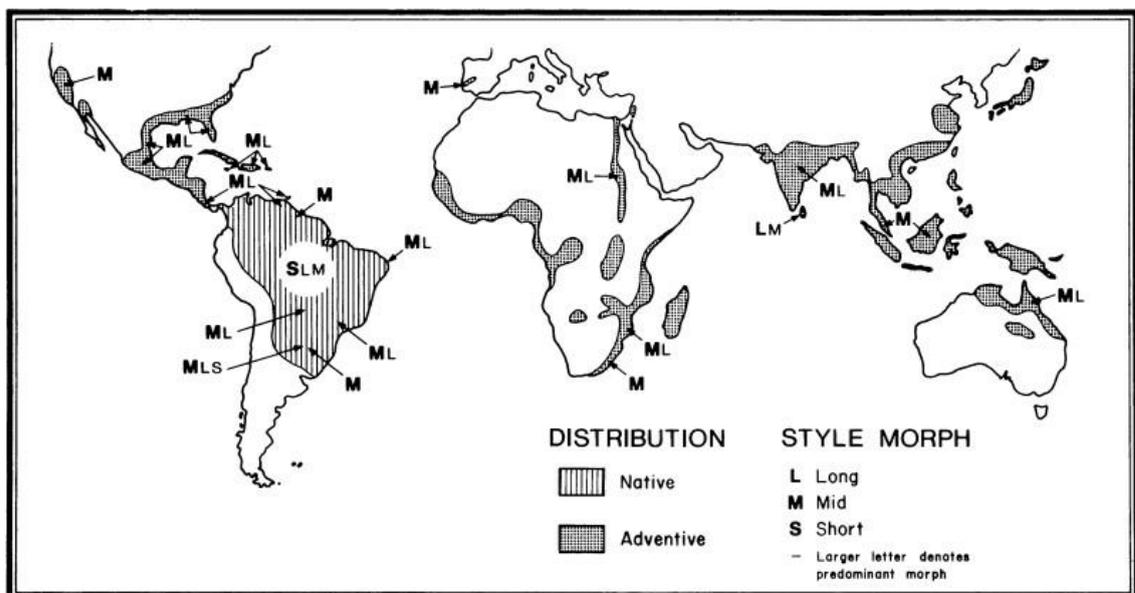
Inicialmente ao descreverem a espécie existia dúvidas sobre ser distílica ou tristílica. A falta de evidências do morfo curto tornou inicialmente a espécie distílica. Entretanto, o morfo estilo curto foi encontrado na Bacia do baixo Amazonas, no Brasil, confirmando a tristilia na espécie. Algumas populações de *E. crassipes* são comumente compostas pelo morfo médio e as vezes com a presença do morfo longo ou não (BARRETT, 1981; REN E ZHANG, 2007; BARRETT, 1977)

Estudo de Barrett (1977) evidenciou a tristilia da espécie entre o rio Jari e Amazonas, no Brasil, foi demonstrado a predominância da forma curta em populações estudadas. Das nove populações estudadas, quatro populações apresentavam somente flores brevistilo, uma população com flores longistilo e quatro populações mistas com predominância do morfo brevistilo. De acordo com Barrett (1982), das 196 populações pesquisadas entre: América do Norte, Caribe, América Central, Venezuela, Guiana, Paraguai, Argentina, Uruguai, e Brasil, 77% dessas populações são monomórficas para o morfo médio; 18,4 eram dimórficas e 4,6 eram trimórficas. Os registros das três formas florais foram observados na Argentina e no

Brasil, porém, o morfo curto predominou na região do Mato Grosso e da Bacia Amazônica, onde é considerada nativa e aparentemente é restrita a essa região. De acordo com essas observações, o morfo estilo curto não consegue se distribuir pelo mundo pois pode apresentar maior adaptação a sua área nativa, levando em consideração a sua predominância devido a condições ecológicas encontradas na região Amazônica que favorece a capacidade reprodutiva.

Por outro lado, levantamento da estrutura populacional de *E. crassipes* realizado na Jamaica e no nordeste do Brasil apontam que o morfo estilo curto está ausente na Jamaica e presente em populações no Brasil, onde o morfo predominante em populações do Brasil é o médio, este sendo o único morfo presente em populações monomórficas (BARRETT, 1988). Flores amostradas de *E. crassipes* (n = 1272) em Palo Verde, Costa Rica, apresentaram apenas a presença do longo (252) e médio estilo (1020), também com a predominância maior do morfo médio (BARRETT, 1979). A figura 3 mostra como os morfos florais estão distribuídos, tendo o morfo curto ausente em diversas localidades. O morfo médio predomina no mapa, essa predominância do morfo médio na maioria das regiões pode estar relacionada à introdução de indivíduos com apenas um morfo floral em diferentes locais que favoreceu o seu estabelecimento e propagação, contudo, a presença do morfo estilo médio se dispersou com maior frequência, colonizando áreas favoráveis para sua reprodução e propagação (BARRETT, 1988).

Figura 3. Distribuição geográfica dos morfos estilo de *E. crassipes*.



Fonte: Retirado de: BARRETT (1988).

Em espécies tristílicas é esperado nas populações que contém as três formas florais ocorram em proporções iguais na razão de 1:1:1 caracterizando o equilíbrio isoplético, considerado uma situação típica (CUNHA E FISCHER,2009; BARRETT ,1981 E CUNHA *et al*, 2014; BARRETT, 1977). No entanto, Cunha et al (2014) aponta que essas proporções ocorrem de forma desigual devido a desvios nesse equilíbrio em espécies clonais, como em *E. crassipes*. A capacidade daninha e sua alta taxa de crescimento faz com que a *E. crassipes* se estabeleça, cresça e proporcione a dispersão desses clones em ambientes onde se estabelecem. Logo, esses propágulos clonais se dividem e ocupam o espaço por reprodução assexuada. Sendo assim, essa população clonal é um indicativo para o encaminhamento de populações monomórficas, que apresentam apenas um morfo estilo.

Variação na estrutura populacional (monomorfismo) pode interromper o funcionamento normal da tristilia impedindo o mecanismo de cruzamento, levando a autocompatibilidade possibilitando a autofertilização (BARRETT, 1977).

Observações dos órgãos reprodutivos de *E. crassipes* foram comparadas entre diferentes populações (Tabela 1). Com base nas medidas das partes reprodutivas (estigma e antera) das flores de cada morfo em *E. crassipes* foi possível evidenciar a correspondência recíproca entre a posição dos estigmas e anteras dos três morfos florais. (BARRETT, 1977; BARRETT, 1979).

Ainda assim as flores podem apresentar variações nas alturas, no caso de semi-homostilia, onde as anteras longas se apresentaram próximas ao estigma médio. Portanto, na forma longa, por exemplo, os estames médios poderiam se alongar ou ocasionar o encurtamento do estigma.

Segundo Liu et al (2013) a ocorrência da incompatibilidade devido a grandes pressões seletivas que foram exercidas ao longo dos anos tende a ser modificada direcionando para a quebra da tristilia em *E. crassipes* e o encaminhamento para auto fecundação devido ao relaxamento das pressões seletivas. Cunha e Fischer (2009) demonstram que há expressão da auto compatibilidade que está associado a quebra da tristilia e o encaminhamento para populações dimórficas ou monomórficas.

Em *E. crassipes* a forma semi-homostilica aparentemente é rara. Há evidências da quebra da tristilia e a ocorrência da semi-homostilia em *E. crassipes*, considerando que ocorre a autofecundação devido a posição de anteras adjacentes ao estigma. Das 1020 flores médio estilo coletadas em Palo Verde, Costa Rica, 4% apresentaram a semi-homostilia. Em uma população encontrada na Costa Rica o morfo médio apresentou forma modificada caracterizando a semi-homostilia, em que verificou o encurtamento das anteras do nível longo (Barrett, 1988; Barrett, 1979).

Tabela 1. Altura média e desvio padrão (mm) do estigma e das anteras nas três formas florais de *Eichhornia crassipes*.

População	Morfo estilo	Altura do estigma	Altura do estame longo	Altura do estame médio	Altura do estame curto
Costa Rica	M	25.0 ± 0.5	29.2 ± 0.8	-	14.9 ± 1.3
Costa Rica	L	29.2 ± 0.8	-	23.4 ± 1.9	14 ± 2.6
EUA	M	25.3 ± 0.5	32.1 ± 0.9	-	16.4 ± 0.7
EUA	L	32.8 ± 1.1	-	25.4 ± 1.5	15.9 ± 1.3
México	M	25.6 ± 0.7	32.0 ± 0.7	-	16.9 ± 1.0
Sudão	M	25.8 ± 0.8	31.4 ± 0.9	-	17.2 ± 0.7
Zaire	M	25.4 ± 0.6	31.4 ± 1.2	-	16.6 ± 1.1
Índia	M	26.1 ± 0.7	33.5 ± 1.0	-	17.4 ± 0.8
Guiana	M	24.4 ± 1.1	33.5 ± 1.0	-	17.3 ± 1.3
Brasil	M	24.9 ± 0.4	31.5 ± 0.0	-	15.4 ± 1.6
Brasil	L	35.4 ± 0.7	-	24.9 ± 0.9	15.8 ± 0.9
Brasil	S	15.0 ± 1.0	30.0 ± 0.6	22.5 ± 0.6	-

Fonte: BARRETT, 1977; BARRETT, 1979 (com adaptações)

Tanto na distília como na tristília há um posicionamento recíproco entre as anteras e os estigmas, sendo assim, o tamanho do pólen é proporcional ao tamanho do estame: 1) pólen do estame longistilo é maior que o pólen do mediostilo e brevistilo; 2) pólen do estame mediostilo é maior que o pólen do brevistilo e menor que o pólen do longistilo; 3) pólen do estame brevistilo é menor que o pólen do morfo longistilo e mediostilo. Quando há polinização em que o pólen é depositado na altura correspondente (por exemplo, pólen do estame curto depositado no estigma do comprimento curto) que resultam no conjunto de sementes, é considerado como cruzamento “legítimo”, quando há polinização “ilegítima” o pólen é depositado em altura não equivalente (por exemplo, pólen do estame curto transferido para o estigma de altura média) (Barrett, 1988; Barrett, 1977).

De acordo com o funcionamento normal da heterostília, espera-se que haja autoincompatibilidade. Relação de autocompatibilidade pode ser observada em *E. crassipes*. A autopolinização natural pode acontecer com maior facilidade durante o murchamento das flores de nível médio, devido a posição relativa dos órgãos de reprodução. Quando os estames de nível longo se inclinam devido ao murchamento da flor, eles entram em contato com o estigma de nível médio. Essa distância entre os órgãos influencia a probabilidade de sucesso na autopolinização (BARRETT, 1979). A tabela 2 aponta que planta do morfo longo teve uma única capsula formada, de 195 flores no total. A autofertilização no morfo médio resultou em um maior número de conjunto de capsulas.

Relações de compatibilidade foram testadas através da autopolinização do nível médio e longo (tabela 1) resultando em compatibilidade entre as duas formas florais. Cruzamentos artificiais ilegítimos intermorfo resultaram na produção de sementes (Tabela 3) (BARRETT, 1979).

Tabela 2. Autopolinização controlada dos três morfos florais (L = morfo longistilo; M = morfo mediostilo; S = morfo brevistilo) em *E. crassipes*.

População	Morfo floral	Nº de flores	Nº de Cápsula	% Cápsula
Brasil	M	113	4	3.5
Brasil	L	65	0	0
Brasil	M	152	15	9.9
Brasil	S	121	1	0.1
Congo	M	91	9	9.9
Costa Rica	L	195	1	0.5
Costa Rica	M	197	18	9.1
Costa Rica	M	127	85	66.9
EUA	M	152	15	9.9
EUA	M	72	8	11.1
EUA	M	104	4	3.9
Guiana	M	63	0	0
Índia	M	64	6	9.4
Mexico	M	147	9	6.1
Sudão	M	98	6	6.1

Fonte: BARRETT, 1977; BARRETT, 1979 (com adaptações).

Tabela 3. Relações de compatibilidade de morfos florais (L = morfo longistilo; M = morfo mediostilo; S = morfo brevistilo) de *Eichhornia crassipes* de populações do Brasil e da Costa Rica.

População	Cruzamento de morfos	Nº de flores	Nº de cápsulas	% de capsulas
Brasil	L x L	200	181	90,5
Brasil	L x S	113	107	94,7
Brasil	M x M	328	325	99,1
Brasil	M x S	35	35	100,0
Brasil	S x S	1095	1085	99,1
Brasil	S x L	213	212	99,5
Costa Rica	L x L	153	152	99,3
Costa Rica	L x M	292	291	99,7
Costa Rica	M x M	268	263	98,1
Costa Rica	M x L	264	263	99,6

Fonte: BARRETT, 1977; BARRETT, 1979 (com adaptações)

No seu estudo, Barrett (2015) compara duas espécies do gênero *Eichhornia*: *Eichhornia azurea* e *Eichhornia crassipes* que apresentam características semelhantes, ambas são

tristíflicas, com divisão clonal, amplamente distribuídas e possuem semelhanças morfológicas, podendo crescer juntas no mesmo ambiente. As alterações ocorridas ao longo do tempo fizeram com que *Eichhornia crassipes* se tornasse uma espécie auto compatível, enquanto *E. azurea* dispõe do sistema tristílico de incompatibilidade impedindo a auto fecundação. *E. azurea* difere no modo de se propagar de forma clonal pois em comparação ao modo de propagação de *E. crassipes*, *E. azurea* ocupa área marginal e têm raízes fixas ao substrato enquanto *E. crassipes* é flutuante livre, proporcionando eficácia na dispersão.

Estudo de Barrett (1977) aponta a presença dos três morfos florais e o funcionamento da tristilia. No entanto, em condições que indicam a presença de polinizadores especializados como a *Ancyloscelis gigas* e *Trigona* sp., acredita-se que a tristilia ocorre efetivamente. Com a ineficiência de polinizadores específicos, há tendência à perda do polimorfismo e consequentemente a fixação de algum morfo floral (LIU *et al*, 2013).

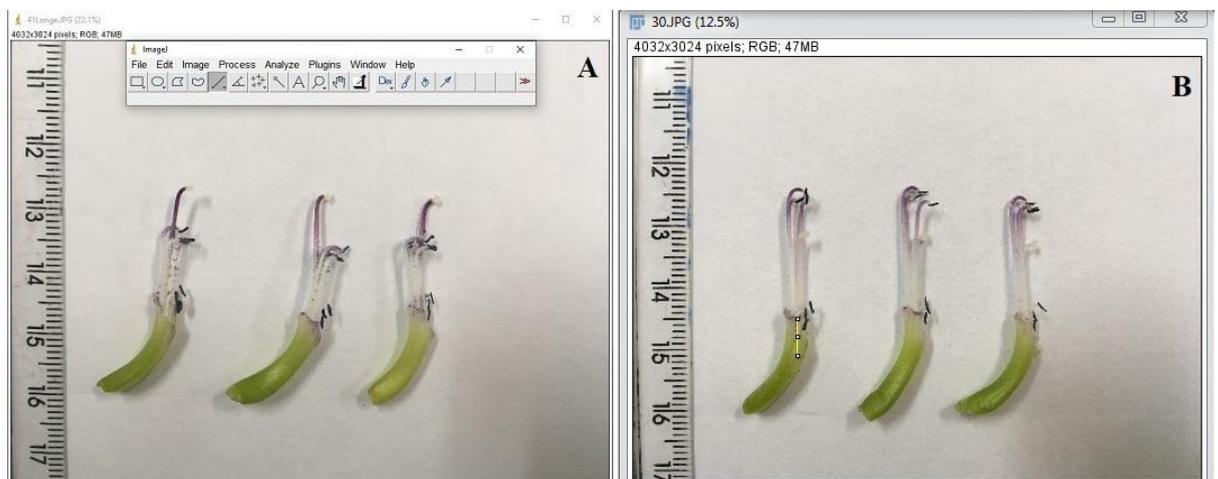
4 ESTUDO DE CASO

Um estudo de caso com base em quatro populações coletadas em reservatórios de quatro municípios da Paraíba, nordeste do Brasil: 1) João Pessoa ($7^{\circ}09'58.0''S$ $34^{\circ}54'11.7''W$); 2) Alagoa Grande ($7^{\circ}02'27.6''S$ $35^{\circ}37'52.4''W$); 3) Remígio ($6^{\circ}58'14.3''S$ $35^{\circ}47'56.5''W$) e 4) Salgado de São Felix ($7^{\circ}21'15.7''S$ $35^{\circ}26'36.7''W$). Estes reservatórios encontram-se em áreas, segundo o sistema de classificação climática de Koppen, enquadra-se no clima tropical úmido (Af) e semiárido (BWh), onde possuem alta cobertura de plantas aquáticas, especialmente de *E. crassipes*.

Em cada ecossistema foi delimitado um transecto marginal para a coleta dos indivíduos com intervalos de distância de 3 - 10 metros. Nestes pontos, foram coletados, sempre que possível, três indivíduos sem inflorescência aleatoriamente. Estas plantas foram acondicionadas em sacolas plásticas e levadas para a área experimental da UEPB, campus V, área para observação e acompanhamento dos indivíduos coletados. Nesta área, as populações de plantas coletadas em campo foram inseridas em caixa d'água (500L) e em bacias (10L). Os indivíduos inicialmente coletados nas áreas de estudos: João Pessoa, Alagoa Grande e Remígio foram etiquetados e numerados para a identificação quando floridas e em seguida, feita a análise individual de reprodução artificial e a morfometria. Os exemplares de Salgado de São Félix não foram coletados e levados à área experimental da UEPB, só tiveram as fotografias aferidas *in situ* para posterior análise de informações morfométricas no laboratório da Universidade.

Com o intuito de analisar se os morfos florais apresentam variações nas suas características, foram analisadas as medidas da: altura dos estames e a altura do estigma. A análise da morfometria foi realizada a partir da fotografia das flores dissecadas. As inflorescências foram coletadas na área experimental, posteriormente colocadas em folha de papel ofício A4, fotografadas e em seguida as fotografias foram processadas no ImageJ (Figura 3), um analisador de imagens que permitiu a mensuração da altura dos estames e estigmas. As medidas destas fotografias serviram para o cálculo da média e o desvio padrão, como visto na Tabela 4 e esquematizada na Figura 4. Foram coletadas 26 inflorescências da área de João Pessoa, 25 de Alagoa Grande, 8 de Remígio e 16 de Salgado de São Félix. Para a análise da morfologia floral foram investigados dados de 78 flores na população de João Pessoa, 75 de Alagoa Grande, 24 de Remígio e 48 de Salgado de São Félix, sempre em número de três flores por indivíduo coletado.

Figura 4. Análise de morfometria, evidenciando o estigma de tamanho longo e os dois conjuntos de estames de tamanho médio e curto (A) e estigma de tamanho médio e os dois conjuntos de estames de tamanho longo e curto (B) de *E. crassipes*, através do software ImageJ.



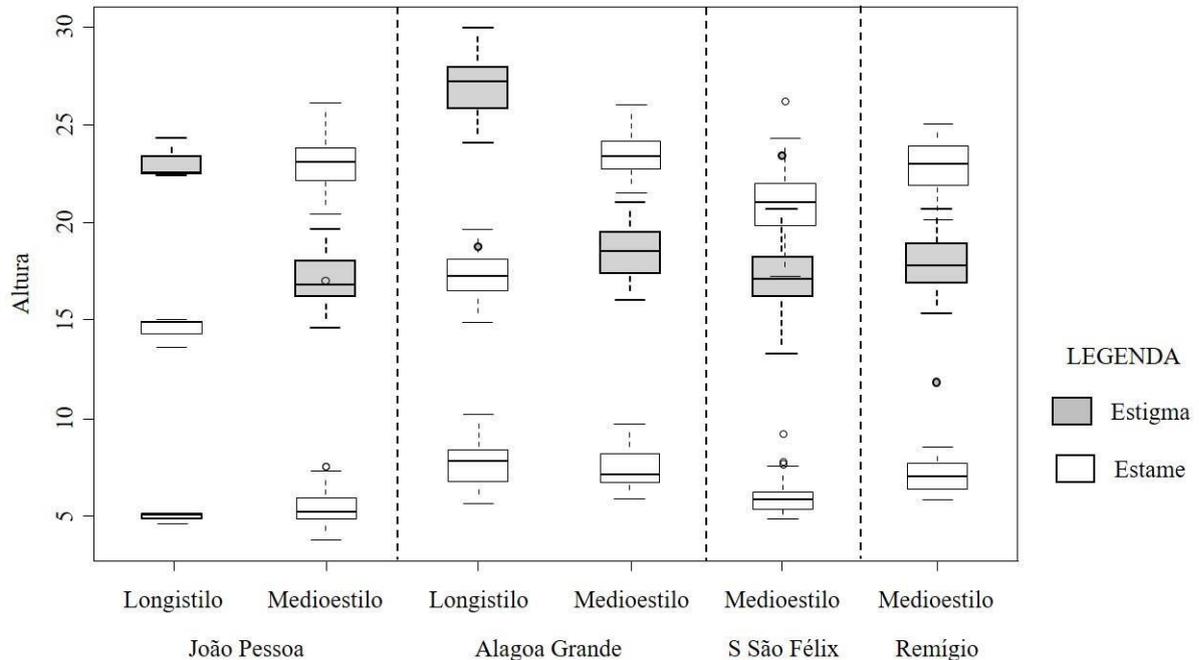
Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

Tabela 4. Média e desvio padrão das alturas dos estigmas e anteras (estames longo, médio e curto) em flores de *E. crassipes* das populações da Paraíba, Brasil.

População	Morfo floral	Nº flores	Estigma	Estame longo	Estame médio	Estame curto
João Pessoa	M	25	17.0 ± 1.2	23.0 ± 1.7	-	5.4 ± 1.4
João Pessoa	L	1	23.0 ± 1.0	-	14.5 ± 0.96	1.9 ± 1.0
Alagoa Grande	M	14	18.3 ± 1.4	23.5 ± 1.3	-	7.4 ± 1.6
Alagoa Grande	L	11	26.9 ± 2.1	-	17.2 ± 1.5	7.6 ± 1.7
Remígio	M	8	17.7 ± 1.8	22.8 ± 1.4	-	7.0 ± 1.5

Fonte: Elaborada pela autora, 2022

Figura 5. Representação das alturas dos estigmas e anteras (estames longo, médio e curto) em flores de *E. crassipes* das populações da Paraíba, Brasil.



Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

As medidas morfométricas apresentadas na Tabela 4 e esquematizadas na Figura 5 indicam que o estame de nível longo variou mais em relação ao estame curto e médio. Comparando os resultados encontrados nesse presente estudo de caso com dados da literatura supracitados, é evidente que as alturas dos estigmas das plantas presentes na Paraíba são menores do que as alturas medias dos estigmas das outras populações observadas pelo mundo, inclusive em populações coletadas em outras regiões do Brasil. Pelo que se observa neste estudo, a altura do estigma longo (23,0 – 26,9) e estame médio (14,5 – 17,2) de populações de morfologia longistila na Paraíba se sobrepõe à altura do estigma médio (24,4 – 26,1) e estame curto (14,9 – 17,4) de morfologia mediostilo das populações observadas em outras regiões do Brasil e do mundo (Tabela 1, Tabela 3). O mesmo se verifica com a altura do estigma de morfologia mediostilo (17,0 – 18,3) da Paraíba, sobreposta com a altura do estigma de morfologia brevistilo (15,0) em outras partes do mundo (Tabela 1, Tabela 3). Isso sugere uma possível modificação evolutiva com atrofiação nos estigmas e estames e que pode ter provocado um novo mediostilo de um estame curto, e um novo brevistilo com disposição de estames semelhantes a morfologia mediostilo.

Para determinar a frequência da razão entre os morfos, realizou-se observações diretas dos indivíduos que estavam acondicionados na área experimental do campus da Universidade, definindo qual a morfologia floral apresentava, classificando-os como longistilo, mediostilo ou brevistilo e avaliando se isopléticas ou anisopléticas. Dos 73 indivíduos observados, *E. crassipes* apresentou 0 indivíduos com a presença do morfo brevistilo-curto (0,00%), 61 indivíduos com o morfo médiostilo (83,56%) e 12 indivíduos com o morfo longistilo (16,44%). As flores apresentam diferenças morfológicas entre os morfos. Para constatar a razão dos morfos, a partir da observação das inflorescências, pôde ser observado que dos 26 indivíduos em João Pessoa verificou-se a presença de um único indivíduo com o morfo longistilo, e os 25 indivíduos com morfo mediostilo razão 25:1 caracterizando uma população dimórfica atípica. Em Alagoa grande, 14 indivíduos com o morfo mediostilo e 11 longistilo, razão 14:11 caracterizando uma população dimórfica atípica; Em Remigio, 8 indivíduos com o morfo mediostilo caracterizando uma população monomórfica atípica. Em Salgado de São Félix, 16 indivíduos com o morfo mediostilo caracterizando uma população monomórfica atípica.

As populações se mostraram anisopléticas, não havendo uma esperada razão equilibrada entre os morfos. Seria esperado a presença de tristilia, mas a ausência do morfo curto leva ao aparecimento de populações dimórficas ou monomórficas. Diante o exposto, é observado que o morfo médio é predominante nas populações observadas, seguido do morfo longi que aparece poucas vezes. De acordo com literatura, esse cenário é encontrado na maioria das populações, principalmente naquelas onde ela não é nativa. Uma explicação para a predominância do morfo médio, segundo Barrett (1988), é devido a introdução da espécie em novos ambientes e em virtude da ausência do morfo curto em várias partes do mundo, o morfo médio se estabeleceu na maioria das regiões. Contudo devido a estrutura populacional não seguir o padrão da sua forma típica de três formas florais em iguais proporções.

Essa variabilidade mostra que não há muitos registros que apresentem a frequência desses três morfos, o funcionamento dessa tristilia é impedido na maioria das populações, o que encaminha para a possibilidade de ocorrência de autopolinização e polinização ilegítima (Barrett.1977).

As plantas que foram colocadas no tanque experimental ainda serviram para avaliação do sistema reprodutivo. Os indivíduos foram marcados com botões em pré-antese previamente isoladas e ensacadas com sacos confeccionados de tecido organza para evitar a entrada dos agentes polinizadores. As flores foram submetidas aos seguintes tratamentos: autopolinização manual, polinização cruzada intramorfo e polinização cruzada intermorfo. Os parâmetros

analisados foram: número de cápsulas produzidas (frutos), sendo estas detalhadas como viáveis (com sementes) e não viáveis (sem sementes).

Os testes de polinização controlada indicam que a espécie apresenta sistema de autocompatibilidade, observada através da formação de fruto e sementes (Tabela 5).

Tabela 5. Resultado dos experimentos de polinização (autopolinização manual e polinização cruzada) com os morfos florais (L = morfo longistilo; M = morfo mediotilo) das populações de *E. crassipes* do estado da Paraíba, Brasil.

Autopolinização manual				
População	Morfo floral	Nº de flores	Cápsulas (Nº- %)	Cápsulas com sementes (Nº- %)
João Pessoa	M	130	127/ 97,7%	97/ 76,4%
Alagoa Grande	M	91	82/ 90,1%	41/ 50,0%
Remígio	M	84	76/ 90,5%	49/ 64,5%
Polinização cruzada				
	Morfo floral	Nº de flores	Cápsulas (Nº- %)	Cápsulas com sementes
João Pessoa	M x M	118	110/ 93,2%	73/ 66,4%
Alagoa Grande	L x M	48	43/ 89,6%	36/ 83,7%
Alagoa Grande	L x L	23	18/ 78,3%	15/ 83,3%
Alagoa Grande	M x M	21	18/ 85,7%	15/ 83,3%
Remigio	M x M	12	9/ 75,0%	8/ 88,9%

Fonte: Elaborada pela autora, 2022

Com base na literatura, a espécie apresenta um sistema de autoincompatibilidade associado à heterostília, que impede a formação de sementes. No entanto, em estudos realizados, há um alto grau de autocompatibilidade na espécie, que permite a formação de sementes (Barrett, 1977). Nas populações da Paraíba, Brasil, há um menor percentual de cápsulas com sementes em flores autopolinizadas que em cápsulas produzidas por meio de polinização cruzada (Tabela 5). É importante ressaltar que testes de viabilidade germinativa deveriam ser feitos, mas as limitações da Pandemia COVID 19 impediram a sequência dos experimentos.

A presença de tristilia em *E. crassipes* exibe algumas mudanças evolutivas. Devido a rápida taxa de propagação clonal associada a vida flutuante, houve a tendência para o encaminhamento do monomorfismo, com a presença de uma única forma predominante. Comumente não é esperado que as populações apresentem apenas um morfo floral. Tais achados podem estar relacionados a introdução e fixação de indivíduos com apenas um morfotipo floral nesses locais. (BARRETT, 1988; VOGEL, 2021).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da revisão bibliográfica, verificou-se que apesar da existência de muitos trabalhos sobre a planta invasora *E. crassipes*, existem poucos estudos relacionados a sua reprodução floral e razão dos morfos, especialmente pela espécie ser uma das poucas plantas aquáticas com uma característica floral singular como é a tristilia. Esses poucos trabalhos mostram que a maioria dos estandes desta planta são formados por um ou dois morfos florais, sendo a região da América do Sul, o único local onde se verifica a morfologia brevistila. Mesmo assim, não é raro a ocorrência de populações com apenas uma morfologia, inclusive no Brasil. Algumas explicações que ajudam a entender esse monomorfismo ou o dimorfismo se deve a elevada capacidade de dispersão e propagação vegetativa da espécie, com mais sucesso para morfologia mediostilo.

O estudo de caso, com as populações da Paraíba, Brasil, não foi diferente, com ocorrência de populações monomórficas e dimórficas, mas com um registro um pouco intrigante no que se refere à altura dos estigmas e estames. Embora não encontrando a morfologia brevistila, as flores longistilo e mediostilo presentes na Paraíba são menores comparadas com as descritas para outras partes do mundo e novos estudos precisam ser feitos para entender o que essa alteração pode significar na evolução e ajustes das populações nos diferentes ecossistemas aquáticos.

De acordo com as observações diretas na área experimental, a razão dos morfos se configurou como uma forte anisopleτία entre os dois morfos (dentro do dimorfismo). Apesar da literatura apontar que a espécie é tristílica, as populações estudadas são caracterizadas como dimórfica atípica ou monomórfica e fortemente anisoplética. O fato de a espécie apresentar anisopleτία causa um descontrole no sistema reprodutivo da espécie, uma vez que, o padrão de fluxo de pólen será assimétrico e entre dois morfos florais. Fatores como esses contribuem para a espécie se tornar atípica com a perda de um ou dois morfos. Além disso, a presença do sistema auto compatível em *E. crassipes* pode representar uma garantia reprodutiva para a espécie na área de estudo.

É de grande importância aprofundar os estudos nessa questão para que novos dados de populações sejam realizados para poder comparar com os dados já analisados.

REFERÊNCIAS

- ARUNKUMAR, Ramesh et al. The genetic architecture of tristily and its breakdown to self-fertilization. **Molecular ecology**, v. 26, n. 3, p. 752-765, 2017.
- AYANDA, Opeyemi I. et al. *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms: Uses, challenges, threats, and prospects. **The Scientific World Journal**, v. 2020, 2020.
- BARRETT, S. C. H.; FORNO, I. W. Style morph distribution in new world populations of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach (water hyacinth). **Aquatic Botany**, v. 13, p. 299-306, 1982.
- BARRETT, S. C. H.; FORNO, I. W. Style morph distribution in new world populations of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach (water hyacinth). **Aquatic Botany**, v. 13, p. 299-306, 1982.
- BARRETT, Spencer CH. Influences of clonality on plant sexual reproduction. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 29, p. 8859-8866, 2015.
- BARRETT, Spencer CH. Sexual reproduction in *Eichhornia crassipes* (water hyacinth). II. Seed production in natural populations. **Journal of Applied Ecology**, p. 113-124, 1980.
- BARRETT, Spencer CH. Sexual reproduction in *Eichhornia crassipes* (water hyacinth). I. Fertility of clones from diverse regions. **Journal of Applied Ecology**, p. 101-112, 1980.
- BARRETT, Spencer CH. The evolutionary breakdown of tristily in *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Water Hyacinth). **Evolution**, v. 33, n. 1Part2, p. 499-510, 1979.
- BARRETT, Spencer CH. The evolutionary breakdown of tristily in *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Water Hyacinth). **Evolution**, v. 33, n. 1Part2, p. 499-510, 1979.
- BARRETT, Spencer CH. Tristily in *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (water hyacinth). **Biotropica**, p. 230-238, 1977.
- BARRETT, Spencer CH. Evolução do sexo: a evolução da diversidade sexual das plantas. **Nature Reviews Genetics**, v. 3, n. 4, p. 274, 2002.
- BARRETT, Spencer CH. Evolution of breeding systems in *Eichhornia* (Pontederiaceae): a review. **Ann. Missouri Bot. Gard.** 75, p. 741-760, 1988.
- BARRETT, Spencer CH; HARDER, Lawrence D. Floral variation in *Eichhornia paniculata* (Spreng.) Solms (Pontederiaceae) II. Effects of development and environment on the formation of selfing flowers. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 5, n. 1, p. 83-107, 1992.
- CHARLESWORTH, Deborah. The Evolution and breakdown of tristily. **Evolution**, v. 33, n. 1Part2, p. 486-498, 1979.
- COETZEE, Julie A. et al. Monographs on invasive plants in Europe N° 2: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. **Botany Letters**, v. 164, n. 4, p. 303-326, 2017.

CUNHA, N. L., et al. Variação floral e heterogeneidade ambiental em um aquático clonal tristílico do Pantanal do Brasil. **Annals of Botany**, v. 114, n. 8, pág. 1637-1649, 2014.

CUNHA, N. L.; **Variação na expressão da tristilia em uma espécie auto-incompatível: implicações para a manutenção da heterostilia**. Tese (doutorado em Ecologia). Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Mato Grosso do Sul, 2013.

CUNHA, Nicolay Leme da; FISCHER, Erich. Breeding system of tristylous *Eichhornia azurea* (Pontederiaceae) in the southern Pantanal, Brazil. **Plant Systematics and Evolution**, v. 280, n. 1, p. 53-58, 2009.

DUBREUIL, Vicent et al. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. *Cofins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia*, n.37, 2018.

GANDERS, Fred R. The biology of heterostyly. **New Zealand Journal of Botany**, v. 17, n. 4, p. 607-635, 1979.

GOVINDASAMY, Chinnavenkataraman et al. Concentration of heavy metals in seagrasses tissue of the Palk Strait, Bay of Bengal. **International journal of environmental sciences**, v. 2, n. 1, p. 145-153, 2011.

KRITICOS, Darren J.; BRUNEL, Sarah. Assessing and managing the current and future pest risk from water hyacinth, (*Eichhornia crassipes*), an invasive aquatic plant threatening the environment and water security. **PloS one**, v. 11, n. 8, p. e0120054, 2016.

LEME DA CUNHA, Nicolay et al. Floral variation and environmental heterogeneity in a tristylous clonal aquatic of the Pantanal wetlands of Brazil. **Annals of Botany**, v. 114, n. 8, p. 1637-1649, 2014.

LENZA, E. et al. Biologia reprodutiva de *Rourea induta* Planch. (Connaraceae), uma espécie heterostílica de cerrado do Brasil Central. **Revista Brasil. Bot.**, v. 31, n. 3, p. 389-398, jul.-set. 2008.

LIU, Wenli et al. Pollination of invasive *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae) by the introduced honeybee (*Apis mellifera* L.) in South China. **Plant systematics and evolution**, v. 299, n. 5, p. 817-825, 2013.

LIU, Wenli et al. Pollination of invasive *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae) by the introduced honeybee (*Apis mellifera* L.) in South China. **Plant systematics and evolution**, v. 299, n. 5, p. 817-825, 2013.

LU, Jianbo et al. Water hyacinth in China: a sustainability science-based management framework. **Environmental management**, v. 40, n. 6, p. 823-830, 2007.

MINTEER, C. R. et al. Utilization of an introduced weed biological control agent, *Megamelus scutellaris* (Hemiptera: Delphacidae), by a native parasitoid. **Florida Entomologist**, v. 99, n. 3, p. 576-577, 2016.

OLIVEIRA, P.E.; MARUYAMA, P.K. Sistemas reprodutivos. In: RECH, A.R. et al. **Biologia da Polinização**. Rio de Janeiro: Editora projeto cultural, 2014. P.80.

RAI, Prabhat Kumar. Heavy metal phyto-technologies from Ramsar wetland plants: green approach. **Chemistry and Ecology**, v. 34, n. 8, p. 786-796, 2018.

REN, Ming X.; ZHANG, Quan G. Clonal diversity and structure of the invasive aquatic plant *Eichhornia crassipes* in China. **Aquatic Botany**, v. 87, n. 3, p. 242-246, 2007.

RODRÍGUEZ, Julio C. et al. Crecimiento y potencial reproductivo de la bora (*eichhornia crassipes* (mart.) solms)(pontederiaceae) en algunas lagunas de la planicie de inundación del tramo medio, río orinoco, Venezuela. **Saber. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente**, v. 25, n. 2, p. 142-150, 2013.

SÁ, T.F.F. **Polimorfismo floral e polinização em *palicourea coriácea* (cham.) k. schum. (rubiacae) no cerrado do Brasil**. Tese. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2018.

SOUZA, C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseada em APG II**. Nova Odessa, São Paulo: Instituto Plantarum, 2005.

TÉLLEZ, Trinidad Ruiz et al. The water hyacinth, *Eichhornia crassipes*: an invasive plant in the Guadiana River Basin (Spain). **Aquatic Invasions**, v. 3, n. 1, p. 42-53, 2008.

TING, W. H. T. et al. Ammoniacal nitrogen removal by *Eichhornia crassipes*-based phytoremediation: process optimization using response surface methodology. **Applied Water Science**, v. 10, n. 3, p. 1-11, 2020.

VOGEL, Patricia de Fatima. **Biologia floral de uma população de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Pontederiaceae)**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

WALTHAM, N. J.; FIXLER, S. Aerial herbicide spray to control invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): Water quality concerns fronting fish occupying a tropical floodplain wetland. **Tropical Conservation Science**, v. 10, p. 1940082917741592, 2017.

YAN, Shao-Hua; SONG, Wei; GUO, Jun-Yao. Advances in management and utilization of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in aquatic ecosystems—a review. **Critical reviews in biotechnology**, v. 37, n. 2, p. 218-228, 2016.

ZHANG, Y., et al. Genetic uniformity characterizes the invasive spread of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*), a clonal aquatic plant. **Molecular ecology**, v. 19, n. 9, p. 1774-1786, 2010.