

Universidade Federal de São Carlos  
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

Renata Vilar de Almeida

Invasividade de *Hedygium coronarium* J. Koenig (Zingiberaceae) em diferentes  
umidades do solo

Orientadora: Profa. Dra. Dalva Maria da Silva Matos

Co-orientador: Prof. Dr. Marcos Arduin

São Carlos  
Fevereiro/2015

Universidade Federal de São Carlos  
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

Renata Vilar de Almeida

Invasividade de *Hedychium coronarium* J. Koenig (Zingiberaceae) em diferentes  
umidades do solo

Orientadora: Profa. Dra. Dalva Maria da Silva Matos

Co-orientador: Prof. Dr. Marcos Arduin

Dissertação apresentada para  
obtenção do título de mestre em Ecologia  
e Recursos Naturais do Centro de  
Ciências Biológicas e da Saúde, da  
Universidade Federal de São Carlos,  
Câmpus São Carlos.

São Carlos  
Fevereiro/2015

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

A447ih Almeida, Renata Vilar de.  
Invasividade de *Hedychium coronarium* J. Koenig  
(Zingiberaceae) em diferentes umidades do solo / Renata  
Vilar de Almeida. -- São Carlos : UFSCar, 2015.  
72 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São  
Carlos, 2015.

1. Invasão biológica. 2. Plantas exóticas. 3. Solos -  
umidade. 4. *Hedychium coronarium*. I. Título.

CDD: 574.5223 (20<sup>a</sup>)



## UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

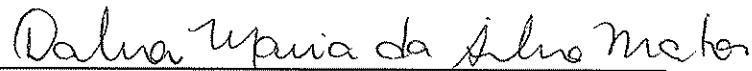
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

---

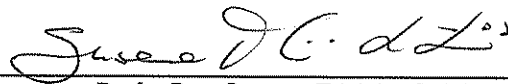
### Folha de Aprovação

---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Renata Vilar de Almeida, realizada em 05/02/2015:



Profa. Dra. Dalva Maria da Silva Matos  
UFSCar



Profa. Dra. Susana Trivinho Strixino  
UFSCar



Profa. Dra. Maria Tereza Grombone Guaratini  
IB

## Agradecimentos

Agradeço a Deus, pelas inúmeras bênçãos, pela força, coragem, luz e sabedoria.

Agradeço à Dalva, pela orientação, carinho e amizade, me fazendo sentir acolhida nessa família nova, o Laboratório de Ecologia e Conservação.

À minha família: meus pais João Batista e Maria José, pelo apoio incondicional, pela força e incentivo, indispensáveis na caminhada até aqui. Às minhas irmãs: Camila e Mariana, pelo exemplo de determinação e motivação.

Aos colegas de laboratório, pelas dicas e esclarecimentos: Isabela, Melina, Raquel, Talita, Fernanda, e principalmente ao Rafa, Leite, Pavel, Rosane e Chiba, pelas palavras, conselhos e apoio sempre!

Ao Chiba, fundamental na elaboração e execução do projeto.

Aos Departamentos de Botânica e de Hidrobiologia, pela estrutura oferecida, principalmente à Profa. Evelise e o técnico Claudinei pelos ensinamentos e uso do Laboratório de Dinâmica de População de peixes/Histologia.

Ao co-orientador Prof. Marcos Arduin, pelo espaço, auxílio e ensinamentos com análises histológicas.

Aos colegas que ajudaram em campo: Natasha, Hamilton, Mariana Grando, Rosane, Mariane, Rayane, Andréia, Pavel e Rafa.

Aos membros da banca de qualificação, pelas correções e sugestões: Prof. Irineu, Flávia, Profa. Odete.

Aos colegas de república: Déia, Line, Cássia, Lafayette, Simone, Maria Clara, Lucas e Leite, pelos inúmeros momentos incríveis, pela companhia, pelos desabafos e uma amizade que faz parte de mim de uma maneira indissociável.

Aos amigos de São Carlos: Guta, Val, Lê, Pedro, Lu Jatobá, Vivi pelo companheirismo e inúmeros momentos de risadas. Aos amigos distantes fisicamente: Débora, Hugo, Cilene, Ludmila, Gabriel, Vitor, Ricardo, Juliana, Igor, sempre com palavras de apoio e compreensão em minhas ausências.

Agradeço à Universidade Federal de São Carlos, ao PPGERN e aos funcionários João, Roseli, Madalena e Beth.

Ao Silvio, do Horto Municipal de São Carlos e à Dona Maria Lúcia, por permitir o uso do espaço para realização do experimento.

Agradeço à CAPES, pelo financiamento da bolsa.

## Lista de Figuras

Figura 1. Esquema representando principais barreiras a invasão biológica.....	11
Figura 2. <i>Hedychium coronarium</i> . A. Indivíduos adultos. B. Rizoma subterrâneo. C. Fruto e sementes D. Flor vistosa.....	16
Figura 1. Áreas de coletas de dados no município de São Carlos/SP.	
Figura 4. <i>Hedychium coronarium</i> nas margens da represa do Fazari, Campus da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos (SP).....	20
Figura 5. <i>Hedychium coronarium</i> em área não-alagada no Horto Municipal, São Carlos (SP).....	21
Figura 6. População de <i>Hedychium coronarium</i> na zona rural São Carlos, São Carlos (SP).....	22
Figura 7. População de <i>Hedychium coronarium</i> na área urbana de São Carlos, São Carlos (SP).....	23
Figura 8. População de <i>Hedychium coronarium</i> na zona rural, cercado por pastagem, São Carlos, São Carlos (SP).....	24
Figura 1-1. Dados de precipitação e temperatura do município de São Carlos, fornecidos pela EMBRAPA/São Carlos para o período de setembro de 2013 a agosto de 2014. ...	33
Figura 1-2. Porcentagem média de água no solo amostrado em ambientes alagados (“x”) e não-alagados (“o”), de cinco diferentes áreas localizadas na região de São Carlos, de setembro de 2013 a agosto de 2014.....	35
Figura 1-3. Valores do Diâmetro na Altura do Solo de <i>H. coronarium</i> em ambientes alagados (“x”) e não-alagados (“o”), de setembro de 2013 a agosto de 2014.....	38
Figura 1-4. Valores de altura (cm) de <i>H. coronarium</i> em ambientes alagados (“x”) e não-alagados (“o”), de setembro de 2013 a agosto de 2014.....	39
Figura 1-5. Número de rametas de <i>H. coronarium</i> , em ambientes alagados (“x”) e não- alagados (“o”), de setembro de 2013 a agosto de 2014.....	40
Figura 1-6. Número de rametas de <i>H. coronarium</i> mortos em ambientes alagados (“x”) e não-alagados (“o”), de setembro de 2013 a agosto de 2014.....	40
Figura 2-1. Aquários com rizomas transplantados na mesma data. A. Aquário de solo não-alagado, com pequeno rameta. B. Aquário de solo alagado, com rameta desenvolvido.....	58
Figura 2-2. Corte de rizoma de <i>H. coronarium</i> , coletados na área A, corado com tionina 1%, evidenciando as diferenças entre o tamanho e a quantidade dos espaços intercelulares. A. Rizoma de ambiente não-alagado. B. Rizoma de ambiente alagado.	59
Figura 2-3. Corte (aumento 10x) de rizoma <i>H. coronarium</i> , com amiloplastos destacados em preto. A. Rizoma de ambiente alagado. B. Rizoma de ambiente não- alagado.....	60
Figura 2-4. Corte de rizoma de <i>H. coronarium</i> , corado com tionina 1%, evidenciando o tamanho dos espaços intercelulares. A. Coletado em ambiente alagado e replantado em ambiente não-alagado. B. Coletado em ambiente alagado e mantido em ambiente alagado.....	62
Figura 2-5. Corte de rizoma de <i>H. coronarium</i> , corado com lugol, evidenciando quantidade de amiloplastos. A. Coletado em ambiente alagado e replantado em ambiente não-alagado. B. Coletado em ambiente alagado e mantido em ambiente alagado.....	62

## Sumário

Resumo geral .....	6
Abstract.....	7
Introdução Geral.....	8
1. Invasão Biológica .....	8
2. Caracterização das áreas de estudo.....	16
3. Objetivo e hipóteses .....	17
Referências bibliográficas .....	25
Capítulo 1 .....	28
Resumo .....	28
1. Introdução.....	29
2. Material e Métodos.....	31
3. Resultados.....	34
5. Discussão.....	41
Referências Bibliográficas.....	45
Capítulo 2 .....	52
Resumo .....	52
1. Introdução.....	53
2. Material e Métodos.....	55
3. Resultados e Discussão.....	57
Referências Bibliográficas.....	64
Considerações Finais .....	68
Apêndice.....	70

## Resumo geral

A invasão biológica é uma ameaça à biodiversidade, já que ocorre competição por recursos entre organismos invasores e nativos, diminuindo a biodiversidade global. Assim, estudos sobre a invasão dos ecossistemas e potencial invasão de plantas exóticas em ambientes diversos devem ser realizados para que haja controle das espécies. *Hedychium coronarium*, proveniente do Himalaia, é um exemplo de planta com alta invasividade, levada a diferentes lugares do mundo, sobretudo devido ao potencial ornamental que fornece. O presente estudo avaliou o desenvolvimento (altura, diâmetro, nascimento, mortalidade dos rametas e anatomia interna do rizoma) da planta em ambientes com diferentes umidades, com experimentos *in situ* e *in vitro*. Foi encontrado indício de plasticidade, tanto em crescimento vegetativo dos rametas, quanto na anatomia interna dos rizomas, o que pode contribuir para a invasividade dessa planta.

Palavras-chave: invasão biológica, plantas exóticas, umidade do solo, lírio-do-brejo.



## Abstract

Biological invasion is a threat to biodiversity, due to competition for resources between invaders and native organisms, decreasing the overall biodiversity. So, studies about the invasiveness of the ecosystems and invasion potential of exotic plants several environments must be taken to control this species. *Hedychium coronarium*, from the Himalayas, is an example of a high invasiveness plant, taken to different places in the world, mainly due to ornamental uses. This study evaluated the development (height, diameter, birth and ramets mortality and internal rhizome anatomy) of plants under different moisture contents, in *in situ* and *in vitro* experiments. We found the existence of plasticity for both vegetative ramets growth, and the internal rhizome anatomy, which may contribute to the invasive potential of this plant .

Key words: biological invasion, alien plant, soil moisture, white-ginger.

## Introdução Geral

### 1. Invasão Biológica

A invasão biológica ocorre quando uma espécie introduzida em um novo habitat forma uma população persistente que se expande de forma descontrolada (Vitousek, 1990). A invasão é, atualmente, considerada uma das maiores causas de perda de diversidade biológica (Simberloff e Rejmanek, 2011).

Organismos exóticos são transportados por motivos variados, de forma intencional ou acidental: um exemplo é a colonização européia, em que os europeus levavam plantas e animais nativos às terras colonizadas, para que o ambiente se tornasse mais familiar e fornecesse alimentos. Outros exemplos são: transporte acidental de ervas daninhas, que acompanham plantas transportadas com fins comerciais; plantas aderidas a roupas de viajantes; e espécies de insetos, plantas e invertebrados, transportadas em navios (Primack e Rodrigues, 2001).

No caso das plantas, inicialmente, a introdução ocorreu para suprir necessidades agrícolas, ornamentais e de pastagem. Atualmente, a principal causa de introdução de plantas exóticas ocorre com fins de paisagismo, responsável por aproximadamente metade das invasões de plantas existentes (Primack e Rodrigues, 2001; Ziller, 2001; Petenon e Pivello, 2008).

Essa problemática não é atual: Charles Darwin, em sua famosa viagem no Beagle (1831-1836), relatou casos de alterações decorrentes de invasão de espécies exóticas (Mormul et al., 2011). Charles Elton, em 1958, publicou um livro a respeito: “*The Ecology of Invasions by Animals and Plants*”. Casos de invasão biológica foram relatados, na época, em diversos países, provocando conseqüentes perdas econômicas (Ziller, 2001; Petenon e Pivello, 2008).

Frente a isso, em 1997 foi criado o GISP (*Global Invasive Species Program*), um dos mais importantes veículos internacionais que trabalham na questão da invasão biológica, através de divulgação e desenvolvendo mecanismos de controle. No Brasil, o Instituto Hórus, criado em 2003, em parceria com o Ministério do Meio Ambiente, desenvolvem ações e projetos a fim de minimizar os problemas causados pela invasão biológica (Peterson e Pivello, 2008).

Os diferentes usos das plantas invasoras facilitaram sua dispersão. Há casos de invasão por plantas em distintos lugares: além do motivo ornamental, plantas invasoras foram utilizadas também como barreira contra o vento, agricultura e produção vegetal. Na Nova Zelândia, a quantidade de espécies invasoras supera a de espécies nativas. Em áreas onde o índice de espécie invasora é significativo, seu estabelecimento costuma ser facilitado pelo clima propício, de maneira que aproximadamente 31% dos parques nacionais estão tomados por espécies exóticas (Ziller, 2002).

A preocupação com o processo de invasão biológica é grande, pois pode causar diversas alterações nos estudos e no funcionamento da comunidade, como por exemplo: ciclos biogeoquímicos, estrutura da comunidade, processos evolutivos, taxas de decomposição, relações entre diferentes grupos biológicos; criação de híbridos possivelmente mais invasores e, ainda, redução de produtividade biológica da comunidade (Simberloff e Rejmanek, 2011). Além disso, estas espécies provocam danos econômicos em locais de cultivo, por elevar custos de manejo e reduzir o rendimento (Souza et al., 2009) e podem trazer riscos à saúde pública, quando a espécie é tóxica ou possui substâncias tóxicas ou, ainda, organismos patogênicos (Souza et al., 2009; Primack e Rodrigues, 2001).

Uma espécie exótica se torna invasora quando ela supera várias etapas: a primeira é transpor a barreira geográfica, vencida com ajuda intencional ou não do

homem; a segunda é superar as barreiras biótica e/ou abiótica do ambiente local; a terceira está relacionada à capacidade reprodutiva da espécie, normalmente uma espécie invasora possui elevada capacidade de reprodução, e neste caso consegue formar população estável; a quarta etapa é conseguir aumentar sua distribuição espacial mesmo considerando a ausência de dispersores específicos; nas quinta e sexta etapas a espécie se torna dominante especialmente em ambientes modificados pelo homem (ou já dominado por plantas exóticas) e em ambiente natural ou semi-natural. Quando vencidas todas essas barreiras, a espécie se torna invasora causando alterações ao ecossistema onde ela foi introduzida (Richardson et al., 2000) (Figura 1).

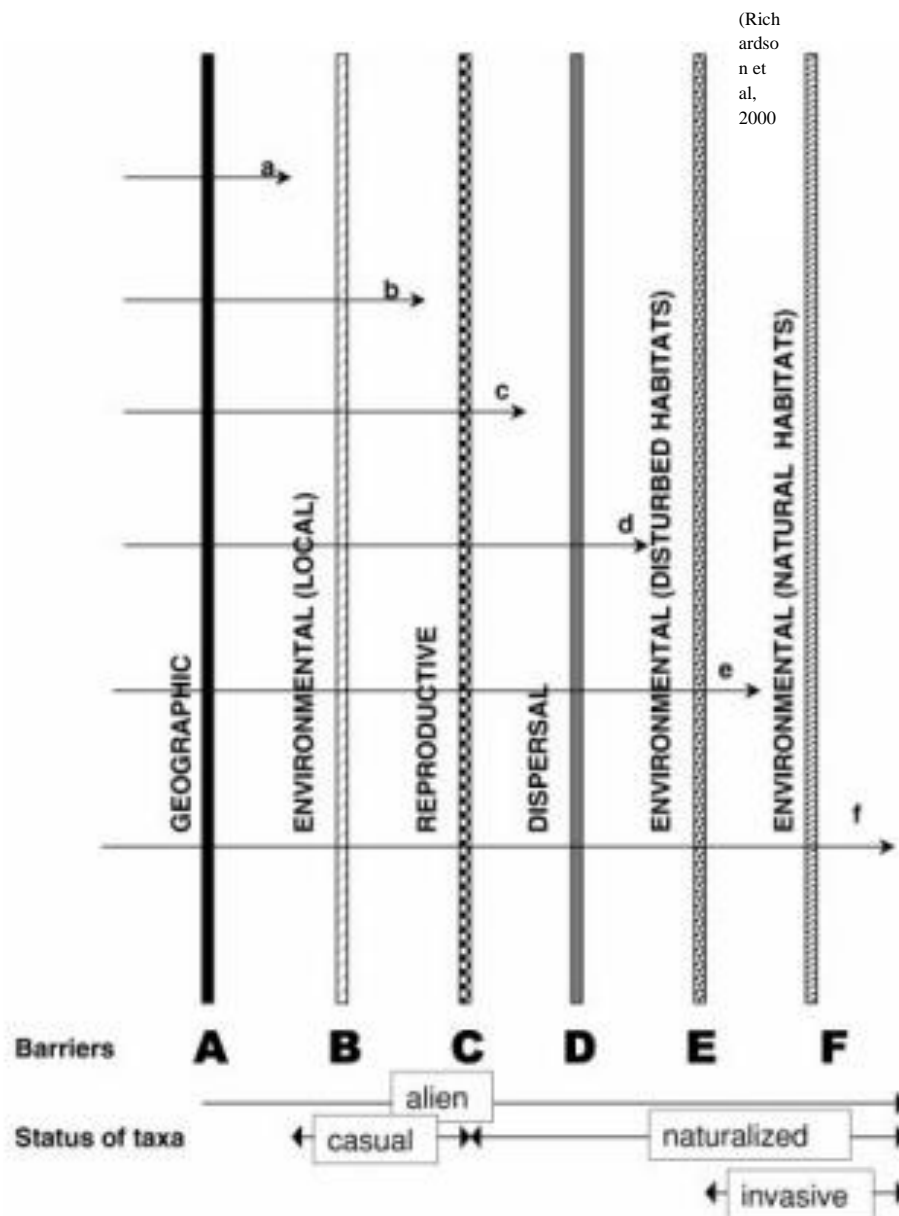


Figura 1. Esquema representando principais barreiras da invasão biológica. Fonte: Richardson et al, 2000.

Os custos para que uma área invadida seja recuperada são muito elevados (Azevedo et al., 2010). Sendo assim, prevenir a invasão é o meio economicamente mais viável e eficiente, por isso a prevenção deve ser priorizada. Caso não seja possível detectar a invasão precocemente, estabelecer controle por período longo é fundamental para erradicação. Esta é uma forma de controle que exige cuidados minuciosos, como: estudo da área e da espécie, e, após realizar o controle, verificar o sucesso da técnica, com observação frequente. A taxa de expansão da invasão indica se a espécie é mais ou

menos invasiva, o que também deve ser priorizado no trabalho da erradicação (Azevedo et al., 2010).

### 1.1 Invasibilidade e Invasividade

Espécies exóticas não são invasoras, por definição, mas podem tornar-se dependendo das condições (Silva Matos e Pivello, 2009). Determinados ambientes são propensos a se tornarem invadidos, facilitando a permanência de espécies invasoras. Normalmente são caracterizados por serem locais abertos, ecossistemas com pouca diversidade e locais com maior número de casos de exploração e extinção, o que pode ocorrer, sobretudo, por manejo incorreto (Alpert et al., 2000). O termo utilizado para descrever a susceptibilidade do ambiente a invasões biológicas é invasibilidade (Fridley, 2011).

As plantas também podem apresentar características que as tornam propícias a ser invasora, o que é chamado de invasividade (Rejmanek, 2011). De forma geral, estas espécies produzem grande quantidade de sementes pequenas e com facilidade de dispersão, crescimento rápido e maturação precoce, elevada capacidade de se adaptar às novas condições e também para competir e proliferar (Silva Matos e Pivello, 2009).

### 1.2 Invasão Biológica em Ambientes Aquáticos

A invasão biológica em ambientes aquáticos é um problema antigo e pode ser organizada em três fases marcantes no Brasil: a primeira teve início no período colonial, quando se traziam organismos marinhos incrustados em navios da Europa e África; na segunda fase (século XX) teve início o comércio marítimo em larga escala a utilização de água de lastro nos tanques de navios, que intensificava o transporte de organismos

provenientes de outros ambientes. A terceira fase (fim do século XX até os dias atuais) é marcada pelo início da preocupação e identificação de espécies invasoras e o reconhecimento da necessidade de estudar e controlá-las (Souza et al., 2009). Alguns tipos de materiais que podem ser carregados pelas águas (plásticos, isopores, madeira e outros restos de atividades marinhas) também são responsáveis por dispersão de espécies exóticas, já que são transportados para locais distantes da sua origem. Esse tipo de dispersão se intensificou atualmente, junto com o aumento do transporte por via marítima, que, no Brasil, representa cerca de 95% do comércio exterior (Souza et al., 2009). Outro processo facilitador é o manejo inadequado quando se implantam usinas hidrelétricas (Campos et al., 2009).

A invasividade das macrófitas aquáticas tende a ser maior que a de plantas terrestres principalmente devido ao fluxo de água (Sculthorpe, 1967). De forma geral, a dispersão das plantas aquáticas ocorre principalmente pela água, aumentando a dispersão de propágulos da montante a jusante dos corpos de água (Barrat-Segretain, 1996). Além disso, muitas espécies de macrófitas possuem crescimento vegetativo, o que aumenta ainda mais sua invasividade (Lambrecht-McDowell e Radosevich, 2005). Assim, a invasividade das macrófitas aquáticas está relacionada à conectividade hidrológica de habitats ao nível de paisagem (Thomas et al., 2006), a sua alta capacidade de dispersão e ao seu crescimento vegetativo (Simberloff, 2009).

### 1.3. Caracterização da espécie estudada

*Hedychium coronarium*: *Hedychium coronarium* J. König (Zingiberaceae) é uma macrófita, nativa da Ásia Tropical, perene de ambientes úmidos como sub-bosques, conhecida popularmente como lírio-do-brejo, mariazinha-do-brejo, gengibre-branco ou lírio-borboleta (Kissmann e Groth, 1991; Instituto Hórus, 2011). Caracteriza-

se por ser uma planta herbácea rizomatosa e caule simples cilíndrico podendo atingir até 2,0 m de altura (Macedo, 1997), folhas distribuídas alternadamente, inflorescência em espiga, brácteas imbricadas, flores brancas ou amarelo-pálidas e estaminódios petalóides (Kissmann e Groth, 1991) (Figura 2).

Os frutos variam de cor conforme a maturação: inicia-se verde, passa a uma coloração amarelada e atinge a cor alaranjada quando já maduro (Kissmann e Groth, 1997).

As folhas do lírio-do-brejo são sésseis, dísticas e alternadas, de formato elíptico, ápice agudo e nervações peninérveas. A área foliar é considerada grande, com fina cutícula, células cúbicas e retangulares (Boeger et al., 2007).

A inflorescência do lírio-do-brejo é formada por botões, protegidos por brácteas, formando cones. Estima-se que o período entre o surgimento da inflorescência até o aparecimento das flores dura, em média, 20 (vinte) dias. As flores dessa espécie são zigomorfas, hermafroditas, nectaríferas e antese noturna, possuem cálice e corola não vistosos. Os botões abrem em diferentes horários, durante a tarde, e a abertura dura aproximadamente 13 horas até que o estigma se torne receptivo e a antera cheia de grãos de pólen. Após 24 horas, as flores começam a se fechar, pois entram em pós-antese (Souza e Correia, 2007).

A floração de *H. Coronarium* é anual, ocorrendo de janeiro a abril, porém, sem sincronia em relação ao início da abertura das flores, e a frutificação ocorre entre março e maio, quando o clima começa a ficar frio e seco (Souza e Correia, 2007). A polinização natural ocorre em pequenas quantidades, a autopolinização não ocorre nessa espécie e o desenvolvimento clonal, através de rizomas, é o mais frequente. Durante a floração, o lírio-do-brejo é bastante atraente para se coletar néctar e pólen, o que ocorre, principalmente por diferentes espécies de abelha (sobretudo a *X. ordinaria*), formigas,



moscas, beija-flores, coleópteros e dermápteros, que atuam como pilhadores de néctar, de pólen ou predadores de tecidos florais (Souza e Correia, 2007).

O fruto de *H. coronarium* atinge a maturação após dois meses de desenvolvimento, quando fica atrativo e suas sementes vermelhas (próximo a 18 unidades), para que a dispersão por animais se realize (Souza e Correia, 2007).

A abertura das flores é assincrônica, sendo que a mesma planta pode apresentar flores abertas em diferentes períodos, e em diferentes locais da inflorescência. A atividade da flor dura, em média, 15 (quinze) dias e, após esse tempo, a formação de frutos já pode ser visível nas brácteas (Souza e Correia, 2007)



A.



B.



Figura 2. *Hedychium coronarium*. A. Indivíduos adultos (Foto: Renata V. Almeida). B. Rizoma subterrâneo (Foto: Google imagens). C. Fruto e sementes (Foto: Wagner A. C. Castro). D. Flor vistosa (Foto: Wagner A. C. Castro).

A multiplicação por rizomas é a principal forma reprodutiva de *H. coronarium*, que também pode se reproduzir através de sementes. Essa planta forma colônias, difíceis de erradicar, de maneira que podem expulsar espécies do local. A multiplicação por rizomas, que é uma maneira de reprodução assexuada, pode ser feita dividindo-os em parcelas de dois ou três nós (Kissmann e Groth, 1991; Santos et al., 2005). Devido ao seu rápido crescimento e dispersão, é considerada invasora agressiva de baixadas úmidas e pantanosas, margens de lagos, riachos e canais de drenagem, formando densas populações (Lorenzi, 2000) e substituindo a vegetação original (Lorenzi e Souza, 2001; Santos et al., 2005) desde os Estados Unidos até a Argentina (Kissmann e Groth, 1991). Apresenta difícil controle devido à sua reprodução vegetativa extremamente eficiente, através de fragmentos de rizomas dispersos pela água (Stone et. al., 1992) originando novas plantas facilmente (Kissmann e Groth, 1991). No Brasil, esta espécie foi encontrada em 32 Unidades de Conservação (Brasil, 2005).

O lírio-do-brejo possui importância econômica ornamental, tanto devido à folhagem, quanto ao perfume das flores, que também fornecem néctar para abelhas.

Possui vários fins comerciais, além da ornamentação, pode ser matéria-prima na produção de papel (Martins, 1949; Facundo e Moreira, 2005), utilizada na alimentação (Martins, 1949), limpeza de esgotos (Rodolfo e Lourdes, 1996; Guimarães et al., 2000; Almeida e Almeida, 2005) e para fins medicinais (Martins, 1949; Joy et al., 2007; Lu et al. 2009). Porém pode causar impactos ambientais com sua larga distribuição e substituição da vegetação em habitats apropriados, úmidos, podendo resultar em prejuízos, como obstrução de riachos e canais com a massa de rizomas (Lorenzi, 2000).

## 2. Objetivo e hipóteses

Considerando que *Hedychium coronarium* está se expandindo tanto na região da Floresta Ombrófila Densa (Silva Matos, comunicação pessoal) como nas margens de áreas úmidas no interior do estado de São Paulo, o objetivo deste trabalho foi verificar a influência da disponibilidade hídrica no seu desenvolvimento. Especificamente, buscou-se 1) avaliar o crescimento em altura, diâmetro, número de rametas e mortalidade de *H. coronarium* em solos alagados e não-alagados e 2) avaliar se *H. coronarium* possui plasticidade fenotípica em nível histológico, analisando a anatomia interna dos rizomas, como resposta a mudança de umidade do solo.

A hipótese desse estudo foi: por se tratar de uma espécie invasora, *H. coronarium* apresenta diferentes estratégias de crescimento e sobrevivência em áreas com diferentes umidades do solo. Dessa forma, este estudo foi organizado em dois experimentos, apresentados na forma de dois capítulos. No primeiro capítulo intitulado “Crescimento e mortalidade de *Hedychium coronarium* J. Koenig (Zingiberaceae) em ambientes contrastantes de umidade do solo”, é abordado o desenvolvimento da planta em áreas sob diferentes regime hidrológico buscando avaliar sua invasividade em áreas ripárias.

E no segundo capítulo “Plasticidade de *Hedychium coronarium* J. Koenig (Zingiberaceae) em análises histológicas” analisou a anatomia interna de rizomas crescidos em ambiente alagado e não-alagado a fim de testar se ocorre plasticidade fenotípica em nível celular em *H. coronarium*.

### 3. Caracterização das áreas de estudo

Considerando o potencial de invasão deste vegetal, neste estudo se desenvolveu um conjunto de experimentos para avaliar a inasividade frente a diferentes condições ambientais. Para isso, foram realizados no município de São Carlos, estado de São Paulo (coordenadas 47°30'e 48°30' longitude Oeste e 21°30'e 22°30' latitude Sul). A área do município é de 1.132 Km<sup>2</sup>, com população de aproximadamente 240 mil habitantes, sendo 95,1% de assentamento urbano (IBGE, 2014). O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é Cwa (tropical de altitude, com invernos secos e verões chuvosos) em que predomina a vegetação de Cerrado (Perez Junior 1997). O solo predominante é o latossolo vermelho-amarelo e o latossolo roxo. O Rio Monjolinho é o mais importante da região, atravessa a cidade no sentido leste-oeste. Tem como afluentes o córrego do Gregório, Tijuco Preto, Santa Maria do Leme e Espraiado. Sendo este último uma das importantes fontes de abastecimento urbano.

Este estudo foi realizado em ambientes lênticos na região de São Carlos/SP, para tal, o experimento foi estabelecido com cinco réplicas, em áreas distintas (Figura 3), as áreas mais próximas ficaram cerca de 5km de distância.

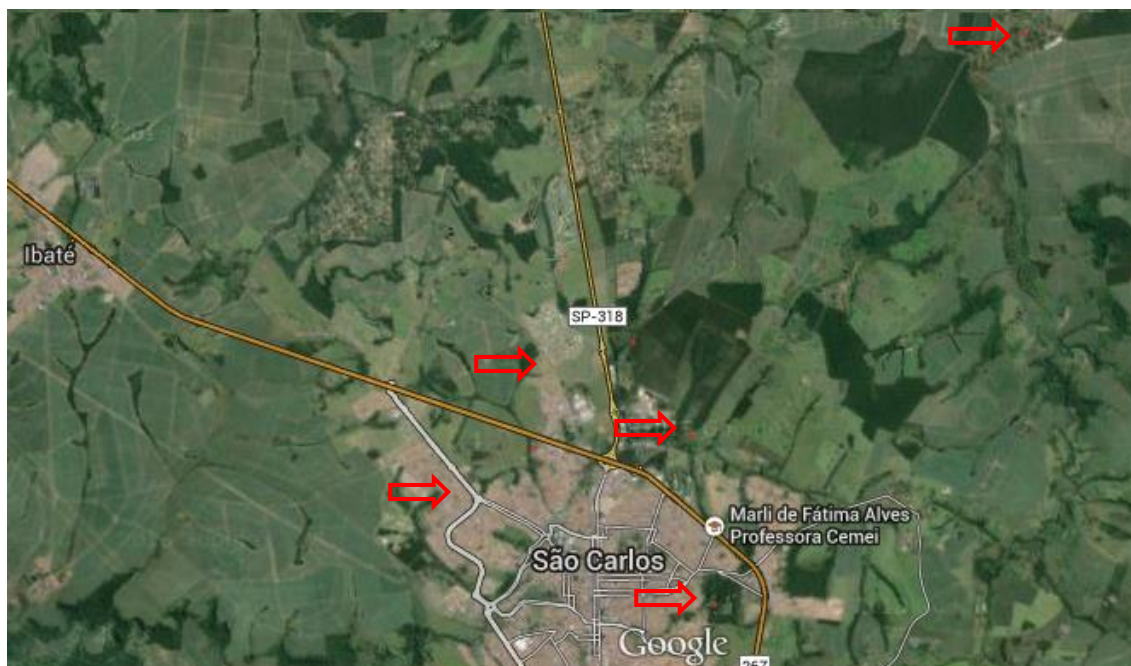


Figura 3. Áreas de coletas de dados no município de São Carlos/SP.

A primeira área está localizada na margem da represa do Fazari formada por águas do córrego do Fazzari (afluente do rio Monjolinho) ao lado de uma área de cerrado dentro do Campus da Universidade Federal de São Carlos – Coordenadas S  $22^{\circ}58'16''$ / W  $47^{\circ}53'15''$  (Figura 4).



Figura 4. *Hedychium coronarium* nas margens da represa do Fazari, Campus da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos (SP). Foto: Renata V. Almeida.

A segunda área foi demarcada no Horto Municipal de São Carlos, em uma área não alagável nas margens do Rio Monjolinho – Coordenadas S 21°59'15"/ W 47°52'24" (Figura 5).



Figura 5. *Hedychium coronarium* em área não-alagada no Horto Municipal, São Carlos (SP).  
Foto: Renata V. Almeida.

A terceira área foi demarcada na zona rural do município, com um pequeno corpo d'água sem movimento, próximo a uma plantação de cana-de-açúcar, ao lado da rodovia Washington Luis, sentido Ibaté - São Carlos - Coordenadas S 21°58'46"/W 47°55'17" (Figura 6).



Figura 6. População de *Hedychium coronarium* na zona rural São Carlos, São Carlos (SP). Foto: Renata V. Almeida.

A quarta área localiza-se dentro da cidade de São Carlos (Rua Germiniano Costa), em trecho de vegetação com a presença de taboa (*Typha domingensis*), às margens do Córrego Lazzarini, afluente do Córrego Gregório - Coordenadas S 22°01'10"/ W 47°52'31" (Figura 6).



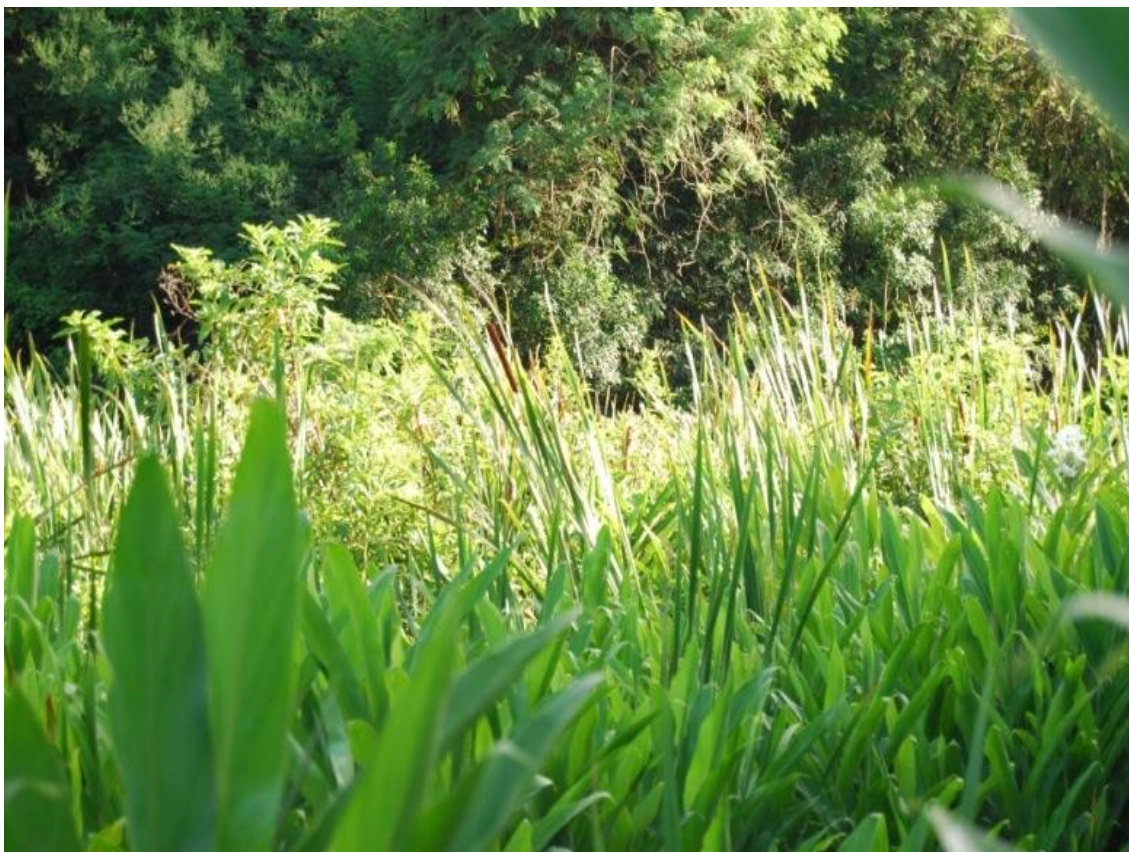


Figura7. População de *Hedychium coronarium* na área urbana de São Carlos, São Carlos (SP).  
Foto: Wagner A.C. Castro.

A quinta e última área demarcada na zona rural próximo à Represa do 29, também com presença de taboa (*Typha domingensis*) e criação de gado no local – Coordenadas S 21°58'18,3"/W 47°47'54,1" (Figura 8).



Figura8. População de *Hedychium coronarium* na zona rural, cercado por pastagem, São Carlos, São Carlos (SP). Foto: Wagner A.C. Castro.

## Referências bibliográficas

Almeida, R.A.; Almeida, N.A.M.. Remoção de coliformes do esgoto por meio de espécies vegetais. Revista eletrônica de Enfermagem, v. 7, n. 3, p.306-317, 2005.

Alpert, P.; Bone, E.; Holzapfel, C. Invasiveness, invisibility and the role of environmental stress in the spread of non-native plants. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, v.3, p.52-66, 2000.

Azevedo, C.; Dechoum, M.S.; Zenni, R.D.; Ziller, S.R. e Zalba, S.M.. Espécies exóticas invasoras. Cadernos da Mata Ciliar, São Paulo: SMA, 2010. Disponível em: [http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/222/Documentos/Cadernos\\_Mata\\_Ciliar\\_3\\_Especies\\_Invasoras.pdf](http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/222/Documentos/Cadernos_Mata_Ciliar_3_Especies_Invasoras.pdf)

Barrat-Segretain, M.H.. Strategies of reproduction, dispersion, and competition in river plants: a review. Vegetatio 123: 13–37. 1996.

Boeger, M.R.T.; Pill, M.W.B.O.; Belém Filho, N.. Arquitetura foliar comparativa de *Hedychium coronarium* J. Koenig (Zingiberaceae) e de *Typha domingensis* Pers (Typhaceae). IHERINGIA, Sér. Bot., Porto Alegre, v. 62, n. 1-2, p. 113-120, 2007.

Campos, J.B.; Agostinho, A.A.; Julio Junior, H.F.; Thomaz, S.M.. Invasão biológica e perda de diversidade na APA das ilhas e várzeas do Rio Paraná. In: VI Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, 2009, Curitiba. ANAIS do CBUC. Curitiba: Fundação O Boticário, 2009.

Facundo, V.A.; Moreira, L.S.. Estudo fitoquímico e farmacológico dos constituintes fixos e voláteis de *Hedychium coronarium* J. Koen. (Zingiberaceae). Associação Brasileira de Química, São Paulo. Anais do XLV Congresso Brasileiro de Química.. Belém, 2005, p. 45.

Fridley, J.D. Invasibility of communities and ecosystems. In: D. Simberloff and M. Hejmanek editors. Encyclopedia of Biological Invasions. University of California Press, London, 2011.

Guimarães, A.B.; Conte, M.L.; Leopoldo, P.R. Uso de plantas aquáticas para despoluição de esgoto sanitário no meio rural. Arquivo do Instituto Biológico, v.67, supl., p.72, 2000.

Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental. Espécies Exóticas Invasoras: Fichas técnicas, 2005. Disponível em: [http://www.institutohorus.org.br/index.php?modulo=inf\\_ficha\\_hedychium\\_coronarium](http://www.institutohorus.org.br/index.php?modulo=inf_ficha_hedychium_coronarium). Acesso em fev. 2013.

Joy, B.; Rajan, A.; Abraham, E.. Antimicrobial activity and chemical composition of essential oil from *Hedychium coronarium*. *Phytotherapy Research*, v. 21, Issue 5, pages 439–443, 2007.

Kissmann, K.G.; Groth, D., 1991. Plantas infestantes e nocivas. São Paulo: Basf Brasileira, p. 590-593.

Lambrecht-McDowell, S.C., Radosevich, S.R.. Population demographics and trade-offs to reproduction of an invasive and noninvasive species of *Rubus*. *Biological Invasions*, 7: 281–295. 2005.

Lorenzi, H.; Souza, H.M.. Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. 3ed. Nova Odessa/SP: Instituto Plantarum, 2001. p.1082.

Lorenzi, H. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 3ed. Nova Odessa/SP: Instituto Plantarum, 2000. p.607.

Lu, Y.; Zhong, C.X.; Wang, L.; Lu, C.; Li, X.L.; Wang, P.J.. Anti-inflammation activity and chemical composition of flower essential oil from *Hedychium coronarium*. *African Journal of Biotechnology* v. 8, n.20, p. 5373-5377, 2009.

Macedo, J.F. O gênero *Hedychium koening* (Zingiberaceae) no Estado de Minas Gerais. *Daphne*, 7(2):27-31. 1997.

Martins, A.Q. Contribuição para o conhecimento de *Hedychium coronarium* K. (lírio-do-brejo). *Lilloa*, v.16, p.243-49, 1949.

Mormul, RP; Michelan TS; Thomaz, SM. Espécies exóticas e invasoras no Brasil: a grande preocupação com macrófitas aquáticas *Boletim Ablimno* n.39, v.1, p.1-3. 2011

Perez Junior, O.R.. A cidade de São Carlos. In: Projeto de Educação Ambiental através da visão integrada de Bacia Hidrográfica via internet. Centro de Divulgação Científica e Cultural. São Carlos, 1997.

Petenon, D.; Pivello, V.R.. Plantas invasoras: representatividade da pesquisa dos países tropicais no contexto mundial. *Natureza & Conservação*, v.6, n.1, p. 65-77, 2008.

Primack, R.B.; Rodrigues, E.. *Biologia da Conservação*. Londrina: Planta, 2001. 328p.

Rejmanek, M. Invasiveness. In: Simberloff D. & Rejmánek M. (eds.) *Encyclopedia of Biological Invasions*. University of California Press, Berkeley & Los Angeles, 2011.

Richardson, D.M.; Pyšek, P.; Rejmánek, M.; Barbour, M.G.; Panetta, F.D.; West, C.J.. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. In: *Diversity and Distributions*, v.6, n.2, p.93-107, 2000.

Rodolfo, L.P.; Lourdes, C.M. Processo fito-pedológico aplicado no tratamento de efluentes domésticos. In: Congresso Interoamericano de Ingenieria Sanitaria Y Ambiental, 25, México. Anais ... México: AIDIS, 1996. v.1, p.1-8, 1996.

Santos, S.B.; Pedralli, G.; Meyer, S.T.. Aspectos da fenologia e ecologia de *Hedychium coronarium* (ZINGIBERACEAE) na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto-MG. Planta Daninha, Viçosa-MG, v. 23, n. 2, p. 175-180, 2005.

Sculthorpe, C.D.. The Biology of Aquatic Vascular Plants. Edward Arnold Publishers, London, 1967.

Silva Matos, D.M.; Pivello, V.R.. O impacto das plantas invasoras nos recursos naturais de ambientes terrestres –alguns casos brasileiros. Ciência e Cultura (SBPC), v. 61, p. 27-30, 2009.

Simberloff D.. The Role of Propagule Pressure in Biological Invasions Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 40: 81-102. 2009.

Simberloff, D. e Rejmánek, M.. (eds.) Encyclopedia of Biological Invasions. University of California Press, Berkeley & Los Angeles, 2011.

Souza, J.A.; Correia, M.C.R.. Biologia floral de *Hedychium coronarium* Koen. (Zingiberaceae). In: Revista Brasileira de Horticultura Ornamental. Campinas: Sociedade Brasileira de Floricultura e Plantas Ornamentais. v. 13 n. 01, 2007. Souza, R.C.C.L.; Calazans, S.H.; Silva, E.P.. Impacto das espécies invasoras no ambiente aquático. Ciência e Cultura, v.61, p. 35-41, 2007.

Stone, C.P., Smith, C.W. & Tunison, J.T.. Alien Plant Invasions in Native Ecosystems of Hawaii: Management and Re-search. Honolulu: University of Hawaii, Cooperative National Park Resources Study Unit, 1992, 887p.

Thomas, J.R., Middleton, B., Gibson, D.J.. A landscape perspective of the stream corridor invasion and habitat characteristics of an exotic (*Dioscorea oppositifolia*) in a pristine watershed in Illinois. Biological Invasions, 8: 1103–1113, 2006.

Vitousek, P.M.. Biological invasions and ecosystem processes: towards an integration of population biology and ecosystem studies. Oikos 57(1):7-13, 1990.

Ziller, S.R.. Plantas exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica. Revista CiênciaHoje, São. Paulo, v. 30, n.178, p.77-79, 2001.

Ziller, S.R.. Os processos de degradação ambiental originados por plantas exóticas invasoras. Curitiba/PN, Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental, 2002. Disponível em <<http://institutohorus.org.br>>. Acesso em 26 fev. 2013.

## Capítulo 1

### Crescimento e mortalidade de *Hedychium coronarium* J. Koenig (Zingiberaceae) em ambientes contrastantes de umidade do solo

#### Resumo

Ambientes ripários estão sujeitos a perturbações naturais, por exemplo, as inundações periódicas, e não naturais, como recreação e extração de água que aumentam o risco de serem ocupados por espécies invasoras que podem facilmente dispersar seus propágulos pela água. Este trabalho teve por objetivo avaliar a influência da umidade do solo no desenvolvimento de macrófita invasora *Hedychium coronarium*. Esta espécie, nativa do Himalaia e invasora na América e Europa, desenvolve-se preferencialmente em temperaturas altas, na presença de luminosidade solar elevada e em ambientes úmidos. Verificou-se a variação morfológica (altura média, diâmetro, número de rametas e mortalidade) em dois tratamentos: em solos alagados e não-alagados. Verificou-se a variação morfológica (altura média, diâmetro, número de rametas e mortalidade) em dois tratamentos: em solos alagados e não-alagados. Durante a estação chuvosa o diâmetro dos rametas diferiu entre os tratamentos (entre 10 e 15 cm no solo não-alagado e entre 15 e 20 cm no solo alagado). Essa diferença também foi encontrada na altura (entre 40 e 100 cm no solo não-alagado e maior que 60 cm no solo alagado) e na taxa de mortalidade. Esses resultados indicam que esta espécie, dominante na zona de margem de rios e lagos, é capaz de colonizar também ambientes não-alagados.

Palavras-chave: variação de tamanho, invasão, taxa de mortalidade, ambientes ripários, lírio-do-brejo.

## 1. Introdução

As águas continentais, um recurso essencial para a vida humana, e também essenciais para muitos sistemas naturais que sustentam o bem-estar humano. O aumento da atividade antrópica tem extensivamente alterado a quantidade, qualidade física, química, e as características biológicas dos sistemas aquáticos mundiais (Carpenter et al 2011). Como consequência dessas alterações destaca-se a invasão biológica.

A invasão biológica ocorre devido ao estabelecimento de uma população em uma região biogeográfica diferente daquela em que evoluiu e se adaptou (Elton 1958, Simberloff e Rejmanek 2011), provocando alterações no ecossistema em que se instalaram. As espécies invasoras competem por espaço e recurso com as espécies nativas, tornando-se dominantes nestes ambientes, diminuindo a diversidade e a riqueza do habitat (Mooney e Cleland, 2001).

Atualmente, as invasões biológicas têm sido consideradas uma grande ameaça à biodiversidade (Vitousek et al. 1997; IUCN 1999; McNeely 2000; Simberloff e Rejmanek 2011). Esse fenômeno biológico pode ocorrer em resposta às condições ecológicas do ambiente invadido, ou seja, o meio físico pode influenciar no potencial invasor da espécie (Silva Matos e Pivello 2009). Ambientes alterados e com pouca diversidade facilitariam a entrada e o estabelecimento das espécies invasoras (Fridley 2011). Os ambientes ripários, além de propícios à dispersão, têm maior potencial de invasibilidade devido às perturbações naturais (como inundações periódicas) e antrópicas (recreação e captação de água) (Richardson et al. 2007; Fridley 2011).

Respostas morfológicas das plantas às condições ambientais (por exemplo, as diferenças na ramificação do caule ou de densidade) são importantes porque a forma de crescimento e a origem (nativa e não-nativa) de macrófitas podem influenciar a estrutura e composição do ambiente ripário (Zefferman, 2014). Algumas características

morfológicas e fisiológicas aumentam a invasividade (sensu Rejmanek 2011) das plantas invasoras: crescimento clonal e rápido, maturação precoce, quantidade elevada de sementes pequenas e com facilidade de dispersão, capacidade competitiva alta (Daehler e Strong 1994, Silva Matos e Pivello 2009). Além disso, o sucesso das plantas invasoras está relacionado à sua plasticidade fenotípica, morfológica e ou fisiológica, podendo favorecê-las frente às alterações ambientais (Pysek et al. 2003, Richardson et al. 2007). Estudos comparativos das alterações fenotípicas individuais permitem entender como as populações persistem com sucesso em diferentes tipos de ambientes, incluindo ambientes adversos (Jiménez-Ambriz et al. 2006, Dechamps et al. 2006).

Compreender os padrões espaciais de dispersão das macrófitas invasoras em função da umidade é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de manejo para evitar e controlar sua propagação. Para uma gestão eficaz, as pesquisas de detecção e delimitação espacial são necessárias para avaliar a extensão da invasão ou identificar sua fonte (Lodge et al. 2006, Wilson et al. 2009). As técnicas de combate às invasões são específicas e, sem conhecimento é possível aplicá-las de maneira errada, o que pode gerar resultados opostos ao esperado (Silva Matos e Pivello 2009).

Macrófitas desempenham um papel fundamental nos corpos hídricos pois aumentam a heterogeneidade ambiental e a retenção de sedimentos finos e fornecem habitat para perifíton, invertebrados e peixes (Biggs 1996, Riss e Biggs 2006). No entanto, as macrófitas também se proliferam severamente e impedem o fluxo de água, degradam a qualidade da água através de seus efeitos sobre o pH e oxigênio dissolvido, além de causar impacto paisagístico e econômico (Biggs 1996).

*Hedychium coronarium* J. Koenig (Zingiberaceae), uma espécie exótica introduzida em vários países, altera a comunidade vegetal (Soares e Barreto 2008, Instituto Hórus 2005, Kissmann e Groth 1997) e pode obstruir os cursos d'água devido à



massa elevada de rizomas e folhagem (Lorenzi 2000). Embora seja uma espécie vulnerável em seu ambiente nativo, no leste dos Himalaia e ameaçada de extinção alguns estados da Índia (Verma e Bansal 2012, Mohanty et al. 2013), no Brasil ela é considerada invasora especialmente em áreas ripárias (Lorenzi e Souza, 2001, Couto e Cordeiro 2005). O objetivo deste estudo foi verificar a influência da disponibilidade hídrica no desenvolvimento de *H. coronarium*.

Considerando a possibilidade de haver plasticidade em *H. coronarium*, a hipótese desse estudo é de que há diferença no crescimento em altura, diâmetro, taxa de mortalidade e taxa de produção em áreas com diferentes umidades. Tais diferenças demonstrariam a capacidade da espécie se estabelecer com sucesso em ambientes com diferentes condições ambientais. Assim, procuramos responder as seguintes perguntas: 1) o tamanho, em termos da altura e diâmetro, dos rametas difere entre ambientes alagados e não-alagados? 2) a mortalidade de rametas difere entre ambientes alagados e não-alagados? 3) o tamanho populacional, em termos de número total de rametas, difere entre ambientes alagados e não-alagados?

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Descrição da espécie estudada.

*Hedychium coronarium* J. Koenig (Zingiberaceae) é uma planta clonal palustre, originária do Himalaia, na Ásia Tropical e invasora em outros continentes (Morikawa et al. 2002), principalmente em ambientes ripários e brejos (Soares e Barreto 2008, Instituto Hórus 2005; Lorenzi e Souza 2001; Kissmann e Groth 1997; Santos et al. 2005). No Brasil, foi introduzida pelos portugueses há mais de 300 anos (Joly e Brandle, 1995). *H. coronarium* possui importância econômica ornamental devido à

folhagem, ao perfume e beleza das flores, que também fornecem néctar para abelhas. Esta herbácea rizomatosa, pode atingir até 2m de altura e apresenta flores brancas grandes e perfumadas; suas folhas são simples, assim como o caule; possui raízes abundantes; frutos do tipo baga deiscente de cor alaranjada quando maduro; sementes ovaladas de cor avermelhada, envoltas por mucilagem que atrai insetos e animais para sua dispersão; apresenta reprodução vegetativa a partir de rizomas (Instituto Hórus 2005; Lorenzi e Souza 2001; Kissmann e Groth 1997).

## 2.2 Caracterização das áreas de estudo.

O estudo foi realizado em zonas ripárias na região do município de São Carlos, estado de São Paulo (Brasil), caracterizado por terrenos sedimentares, clima Cwa, de acordo com a classificação de Köppen (tropical de altitude, com invernos secos e verões chuvosos) onde predomina a vegetação de Cerrado (Perez Junior 1997) e solo predominante latossolo vermelho-amarelo e latossolo roxo.

O experimento foi realizado simultaneamente em cinco áreas distintas, desconectadas hidricamente (distantes, no mínimo, 5 km entre si). As áreas possuíam características diferentes em relação ao entorno e ao corpo d'água. Em todas elas foi observado um gradiente de umidade, com ambientes permanentemente alagados, e ambientes não-alagados.

## 2.3 Delineamento experimental

Em cada uma das cinco áreas foram delimitadas 6 parcelas, de 0,25x0,25m distribuídas aleatoriamente ao longo de 2 transectos paralelos em relação à região litorânea do curso d'água. O primeiro transecto foi marcado na zona de litoral mais próxima do curso d'água (ambiente alagado) enquanto o segundo transecto foi marcado

com distância mínima de 20m do curso d'água, com solo menos úmido na região da floresta ripária (ambiente não-alagado). Os dados de temperatura e precipitação (Figura 1) foram fornecidos pela EMBRABA (Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária) Pecuária Sudeste, de São Carlos/SP. A umidade do solo foi mensurada através do método gravimétrico, com coleta de cerca de 50g de solo, na profundidade mínima de 5 cm da superfície. Estas amostras foram pesadas e secas em estufa a 60°C por 24 h e posteriormente pesadas novamente.

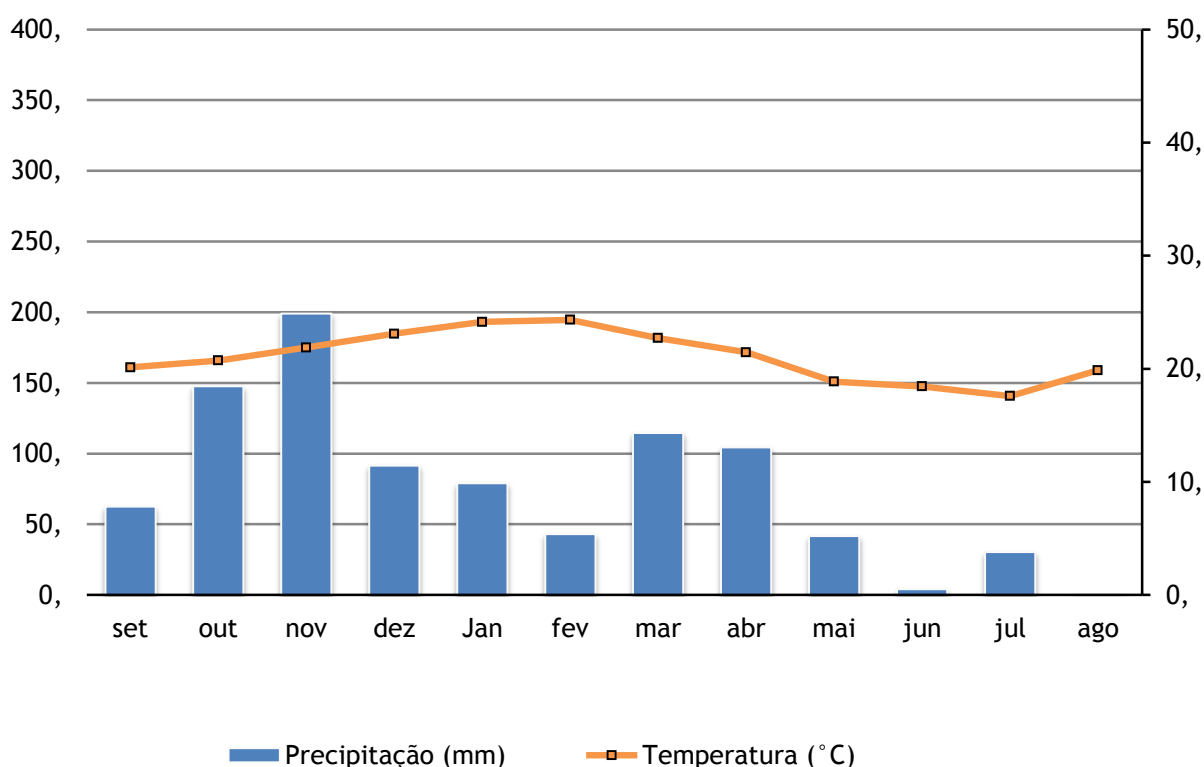


Figura 1-1. Dados de precipitação e temperatura do município de São Carlos, fornecidos pela EMBRAPA/São Carlos para o período de setembro de 2013 a agosto de 2014.

#### 2.4 Avaliação do crescimento e mortalidade dos rametas

Todos os rametas encontrados nas parcelas foram marcados com lacres codificados. Quinzenalmente, de setembro de 2013 até agosto de 2014 foram medidas a altura, natalidade e mortalidade de cada rametas. Para explorar a variação no diâmetro e na altura, foi utilizado um modelo linear geral (GLM), que incluiu as variáveis

preditoras: tratamento (seco ou úmido), umidade do solo (quantificado em cada coleta), estação (seca ou chuvosa). Para isto foi utilizado a regressão de Poisson a variável resposta (tamanho) representa a mediana de um conjunto de variáveis contínuas.

Além disso, foram feitas comparações dos valores médios de umidade do solo em ambientes secos e úmidos através do teste paramétrico t-Student ou o não paramétrico de Mann-Whitney, quando os dados não seguirem a normalidade. O nível de significância adotado para os testes estatísticos foi de 5%. Todas as análises foram processadas através do software estatístico Past v.2.17c (Hammer et al. 2001). Os gráficos apresentados foram feitos no software estatístico e gráfico Systat.

### 3. Resultados

A umidade do solo diferiu significativamente entre o ambiente alagado e o não-alagado em todos os meses do experimento Ambos apresentaram baixa variação da umidade do solo ao longo do período estudado (83,32%,  $dp= 0,03$  para alagado e 42,26%,  $dp= 0,04$  para não alagado) (Figura 2, Tabela 1).

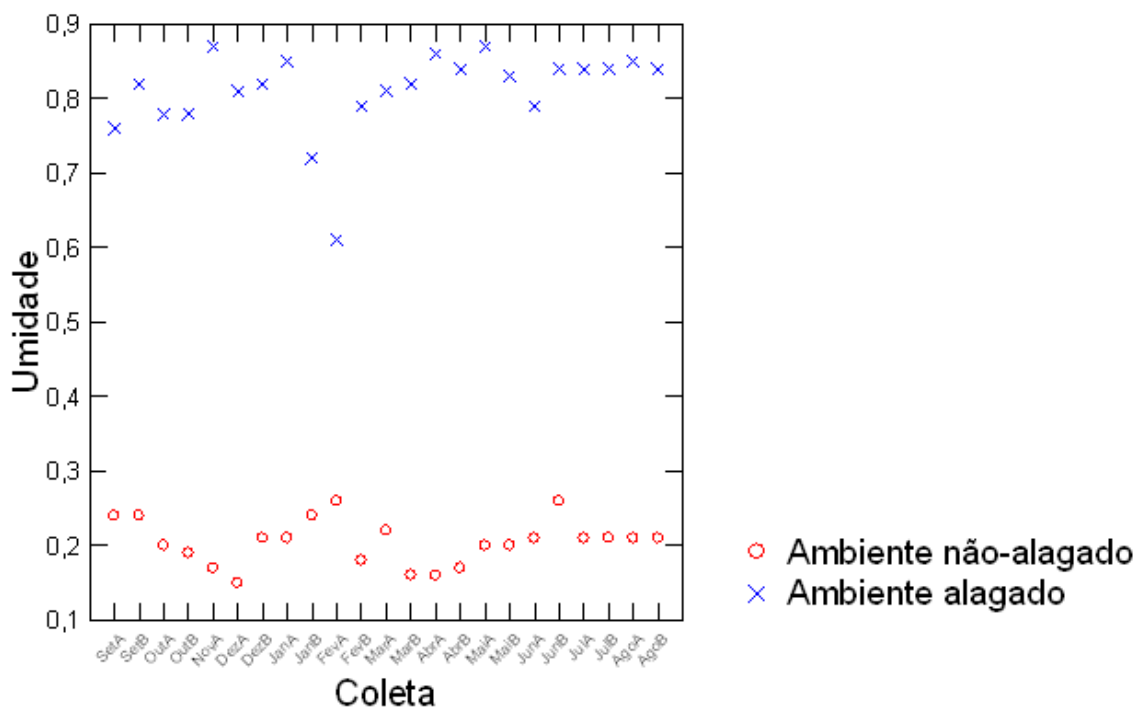


Figura 1-2. Porcentagem média de água no solo amostrado em ambientes alagados (“x”) e não-alagados (“o”), de cinco diferentes áreas localizadas na região de São Carlos, de setembro de 2013 a agosto de 2014.

Houve diferença significativa na umidade entre os ambientes durante todo o período de estudo. Contudo esta diferença foi ainda mais significativa nos meses da estação seca (Tabela 1).

Tabela 1. Porcentagem média da umidade do solo em ambientes alagados e não-alagados, amostrados quinzenalmente ao longo de um ano em 5 áreas distintas. As amostragens estão representadas pela sigla do mês e as letras A e B (na coluna “coleta”) se referem à 1ª ou 2ª coleta realizada no mês. N.A. = Não-alagado, AL. = alagado, DP= desvio padrão, t= valor do teste t de Student (\*), U = Mann-Whitney (\*\*), p= valor da significância do resultado do teste.

Umidade média do solo (%)						
Coleta	N.A.	DP	AL.	DP	U ou t	p
Set A	0,458	0,24	0,76	0,14	-3,40*	0,003*
Set B	0,475	0,24	0,82	0,12	-3,92*	0,001*
Out A	0,453	0,20	0,78	0,08	-4,66*	<0,001*
Out B	0,436	0,19	0,78	0,13	-4,52*	<0,001*
Nov A	0,445	0,17	0,87	0,10	3**	0,001**
Dez A	0,460	0,15	0,81	0,17	9**	<0,001**
Dez B	0,432	0,21	0,82	0,18	11**	<0,001**
Jan A	0,451	0,21	0,85	0,13	13**	<0,001**
Jan B	0,36	0,24	0,72	0,37	40,5**	0,003**
Fev A	0,29	0,26	0,61	0,35	50,5**	0,01**
FevB	0,46	0,18	0,79	0,16	24**	<0,001**
Mar A	0,41	0,22	0,81	0,25	20,5**	<0,001**
Mar B	0,505	0,16	0,82	0,14	12**	<0,001**
Abr A	0,397	0,16	0,86	0,10	3**	<0,001**
Abr B	0,417	0,17	0,84	0,09	-8,55*	<0,001*
Mai A	0,398	0,20	0,87	0,06	2**	<0,001**
Mai B	0,364	0,20	0,83	0,14	8**	<0,001**
Jun A	0,418	0,21	0,79	0,12	-5,92*	<0,001*
Jun B	0,33	0,26	0,84	0,09	4**	<0,001**
Jul A	0,3893	0,21	0,84	0,11	6**	<0,001**

Jul B	0,3678	0,21	0,84	0,11	3**	<0,001**
Ago A	0,3351	0,21	0,85	0,11	7**	<0,001**
Ago B	0,32	0,21	0,84	0,07	9,29**	<0,001**

A análise do GLM mostrou a influência do tratamento, da umidade do solo e da estação (seca ou chuvosa) no diâmetro dos rametas (Tabela 2, Figura 1-3). Por outro lado, estas variáveis preditoras não tiveram influência na altura dos rametas segundo os resultados obtidos pelo GLM (Tabela 2, Figura 1-4).

Tabela 2. Resultados do modelo linear geral (GLM) testando os efeitos do tratamento (ambiente alagado e não-alagado), da umidade do solo (valores de porcentagem de água no solo amostrado quinzenalmente) e estação (seca e chuvosa) sobre o diâmetro e a altura dos rametas de *Hedychium coronarium*.

Tamanho do rameta	Coefficiente da regressão	Erro padrão	test-t	p
Diâmetro				
Intercepto*	2,734	0,113	24,248	<2 <sup>-16</sup>
Tratamento	0,173	0,039	4,455	1,1 <sup>-5</sup>
Umidade	-0,205	0,079	-2,603	0,0009
Estação	0,089	0,023	3,861	0,0001
Altura				
Intercepto*	4,277	0,150	28,513	<2 <sup>-16</sup>
Tratamento	0,072	0,047	1,524	0,126
Umidade	0,144	0,095	1,52	0,128
Estação	-0,007	0,058	-0,126	0,900
	*valor previsto da variável dependente quando todas as variáveis independentes são 0			

O valor do intercepto significativamente maior que zero, tanto para diâmetro como para altura, indica que, em média, houve um aumento nas medidas de tamanho no período de estudo, mesmo que as variáveis preditoras não tenham exercido influência significativa na altura, ou seja, as plantas cresceram em ambas as estações, como pode ser observado no gráfico na Figura 1-4.

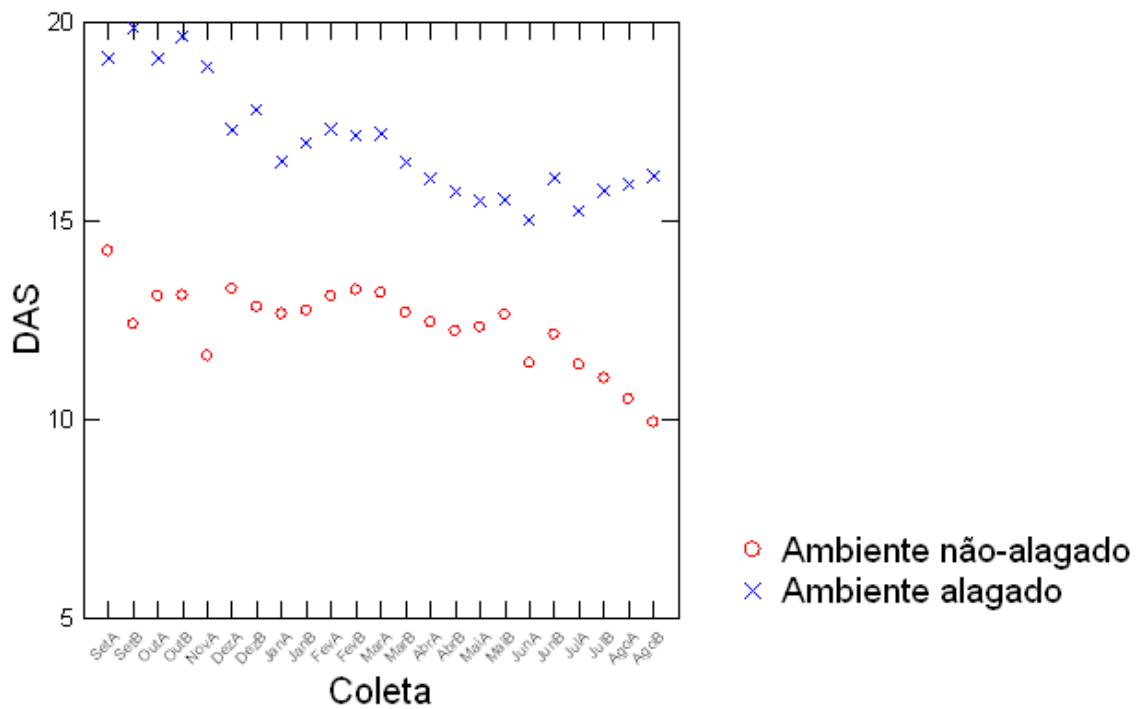


Figura 1-3. Valores do Diâmetro (cm) na Altura do Solo de *H. coronarium* em ambientes alagados (“x”) e não-alagados (“o”), de setembro de 2013 a agosto de 2014.



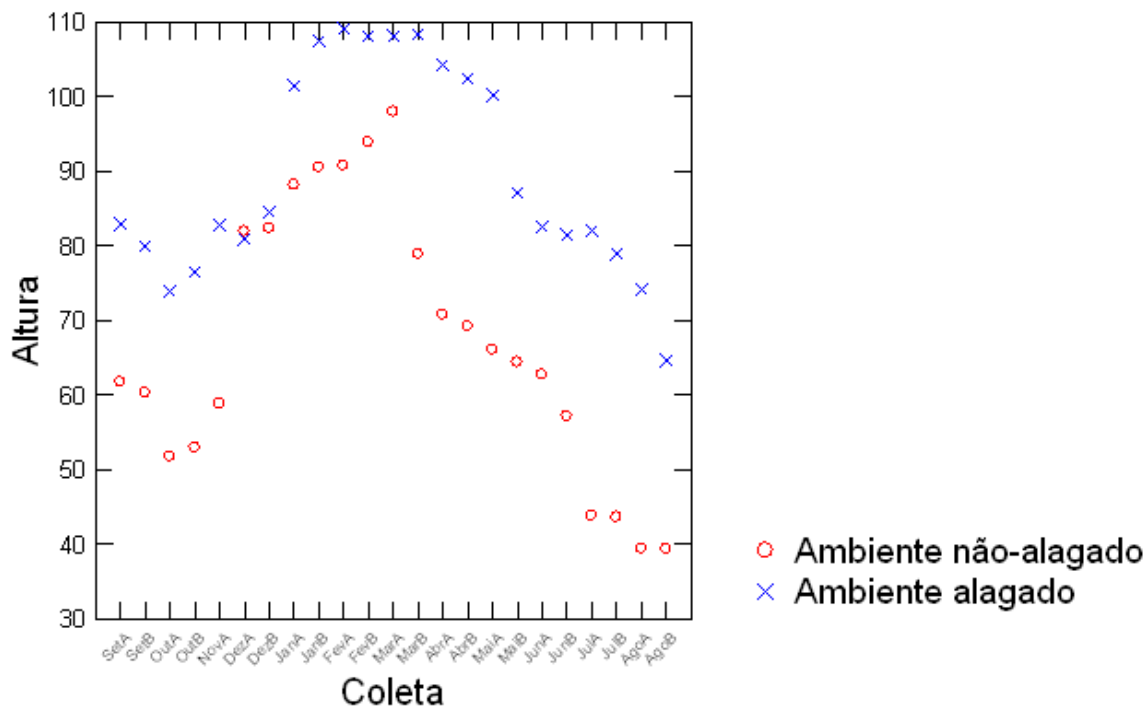


Figura 1-4. Valores de altura (cm) de *H. coronarium* em ambientes alagados (“x”) e não-alagados (“o”), de setembro de 2013 a agosto de 2014.

O número de rametas de *H. coronarium* não foi significativo entre os ambientes alagados e não-alagados, mas indicam uma tendência na produção de rametas: os que nascem em ambientes não-alagados produzem mais rametas durante a estação chuvosa e produzem menos do que na estação seca. O contrário acontece com rametas de solo alagado: existe uma tendência de ter menos rametas na estação chuvosa, em relação à produção na estação seca (Figura 1-5).

Em relação à mortalidade, os rametas de solo não-alagado aparentemente morreram em maior quantidade do que os de solo alagado (Figura 1-6).

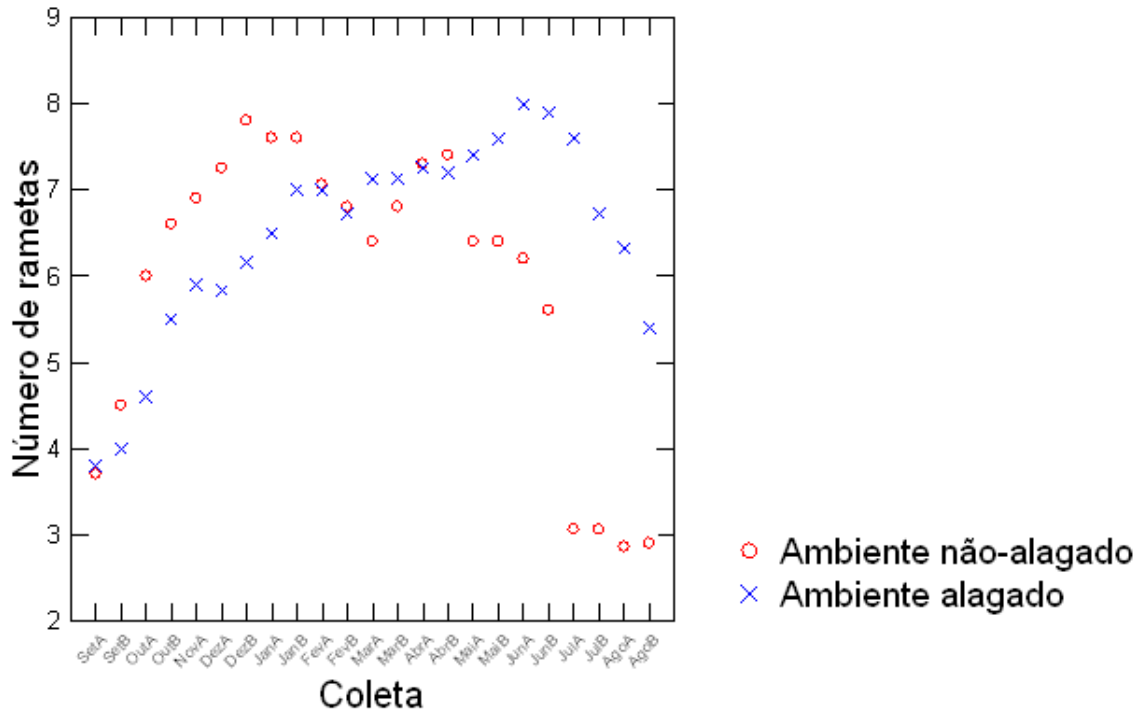


Figura 1-5. Número de rametas de *H. coronarium* em ambientes alagados (“x”) e não-alagados (“o”), de setembro de 2013 a agosto de 2014.

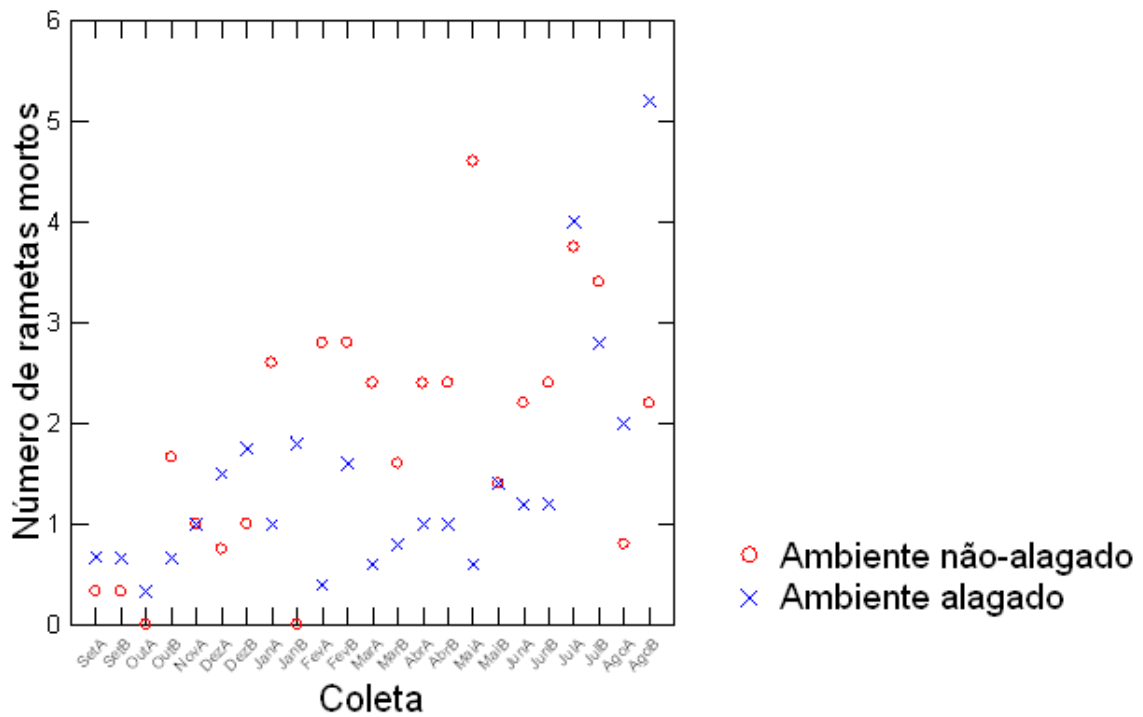


Figura 1-6. Número de rametas de *H. coronarium* mortas, em ambientes alagados (“x”) e não-alagados (“o”), de setembro de 2013 a agosto de 2014.

## 5. Discussão

Este estudo mostrou que a macrófita invasora *H. coronarium*, dominante em ambientes ripários, apresenta variação no desenvolvimento em relação à umidade do solo, o que foi observado através do diâmetro, da altura, taxa de mortalidade e tamanho populacional (taxa de produção).

O diâmetro apresentou diferença significativa nos rametas entre os tratamentos: as plantas de ambiente alagado possuem o diâmetro maior que as de ambiente não-alagado. Essa diferença mostrou que a planta se estabelece melhor em ambientes alagado, apresentando maior espessura, característica esta que pode favorecer sua sobrevivência.

Tanto o diâmetro, quanto a altura, menores em solo não-alagado se explicam pela perda de turgidez das células da planta: o primeiro efeito que ocorre em consequência da redução na quantidade de água é a perda da turgidez, da qual depende o crescimento celular, influenciando, assim, o número e a dimensão das folhas, além do crescimento de ramos e, possivelmente, o crescimento de galhos (Taiz e Zeiger 1998).

A tendência encontrada na taxa de produção de rametas reforça a importância da umidade da estação, sobretudo em rametas que cresceram em solo não-alagado, pois, nesse ambiente, há mais rametas na estação chuvosa. Para os rametas de solo alagado a umidade influencia pouco na taxa de produção, de tal forma que não há diferença significativa no número de rametas desse ambiente nas estações estudadas. Essa diferença no desenvolvimento também foi encontrada por vários estudos conduzidos em laboratório, que demonstraram que macrófitas aquáticas conseguem sobreviver ao dessecação e retomar seu desenvolvimento depois que as condições hídricas se tornam adequadas (Santos e Esteves 2004, Barrat-Segretain e Cellot 2007, Michelin et al. 2010, Kočić et al. 2014).

A taxa de mortalidade do nosso estudo, que não apresentou diferenças significativas entre ambientes alagados e não-alagados, sugerem que, embora em região da mata ciliar, cuja umidade do solo é significativamente menor que a zona da margem do corpo hídrico, esta espécie é capaz de se espalhar e dominar com sucesso tais ambientes.

A pressão de propágulos, que, no caso de plantas clonais, podemos considerar como a capacidade de se estabelecer e produzir novos rametas, é um elemento chave para entender porque algumas populações introduzidas conseguem se estabelecer com sucesso (Lockwooda et al. 2005). Por exemplo, macrófitas semi-aquáticas intolerantes a dessecação podem aumentar a probabilidades de morte de seus rametas e, neste caso poderiam ocupar uma área menor, mais próxima do corpo hídrico (Panetta e Lawes 2005). Assim, a tolerância e a resiliência às diferenças na umidade do solo são indicadores críticos do potencial de propagação e de invasão que, quando medidos, podem fornecer informações importantes quanto à invasividade da espécie e a invasibilidade dos ambientes. Esta abordagem proporcionaria condições mais adequadas para prevenir ou conter a propagação de espécies invasoras (Zanden e Olden 2008).

Outro fator que pode explicar a semelhança no número e na mortalidade de rametas nos diferentes ambientes é a capacidade dessa planta de sobreviver em condições adversas àquela que lhe é mais favorável, pois o rizoma é capaz de armazenar água e substâncias nutritivas por meio da reserva de amido no parênquima, comum em estruturas subterrâneas de plantas que vivem em locais de sazonalidade bem definida (Scatena e Scremin-Dias 2003). Assim, as reservas acumuladas em períodos favoráveis ao crescimento de *H. coronarium* justificaria sua sobrevivência nas épocas desfavoráveis. De forma geral, a resistência das plantas à seca depende de estratégias de adaptação relacionadas às fenofases e à presença de traços estruturais, que incluem o

aumento de captação e armazenamento de água; a redução da perda de água durante os períodos secos; e reforços mecânicos dos tecidos para evitar que murchem e levem ao colapso irreversível e danos celulares (Miccoe Aronne 2012).

Santos e Esteves (2004) perceberam a influência positiva da disponibilidade hídrica sobre a variação biométrica (altura e biomassa) de *Eleocharis interstincta* (Vahl) Roem. & Schult. (Cyperaceae), o que ocorreu apenas no diâmetro, no caso de *H. coronarium*. Hadad et al. (2010) verificaram adaptabilidade de *Typha domingensis* Pers. (Typhaceae) sob condições de estresse, demonstrando alterações morfológicas internas e externas, na biomassa e altura, além de modificações na absorção de nutrientes. Segundo os mesmos autores, o comportamento ecológico da espécie se deve ao trade-off que existe entre a absorção de recursos do ambiente e os fatores estressantes para a planta. Em *H. coronarium*, a altura é menos sensível às diferenças na umidade do solo do que o diâmetro, uma vez que a altura não diferiu significativamente entre os tratamentos. Esta variação morfológica não induziu mudanças no tamanho da população, baseada em número de novos rametas e rametas mortos. Isto indica que, apesar destas diferenças, especialmente no diâmetro, a espécie se estabelece com sucesso em ambos os ambientes.

A existência de diferenças no crescimento vegetativo (diâmetro) entre ambientes alagados e não-alagados, e a falta de diferenças entre os números de rametas e mortalidade, indicam que *H. coronarium* é uma macrófita palustre, pois possui estratégias de desenvolvimento que permitem que ela se estabeleça com êxito em ambientes úmidos e secos. Segundo Kissmann e Groth (1997) o sucesso de *H. coronarium* se deve, principalmente, à abundância dos rizomas, que colabora com a formação de populações densas e seu crescimento dificulta o crescimento de outras plantas (Tunison 1991). Sendo assim, é possível confirmar que *H. coronarium* é uma

planta com potencial de invasão tanto em ambientes alagados como em ambientes não-alagados de florestas ripárias.

Devido ao potencial invasor elevado de *H. coronarium*, o manejo de suas populações deve ser discutido. Alguns autores sugerem o controle mecânico com retirada de rizomas (Santos et al. 2005), outros chamam a atenção para a necessidade de estudos, prevenção e controle, para que o manejo não prejudique a vegetação nativa (Maciel 2011). A retirada dos rametas e rizomas deve ser vista com muito cuidado, pois o controle mecânico pode ser dificultado pela elevada capacidade de produzir novos rametas a partir de pequenos fragmentos de rizomas (Silva 2011, Marques et al., dados não publicados). Além disso, a dispersão de propágulos em ambientes ripários é facilitada pelo manejo (Richardson et al. 2007), o que pode provocar a expansão da espécie ao longo das margens dos cursos d'água.

Para desenvolver previsões dos padrões espaciais de invasões, é importante considerar os atributos da história de vida da espécie invasora, as características do ambiente invadido, e a pressão de propágulos neste novo ambiente (Zanden e Olden 2008). Nossos resultados reforçam a necessidade de compreender melhor como *H. coronarium* responde às diferentes condições ambientais encontradas, como ela interage com outras espécies e quais os danos ecológicos que ela provoca.

Considerando o papel das florestas ripárias para a manutenção da quantidade e qualidade da água e para a diversidade biológica em geral (Richardson et al. 2007), da sua fragilidade frente às perturbações, e a dificuldade para controlar espécies invasoras, medidas devem ser tomadas para prevenir a expansão de *H. coronarium* em direção as florestas ripárias. Além de avaliar medidas de controle eficazes nesses ambientes, os estudos devem abranger meios de divulgar e sensibilizar a população para essa questão.

Como forma de tentar controlar a invasão de *H. coronarium* é importante considerar os períodos em que a taxa de produção é maior, para aumentar o cuidado com a expansão dos rizomas e períodos em que a mortalidade é mais elevada, para que ações de controle possam ser focadas nesse período, que é na estação seca, sobretudo de junho a agosto.

#### Referências Bibliográficas

Agrawal A.A., 2001. Phenotypic plasticity in the interactions and evolution of species. *Science* 294: 321–326.

Barrat-Segretain M, Cellot B (2007) Response of invasive macrophyte species to drawdown: The case of *Elodea* sp. *Aquatic Botany* 87:255–261.

Batschelet E (1978) Introdução à matemática para biocientistas. Rio de Janeiro: Interciência. Editora da Universidade de São Paulo (USP) 596p

Biggs BJF (1996) Hydraulic habitat of plants in streams. *Reg. Riv. Res. Management* 12: 131–144.

Carpenter SR, Stanley EH, Vander Zanden MJ (2011) State of the world's freshwater ecosystems: physical, chemical, and biological changes. *Annual Review of Environment and Resources* 36: 75-99.

Couto OS, Cordeiro RMS (2005) Manual de reconhecimento de espécies vegetais da restinga do Estado de São Paulo. São Paulo: Centro de Editoração da Secretaria do Meio Ambiente, Departamento Estadual de Proteção de recursos naturais - DEPRN, 340p.

Daehler CC, Strong DR (1994) Variable reproductive output among clones of *Spartina alterniflora* (Poaceae) including San Francisco Bay, California: the influence

of herbivory, pollination and establishment rate. *American Journal of Botany* 81: 307–313

Dechamps C, Lefbèvre C, Noret N, Meerts P (2006) Reaction norms of life history traits in response to zinc in *Thlaspi caerulescens* from metalliferous and nonmetalliferous sites. *New Phytologist* 173: 191–198

Elton CS (1958) *The ecology of invasions by animals and plants*- Methuen, London

Fridley JD (2011) Invasibility of communities and ecosystems. Pages 356-360 in Simberloff D and Rejmanek M eds. *Encyclopedia of Biological Invasions*. London: University of California Press

Hadad HR, Mufarrege MM, Pincioli M, Di Luca GA, Maine MA (2010) Morphological Response of *Typha domingensis* to an Industrial Effluent Containing Heavy Metals in a Constructed Wetland. *Arch Environ Contam Toxicol* 58:666–675 DOI 10.1007/s00244-009-9454-0

Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD (2001) PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1). On line [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.html](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.html)

Hérault B, Bornet A, Trémolières M (2008) Redundancy and niche differentiation among the European invasive *Elodea* species. *Biological Invasions* 10: 1099–1107.

Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental (2005) *Espécies Exóticas Invasoras: Fichas técnicas*. Available in [http://www.institutohorus.org.br/index.php?modulo=inf\\_ficha\\_hedychium\\_coronarum](http://www.institutohorus.org.br/index.php?modulo=inf_ficha_hedychium_coronarum). Access in feb 2013

IUCN - World Conservation Union (2000) *IUCN Guidelines for the Prevention of Biodiversity Loss caused by Alien Invasive Species*. [http://www.issg.org/pdf/guidelines\\_iucn.pdf](http://www.issg.org/pdf/guidelines_iucn.pdf) . Accessed in September 2014



Jiménez-Ambriz G, Petit C, Bourrié I, Dubois S, Olivieri S, Ronce O (2006) Life history variation in the heavy metal tolerant plant *Thlaspi caerulescens* growing in a network of contaminated and noncontaminated sites in southern France: role of gene flow, selection and phenotypic plasticity. *New Phytologist* 173: 199–215

Joly CA, Brandle R (1995) Fermentation and adenylate metabolism of *Hedychium coronarium* J. G. Koenig (Zingiberaceae) and *Acorus calamus* L. (Araceae) under hypoxia and anoxia. *Functional Ecology*, 9: 505-510

Kissmann KG, Groth D (1997) Plantas infestantes e nocivas. 2nd edn – Tomo I. Editora BASF825p

Kočić A, Horvatić J, Jelaska SD (2014) Distribution and morphological variations of invasive macrophytes *Elodea nuttallii* (Planch.) H. St. John and *Elodea canadensis* Michx in Croatia. *Acta Botanica* 73: 437–446.

Lockwood LA, Cassey B, Blackburn T (2005) The role of propagule pressure in explaining species invasions. *Trends in Ecology & Evolution* 20: 223–228.

Lodge DM, Williams S, MacIaac HJ, Hayes KR, Leung B, et al. (2006) Biological invasions: recommendations for U.S. policy and management. *Ecol Appl* 16: 2035–2054.

Lorenzi H, Souza HM (2001) Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. 3rd edn. Nova Odessa/SP: Instituto Plantarum. 1082 p

Lorenzi H (2000) Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 3rd edn. Nova Odessa/SP: Instituto Plantarum, 607p.

Maciel LA (2012) Controle mecânico da herbácea exótica invasora lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium* J. Koenig) no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira, PETAR, SP. Dissertação de Mestrado em Recursos Florestais. Piracicaba, SP: Universidade de São Paulo 99p

McNeely J (2000) Community building. *J. Community Psychol.* 27:10.1002/(SICI)1520-6629(199911)27:6<741::AID-JCOP8>3.0.CO;2-V

Micco V, Aronne G (2012) Morpho-Anatomical Traits for Plant Adaptation to Drought. In: R. Aroca (ed.), *Plant Responses to Drought Stress*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Michelan MS, Thomaz SM, Carvalho P, Rodrigues RB e Silveira MJ (2010) Regeneration and Colonization of an Invasive Macrophyte Grass in Response to Desiccation. *Natureza & Conservação* 8:133-139

Mohanty P, Behera S, Swain SS, Barik DP, Naik SK (2013) Micropropagation of *Hedychium coronarium* J. Koenig through rhizome bud. *Physiol. Mol. Biol. Plants* 19: 605 – 610.

Mooney HA, Cleland EE (2001) The evolutionary impact of invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98: 5446-5451

Morikawa T (2002) New farnesane-type sesquiterpenes, hedychiols A and B 8,9-diacetate, and inhibitors of degranulation in RBL-2H3 cells from rhizome of *Hedychium coronarium*. *Chemical Pharmaceutical Bulletins* 8: 1045-9

Panetta FD, Lawes R (2005) Evaluation of weed eradication programs: The delimitation of extent. *Diversity and Distributions* 11:435–442

Perez Junior OR (1997) A cidade de São Carlos. In: *Projeto de Educação Ambiental através da visão integrada de Bacia Hidrográfica via internet*. Centro de Divulgação Científica e Cultural. São Carlos/SP

Pysek P, Brock JH, Bimova K, Mandak B, Jarosik V, Koukolikova I, Pergl J, Stepanek J (2003) Vegetative Regeneration in Invasive *Reynoutria* (Polygonaceae) taxa: the Determinant of Invasibility at The Genotype Level. *American Journal of Botany*, 90: 1487–1495

Rejmanek M (2011) Invasiveness. In: Simberloff D, Rejmánek M. (eds.) Encyclopedia of Biological Invasions. University of California Press, Berkeley & Los Angeles

Richardson DM, Holmes PM, Eislner KJ, Galatowitsch SM Stromberg JC, Kirkman SP, Pysek P, Hobbs RJ (2007) Riparian vegetation: degradation, alien plant invasions, and restoration prospects. *Diversity and Distributions* 13: 126-139

Riss T, Biggs BJB (2003) Hydrologic and hydraulic control of macrophyte establishment and performance in streams. *Limnology and Oceanography*. 48: 1488 – 1497

Riis T, Lambertini C, Olesen B, Clayton JS, Brix H, Sorrell BK (2010) Invasion strategies in clonal aquatic plants: are phenotypic differences caused by phenotypic plasticity or local adaptation? *Annals of Botany* 106: 813-822. doi:10.1093/aob/mcq176

Santos e Esteves (2004) Influence of water level fluctuation on the mortality and aboveground biomass of the aquatic macrophyte *Eleocharis interstincta* (VAHL) roemer et schults. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47: 281-290

Santos SB, Pedralli G, Meyer ST (2005) Aspectos da fenologia e ecologia de *Hedychium coronarium* (Zingiberaceae) na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto-MG. *Planta Daninha* 23: 175-180

Scatena VL, Scremin-Dias E (2003) Parênquima, Colênquima e Esclerênquima. Pages 109-127 in Appezzato-da-Glória B, Carmello-Guerreiro SM, eds. *Anatomia Vegetal*. Viçosa: UFV

Silva Matos DM, Pivello VR (2009) O impacto das plantas invasoras nos recursos naturais de ambientes terrestres – alguns casos brasileiros. *Ciência e Cultura (SBPC)* 61: 27-30

Silva DTL (2011) Caracterização de invasão da espécie exótica lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*) em área de mata ciliar no município de Joanópolis/SP Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia/GO 17, 12

Simberloff D and Rejmanek M (2011) Encyclopedia of Biological Invasions. London: University of California Press Berkely, CA , 765 p

Soares DJ, Barreto RW (2008) Fungal pathogens of the invasive riparian weed *Hedychium coronarium* from Brazil and their potential for biological control. Fungal Diversity 28: 85-96

Taiz, L Zeiger E (1998) Plant Physiology 2ed. Massachussets. Ed. Sinauer Associates. 792 p

Tunison T (1991) Element Stewardship Abstracts. The Nature conservancy. Virginia. Disponível em <http://www.invasive.org/gist/esadocs/documnts/hedycor.pdf>> Acesso em 26 dez 2014

Verma M, Bansal YK (2012) Induction of somatic embryogenesis in endangered butterfly ginger *Hedychium coronarium* J Koenig. Indian J Exp Biol. 50:904–909

Vitousek P, Mooney HA, Lubchenco J, Melillo JM (1997) Human Domination of Earth's Ecosystems. Science, New Series 277: 494-499 <http://links.jstor.org/sici?sici=0036-8075%2819970725%293%3A277%3A5325%3C494%3AHDOEE%3E2.0.CO%3B2-2> Accessed in March 2013

Wilson JRU, Eleanor E, Dormontt EE, Peter J, Prentis PJ, Andrew J, Lowe AJ, Richardson MD (2009) Something in the way you move: dispersal pathways affect invasion success. Trends in Ecology & Evolution 24: 136–144.

Zanden MJ, Olden JD (2008) A management framework for preventing the secondary spread of aquatic invasive species. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 65 (7): 1512-22.

Zefferman E (2014) Increasing canopy shading reduces growth but not establishment of *Elodea nuttallii* and *Myriophyllum spicatum* in stream channels. *Hydrobiologia* 734:159–170.

## Capítulo 2

### Plasticidade de *Hedychium coronarium* J. Koenig (Zingiberaceae) em análises histológicas

#### Resumo

A invasão biológica é considerada um grande problema que ameaça a biodiversidade. Algumas características das plantas invasoras propiciam seu potencial de invasão, uma delas é a plasticidade em se desenvolver em ambientes com diferentes características. Por ter potencial de invasão elevado, *Hedychium coronarium* pode possuir plasticidade fenotípica. Análises histológicas foram realizadas para avaliar se fragmentos de rizomas dessa espécie provenientes de solos com diferentes umidades apresentam variação. As análises mostraram que o tamanho dos espaços intercelulares e a quantidade de amiloplastos variaram dependendo do ambiente, indicando que esta mudança provoca alterações na estrutura interna de rizoma dessa espécie. Tais análises permitem concluir que há indícios da existência de plasticidade fenotípica em *H. coronarium*.

Palavras-chave: anatomia, morfologia, lírio-do-brejo, plantas invasoras, amiloplastos, aerênquima.

## 1. Introdução

A invasão biológica ocorre quando uma espécie é introduzida em uma região biogeográfica diferente daquelas em que evoluíram e se adaptaram espontaneamente (Souza et al. 2009). Este processo provoca alterações no ecossistema em que se instalaram.

Atualmente, o processo de invasão biológica tem sido considerado uma das maiores ameaças à biodiversidade (Ziller 2001; Vitousek et al. 1997; IUCN 1999; McNeely 2000; Simberloff e Rejmanek 2011). De modo geral, as espécies invasoras se adaptam a diferentes ambientes onde competem por espaço com as nativas, se tornam dominantes de maneira que o ambiente passa a ficar homogêneo e alterado (Mooney e Cleland 2001). Alguns ambientes possuem maior invasibilidade, ou seja, capacidade elevada de ser invadido por espécies, como os ambientes ripários, tanto por sua facilidade de dispersão de propágulos, quanto por sofrer perturbações, e.g. as inundações periódicas, e ser cenário de ações antrópicas, e.g. recreação e extração de água (Richardson et al. 2007; Fridley 2011).

O sucesso na invasão biológica vegetal tem sido relacionado à plasticidade, ou seja, à capacidade das plantas alterarem o seu fenótipo em resposta a alterações no ambiente (Schlichting 1986, Callaway et al. 2003). Além disso, o rápido desenvolvimento das plantas também contribui com o sucesso de invasões, já que são fundamentais para a continuidade das espécies invasoras em novas áreas, sobretudo as espécies clonais.

A plasticidade facilita a adaptação a diferentes ambientes aumentando a capacidade competitiva em relação às espécies nativas (Pysek et al, 2003). As alterações no fenótipo das plantas em resposta às mudanças ambientais causam ajustes fisiológicos

e/ou morfológicos significativos em nível individual aumentando o sucesso de invasão (Pysek et al. 2003; Richards et al. 2006; Schlichting 1986; Callaway et al. 2003).

*Hedychium coronarium* é uma planta clonal, nativa do Himalaia que foi introduzida no Brasil e em vários outros países, e tornou-se invasora em diversas localidades do mundo. Sua reprodução é principalmente assexuada, através da dispersão e crescimento de rizomas (Intituto Hórus 2005; Lorenzi e Souza 2001; Kissmann e Groth 1997). Essas estruturas subterrâneas, além da reprodução, atuam também como armazenamento de reservas de amido, que podem ser utilizados pela planta sob condições ambientais desfavoráveis (Martins et al. 2010; Scatena e Scremim-Dias 2003).

A forma reprodutiva de uma planta pode determinar sua invasividade (Daehler e Strong 1994). Os rizomas desempenham um papel fundamental para o desenvolvimento do indivíduo, pois permite que a planta sobreviva, regenere e se disperse (Cordazzo & Davy 1999). Tendo em vista as evidências de plasticidade em macrófitas (Silva 2014; Coan et al. 2002), e a adaptação de *H. coronarium* a diversos tipos de ambientes, Martins et al. (2010) sugeriram a realização de estudos sobre a adaptações morfológicas dessa espécie em ambientes salinos e/ou alagados, com poluentes ou na presença luminosidade elevada. Dentre as respostas aos diferentes tipos de ambientes possíveis de serem encontradas nas plantas estão a presença de aerênquima, amido e espaços intercelulares na estrutura das células (Coan et al. 2002; Toledo et al. 2006).

Este estudo buscou responder às seguintes perguntas: 1) existe plasticidade fenotípica nos rizomas de *H. coronarium* em ambientes alagados e não-alagados?, 2) Os espaços intercelulares e os amiloplastos se diferenciam em células de rizoma de *H. coronarium* em ambientes com umidades diferentes?



## 2. Material e Métodos

### 2.1 Caracterização das áreas de estudo.

Para realização do experimento, foram coletados fragmentos de rizoma de *H. coronarium* em cinco áreas distintas: a primeira área está localizada na margem da represa do Fazzari, dentro do Campus da Universidade Federal de São Carlos (S 22°58'16,1"/ W 47°53'15,2"); a segunda, na margem do Rio Monjolinho, no Horto Municipal de São Carlos (S21°59'15,3"/ W 47°52'24,6"); a terceira, na margem de um córrego na zona rural, próximo a uma plantação de cana-de-açúcar, ao lado da rodovia Washington Luís (S 21°58'46,1"/W 47°55'17,4"); a quarta área, na margem de um córrego dentro da área urbana, em trecho de vegetação com a presença de taboa (*Typha domingensis* Pers.) (S 22°01'10,4"/W 47°52'31,1"); e a quinta área está localizada na margem de um córrego na área rural do município denominado Represa do 29, também com presença de taboa (*Typha domingensis* Pers.) e criação de gado no local (S 21°58'18,3"/W 47°47'54,1").

### 2.2 Descrição da espécie estudada

*Hedychium coronarium* é uma planta clonal palustre, descrita pela primeira vez em 1928, originária do Himalaia, na Ásia Tropical e invasora em outros continentes (Morikawa et al. 2002), principalmente em ambientes ripários e brejos (Soares e Barreto 2008, Instituto Hórus 2005; Lorenzi e Souza 2001; Kissmann e Groth 1997; Santos et al. 2005). Essa espécie é uma herbácea rizomatosa com até 2 m de altura e com flores brancas grandes e perfumadas; suas folhas são simples, assim como o caule; possui raízes abundantes; frutos do tipo baga deiscente de cor alaranjada quando maduro;

sementes ovaladas de cor avermelhada, envoltas por mucilagem que atrai insetos e animais para sua dispersão; apresenta reprodução vegetativa a partir de rizomas (Instituto Hórus 2005; Lorenzi e Souza 2001; Kissmann e Groth 1997). O sistema de rizoma subterrâneo pode colaborar para que a espécie vegetal tenha sucesso ecológico, ainda que esteja sob condições estressantes (Leite et al 2009). No Brasil, foi introduzida pelos portugueses há mais de 300 anos (Joly e Brandle 1995). *H. coronarium* possui importância econômica ornamental devido à folhagem, ao perfume e beleza das flores, que também fornecem néctar para abelhas, características importantes que promovem sua dispersão.

### 2.3 Delineamento experimental

Foram coletados 60 fragmentos de rizomas (20 cm de comprimento cada) nas cinco áreas estudadas, sendo 12 de cada ambiente: seis fragmentos na área alagada e seis na área não-alagada, com umidade significativamente diferente, como pode ser observado no Capítulo 1. Logo após a coleta, foi retirado um pequeno pedaço de cada rizoma para as análises histológicas em laboratório, antes de serem transplantados.

Todos os fragmentos foram plantados em aquários de 30x20x20 cm com terra, sendo três em cada aquário, distribuídos ao acaso, considerando quatro tratamentos: rizomas de regiões alagadas para não-alagadas, de não-alagadas para alagadas, de alagadas mantendo em alagadas e de não-alagadas mantendo em não-alagadas. Os aquários foram organizados da seguinte forma: 10 aquários representaram o ambiente alagado e 10, o ambiente não-alagado, o que foi controlado com a quantidade de água colocada 3x/semana (500 mL e 1000 mL, respectivamente). Este volume de água foi estimado de acordo com a umidade do campo, comparando através de sensor de umidade “Vegetronix”.

O experimento foi mantido em casa de vegetação de agosto a novembro de 2014, quando todos os rizomas mostraram sinais de brotamento. Durante esse período, a temperatura mínima foi de 16°C e a máxima, de 31°C. O desenvolvimento de brotos de *H. coronarium* foi observado durante o período do experimento. Em novembro, as amostras do rizoma foram coletadas e novamente analisadas sua anatomia interna em laboratório.

O material histológico foi preparado com historesina, de acordo com a metodologia descrita por Kraus e Arduin (1997), em que os cortes dos rizomas coletados foram submetidos à série etanólica de 2,5% a 96% e incluídos em resina de glicol metaacrilato. Os cortes de cinco micrometros foram feitos em micrótomo, corados com tionina 1% corante metacromático para coloração natural e Lugol (detecta a presença de amido). Foram feitos testes também com Sudan Red B (detecta lipídios) e azul negro de anilina (detecta proteínas).

### 3. Resultados e Discussão

Na casa de vegetação, o desenvolvimento de *H. coronarium* foi diferente nos aquários alagados e não-alagados: os rizomas mantidos em solo alagado produziram rametas rapidamente. Por outro lado, os rizomas de solo não-alagado demoraram cerca o dobro do tempo para iniciar a produção de rameta.

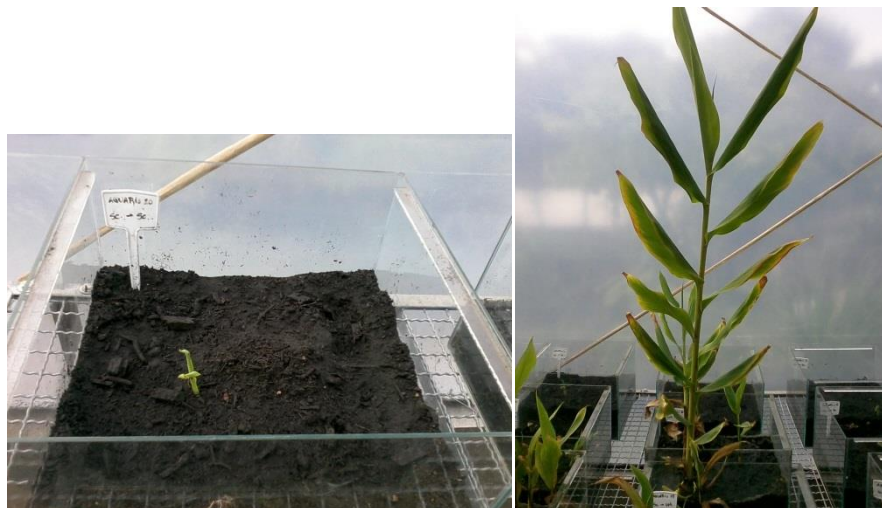


Figura 2-1. Aquários com rizomas transplantados na mesma data. A. Aquário de solo não-alagado, com pequeno rameta. B. Aquário de solo alagado, com rameta desenvolvido.

Uma possível explicação para a diferença na velocidade de crescimentos entre as plantas de ambiente alagado e não-alagado pode estar associada à perda da turgidez celular, que é o primeiro efeito em consequência da redução na quantidade de água e está diretamente ligado ao crescimento celular, refletindo no crescimento de folhas, ramos e galhos (Taiz e Zeiger 1998). Então, em ambiente não-alagado, a célula recebe menor quantidade de água, fica murcha e com seu conteúdo concentrado, em consequência desse fenômeno, o crescimento da planta fica limitado, fazendo com que demore mais para brotar do que as plantas de ambiente alagado.

Outro motivo que pode explicar o brotamento tardio de *H. coronarium* no solo não-alagado é o fato de os rizomas desse tratamento estarem em dormência, já que as condições de umidade do solo não são favoráveis as plantas provavelmente só cresceriam em condições ambientais mais favoráveis (Bianchetti, 1989; Fowler e Bianchetti, 2000).

Além da diferença na velocidade de brotamento, as análises histológicas dos fragmentos de rizomas coletados, antes de serem replantados, indicaram, através de comparação visual, que os espaços intercelulares de rizomas em ambientes alagados são

maiores que os de ambientes não-alagados (Figura 2-2), o que foi observado em quatro das cinco áreas amostradas (A, B, C e D) visíveis nas fotos dos cortes histológicos (Apêndice).

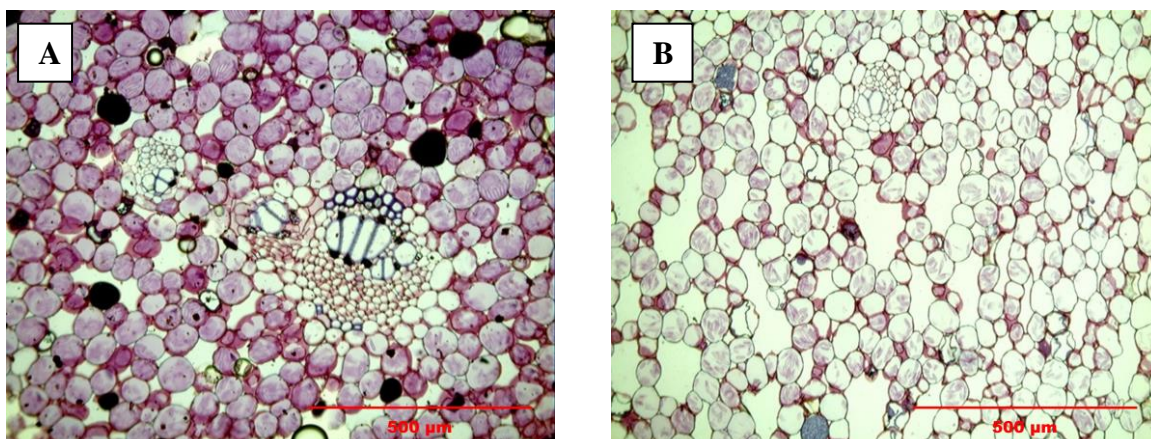


Figura 2-2 Corte de rizoma de *H. coronarium*, coletados na área A, corado com tionina 1%, evidenciando as diferenças entre o tamanho e a quantidade dos espaços intercelulares. A. Rizoma de ambiente não-alagado. B. Rizoma de ambiente alagado.

500 µm Esta diferença nos espaços intercelulares pode ser considerada como uma resposta adaptativa de plantas de ambientes aquáticos ou sujeitos a inundações, possui importância em trocas gasosas e estabilidade mecânica (Scremin-Dias, 1999). Pode ser, também, um mecanismo fisiológico da planta diante de ambientes com excesso de água, ou seja, ambientes com concentração baixa de oxigênio. Frente a isso, ocorre acúmulo de etileno nas estruturas vegetais, ocasionando a produção de celulase, que desintegra a parede da célula e favorece o acúmulo de ar no parênquima (Kawase e Whitmoyer 1980).

Modificações nos espaços intercelulares em células também foram encontradas por Coan et al. (2002) em plantas aquáticas da família Eriocaulaceae, além de alterações fenotípicas nos tamanhos dos caules, folhas e outros fatores na anatomia interna, como: células de paredes finas, parênquima clorofiliano frouxo e tecidos vasculares reduzidos.

Esse resultado, segundo os autores, reforça a ideia de adaptação vegetal em ambientes aquáticos.

Além dos espaços intercelulares, os cortes histológicos indicaram a presença de amiloplastos no rizoma de *H. coronarium*, como já observado por Martins et al. (2010) tanto em ambiente alagado, como em não-alagado. Essas estruturas armazenam amido e atuam como reserva vegetal, funcionando como estratégia de sobrevivência para períodos em que as condições ambientais não forem favoráveis (Scatena e Scremim-Dias 2003). As plantas da família Zingibereceae geralmente apresentam amiloplastos achatados (Tomlinson 1969), como acontece com *H. coronarium*, pertencente a essa família: amiloplastos em formato ovalado e comprido (forma de arroz), porém podem ser mais arredondados e de tamanhos diferentes (Figura 2-3).

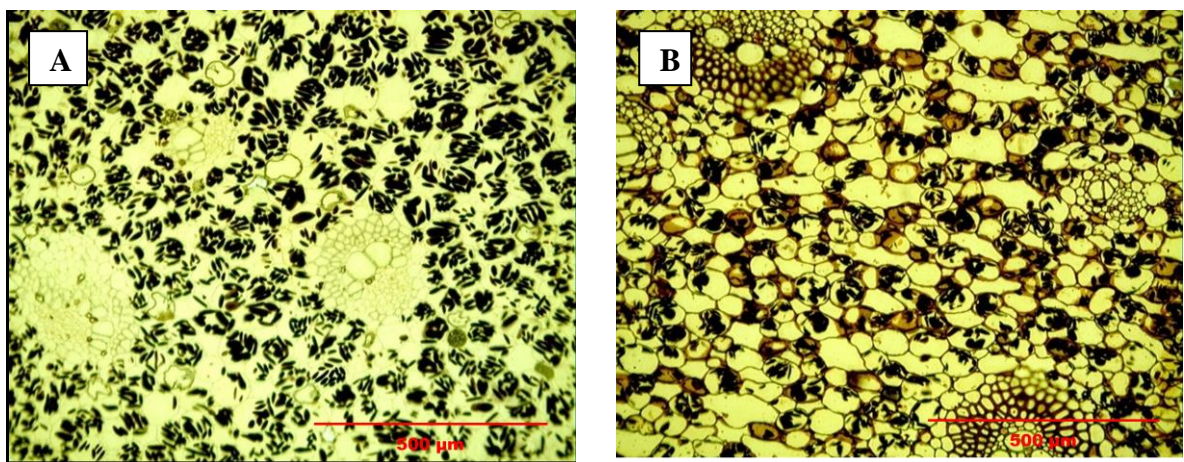


Figura 2-3. Corte (aumento 10x) de rizoma *H. coronarium*, com amiloplastos destacados em preto. A. Rizoma de ambiente alagado. B. Rizoma de ambiente não-alagado.

Apesar da presença de amiloplastos tanto em plantas de ambiente alagado, quanto em não-alagado, essas estruturas se apresentaram em quantidades diferentes dependendo do tipo de ambiente. Nos rizomas antes de serem replantados, foi possível observar que, qualitativamente, existe mais amiloplastos em rizoma de *H. coronarium*

de ambiente não-alagado do que do alagado em três das cinco áreas estudadas (A, C e D) (Apêndice).

Variações como esta nas características das plantas por modificações ambientais foram encontradas por Silva (2014), que comprovou a existência de plasticidade fenotípica na macrófita cosmopolita *Typha domingensis* (Pers.) Rohrb. (Taboa), identificando alterações morfológicas e fisiológicas significativas em resposta à presença de arsênio no ambiente. Lux et al (2004) também encontraram modificações na estrutura da raiz de *Salix* clones diante da presença de diferentes concentrações de cádmio.

Os testes com Sudan e Azul Negro de anilina deram resultados negativos para corpos lipídicos e protéicos respectivamente. A periderme apresentou uma leve coloração pelo Sudan.

No experimento da casa de vegetação, a análise histológica, realizada com rizomas após brotamento nos aquários, demonstrou que o rameta que permaneceu em ambiente alagado apresentou rizoma com maior tamanho dos espaços intercelulares, e os rizomas que foram transferidos para ambiente não-alagado apresentaram espaços intercelulares menores (Figura 2-4). Confirmando o que foi apresentado por Kawase e Whitmoyer (1980), citado anteriormente.

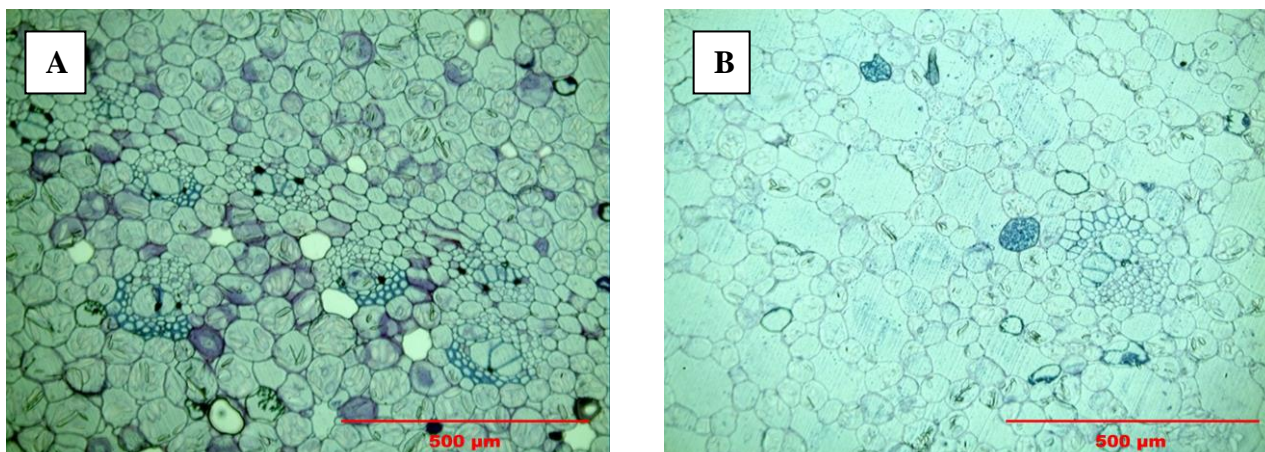


Figura 2-4. Corte de rizoma de *H. coronarium*, corado com tionina 1%, evidenciando o tamanho dos espaços intercelulares. A. Coletado em ambiente alagado e replantado em ambiente não-alagado. B. Coletado em ambiente alagado e mantido em ambiente alagado.

Na análise da quantidade de amiloplastos, comparando os rizomas antes e depois de serem replantados em outro ambiente, foi possível verificar maior quantidade no rizoma retirado de solo alagado e replantado em solo não-alagado do que em rizoma retirado de solo alagado e mantido no mesmo tipo de solo (Figura 2-5). Ambientes com baixa umidade favoreceram o acúmulo de amiloplastos nos rizomas de *H. coronarium*. De acordo com Scatena e Scremin-Dias (2003), essa é uma característica comum em estruturas subterrâneas de plantas que vivem em locais de sazonalidade bem definida.

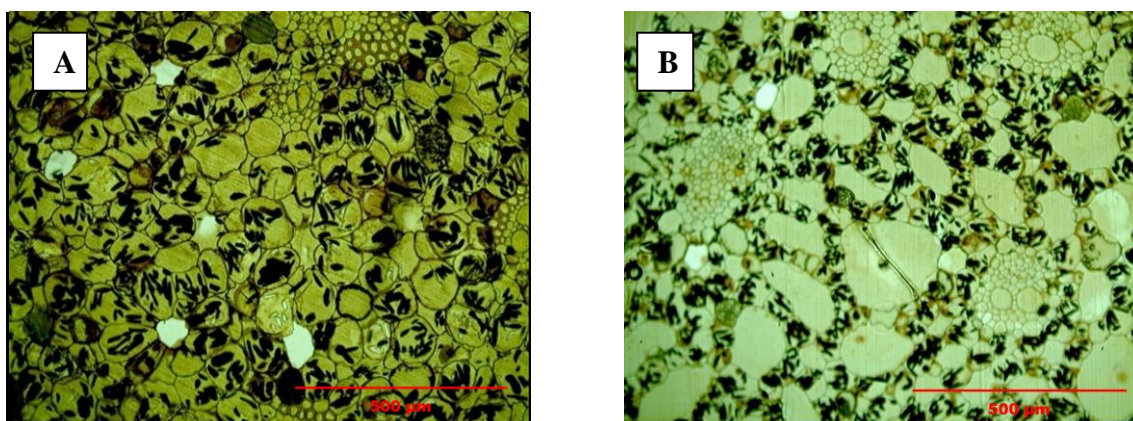


Figura 2-5. Corte de rizoma de *H. coronarium*, corado com lugol, evidenciando quantidade de amiloplastos. A. Coletado em ambiente alagado e replantado em ambiente não-alagado. B. Coletado em ambiente alagado e mantido em ambiente alagado.



Os resultados mostram indícios de que *H. coronarium* apresenta plasticidade fenotípica em sua anatomia interna, com diferenças no tamanho dos espaços intercelulares e na quantidade de amiloplastos de rametas crescidas em ambiente alagado e não-alagado. Davidson et al (2011) estudaram a plasticidade fenotípica em relação ao crescimento, à morfologia e à fisiologia de espécies invasoras, comparando a capacidade plástica de plantas invasoras e nativas, levando em consideração a umidade do ambiente, e a taxa de crescimento das plantas. Os autores concluíram que as espécies invasoras possuem plasticidade fenotípica significativamente maior do que nativas.

Os resultados encontrados neste estudo mostram que plasticidade pode explicar a alta invasividade de *H. coronarium*: o aumento na quantidade de amiloplastos em ambiente não-alagado indica capacidade de se adaptar em ambientes com condições não-favoráveis, a priori, ao seu desenvolvimento, o que pode colaborar com seu potencial invasor, já que pode conquistar ambientes diferentes do que normalmente ocupa.

Como complemento deste trabalho, outros testes de plasticidade fenotípica de rizomas *H. coronarium* devem ser feitos, com análises acompanhando rametas em outros períodos de crescimento que não apenas a fase de brotamento. A plasticidade pode ser uma resposta a curto ou longo prazo (Matesanz et al 2010), por isso é importante que o crescimento de uma planta seja acompanhado por tempo considerável quando se quer avaliar a existência de plasticidade fenotípica. Além disso, as técnicas moleculares e os estudos comparativos por período de tempo mais longo poderão trazer implicações ecológicas dentro do conhecimento de plasticidade fenotípica, permitindo a compreensão de distribuição e persistência da planta e até produtividade de culturas dentro do cenário de mudanças climáticas (Sultan 2000; Nicotra et al 2010).

## Referências Bibliográficas

Bianchetti A (1989) Tratamentos pré-germinativos para sementes florestais. In: 2º Simpósio brasileiro sobre sementes florestais, ANAIS, p. 237-246, Atibaia, 16-19/out/1989. São Paulo: SEMA-SP/IF.

Callaway RM, Pennings SC, Richards CL (2003) Phenotypic plasticity and interactions among plants. *Ecology* 84:1115-1128

Coan AI, Scatena VL, Giulietti AM (2002) Anatomia de algumas espécies aquáticas de Eriocaulaceae brasileiras. *Acta bot. bras* 16: 371-384

Cordazzo CV, Davy AJ (1999) Vegetative Regeneration of *Panicum racemosum* from Rhizome Fragments on Southern Brazilian Coastal Dunes. *Journal of Coastal Research* 15: 520-525

Daehler CC, Strong DR (1994) Variable reproductive output among clones of *Spartina alterniflora* (Poaceae) including San Francisco Bay, California: the influence of herbivory, pollination and establishment rate. *American Journal of Botany* 81: 307–313

Davidson A, Jennions M, Nicotra, A (2011) Do invasive species show higher phenotypic plasticity than native species and, if so, is it adaptive? A meta-analysis', *Ecology Letters* 14: 419-431.

Fridley JD (2011) Invasibility of communities and ecosystems. Pages 356-360 in Simberloff D and Rejmanek M eds. *Encyclopedia of Biological Invasions*. London: University of California Press

Fowler, JAP; Bianchetti, A (2000) Dormência em sementes florestais in Biblioteca Florestal digital. Disponível em <http://hdl.handle.net/123456789/6091>

Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental (2005) Espécies Exóticas Invasoras: Fichas técnicas. [http://www.institutohorus.org.br/index.php?modulo=inf\\_ficha\\_hedychium\\_coronarium](http://www.institutohorus.org.br/index.php?modulo=inf_ficha_hedychium_coronarium). Accessed in February 2013

IUCN - World Conservation Union (2000) IUCN Guidelines for the Prevention of Biodiversity Loss caused by Alien Invasive Species. [http://www.issg.org/pdf/guidelines\\_iucn.pdf](http://www.issg.org/pdf/guidelines_iucn.pdf) . Accessed in September 2014

Joly CA, Brandle R (1995) Fermentabtion and adenylate metabolism of *Hedychium coronarium* J. G. Koenig (Zingiberaceae) and *Acorus calamus* L. (Araceae) under hypoxia and anoxia. *Functional Ecology* 9: 505-510

Kawase M, Whitmoyer RE (1980) Aerenchyma development in waterlogged plants. *American Journal of Botany* 67: 18-22

Kissmann KG, Groth D (1997) *Plantas infestantes e nocivas*. 2nd edn – Tomo I. Editora BASF.825p

Kraus JE, Arduin M (1997) *Manual básico de métodos em morfologia vegetal*. Editora Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 198 p

Leite KRB, França F, Scatena VL (2009) Anatomia de espécies anfíbias de Cyperaceae de lagoas do semi-árido, BA, Brasil. *Acta Bot. Bras* 23: 786-796. [serial on the Internet] <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062009000300019>. Accessed in December 2014

Lorenzi H, Souza HM (2001) *Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras*. 3rd edn. Nova Odessa/SP: Instituto Plantarum. 1082 p

Lux A, Šottníková A, Opatrná J, Greger M (2004) Differences in structure of adventitious roots in *Salix* clones with contrasting characteristics of cadmium accumulation and sensitivity. *Physiologia Plantarum* 120:537–545

Martins MBG, Caravante ALC, Apezato-da-Glória B, Soares MKM, Moreira RRD, Santos LE (2010) Caracterização anatômica e fitoquímica de folhas e rizomas de *Hedychium coronarium* J. König (Zingiberaceae). *Rev. Bras. Pl. Med.* 2: 179-187

Matesanz S, Gianoli E, Fernando Valladares F (2010) Global change and the evolution of phenotypic plasticity in plants *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1206: 35–55. doi: 10.1111/j.1749-6632.2010.05704.x

McNeely J (2000) Community building. *J. Community Psychol.* 27:10.1002/(SICI)1520-6629(199911)27:6<741::AID-JCOP8>3.0.CO;2-V

Mooney HA, Cleland EE (2001) The evolutionary impact of invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98: 5446-5451

Morikawa T (2002) New farnesane-type sesquiterpenes, hedychiols A and B 8,9-diacetate, and inhibitors of degranulation in RBL-2H3 cells from rhizome of *Hedychium coronarium*. *Chem. Pharmaceut. Bull.* 8: 1045-9

Nicotra AB, Atkin OK, Bonser SP, Davidson AM, Finnegan EJ, Mathesius U, Poot P, Purugganan MD, Richards CL, Valladares F, van Kleunen M (2010). Plant phenotypic plasticity in a changing climate. *Trends Plant Sci* 15, 684–692

Pysek P, Brock JH, Bimova K, Mandak B, Jarosik V, Koukolikova I, Pergl J, Stepanek J (2003) Vegetative Regeneration in Invasive *Reynoutria* (Polygonaceae) taxa:

the Determinant of Invasibility at The Genotype Level. *American Journal of Botany* 90: 1487–1495

Richards CL, Bossdorf O, Muth NZ, Gurevitch J, Pigliucci M (2006) Jack of all trades, master of some? On the role of phenotypic plasticity in plant invasions. *Ecology Letters*, 9: 10.1111/j.1461-0248.2006.00950.x

Richardson DM, Holmes PM, Eisler KJ, Galatowitsch SM, Stromberg JC, Kirkman SP, Pysek P, Hobbs RJ (2007) Riparian vegetation: degradation, alien plant invasions, and restoration prospects. *Diversity and Distributions* 13: 126-139

Sakai ES (1973) Simple method for differential staining of paraffin embedded plant material using toluidine blue O. *Stain Technol.* 5:247-279.

Santos SB, Pedralli G, Meyer ST (2005) Aspectos da fenologia e ecologia de *Hedychium coronarium* (Zingiberaceae) na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto-MG. *Planta Daninha* 23: 175-180

Scatena VL, Scremin-Dias E (2003) Parênquima, Colênquima e Esclerênquima. Pages 109-127 in Appezzato-da-Glória B, Carmello-Guerreiro SM, eds. *Anatomia Vegetal*. Viçosa: UFV

Schlichting CD (1986) The evolution of phenotypic plasticity in plants. *Annual Review of Ecology & Systematics* 17: 667-693

Scremin-Dias E (1999) O retorno à origem aquática. Pages 25-41. in *Nos jardins submersos da Bodoquena*, ed. UFMS Campo Grande: Academic Press

Silva CO (2014) Características anatômicas e fisiológicas de *Typha domingensis* Pers. submetidas a concentrações crescentes de arsênio. Dissertação de Mestrado em Botânica Aplicada. Lavras, MG: Universidade Federal de Lavras. 57 p

Simberloff D and Rejmanek M (2011) *Encyclopedia of Biological Invasions*. London: University of California Press Berkeley, CA, 765 p

Soares DJ, Barreto RW (2008) Fungal pathogens of the invasive riparian weed *Hedychium coronarium* from Brazil and their potential for biological control. *Fungal Diversity* 28: 85-96

Souza RCCL, Calazans SH, Silva EP (2009) Impacto das espécies invasoras no ambiente aquático. *Cien. Cult.* 61: 35-41

Sultan SE (2000) Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. *Trends in plant science* 5:537 - 542

Taiz L, Zeiger E (1998) *Plant Physiology* 2nd ed. Massachusetts. Ed. Sinauer Associates. 792 p

Toledo ACO, Duarte MR, Nakashima T (2006) Caracterização morfoanatômica de raiz e rizoma de *Symphytum officinale* L. (Boraginaceae). Rev. Bras. Farmacogn 16: 185-191

Tomlinson PB (1969) Commelinales-Zingiberales. Pages 295-421 in Metcalfe, CR, ed. Anatomy of the monocotyledons. Oxford: Clarendon Press

Vitousek P, Mooney HA, Lubchenco J, Melillo JM (1997) Human Domination of Earth's Ecosystems. Science, New Series 277: 494-499  
[http://links.jstor.org/sici?sici=0036-](http://links.jstor.org/sici?sici=0036-8075%2819970725%293%3A277%3A5325%3C494%3AHDOEE%3E2.0.CO%3B2-2)

[8075%2819970725%293%3A277%3A5325%3C494%3AHDOEE%3E2.0.CO%3B2-2](http://links.jstor.org/sici?sici=0036-8075%2819970725%293%3A277%3A5325%3C494%3AHDOEE%3E2.0.CO%3B2-2)

Accessed in March 2013

Ziller SR (2001) Plantas exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica. Revista Ciência Hoje 30: 77-79

## Considerações Finais

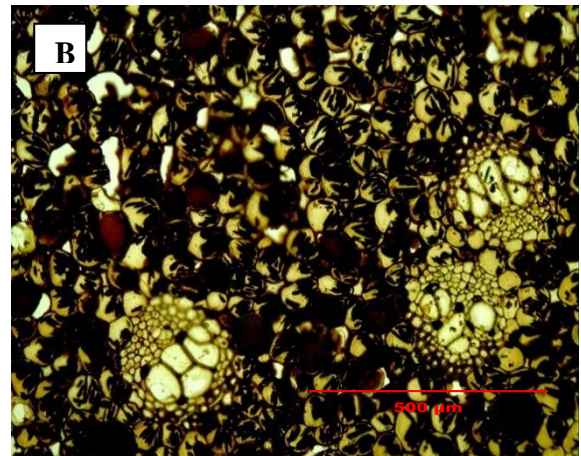
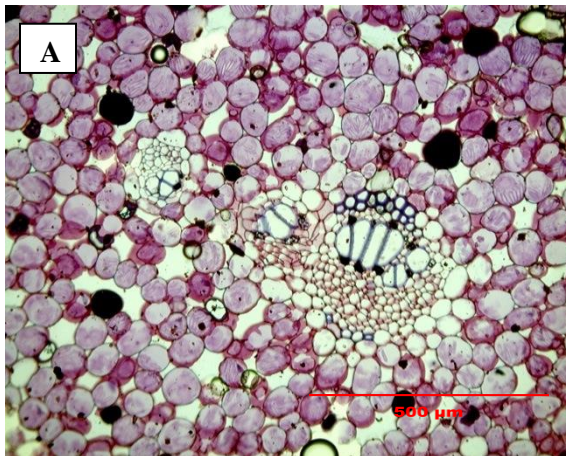
*H. coronarium* é uma macrófita palustre com alto potencial invasor, já que é original do Himalaia, mas está presente, atualmente, em muitas outras localidades do mundo. Sua distribuição elevada está associada ao seu valor econômico e ornamental.

Neste estudo, tanto o acompanhamento do crescimento vegetativo como as análises histológicas permitiram confirmar o elevado potencial invasor de *H. coronarium*, pois, além dos ambientes alagados, essa planta se desenvolve e se estabelece também em ambiente não-alagado, graças às adaptações em sua anatomia interna, como o acúmulo de amiloplastos, importante reserva de amido para a sobrevivência das plantas em condições microclimáticas não-favoráveis, modificação de espaços intercelulares e redução no tamanho em diâmetro, reflexo do déficit hídrico que influencia na perda de turgidez da célula. A presença desta espécie em áreas ripárias compromete a regeneração da floresta nestes áreas, o que pode causar danos a ciclagem de nutrientes e ao ciclo da água.

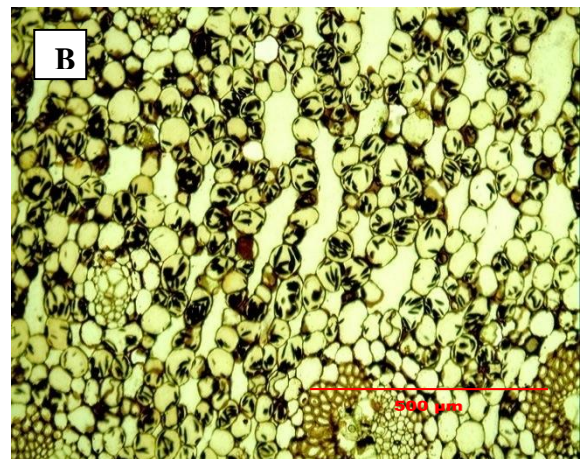
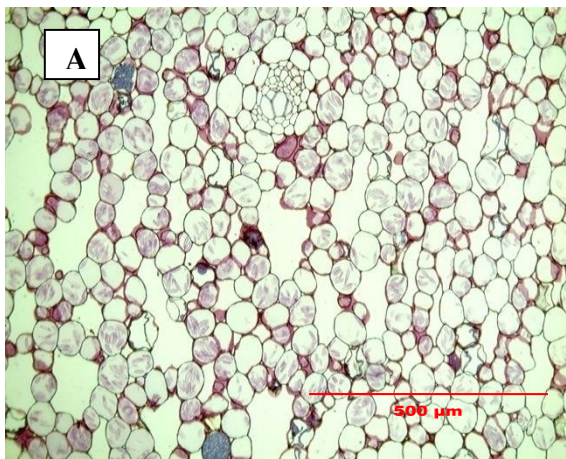
A invasividade dessa herbácea é motivo de preocupação, pois sua dispersão por rizomas (reprodução assexuada) é rápida e eficiente, resultando em estabelecimento em ambientes ocupados por plantas nativas, gerando competição e, muitas vezes, sobrepondo essa vegetação. Portanto, é necessário pensar em maneiras de conter a propagação dessa espécie para que se minimize a alteração de ambientes de vegetação nativa. *H. coronarium* possui capacidade elevada de produzir novas rametas a partir de pequenos fragmentos de rizoma, podendo até constituir novas populações dessa forma. Assim sendo, métodos equivocados de controle pode intensificar a ocupação da planta ou até mesmo danificar a vegetação nativa, considerando a fragilidade de florestas ripárias.

Este trabalho reforça a necessidade de estudos que busquem compreender o desenvolvimento e respostas de *H. coronarium* a diferentes condições ambientais, além das interações com os demais elementos da natureza e da relação com o homem, um dos principais dispersores da espécie. Por isso, para conter a dispersão dessa planta deve-se considerar, além do controle direto, meios de divulgação e sensibilização da população para essa questão.

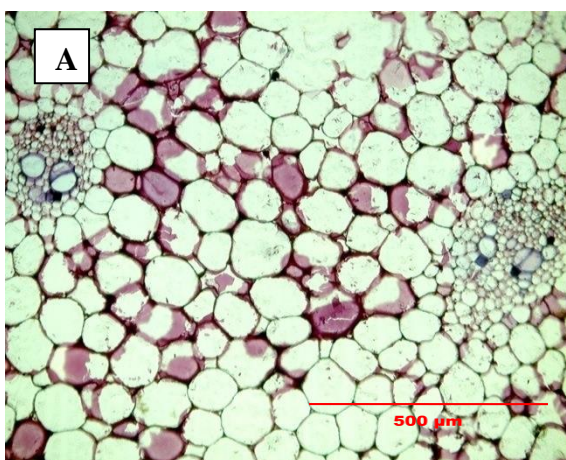
## Apêndice



1. Cortes histológicos de rizoma de *H. coronarium* coletado na área “A”, ambiente não-alagado. A. Corte corado com tionina 1%, evidenciando os espaços intercelulares. B. Corte corado com lugol, evidenciando os amiloplastos

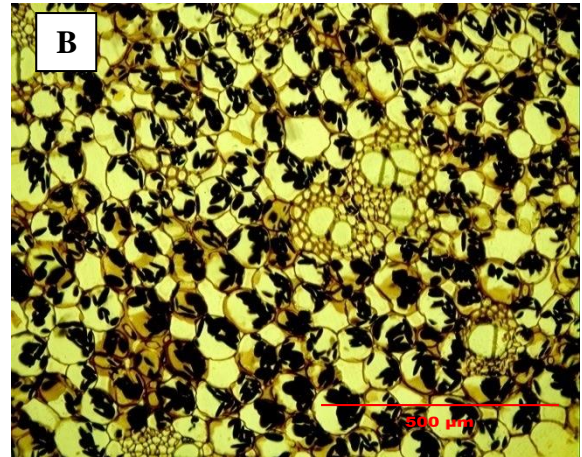
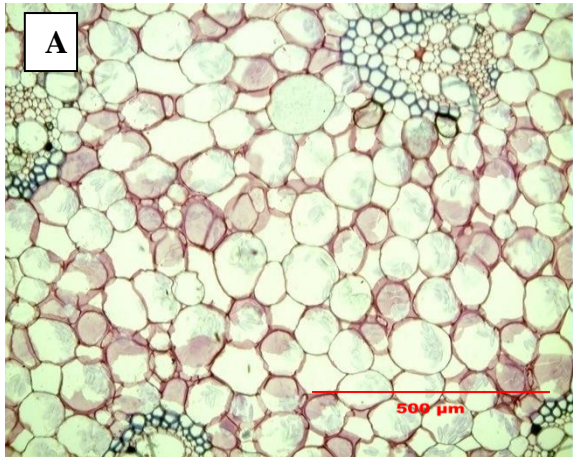


2. Cortes histológicos de rizoma de *H. coronarium* coletado na área “A”, ambiente alagado. A. Corte corado com tionina 1%, evidenciando os espaços intercelulares. B. Corte corado com lugol, evidenciando os amiloplastos

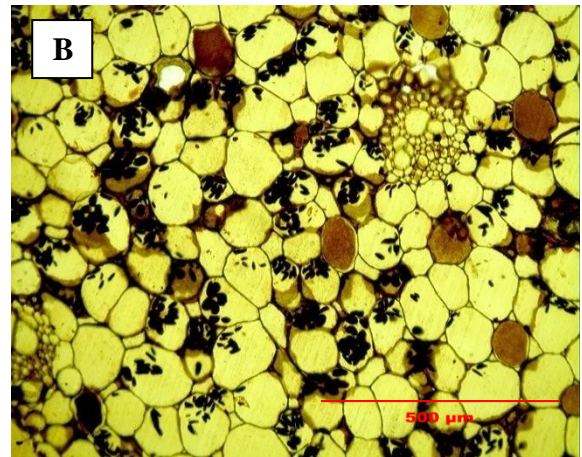
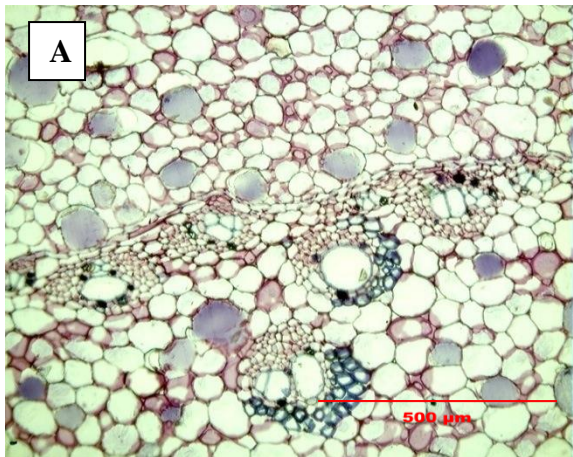


3. Cortes histológicos de rizoma de *H. coronarium* coletado na área “B”, ambiente não-alagado. A. Corte corado com tionina 1%, evidenciando os espaços intercelulares. B. Corte corado com lugol, evidenciando os amiloplastos.

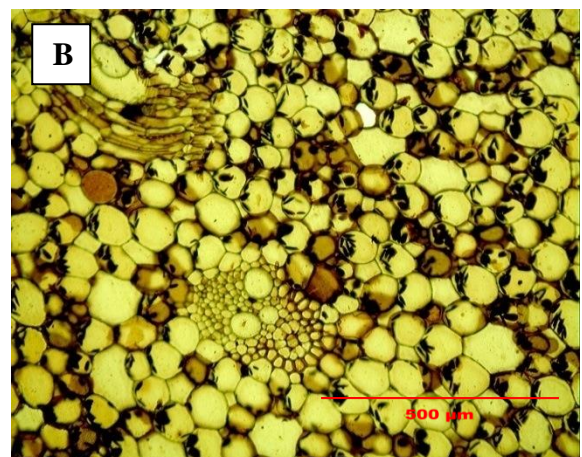
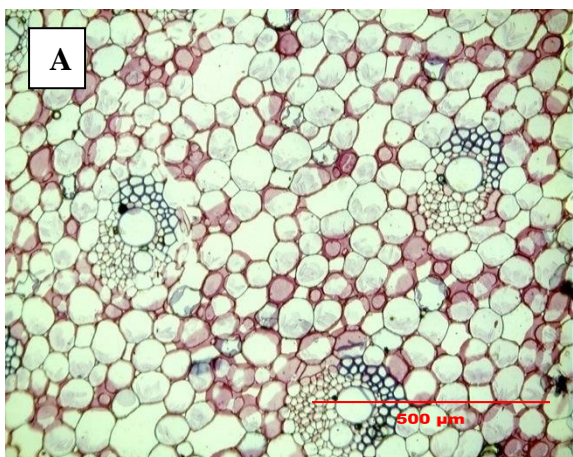




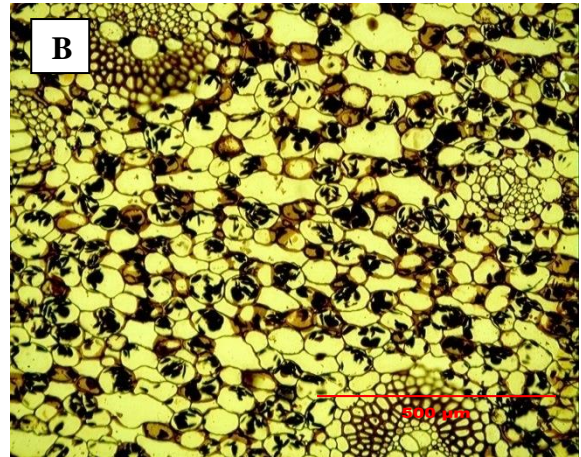
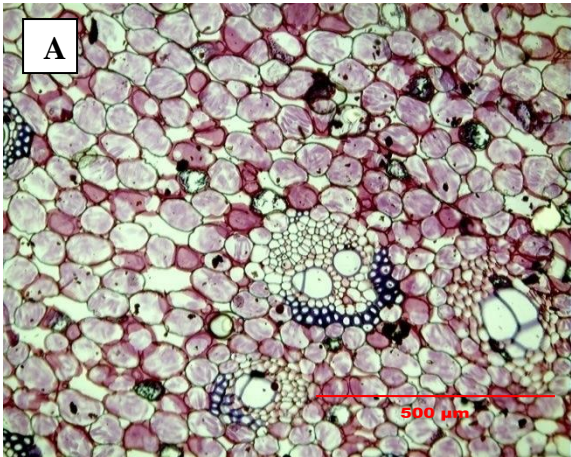
4. Cortes histológicos de rizoma de *H. coronarium* coletado na área “B”, ambiente alagado. A. Corte corado com tionina 1%, evidenciando os espaços intercelulares. B. Corte corado com lugol, evidenciando os amiloplastos.



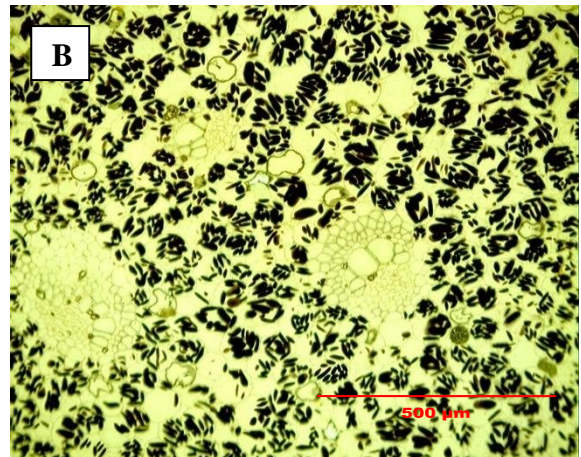
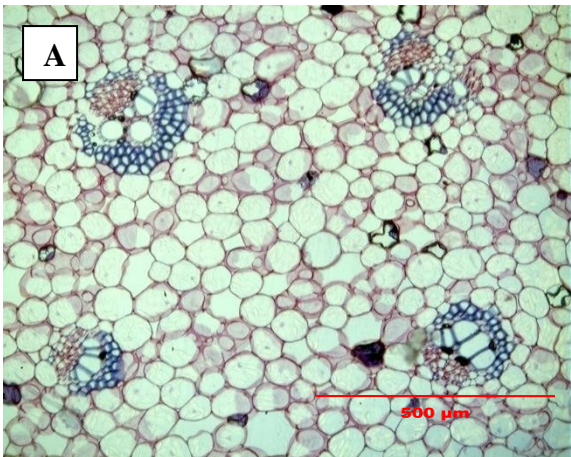
5. Cortes histológicos de rizoma de *H. coronarium* coletado na área “C”, ambiente não-alagado. A. Corte corado com tionina 1%, evidenciando os espaços intercelulares. B. Corte corado com lugol, evidenciando os amiloplastos.



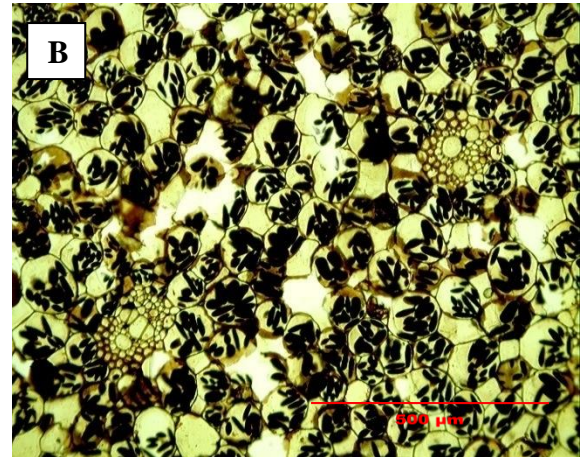
6. Cortes histológicos de rizoma de *H. coronarium* coletado na área “C”, ambiente alagado. A. Corte corado com tionina 1%, evidenciando os espaços intercelulares. B. Corte corado com lugol, evidenciando os amiloplastos.



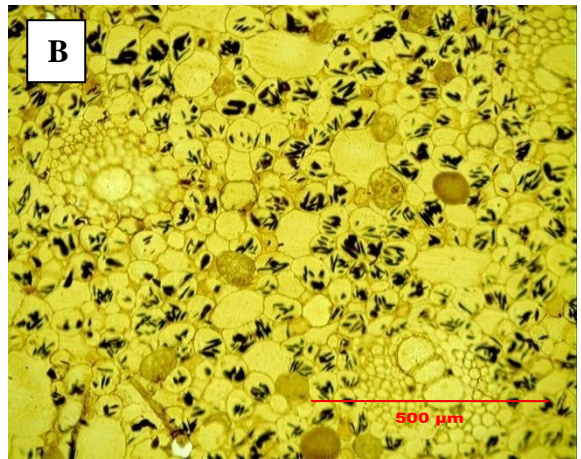
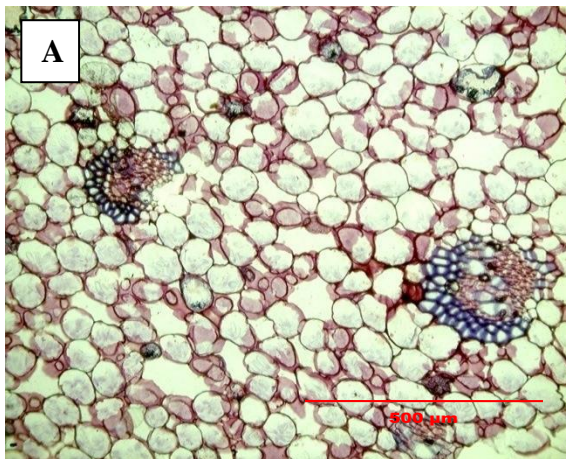
7. Cortes histológicos de rizoma de *H. coronarium* coletado na área “D”, ambiente não-alagado. A. Corte corado com tionina 1%, evidenciando os espaços intercelulares. B. Corte corado com lugol, evidenciando os amiloplastos.



8. Cortes histológicos de rizoma de *H. coronarium* coletado na área “D”, ambiente alagado. A. Corte corado com tionina 1%, evidenciando os espaços intercelulares. B. Corte corado com lugol, evidenciando os amiloplastos.



9. Cortes histológicos de rizoma de *H. coronarium* coletado na área “E”, ambiente não-alagado. A. Corte corado com tionina 1%, evidenciando os espaços intercelulares. B. Corte corado com lugol, evidenciando os amiloplastos.



10. Cortes histológicos de rizoma de *H. coronarium* coletado na área “E”, ambiente alagado. A. Corte corado com tionina 1%, evidenciando os espaços intercelulares. B. Corte corado com lugol, evidenciando os amiloplastos.