



**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA - MCT**  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA**  
**PROGRAMA INTEGRADO DE PÓS GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA**

**CICLO DE VIDA, ESTRUTURA FOLIAR E VARIAÇÕES MORFOANATÔMICAS  
INFLUENCIADAS POR DIFERENÇAS AMBIENTAIS PARA *Victoria amazonica*  
(POEPP.) J.C. SOWERBY (NYMPHAEACEAE) NA AMAZÔNIA CENTRAL**



**SÔNIA MACIEL DA ROSA OSMAN**

**Manaus – Amazonas**

**Julho, 2010**

**SÔNIA MACIEL DA ROSA OSMAN**

**CICLO DE VIDA, ESTRUTURA FOLIAR E VARIAÇÕES MORFOANATÔMICAS  
INFLUENCIADAS POR DIFERENÇAS AMBIENTAIS PARA *Victoria amazonica*  
(POEPP.) J.C. SOWERBY (NYMPHAEACEAE) NA AMAZÔNIA CENTRAL**



**DRA. MARIA TERESA FERNANDEZ PIEDADE**

**DR. LUIZ ANTONIO DE SOUZA**

Tese apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, área de concentração em **BOTÂNICA**.

**Manaus – Amazonas**

**Julho, 2010**

## FICHA CATALOGRÁFICA

O83

Osman, Sônia Maciel da Rosa

Ciclo de vida, estrutura foliar e variações morfoanatômicas influenciadas por diferenças ambientais para *Victoria amazonica* (POEPP.) J.C. Sowerby (Nymphaeaceae) na Amazônia Central/Sônia Maciel da Rosa Osman.--- Manaus : [s.n.], 2010.  
xii, 118f. : il. color.

Tese (doutorado)-- INPA, Manaus, 2010  
Orientador : Maria Teresa Fernandez Piedade  
Co-orientador : Luiz Antonio de Souza  
Área de concentração : Botânica

1. *Victoria amazonica*. 2. Anatomia. 3. Morfologia. 4. Germinação.  
5. Órgãos reprodutores. I. Título.

CDD 19. ed. 583.111044

## SINOPSE

Na Amazônia Central, a Nymphaeaceae *Victoria amazonica* foi estudada em seus ambientes naturais de ocorrência, distribuídos em três sítios de águas mistas e três de várzea, onde foram medidos o diâmetro da folha, altura do bordo, comprimento do pecíolo, a profundidade dos locais de ocorrência e o pH. Adicionalmente acompanhou-se o ciclo de vida e a estrutura foliar, tendo sido registradas características morfológicas e anatômicas das lâminas foliares, pecíolos, rizoma, sementes, flores e frutos, desde o início do desenvolvimento até a fase adulta. Finalmente, vários tratamentos germinativos foram impostos às sementes para tentar elucidar a dinâmica desse processo em condições naturais.

Palavras-chaves: Anatomia, órgãos reprodutivos, órgãos vegetativos, germinação, análises químicas.

## DEDICATÓRIA

À minha querida mãe **Maria Maciel da Rosa**,  
Que em tudo me deu apoio e incentivo. Agradeço de coração pelo exemplo e  
educação moral que me deste para seguir minha vida com sabedoria e  
honestidade.

Em memória ao meu pai **Abitino Inácio da Rosa**,  
Que sempre me deu forças, incentivo e confiança para alcançar meus  
objetivos. E deixou um belo exemplo de vida para ser seguido ao lado de  
**DEUS**.

Aos meus queridos irmãos **Samuel, David, Eliane, Tere, César e Eliamar**,  
Pelo ânimo concedido e apoio quando decidi seguir uma nova trilha do Sul para  
o Norte fazer mestrado em Manaus e realizar o sonho de conhecer a Floresta  
Amazônica.

Ao meu querido esposo **Antonio Osman**,  
Pela mágica do amor de tê-lo encontrado num lugar tão distante, mas que sinto  
ter sido uma providência divina, um sonho realizado e uma linda história de  
amor. Por ser meu companheiro em todas as horas, pelo incentivo constante,  
enfim por fazer parte da minha vida.

A minha querida filha **Açucena** que em todos os momentos dessa caminhada  
esteve presente, inspirando a redação da dissertação e proporcionando  
momentos de muita felicidade e realização.

E ao mais jovem componente da família **Marco Antonio**, que me inspirou e  
iluminou para redigir essa tese, participando ativamente nos últimos três  
meses, até mesmo nas madrugadas. **Marco Antonio e Açucena** vocês dois  
são o que faltava para a minha vida ser de totais realizações e felicidades.  
Amores da minha vida...

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a **DEUS**, que guia a minha vida em cada momento. Deus é nosso refúgio e fortaleza, socorro bem presente nas tribulações (Salmos 46:1).

OS JOVENS SE CANSAM E SE FATIGAM,  
MAS OS QUE ESPERAM NO SENHOR  
RENOVAM AS SUAS FORÇAS,  
SOBEM COM ASAS COMO ÁGUIAS,  
CORREM E NÃO SE CANSAM,  
CAMINHAM E NÃO SE FATIGAM (ISAÍAS 40:30, 31)

À Dra. Maria Teresa Fernandez Piedade, pela dedicação, compreensão, apoio, incentivo, amizade e pela orientação no mestrado e agora no doutorado, enfim por sua paciência nesses seis anos de trabalho constante devo o meu muito obrigado de coração;

Ao Dr. Luiz Antonio de Souza, pela co-orientação e idéias concedidas na realização desse trabalho e por ter sido meu orientador desde a época da universidade, agradeço pelo incentivo que me deu para seguir em frente sempre e fazer uma pós-graduação em botânica, devo a você com muito carinho um muito obrigado por ter alcançado os meus objetivos;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela bolsa concedida em todo período do curso;

Ao Projeto INPA/Max-Planck pelo apoio financeiro ao trabalho;

Ao Dr. Sérgio Melo do BADPI – Laboratório de Plâncton por ter cedido o microscópio de câmara clara para a realização das ilustrações desse trabalho;

Ao Sr. Jaime Paiva Lopes Aguiar do laboratório de nutrição pela ajuda nas análises químicas do rizoma e raízes de *Victoria amazonica*.

À secretária do curso de botânica, Neide, pela ajuda e colaboração nesses seis anos de percurso;

Ao Sr. Celso Costa pela ajuda nos trabalhos de campo, sem a qual não seria possível a realização das excursões, e ao Edvaldo Ferreira, que sempre nos transportou pacientemente;

Aos barqueiros da Coordenação de Pesquisas em Biologia Aquática, pela grande colaboração durante o período de excursões;

**Os meus sinceros agradecimentos.**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da Bacia Amazônica com os países que fazem parte da Floresta Amazônica e os principais rios que drenam a região. <a href="http://www.infoescola.com">www.infoescola.com</a> .....	13
Figura 2 - Folhas flutuantes de <i>Victoria amazonica</i> no Lago da Felicidade (ambiente de águas mistas), nas proximidades de Manaus.....	16
Figura 3 - Foto satélite do ambiente de coleta nas proximidades de Manaus.....	19
Figura 4 - Coletas e medições diamétricas feitas nas folhas de <i>Victoria amazonica</i> no Lago Felicidade – Ambiente de águas mistas.....	25
Figura 5 - Ambiente de águas mistas – Lago Catalão, demonstrando o teste de resistência de peso sob as folhas de <i>V. amazonica</i> .....	26
Figura 6 - Eletromicrografia da face superior da folha adulta de <i>Victoria amazonica</i> , evidenciando os canais de perfuração e a canaleta.....	34
Figura 7 - Folha de <i>Victoria amazonica</i> no Lago Catalão, ambiente de águas mistas, com um jacaré sobre a folha.....	35
Figura 8 – Estruturas de adaptação. A e B – Limbo foliar com nervuras exuberantes, espinhos e tricomas impermeabilizantes.....	35
Figura 9: Corte transversal da folha adulta na região central próximo a nervura principal. CE- cera, ES-epiderme superior, EI-epiderme inferior, PP-parênquima paliçádico, PL-parênquima lacunoso, ES-esclereíde, TR-tricoma pluricelular, LA- lacuna.....	36
Figura 10 - Aquário de 30 L utilizado para o desenvolvimento de plântulas de <i>V. amazônica</i> após retirada do tratamento de germinação.....	43
Figura 11 - Ciclo de vida de <i>Victoria amazonica</i> . A. Corte longitudinal mediano da plântula com dois dias após germinação; B. Plântula com dois dias após germinação.....	46
Figura 12 - Ciclo de vida de <i>Victoria amazonica</i> . A. Plântula com dois dias após germinação; B. Plântula cinco dias após germinação; C. Plântula sete dias após germinação; D. Planta jovem dez dias após germinação.....	47
Figura 13 - Ciclo de vida de <i>Victoria amazonica</i> . A. Planta jovem com doze dias após germinação; B. Planta jovem quatorze dias após germinação; C. Planta jovem vinte dias após a germinação.....	48
Figura 14 - Planta jovem de <i>Victoria amazonica</i> . Planta com três folhas orbicular-peltada, pecíolo com espinhos, gema apical com folha jovem protegida por brácteas e muitas raízes adventícias.....	49
Figura 15 - Planta adulta de <i>Victoria amazonica</i> em seu ambiente natural de ocorrência.....	50
Figura 16-Órgãos vegetativos da Planta jovem de <i>Victoria amazonica</i> .....	56
Figura 17 - Corte transversal do rizoma adulto.....	60
Figura 18 - Eletromicrografia do corte transversal do rizoma adulto.....	60
Figura 19 - Anatomia dos verticilos florais – Sépalas. A. Corte transversal da sépala; B. Corte paradérmico da epiderme da face adaxial da sépala.....	62
Figura 20 - Anatomia dos verticilos florais – Pétalas.....	63
Figura 21 - Ovário da flor de <i>Victoria amazonica</i> .....	64
Figura 22 - Diagrama do corte transversal do estilete/estigma.....	65

Figura 23 - Anatomia dos verticilos florais – Androceu. A. Diagrama do corte transversal do estaminódio; B. Corte transversal da antera da flor; C. Detalhe da parede da antera em corte transversal.....	66
Figura 24 - Anatomia dos verticilos florais – Paracarpelo e apêndices carpelares.....	67
Figura 25 - Anatomia do fruto adulto de <i>V. amazonica</i> .....	69
Figura 26 - Corte transversal do cotilédone acicular.....	75
Figura 27 - Primeiro eofilo – Primeira folha da plântula de <i>Victoria amazonica</i> .....	76
Figura 28 - Primeiro eofilo – Primeira folha da plântula de <i>Victoria amazonica</i> . Corte transversal do limbo na região da nervura central.....	77
Figura 29 - Diagrama do corte transversal do pecíolo do terceiro eofilo e detalhe do corte transversal do limbo do terceiro eofilo.....	78
Figura 30 - Quinto eofilo de <i>Victoria amazonica</i> em seu ambiente natural de ocorrência, águas mistas....	79
Figura 31 - Anatomia do quinto eofilo de <i>Victoria amazonica</i> .....	80
Figura 32 - Metáfilo, orbicular peltada de <i>Victoria amazonica</i> - ambiente de águas mistas – Lago da Felicidade – proximidades de Manaus.....	81
Figura 33 - Eletromicrografia do metafílo adulto na região da nervura central.....	82
Figura 34 - Detalhe do aerênquima do metafílo adulto na região da nervura central.....	83
Figura 35 - Desenvolvimento da semente de <i>Victoria amazonica</i> .....	87
Figura 36 - Desenvolvimento da semente de <i>Victoria amazonica</i> . A. Diagrama da semente adulta; B. Detalhe da semente região hilar.....	88
Figura 37: Eletromicrografia da semente madura de <i>Victoria amazonica</i> - Embrião. EM-embrião, EM-endosperma, PE-perisperma ( cedida por: Jéssyca Pinho, 2010).....	89
Figura 38 - Desenvolvimento da semente de <i>Victoria amazonica</i> . Semente madura. A. Diagrama da semente; B. Detalhe da semente região hilar; C. Detalhe do endosperma. D. Detalhe da testa, tegmen e perisperma.....	90

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela I.</b> Tipos de Experimentos pilotos para germinação das sementes de <i>Victoria amazonica</i> (n=10).....	27
<b>Tabela II.</b> Tipos de tratamentos definitivos utilizados para germinação das sementes de <i>Victoria amazonica</i> (n=25).....	30
<b>Tabela III.</b> Valores médios dos dados de profundidade (m) e comprimento do pecíolo (m) de <i>Victoria amazonica</i> em três sítios amostrais de várzea e três de águas mistas.....	31
<b>Tabela IV.</b> Valores médios da altura do bordo e área foliar de <i>Victoria amazonica</i> nos três sítios de várzea (n=10) e nos três sítios de águas mistas.....	40
<b>Tabela V.</b> Valores médios dos canais de perfuração por cm <sup>2</sup> das folhas de <i>Victoria amazonica</i> com diâmetro superior a 1 m, nos três sítios de várzea e nos três sítios de águas mistas.....	41
<b>Tabela VI.</b> Total de emergências, plântulas e plantas jovens no experimento II, com três tratamentos, (n=25 sementes).....	44
<b>Tabela VII.</b> Composição química macro e micronutrientes da folha e flor de <i>Victoria amazonica</i> nos ambientes de Várzea e Águas mistas.....	96
<b>Tabela VIII.</b> Composição centesimal média e valor calórico das raízes e caule (rizoma) de <i>Victoria amazonica</i> em 100 gramas (matéria integral), comparando os ambientes de várzea e águas mistas. Valores obtidos por meio da média e desvio padrão de três repetições.....	98



## RESUMO

As áreas alagáveis Amazônicas são ecossistemas com alta biodiversidade e endemismos, divididos em Várzeas, de águas brancas e férteis, e Igapós de águas ácidas, pretas ou claras, e pobres, além de águas mistas a essas duas tipologias. Caracterizou-se morfológica e anatomicamente a estrutura foliar, a germinação e o ciclo de vida de *Victoria amazonica* (Poepp.) J.C. Sowerby, uma das poucas hidrófitas ocorrendo nas várzeas e águas mistas da região. Foram salientadas características das lâminas foliares e pecíolos, rizoma, sementes, flores, frutos e sementes, desde o início do desenvolvimento até a fase adulta. Foi avaliada também a influência das condições ambientais na composição química e crescimento da espécie. A germinação foi acompanhada em sementes submetidas a tratamentos com e sem escarificação, sob condições de controle, hipóxicas e no escuro. O ciclo de vida foi monitorado em campo e laboratório; material de plântulas, plantas jovens e adultas foi coletado em seis sítios amostrais nas proximidades de Manaus, e fixado em FAA 50. Foram feitas ilustrações de todo o material por meio de fotografias digitais e desenhos ao microscópio estereoscópico com câmara clara. No primeiro eofilo há uma camada semelhante ao parênquima paliçádico, no terceiro a quinto eofilo o parênquima paliçádico é biestratificado compacto e no metafílo é uniestratificado frouxo. O aerênquima está presente no mesofilo em todos os estágios de desenvolvimento do limbo foliar e a partir do terceiro eofilo verifica-se a presença das esclereides que fazem a sustentação da folha. A germinação é favorecida no escuro, em meio hipóxico, na água e tegumento raspado. A plântula apresenta um cotilédone muito reduzido, envolto pelo tegumento e em contato com o perisperma amiláceo, e outro acicular; o primeiro eofilo é deltóide-hastado. A raiz primária é abortiva, sendo formadas raízes adventícias a partir do décimo dia de desenvolvimento. Na plântula com doze dias observa-se o início do desenvolvimento do segundo eofilo. O caule, reduzido na fase muito jovem da planta, se desenvolve gradativamente nos estágios seguintes, formando o rizoma da planta adulta. Aos vinte dias de idade ocorre a formação de dois novos eofilos e do metafílo, de desenvolvimento ainda incipiente. O metafílo completamente expandido é uma folha de aproximadamente 2m de diâmetro, orbicular peltada, com bordo de até 12cm de altura e pecíolo com até 8m de comprimento, conforme a coluna de água. A sépala possui colênquima subepidérmico em ambas as faces, arestas de parênquima paliçádico, aerênquima com enormes lacunas de ar entremeadas por esclereides. A pétala e sépala são epiestomática. O fruto possui exocarpo uniestratificado, mesocarpo dividido em três regiões distintas, externo parenquimático, médio aerenquimatoso e interno esclerenquimático; o endocarpo é esclerenquimático e multiestratificado. O óvulo é anátropo, bitegumentado e crassinucelado. A semente possui testa multiestratificada lignificada, tégmen uniestratificado parenquimático. O endosperma é escasso, o perisperma é abundante e amiláceo. O ambiente de águas mistas mostrou-se pouco diferenciado das várzeas, o que se refletiu em uma composição química próxima para as plantas dos dois sistemas. Entretanto, por estarem atracados ao solo, os rizomas do ambiente de várzea possuem valor calórico três vezes superior àquele das águas mistas. Este aspecto e a presença de folhas maiores sugerem ser a várzea o ambiente mais favorável ao crescimento de *Victoria amazonica*.

## ABSTRACT

The Amazon floodplains are specific ecosystems with high biodiversity and endemism, divided in varzeas, white fertile waters, and Igapos with poor and acid waters, black or clear, and mixed waters between the two typologies. This study aimed to characterize morphologically and anatomically leaf structure, germination and life cycle of *Victoria amazonica* (Poepp.) JC Sowerby, one of the few hydrophytes occurring in varzea and mixed waters in the region. Were registered the characteristics of leaf blades and petioles, rhizomes, flowers, fruits and seeds from the beginning of development until mature phase. Additionally was evaluated the influence of environmental characteristics on the chemistry and growth of the species. Germination was monitored in seeds with and without scarification, in control and treatments with water low oxygen and in the dark. The life cycle was monitored in field and laboratory; material from seedlings, juvenile and adult plants was collected at six sampling sites near Manaus, and fixed in FAA 50. The illustrations were made by using digital photographic camera; photomicrography's and designs to stereoscopy microscope with clear camera. In the first eophyll there is a layer similar to the palisade parenchyma from the third to fifth eophyll the palisade parenchyma is compact and biestratificate metaphyll unistratified is loose. The aerenchyma is present in the mesophyll in all stages of development of leaf and from the third eophyll there is the presence of sclereids forming the support foil these places with so many gaps in the air. Germination is favored in the dark, in hypoxic conditions, in water and seed coat shaved. The seedling cotyledon has a very small, surrounded by the integument and in contact with the perisperm starchy, and other acicular, the first is eophyll deltoid-hastade. The primary root is aborted, occurring formation of adventitious roots from the tenth day of seedling development. Seedlings with twelve days already show the early development of the second eophylls. The stem, initially reduced in very young stage of the plant, gradually develops in the later stages, forming the rhizome of the mature plant. In the plant with twenty days of age there is the formation of two new eophylls and metaphyll. Metafile is a fully expanded leaf of approximately 2m in diameter, orbicular peltate, with the board up to 12 cm in height and petiole of up to 8m in length, depending on the water column. The sepal subepidermal collenchyma has two sides, edges of palisade parenchyma, aerenchyma with large air gaps interspersed with sclereids. The petals and sepals are epiestomatic. The fruit is unistratified exocarp, mesocarp divided into three distinct regions, parenchymatous outer, middle aerenchymatous and inner sclerenchymatous, and endocarp sclerenchymatous and multiestrat. The ovule is anatropous, and bitegmic crassinucellar. The seed has test lignified, tegmen unistratified parenchyma. The endosperm is scarce and the perisperm is abundant starch. The mixed water environment was not very different from the várzea which is reflected in a similar chemical composition of the plants of both systems. However, being attached to the ground, the rhizomes of the varzea environment have caloric value three times higher than that of mixed water. This and the presence of larger leaves suggest the varzea floodplain to be more favorable environment for growth of *Victoria amazonica*.

## SUMÁRIO

	Página
FICHA CATALOGRÁFICA .....	3
SINOPSE.....	3
DEDICATÓRIA.....	4
AGRADECIMENTOS .....	5
LISTA DE FIGURAS .....	6
LISTA DE TABELAS .....	8
RESUMO .....	9
ABSTRACT .....	10
INTRODUÇÃO.....	13
1.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE.....	15
1.2 <i>Victoria amazonica</i> (Poepp.) Sowerby .....	17
1.2.1 Sinonímias .....	17
1.2.2 Basiônimo.....	17
1.2.3 Hierarquia taxonômica - Família Nymphaeaceae .....	17
OBJETIVO GERAL.....	18
1.3. Objetivos específicos.....	18
2. ÁREA DE ESTUDO .....	19
3. PROCEDIMENTOS GERAIS DE COLETA.....	20
CAPÍTULO I.....	22
<i>Victoria amazonica</i> (Poepp.) Sowerby EM SEUS AMBIENTES NATURAIS DE OCORRÊNCIA: ECOLOGIA DA ESPÉCIE .....	22
3. <i>Victoria amazonica</i> (Poepp.) Sowerby EM SEUS AMBIENTES NATURAIS DE OCORRÊNCIA: ECOLOGIA DA ESPÉCIE .....	23
3.1. INTRODUÇÃO.....	23
3.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
CAPÍTULO II	
MORFOLOGIA DA GERMINAÇÃO E CICLO DE VIDA DE <i>Victoria amazonica</i> ..	37
4. MORFOLOGIA DA GERMINAÇÃO E CICLO DE VIDA .....	38
4.1. INTRODUÇÃO.....	38
4.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	40
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.3.1. Condições de germinação.....	43
4.3.2. Ciclo de vida.....	45
CAPÍTULO III .....	52
ANATOMIA DA RAIZ, CAULE, FLOR E FRUTO DE <i>Victoria amazonica</i> .....	52
5. ANATOMIA DA RAIZ, CAULE, FLOR E FRUTO DE <i>Victoria amazonica</i> .....	53
5.1 INTRODUÇÃO.....	53
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	54
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	56
5.3.1. Raiz primária .....	56
5.3.2. Raiz Adventícia.....	57
5.3.3. Caule jovem.....	58
5.3.4. Caule adulto – Rizoma .....	59
5.3.5. Anatomia da flor - sépala.....	62
5.3.6. Anatomia da Pétala.....	63
5.3.7. Anatomia do gineceu .....	63

5.3.7.1. Anatomia do ovário .....	63
5.3.7.2. Anatomia do estilete/estigma.....	64
5.3.8. Anatomia do Androceu.....	65
5.3.8.1. Estaminódio .....	65
5.3.8.2. Antera .....	66
5.3.8.3. Apêndice carpelar e paracarpelo.....	67
5.3.9. Anatomia do Fruto.....	68
CAPÍTULO IV .....	71
ESTRUTURA E ANATOMIA FOLIAR DE <i>Victoria amazonica</i> .....	71
6. ESTRUTURA E ANATOMIA FOLIAR DE <i>Victoria amazonica</i> .....	72
6.1. INTRODUÇÃO.....	72
6.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	74
6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	75
6.3.1. Cotilédone.....	75
6.3.2. Primeiro e segundo eofilos .....	76
6.3.2.1. Pecíolo .....	76
6.3.2.2. Limbo .....	76
6.3.3. Terceiro eofilo .....	77
6.3.3.1. Pecíolo .....	77
6.3.3.2. Limbo .....	78
6.3.4. Quinto eofilo.....	79
6.3.4.1. Morfologia do quinto eofilo .....	79
6.3.4.2. Anatomia do quinto eofilo.....	80
CAPÍTULO V .....	84
ANATOMIA DO DESENVOLVIMENTO DA SEMENTE DE <i>Victoria amazonica</i> ..	84
7. ANATOMIA DO DESENVOLVIMENTO DA SEMENTE DE <i>V. amazonica</i> .....	85
7.1. INTRODUÇÃO.....	85
7.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	86
7.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	86
7.3.1. Óvulo e semente em início de desenvolvimento .....	86
7.3.2. Semente em maturação e madura .....	88
CAPÍTULO VI .....	92
ANÁLISES QUÍMICAS DE DIFERENTES COMPARTIMENTOS DA PLANTA ...	92
8. ANÁLISES QUÍMICAS DE DIFERENTES COMPARTIMENTOS DA PLANTA .....	93
8.1. INTRODUÇÃO.....	93
8.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	94
8.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	96
8.3.1. Análises químicas – Folha e flor .....	96
8.3.2. Análises químicas - Raízes e rizomas.....	98
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	102
9.1 <i>Victoria amazonica</i> (Poepp.) Sowerby em seus ambientes naturais de ocorrência: Ecologia da espécie .....	103
9.2 Morfologia da germinação e ciclo de vida .....	104
9.3 Estrutura e anatomia foliar .....	105
9.4 Anatomia da flor.....	106
9.5 Anatomia do fruto.....	107
9.6 Anatomia do desenvolvimento da semente de <i>Victoria amazonica</i> .....	108
9.7 Análises químicas .....	108
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	110

## INTRODUÇÃO

A Amazônia está localizada ao norte da América do Sul, e aproximadamente 67% de sua área pertence ao Brasil, sendo o restante distribuído entre a Venezuela, Suriname, Guianas, Bolívia, Colômbia, Peru e Equador (Figura 1). Esta é a região de maior biodiversidade do mundo, mas há poucos estudos científicos com as espécies que a compõem. Muitas áreas da região nunca foram exploradas botanicamente e novas espécies para a ciência ainda estão sendo descobertas (Ribeiro *et al.*, 1999). Há uma enorme lacuna de estudos da história natural e ecologia de espécies, inclusive daquelas muito citadas.

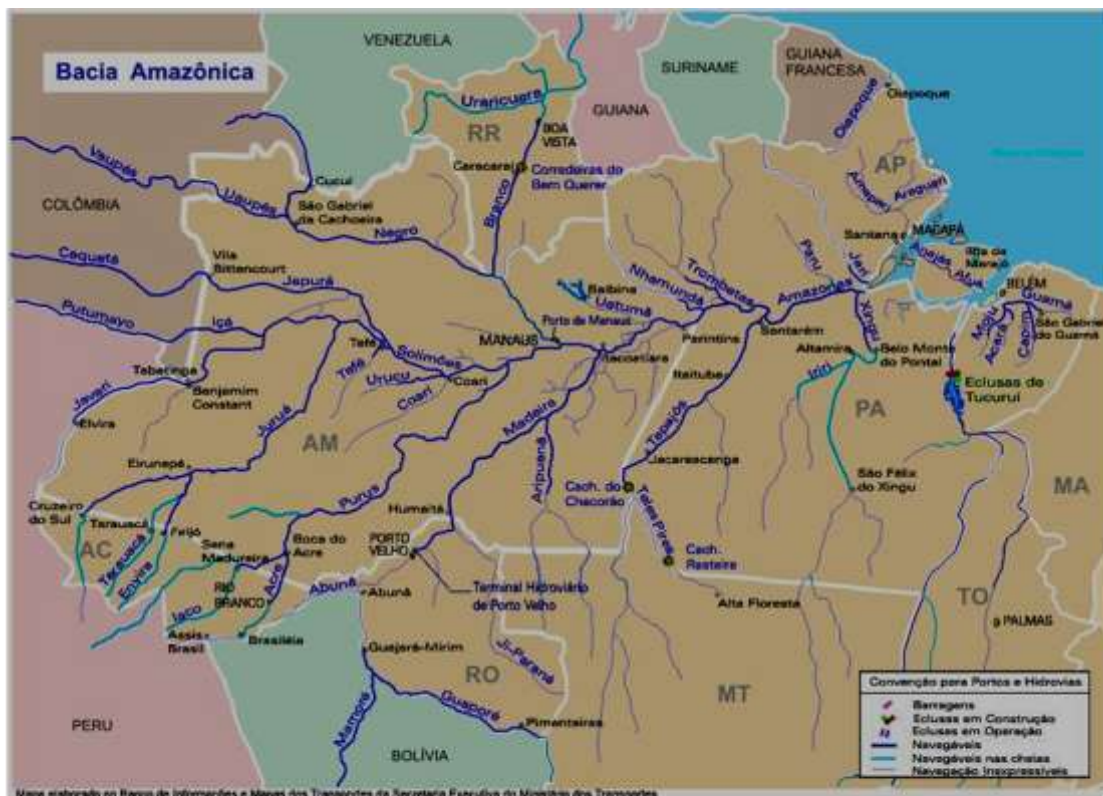


Figura 1: Mapa da Bacia Amazônica com os países que fazem parte da Floresta Amazônica e os principais rios que drenam a região. [www.infoescola.com](http://www.infoescola.com).

As formações vegetais na Amazônia são determinadas pelo clima e pelos fatores edáficos (Schubart, 1983). A variabilidade do solo e as condições

hidrológicas (Salati, 1983) determinam o aparecimento de coberturas vegetais distintas. Levantamentos revelam que 70% das formações vegetais são florestas de terra-firme e os 30% restantes são representados por diferentes formações caracterizadas pelas florestas alagáveis de várzea e de igapó, as campinas, as campinaranas, os campos de várzea, os campos de terra-firme, a vegetação de cerrado e os manguezais.(Braga, 1979).

Dentre essas formações vegetais amazônicas 6% são áreas alagáveis, onde 4% constituem as várzeas de águas barrentas e 2% os igapós de águas pretas ou claras (Prance, 1979; Junk, *et al.*, 1989). As áreas alagáveis dos grandes rios da Bacia Amazônica são ecossistemas específicos com alta biodiversidade e um grande número de plantas e animais endêmicos. Além disso, principalmente as várzeas do Rio Solimões-Amazonas e seus afluentes de água branca têm grande potencial produtivo para a pesca, agricultura, pecuária e para a silvicultura (Junk, 1998). Há aproximadamente 20% de coincidência entre a flora lenhosa da várzea e do igapó. Além da flora lenhosa, nas áreas inundáveis amazônicas encontram-se também as macrófitas aquáticas. Com o aumento da exploração dos recursos das áreas alagáveis pelo homem esses ambientes estão sendo impactados, colocando em risco sua flora e fauna residentes.

As várzeas do Amazonas/Solimões e grandes rios associados cobrem cerca de 200.000 Km<sup>2</sup> e as florestas de igapós correspondem a 100.000 Km<sup>2</sup> (Junk, 1993; Prance, 1979). Além das áreas alagáveis dos grandes rios, várias outras áreas, como baixios no interior das florestas e as regiões estuarinas são também áreas úmidas (“wetlands”), de forma que esta categoria perfaz, na verdade, cerca de 20% da Bacia Amazônica (Junk, 1993; Piedade *et al.*, 2001).

As várzeas de águas brancas ou barrentas áreas altamente produtivas e chamam a atenção pela fertilidade de seus solos e pela riqueza de macrófitas aquáticas. Já os igapós, de águas pretas e claras, possuem solos pobres em nutrientes e águas ácidas, apresentando menor riqueza de espécies de plantas herbáceas (Junk, 1993; Piedade *et al*, 2010). Dentre as espécies de plantas aquáticas, que ocorrem tanto nas várzeas quanto nos igapós, notadamente em áreas mistas entre os dois tipos de águas, destaca-se *Victoria amazonica* (Poepp) Sowerby (Nymphaeaceae), planta selecionada para a realização deste estudo (Rosa-Osman, 2005).

#### 1.1. Descrição da espécie

*Victoria amazonica* pertence à Família Nymphaeaceae Salisbury e possui importância ecológica, medicinal e alimentícia, sendo considerada uma das plantas mais interessantes do mundo, por sua beleza e peculiaridade das suas flores. Essa planta, provavelmente a mais conhecida da região amazônica no mundo, tem grande valor ornamental, sendo muito apreciada nas estufas da Europa e América do Norte. A espécie é cultivada nos Estados Unidos, na Inglaterra, e em Portugal, entre outros, sendo bastante divulgada nos jornais e revistas (Prance, 1974; Sculthorpe, 1985).

*Victoria amazonica* é uma planta herbácea aquática, fixa ao substrato, com folhas flutuantes (Figura 2), encontrada em águas calmas e com temperatura em torno de 26 a 30 °C, sendo originária da região equatorial da Bacia do Rio Amazonas (Pott e Pott, 2000).



Figura 2: Folhas flutuantes de *Victoria amazonica* no Lago da Felicidade (ambiente de águas mistas), nas proximidades de Manaus (Rosa-Osman, 2008).

Segundo Decker (1936), além da Amazônia esta espécie também ocorre no Pantanal e na Bacia do Paraguai. Em 1836 a planta foi descrita como *Euryale amazonica*, mas depois de quatorze anos houve mudança para o gênero *Victoria*. O nome do gênero *Victoria* foi atribuído por Lindley (1837) em homenagem à Rainha Victoria da Inglaterra (Hoehne 1948).

Popularmente, a planta é conhecida como “Vitória régia”, “Forno-d’água”, “Rainha-dos-lagos”, “Milho-d’água”, entre outros. A espécie possui grandes folhas orbiculares com bordos levantados em ângulo reto; flores grandes de até 33 cm de diâmetro, hemicíclicas; sementes elíptico-globulares; presença de muitos espinhos em toda planta, dificultando, por este fato, o manuseio, o que certamente limitou estudos sobre sua biologia e ecologia (Hoehne, 1948).

A folha de *Victoria amazonica* é considerada medicinal, como depurativa e cicatrizante. O suco serve para tingir o cabelo de preto e dar brilho. Serve também para o curtimento de peles e couros finos. A semente, do tamanho de



um grão de ervilha, é comestível, sendo rica em ferro e amido, estoura no calor e é saborosa, como pipoca, sendo também alimento de juritis e roedores. O rizoma e o pecíolo também são comestíveis (Hoehne, 1948; Pio Corrêa, 1952; Pott e Pott, 2000).

## 1.2 *Victoria amazonica* (Poepp.) Sowerby

■ *Victoria amazonica* (Poepp.) J.E. Sowerby. Annals and Magazine of Natural History, ser. 26:310. 1850.

### 1.2.1 Sinonímias

▶ *Euryale amazonica* Poeppi. Reise in Chile, Peru 2: 432. 1836.

▶ *Victoria regia* Lindley. Monog. 3. 1837.

### 1.2.2 Basiônimo

● *Euryale amazonica* Poepp. Reise in Chile, Peru 2: 432. 1836.

### 1.2.3 Hierarquia taxonômica - Família Nymphaeaceae

Segundo Cronquist (1981), a família está organizada na seguinte hierarquia taxonômica: Reino Plantae, Divisão Magnoliophyta, Subdivisão Magnoliophytina, Classe Magnoliopsida, Subclasse Magnoliidae, Ordem Nymphaeales, Família Nymphaeaceae Salisbury, Subfamília Nymphaeoidae, Gênero: *Victoria*, Epíteto específico - *amazonica* (Poepp.) J.E. Sowerby (CINB, 2003 - Art. 4.7 e 49).

Segundo APG II (2003), esta se enquadra na Ordem e Família de ancestrais divergentes, Dicotiledôneas com pólen monossulcado. Ordem Nymphaeales, Família Nymphaeaceae.

## OBJETIVO GERAL

Caracterizar o ciclo de vida de *Victoria amazonica*, desde o estágio de plântula até a fase adulta, descrevendo as modificações durante o processo de crescimento, bem como aquelas influenciadas pela fertilidade do ambiente de estabelecimento da planta (várzea = fertilidade elevada; águas mistas = baixa fertilidade).

### 1.3. Objetivos específicos

- Nos dois ambientes, várzea e águas mistas, fazer medições do diâmetro foliar, altura do bordo, comprimento do pecíolo, profundidade dos corpos de água, e testar a resistência das folhas adultas de *Victoria amazonica*, utilizando barras de diferentes pesos;

Descrever a anatomia da flor (pedúnculo, ovário, cálice, corola, gineceu e androceu) e do fruto de *Victoria amazonica*;

- Descrever o desenvolvimento da semente de *Victoria amazonica*, em quatro estágios de diferenciação, desde a fase de óvulo até a semente madura;

- Acompanhar a germinação e o desenvolvimento da plântula de *Victoria amazonica* e descrever a morfologia e anatomia de cada estágio, incluindo a raiz primária, raízes adventícias, caule jovem, cotilédones, eófilos e metafilos;

- Descrever a estrutura foliar em quatro diferentes estágios do desenvolvimento da planta, ilustrando em detalhe as epidermes foliares (aerênquima em

formação, estômatos, canais de perfuração, tricomas e esclereides), utilizando microscopia eletrônica de varredura;

- Fazer análises químicas do rizoma, flor e da folha de *Victoria amazonica*, para determinar seus conteúdos nutricionais, em cada ambiente de análise.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

As coletas foram realizadas em seis sítios amostrais, em um raio de 50 km ao redor do Município de Manaus, sendo três de várzea e três de águas mistas. As medidas das coordenadas foram feitas com um sistema de posicionamento global (GPS) (Figura 3). O acesso às áreas de coleta foi feito com canoa de alumínio e motor de popa. Para o deslocamentos dentro dos sítios amostrais foram utilizados remos e estacas de madeira.



Figura 3: Foto satélite dos ambientes de coleta nas proximidades de Manaus. Fonte: [william.aoki.blog.uol.com.br](http://william.aoki.blog.uol.com.br), [blog.educacional.com.br](http://blog.educacional.com.br).

O sítio amostral - 1 ambiente de várzea, água barrenta, está localizado no Lago Pirapora, braço do furo Xiborema nas coordenadas S 03° 09' 27.4" e W 059° 54' 33.4" nas proximidades de Manaus; o sítio amostral – 2 ambiente de várzea, localizado no Lago Amaniú (Km 2), Comunidade São Francisco, no Município Careiro da Várzea nas coordenadas S 03° 12' 26.2" e W 059° 52' 19.2"; o sítio amostral – 3 ambiente de várzea, localizado no Rio Curuçá (Km 10), no Município Careiro Castanho nas coordenadas S 03° 16' 35" e W 059° 51' 23.7"; sítio amostral – 4 ambiente de águas mistas, localizado no Lago Catalão nas coordenadas S 03° 11' 23.5" e W 059° 52' 07.0"; sítio amostral – 5 ambiente de águas mistas, localizado no Lago Catalão próximo ao flutuante do INPA nas coordenadas S 03° 09' 40.5" e W 059° 54' 23.3"; sítio amostral – 6 ambiente de águas mistas, localizado nas proximidades do encontro das águas (Rio Negro e Solimões) nas coordenadas S 03° 08' 26.5" e W 059° 53' 17.2".

### **3. PROCEDIMENTOS GERAIS DE COLETA**

São apresentados a seguir apenas os procedimentos gerais de coleta e procedimentos de tratamento de material. Os detalhes de coletas e procedimentos específicos serão apresentados nos capítulos temáticos.

Em cada ambiente foram coletadas porções das folhas de quatro estágios, desde plântula até planta adulta. As análises das folhas adultas não foram feitas, pois já foram analisadas por Rosa-Osman (2005)). Foram coletadas a região do bordo, mediana e central, quando houve; pecíolo na região proximal, mediana e distal para a realização dos cortes anatômicos. Também foram coletados flores, frutos, sementes, rizomas e plantas jovens de *Victoria amazonica*. O material botânico coletado em campo foi acondicionado

em bacias gerbox com um pouco de água para evitar a desidratação, colocados posteriormente em sacos plásticos umedecidos, e levado ao laboratório para fixação em FAA 50 (Johansen, 1940), realização de análises químicas, morfológicas e anatômicas, conforme será detalhado nos capítulos seguintes.

Do material fértil coletado foi herborizada uma porção da folha adulta e a flor, sendo esta seccionada longitudinalmente, ao meio, para facilitar a secagem na estufa, que se deu a 40° C. A exsicata foi depositada no Herbário do INPA (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – Manaus-Amazonas-Brasil) com o número de registro 215811.

## **CAPÍTULO I**

### ***Victoria amazonica* (Poepp.) Sowerby EM SEUS AMBIENTES NATURAIS DE OCORRÊNCIA: ECOLOGIA DA ESPÉCIE**

### **3. *Victoria amazonica* (Poepp.) Sowerby EM SEUS AMBIENTES NATURAIS DE OCORRÊNCIA: ECOLOGIA DA ESPÉCIE**

#### **3.1. INTRODUÇÃO**

Nas planícies de inundação do Amazonas, quatro importantes comunidades de plantas podem ser distinguidas: algas (fitoplâncton e perifiton), plantas herbáceas aquáticas, plantas herbáceas terrestres, e a floresta inundada. Esta distribuição da vegetação é influenciada por vários fatores como: a duração das fases aquática e terrestre, a estabilidade física do habitat, os processos de sedimentação e erosão, correntes e ação das ondas, processos sucessionais e impacto humano (Junk e Piedade, 1997).

A ocorrência da vegetação herbácea é fortemente relacionada às características nutricionais das planícies de inundação. Nas várzeas de rios de água branca, ricas em nutrientes, uma alta diversidade e densidade de plantas herbáceas é característica (Piedade e Junk, 2000). Nos igapós, associados aos rios de águas pretas e claras, nutricionalmente pobres, é escasso o número de plantas herbáceas, com exceção dos corpos de água onde a ação antropogênica tem elevado o status mineral. A ausência ou o pobre crescimento de plantas herbáceas é uma consequência da baixa quantidade de nutrientes e do baixo pH das águas e solos. Entre as poucas espécies crescendo nesse sistema encontra-se *Oryza glumaepatula* (*O. perennis*) e *Utricularia foliosa* (Junk e Piedade, 1997) e, também, se encontra a gigante *Victoria amazonica*, o que é atribuído ao fato de possuir rizoma e com isso poder armazenar substâncias necessárias à sua sobrevivência. A maioria das plantas herbáceas das planícies de inundação é r-estrategista, de crescimento

rápido, usualmente com mais do que um modo de reprodução, predominando a propagação vegetativa (Piedade e Junk, 2000). Para *Victoria amazonica* Rosa-Osman (2005) confirmou a presença de dois tipos de reprodução, sexuada através da germinação de sementes e assexuada pelo brotamento do rizoma, sendo que as plantas com maior vigor são aquelas provenientes da rebrota anual dos rizomas, possuindo maior diâmetro foliar, altura do bordo e comprimento do pecíolo.

Outro aspecto importante destacado por Rosa-Osman (2005) é que as plantas de *Victoria amazonica* medidas no igapó apresentaram maior área foliar e maior altura do bordo, que tiveram valores máximos de 3,95 m<sup>2</sup> e 12 cm, respectivamente. Embora aparentemente, os principais fatores responsáveis por essa variação entre os ambientes tenham sido a profundidade do Lago e o período de coleta, esses aspectos não ficam suficientemente esclarecidos para os ambientes com diferentes propriedades físico-químicas. Diante disso, este capítulo foi dirigido para detalhar a influência do tipo de ambiente inundável e sua profundidade, sobre o comprimento do pecíolo, a área e a resistência foliar, e a quantidade de canais de perfuração presentes no limbo de folhas de ambientes de várzea e de águas mistas, localizados nas proximidades de Manaus.

### 3.2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para analisar possíveis diferenciações morfológicas da planta conforme a tipologia da água foram selecionados seis sítios amostrais, como descrito no item “área de estudo”.



As coletas nesses ambientes foram feitas nos meses de abril à junho (enchente e cheia), nos quais foram feitas medidas do diâmetro de folhas adultas e altura do bordo ( $n=10$ ), em cada sítio amostral ( $n_t= 60$ ), com fita métrica. Para o cálculo da área foliar foi feito a multiplicação dos dois diâmetros obtidos. A profundidade do lago e o comprimento do pecíolo foram medidos com um profundímetro. Para a coleta do pecíolo foi utilizado um podão adaptado para uso subaquático (Figura 4).



Figura 4: Coletas e medições de diâmetros feitas nas folhas de *Victoria amazonica* no Lago da Felicidade – Ambiente de águas mistas (Rosa-Osman, 2005).

Para o teste de resistência e medida do peso que as folhas adultas suportam foram colocados litros pet cheios de água, embalagem plásticas de 2L, até o rompimento do limbo ou a sua submersão (figura 5); este teste foi realizado nos ambientes de várzea (Lago Pirapora) e águas mistas (Lago Catalão), com 10 folhas em cada um para comparação, totalizando 20 amostras. Finalmente foram calculados a média e o desvio padrão.

A estimativa da densidade dos canais de perfuração foi obtida através da contagem de 30 campos de  $1\text{ cm}^2$  em cada sítio amostral, sendo dez

campos em cada folha e três folhas em cada sítio, com auxílio de microscópio fotônico, calculando-se a média aritmética e o desvio padrão para cada ambiente.



Figura 5: Teste de resistência de peso sobre as folhas de *Victoria amazonica* até a submersão do limbo na água.

### 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

*Victoria amazonica* é uma herbácea aquática fixa no substrato, com folhas flutuantes, com comprimento do pecíolo variável, dependendo da profundidade no qual o estande esta atracado. Esse comprimento depende também da fase do ciclo hidrológico considerada, da inundação associada e da físico-química do ambiente considerado, várzea ou águas mistas. Dos seis sítios amostrais analisados neste estudo, três de várzea e três de águas mistas, os valores médios da profundidade e comprimento do pecíolo no

ambiente de várzea (sítios 1, 2 e 3) foram um pouco menores do que os valores médios dos sítios 4, 5, 6 correspondentes às águas mistas (Tabela I). Tais dados indicam que esses dois fatores não são influenciados pelas condições nutricionais dos ambientes, várzea ou águas mistas, mas sim, pela localização, níveis da água, data da coleta e fase do ciclo hidrológico.

**Tabela I.** Valores médios dos dados de profundidade (m) e comprimento do pecíolo (m) de *Victoria amazonica* em três sítios amostrais de várzea e três de águas mistas (n=10), em cada sítio, com desvio padrão.

	<b>Profundidade (m)</b>	<b>Comprimento do pecíolo (m)</b>
<b>Sítio-1-V</b>	X= 5,75 ( $\pm$ 0,39)	X= 6,85 ( $\pm$ 0,91)
<b>Sítio-2-V</b>	X= 2,24 ( $\pm$ 0,07)	X= 6,50 ( $\pm$ 0,46)
<b>Sítio-3-V</b>	X= 2,27 ( $\pm$ 0,09)	X= 3,87 ( $\pm$ 0,97)
<b>Sítio-4-AM</b>	X= 5,37 ( $\pm$ 0,37)	X= 6,43 ( $\pm$ 1,48)
<b>Sítio-5-AM</b>	X= 3,80 ( $\pm$ 0,43)	X= 5,78 ( $\pm$ 1,91)
<b>Sítio-6-AM</b>	X= 4,80 ( $\pm$ 0,34)	X= 6,24 ( $\pm$ 1,71)

V- Várzea, AM- Águas mistas.

Dentre os três locais de coleta no ambiente de várzea, o sítio-1 (Lago Pirapora) apresentou as maiores profundidades em coleta realizada 23/05/2007, com valor mínimo de 5,30 m e máximo de 6,02 m e média de 5,75 m. Por outro lado, no sítio-2 (Lago Amaniú), os valores de profundidade oscilaram de 2,10 a 2,32 m, X=2,24 m, coleta 26/04/2007. Já no Rio Curuçá, sítio-3, o valor mínimo foi de 2,10 m e máximo 2,35 m, com média 2,27 m, coleta realizada em 26/04/2007. Embora as datas das coletas tenham naturalmente influenciado os valores de profundidade encontrados, com maior

profundidade no sítio-1 em maio, próximo ao pico da inundação, as diferenças entre o sítio-1 em relação aos sítios-2 e 3 sugerem também a influência de diferenças topográficas entre esses locais.

Nos três sítios de águas mistas a profundidade mínima foi de 3,80 m, Lago Catalão, sítio-5, coleta realizada em 14/02/2008, e a máxima foi de 5,85 m no sítio-4, coleta realizada em 23/05/2007. Estes dados demonstram que os ambientes de águas mistas, independente da data de coleta, apresentaram valores médios de profundidade mais elevados do que os ambientes de várzea, sendo  $X = 4,65$  m e  $X = 3,42$  m, respectivamente.

O comprimento do pecíolo oscilou de 4,87 a 6,63 m, nos ambientes de águas mistas. A média geral foi de 5,74 m nos ambientes de várzea e 6,15 m nos ambientes de águas mistas. Quanto aos valores do pecíolo das folhas, nos ambientes de várzea o mínimo foi de 3,87 m e máximo 7,70 m, sendo que esse menor valor foi medido no Rio Curuçá, sítio-3, que apresenta forte correnteza durante todo o ano e não apresenta grande flutuação do nível das águas, permitindo que o tamanho do pecíolo seja inferior aos demais medidos, considerando que seu crescimento acompanha a aumento do nível da água, que pode oscilar até 8 m de amplitude. A partir do pico da inundação, que ocorre em junho, a planta não resiste às condições de alagação, sendo recoberta pela coluna de água. Após esta fase a rebrota irá ocorrer apenas na próxima época chuvosa, geralmente em novembro.

Segundo Prance e Arias (1975) a espécie tem ocorrência somente em ambientes de várzea, o que é atribuído pelos autores à exigência nutricional da espécie. Contudo, *Victoria amazonica* também é encontrada em locais de águas mistas, possivelmente devido à presença do rizoma com muitas

reservas amiláceas e outras que podem suprir a ausência de minerais atribuída às águas pretas e mistas. A fixação da planta ao solo se deve à presença do rizoma e de inúmeras raízes adventícias.

Em estudo prévio realizado em áreas alagáveis da Amazônia Central por Rosa-Osman (2005), a espécie foi encontrada em ambientes com discretas variações de pH. No Lago da Felicidade, ambiente de águas mistas, o pH foi mais ácido  $X= 6,22$ ; já no ambiente de várzea, Lago Catalão, o pH foi básico (7,38). Esses ambientes podem ser assim classificados como várzea (Sioli, 1984), embora o Lago da Felicidade mostre um pH mais ácido e compatível com as águas mistas.

A folha adulta de *Victoria amazonica* é simples, incompleta, orbicular peltada e plana, (Pio Corrêa, 1952), assemelhando-se a um disco, com diâmetro variável. No Lago Pirapora, sítio amostral-1, ambiente de várzea, onde as águas não apresentavam nenhuma turbulência houve um desenvolvimento maior das folhas de *Victoria amazonica* com valores da área foliar oscilando de 2,08 a 3,94 m<sup>2</sup>, com média de 3,27 m<sup>2</sup>. Apesar do sítio-3 de várzea ter apresentado uma área foliar reduzida com valor médio de apenas 1,54 m<sup>2</sup>, como tendência geral os três sítios de águas mistas (3, 4 e 5) apresentaram uma área foliar menor do que aquela dos ambientes de várzea (Tabela II). Possivelmente essas diferenças são devidas à maior riqueza de nutrientes encontrada nos ambientes de várzea, o que se reflete em maior quantidade de reservas energéticas nos rizomas das plantas de várzea, como será apresentado no Capítulo VI. Outro aspecto, importante relaciona-se a estabilidade e ausência de turbulência, como observado no sítio-1, o que favorece o desenvolvimento das folhas que tendem a ser menores nos locais

onde há grandes oscilações no nível da água, como verificado, por exemplo, no sítio-3, ambiente de várzea onde a correnteza é muito forte e a área foliar medida foi à menor encontrada. Iguais observações foram feitas com *Victoria amazonica* em outros ambientes de várzea da Amazônia Central por Rosa-Osman (2005)

**Tabela II.** Valores médios da altura do bordo e área foliar de *Victoria amazonica* nos três sítios de várzea e nos três sítios de águas mistas (n=10), em cada sítio, com desvio padrão.

	<b>Altura do bordo (cm)</b>	<b>Área foliar (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Sítio-1-V</b>	X= 5,90 (± 0,73)	X= 3,27 (± 0,64)
<b>Sítio-2-V</b>	X= 5,10 (± 0,99)	X= 1,89 (± 0,38)
<b>Sítio-3-V</b>	X= 3,31 (± 0,71)	X= 1,54 (± 0,36)
<b>Sítio-4-AM</b>	X= 7,90 (± 1,19)	X= 2,25 (± 0,32)
<b>Sítio-5-AM</b>	X= 3,90 (± 1,52)	X= 1,64 (± 0,41)
<b>Sítio-6-AM</b>	X=7,08 (± 2,77)	X= 2,24 (± 1,22)

V- Várzea, AM- águas mistas.

O bordo protege a folha contra a entrada de água na superfície superior. A altura do bordo varia muito de folha para folha com valor mínimo encontrado de 1 cm e máximo de 10 cm. Na comparação dos ambientes verificou-se que a média global foi de 4,77 cm para os ambientes de várzea e 6,29 cm para os ambientes de águas mistas, demonstrando que a condição nutricional do ambiente não está influenciando a altura do bordo, indicando que outros fatores possam estar relacionados, como, por exemplo, a área disponível para expansão lateral das plantas. Outro aspecto importante é a movimentação da água. De acordo com Rosa-Osman (2005), áreas com maior turbulência

tendem a ter folhas com bordo maior do que áreas mais calmas, sugerindo que o desenvolvimento de maior bordo foliar seja uma adaptação da folha à oscilação da água, confirmando o caráter de proteção do bordo evitando a deposição de água na superfície da folha, o que pode levar o apodrecimento precoce do limbo.

O número de canais de perfuração oscilou entre 3 e 15 por  $\text{cm}^2$ , sendo que, a maior média foi no sítio-5, Lago Catalão  $X= 10,4/\text{cm}^2$  e a menor no sítio-1  $X= 7,33/\text{cm}^2$  (Tabela III). Na comparação dos ambientes a média global dos sítios de águas mistas foi de  $8,98/\text{cm}^2$ , maior do que dos sítios de várzea que foi de  $7,78$  canais/ $\text{cm}^2$ . Os dados obtidos mostram que a quantidade de canais está diretamente relacionada com o tamanho da folha, indicando a relação: que maiores áreas foliares tendem a apresentar um maior número de canais.

**Tabela III.** Valores médios dos canais de perfuração por  $\text{cm}^2$  das folhas de *Victoria amazonica* com diâmetro superior a 1 m, nos três sítios de várzea e nos três sítios de águas mistas (n=30), em cada sítio com 10 campos em cada folha, com desvio padrão.

	<b>Canais de perfuração/ <math>\text{cm}^2</math></b>
<b>Sítio-1-V</b>	$X= 7,33 (\pm 1,42)$
<b>Sítio-2-V</b>	$X= 6,80 (\pm 1,76)$
<b>Sítio-3-V</b>	$X= 9,23 (\pm 2,26)$
<b>Sítio-4-AM</b>	$X= 7,60 (\pm 1,54)$
<b>Sítio-5-AM</b>	$X= 10,4 (\pm 2,93)$
<b>Sítio-6-AM</b>	$X= 9,30 (\pm 2,77)$

V- Várzea, AM- Águas mistas.

Gessner (1969) descreveu os canais presentes nas folhas de *Victoria amazonica*. Segundo esse autor, as folhas jovens de 6 a 30 cm de diâmetro possuem 5 canais por cm<sup>2</sup> e as folhas acima de 1m de diâmetro possuem 11 canais por cm<sup>2</sup>. O autor afirma também que esses canais propiciam o crescimento da folha no decorrer do aumento do nível da água na época chuvosa. Estes canais iniciam seu desenvolvimento no mesofilo da folha jovem, mediante um processo de morte celular programada, tornando-se completamente diferenciados na folha adulta.

Esses pequenos canais são estruturas auxiliares de extrema importância para propiciar o crescimento da planta no meio aquático, pois permitem que a água residual da lâmina foliar seja removida das folhas adultas, o que é facilitado pelas robustas nervuras que permitem que o limbo fique acima da superfície da água, favorecendo o escoamento (Rosa-Osman, 2005).

As grandes folhas de *Victoria amazonica* são utilizadas por muitas espécies animais. Um dos mais peculiares, e certamente o mais barulhento, é o jacanã (Goulding, 1997). O jacanã possui dedos extremamente longos, o que permite distribuir o peso do seu corpo de maneira a poder correr na superfície da água e andar sobre as folhas, bem como, eventualmente, fazer seus ninhos em cima delas.

Pio Corrêa (1952) cita a folha como sendo bastante espessa, com grande resistência na água graças as suas nervuras, que estão cheias de ar e de gases. O autor salienta também que sobre as folhas adultas muitas aves grandes caçam insetos, já que estas podem suportar pesos consideráveis, de até 45 quilos.



Os ensaios realizados neste estudo para determinar a resistência de peso pelo limbo foliar de *Victoria amazonica* mostraram que a média do ambiente de várzea foi de 37,9 Kg ( $\pm 15,18$ ), enquanto que no ambiente de águas mistas a média foi de 25,3 Kg ( $\pm 9,32$ ). No ambiente de várzea o valor mínimo foi de 12 Kg e o máximo de 55 Kg, já no ambiente de águas mistas o mínimo foi de 6 Kg e máximo de 40 Kg. A partir de 6 Kg já começa a entrar água pelas fendas do bordo e por eventuais buracos no limbo. Se houver algum furo na folha ela afunda mais rapidamente, pois com o peso e a pressão da folha em direção a superfície da água, o limbo passa a ser inundado. A água nunca retorna para a superfície do limbo pelos canais de perfurações (Figura 6). Se o peso aplicado for bem distribuído e não levar ao rompimento do limbo, após sua retirada a folha retorna normalmente para a superfície. Entretanto, se um objeto pesado for colocado sobre a folha de uma só vez, o limbo se rompe e afunda imediatamente.

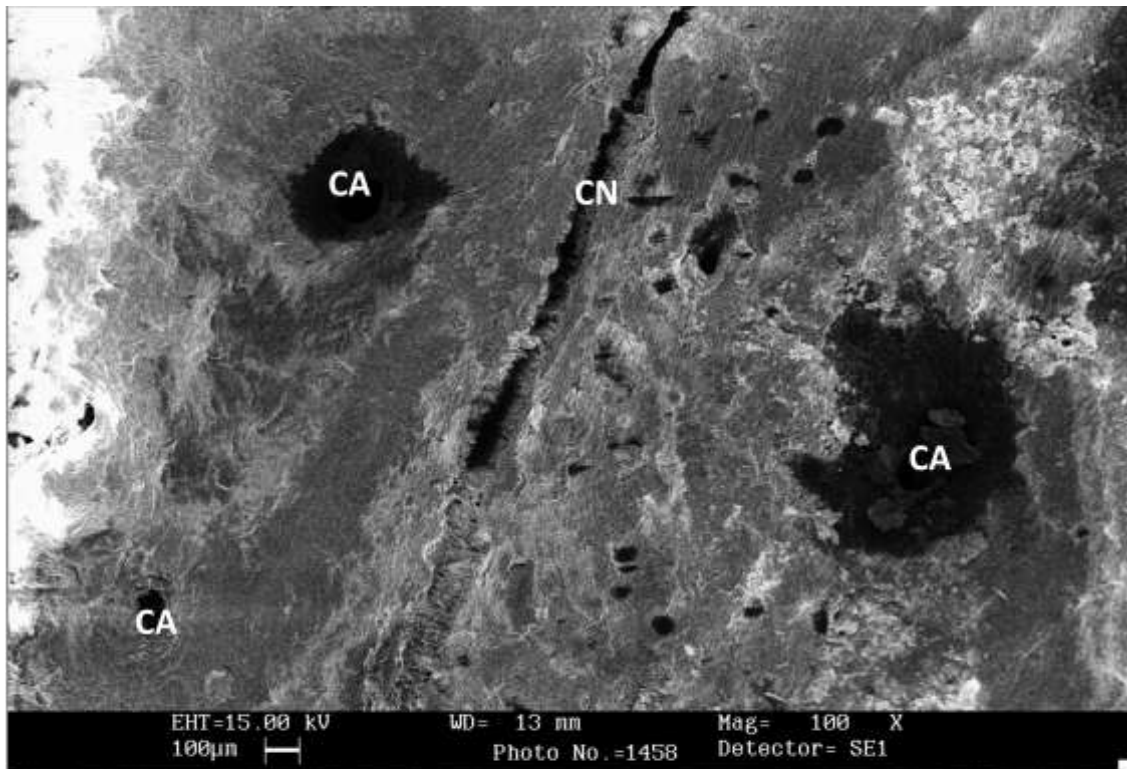


Figura 6: Eletromicrografia da face superior da folha adulta de *Victoria amazonica*, evidenciando os canais de perfuração e a canaleta. CA-canalets de perfuração, CN-canaleta.

Estes dados demonstram que as grandes folhas de *Victoria amazonica* são muito resistentes e eficientes no ambiente aquático, proporcionando aos animais do local um grandioso suporte para descanso e relaxamento ao ar livre (Figura 7). Nesse contexto verificou-se também que no ambiente de várzea as folhas apresentaram maior resistência do que as do ambiente de águas mistas, provando que a riqueza de nutrientes pode ser de extrema importância para essa qualidade das folhas.

Do ponto de vista ecológico a folha adulta de *Victoria amazonica* mostra um conjunto de adaptações excepcional à flutuação no ambiente aquático, que propicia à planta o sucesso na colonização dos ambientes alagáveis amazônicos, com um limbo foliar de proporções únicas. A linha central de escoamento permite a remoção de grandes quantidades de água de cima da folha (Figura 7).



Figura 7: Folha de *Victoria amazonica* no Lago Catalão, ambiente de águas mistas, com um jacaré sobre a folha (Rosa-Osman, 2009).

As amplas e altas nervuras, juntamente com tricomas impermeabilizadores da superfície inferior da folha (Figura 8), impedem o contato direto desta superfície com o meio aquático utilizado para a flutuação, facilitando o escoamento da água residual, evitando, assim o apodrecimento precoce do limbo (Rosa-Osman, 2005).

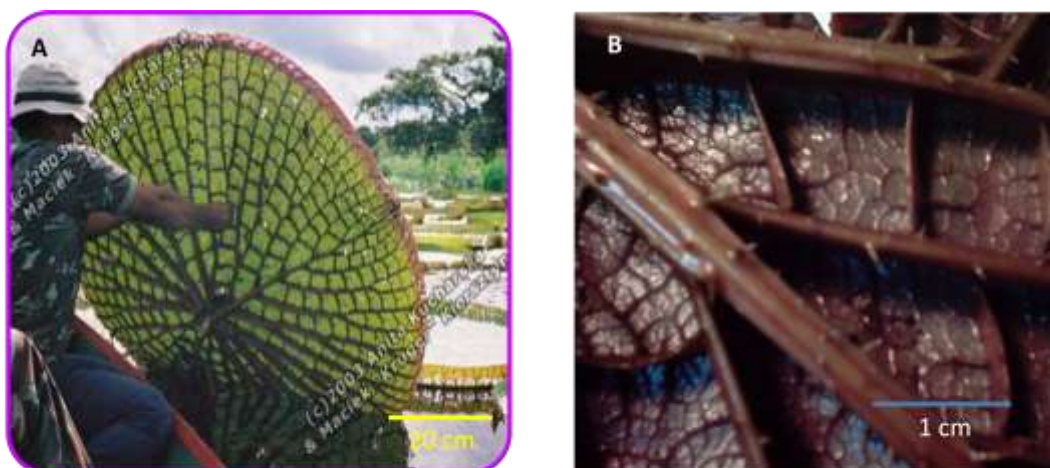


Figura 8: Estruturas de adaptação. A e B- Limbo foliar com nervuras exuberantes, espinhos e tricomas impermeabilizantes.

Sabe-se que as plantas desenvolvem uma espessa camada cerosa, a cutícula e que a sua presença pode ter um papel significativo na fotoproteção. Existem evidências da importância da cutícula na determinação quantitativa e qualitativa da radiação que chega ao mesofilo (Oliveira, 2005). Por se tratar de uma camada brilhante e refletora, atua também na proteção contra o excesso de luminosidade ou radiação solar (Alquini *et al.*, 2003).

Para *Victoria amazonica* a ocorrência de cera foi mais evidente na epiderme inferior da folha que fica em contato direto com a água, na face superior também ocorre cera, mas está é apresentada numa camada bem mais delgada, enquanto que, na face inferior a camada é bem mais espessa (Figura 9).

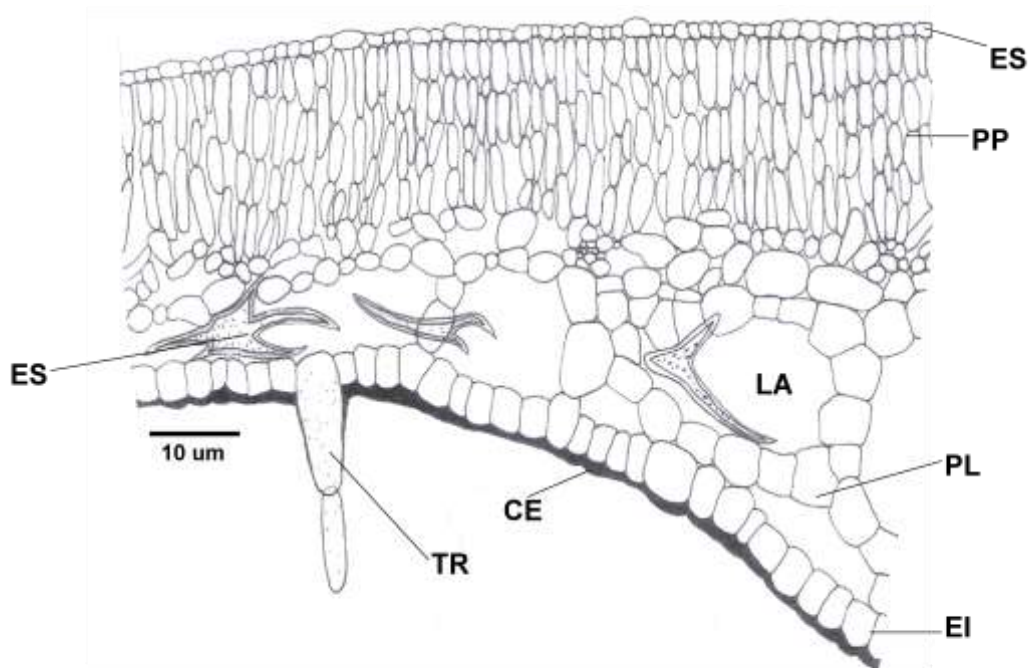


Figura 9: Corte transversal da folha adulta na região central próximo a nervura principal. CE- cera, ES-epiderme superior, EI-epiderme inferior, PP-parênquima paliádico, PL-parênquima lacunoso, ES-esclerite, TR-tricoma pluricelular, LÁ- lacuna.

CAPÍTULO II

**MORFOLOGIA DA GERMINAÇÃO E CICLO DE VIDA DE *Victoria amazonica***

## **4. MORFOLOGIA DA GERMINAÇÃO E CICLO DE VIDA DE**

### ***Victoria amazonica***

#### **4.1. INTRODUÇÃO**

Uma das etapas cruciais no desenvolvimento de uma espécie é a germinação das sementes (Bello, 2005). Por outro lado, o conhecimento dos processos germinativos é fundamental para a manipulação de espécies de plantas, seja para propósitos econômicos, ecológicos ou conservacionistas. Entretanto, especialmente para as espécies nativas da Amazônia ainda é muito grande a carência de estudos de germinação de sementes, fisiologia e ecologia.

A água, o oxigênio, a temperatura e a luz são condições básicas requeridas para a germinação das sementes (Fowler e Bianchetti, 2000). Portanto, conhecer como esses fatores ambientais influenciam a germinação é muito importante. A germinação de sementes maduras, quando ocorre sob condições ambientais adequadas, é entendida como sendo o processo de reativação do crescimento do embrião, chegando ao ponto mais elevado, isto é o rompimento do tegumento, liberação da radícula e posterior formação da plântula (Fowler e Bianchetti, 2000).

Algumas sementes possuem dormência, que é um dos principais problemas para produção de mudas de muitas espécies, notadamente aquelas de interesse florestal. A dormência de sementes é um processo caracterizado pelo atraso da germinação, quando as sementes, mesmo em condições ambientais favoráveis (umidade, temperatura, luz e oxigênio), não germinam.

Esse fenômeno pode durar poucos dias ou até meses, e se estender por vários anos (Cicero *et al.*, 1986). Portanto, quando se depara com este fenômeno há necessidade de se conhecer como as espécies superam o estado de dormência, para que através dele seja possível buscar alternativas para uma germinação rápida e homogênea.

Segundo Rolston (1978) citado por (Nascimento *et al.*; 2003) a impermeabilidade do tegumento à água é o mecanismo mais comum de dormência de sementes em leguminosas tropicais. Os tratamentos escarificadores mecânicos e químicos nas sementes favoreceram a superação da dormência quando comparados a sementes sem tratamento. As sementes de *Victoria amazonica* possuem tegumentos resistentes, necessitando de escarificação para uma germinação mais acelerada (Rosa-Osman, 2005).

Segundo Rosa-Osman (2005), a germinação de *Victoria amazonica* ocorre em condições hipóxicas e no escuro, com apenas 4,7% de oxigênio dissolvido. Essas condições correspondem à germinação em ambiente natural, onde as sementes, depois de serem disseminadas pela água e terem o arilo que as mantém flutuando desintegrado, afundam, e se as condições de água forem favoráveis, germinam. Se no momento da germinação das sementes, o local estiver seco elas permanecem em dormência até a cheia dos rios para germinarem e formarem a planta adulta que é fixa no substrato, com folhas flutuantes.

Este estudo apresenta o ciclo de vida de *Victoria amazonica* através de séries de ilustrações morfológicas. O acompanhamento foi feito desde a fase germinativa, para cujo estudo foram realizados vários experimentos e tratamentos. As plântulas formadas foram também descritas e as demais fases

de desenvolvimento foram monitoradas por meio de coletas de campo.

## 4.2. MATERIAL E MÉTODOS

As sementes coletadas no campo foram acondicionadas em frascos plásticos e encaminhadas ao laboratório de Ecofisiologia do Projeto INPA/Max-Planck, INPA, Manaus. No laboratório, as sementes foram acondicionadas em potes fechados com água em condições de hipóxia e no escuro para posteriores tratamentos de germinação. Para testar as melhores condições de germinação de *Victoria amazonica* foram realizados inicialmente dez tipos de tratamentos (T) com dez sementes em cada um, confrontando oscilações de claro ou escuro, água ou substrato, presença ou ausência de oxigênio, sendo eles (Tabela IV).

**Tabela IV.** Tipos de Experimentos pilotos para germinação das sementes de *Victoria amazonica* (n=10).

---

### Tratamentos (T)

---

- T<sub>1</sub> – Claro + água + oxigênio (realizado com bombas de aquário)
- T<sub>2</sub> – Escuro + água + oxigênio (recipiente coberto com papel alumínio)
- T<sub>3</sub> – Claro + água
- T<sub>4</sub> – Escuro + água
- T<sub>5</sub> – Claro + substrato
- T<sub>6</sub> – Escuro + substrato
- T<sub>7</sub> – Claro + água – sem O<sub>2</sub>
- T<sub>8</sub> – Escuro + água – sem O<sub>2</sub>
- T<sub>9</sub> – Claro + substrato + água + tegumento raspado na região do hilo
- T<sub>10</sub> – Escuro + substrato + água + tegumento raspado na região do hilo



-----

Após estes experimentos pilotos, nos quais as observações foram realizadas por um período de 90 dias, foram definidas as melhores condições para germinação das sementes. Diante disso, um novo experimento foi feito com os tratamentos mais adequados, tendo sido também aprimorados outros tratamentos, por exemplo, com a presença ou não de arilo na semente. Segue abaixo a descrição dos demais tratamentos realizados (Tabela V).

**Tabela V.** Tipos de tratamentos definitivos utilizados para germinação das sementes de *Victoria amazonica* (n=25).

---

**Tratamentos (T)**

---

- T<sub>11</sub> – Escuro + substrato + água + tegumento raspado + sem arilo;
  - T<sub>12</sub> – Escuro + substrato + água + sem arilo;
  - T<sub>13</sub> – Escuro + substrato + água + com arilo na semente;
- 

No último grupo de tratamentos as sementes, em 25 repetições por tratamento, foram acompanhadas por um período de 40 dias, até que cessou a germinação. Para os tratamentos de escuro foram utilizados papel alumínio para vedar o recipiente, foi utilizada água destilada e como substrato terra de várzea. Para raspar o tegumento na região do hilo da semente foi utilizado estilete. As observações da germinação foram feitas todos os dias e os resultados anotados.

O ciclo de vida de *Victoria amazonica* foi estabelecido e documentado combinando acompanhamento e coleta de plantas no campo e tratamentos de germinação, conforme descrito no início deste tópico. As coletas de campo

para documentar o ciclo de vida foram feitas a partir do mês de novembro, quando começa a época chuvosa e ocorre a rebrota e germinação.

Plântula foi considerada a fase que abrange o vegetal desde a germinação consumada da semente até a formação da primeira folha ou eofilo. Após esta fase, o estágio seguinte é o “tirodendro”, que compreende o final do desenvolvimento do primeiro eofilo da plântula até o momento em que aparecem os primeiros metafílos (Souza 2003). A terminologia adotada para o estudo morfológico da plântula e “tirodendro” foi baseada em Souza *et al.* (2009).

As plântulas utilizadas para descrição do ciclo de vida foram resultantes dos experimentos de germinação. Dez dias após a germinação as plântulas foram transferidas para tanques com água e substrato de várzea e também para um aquário de 30 L para completar seu desenvolvimento (Figura 10). Das plântulas, plantas jovens e adultas de *Victoria amazonica*, foram descritas morfo-anatomicamente as folhas, cotilédones e folhas juvenis de formato deltóide-hastada, lanceolada até a orbicular-peltada.



Figura 10: Aquário de 30 L utilizado para o desenvolvimento das plântulas de *Victoria amazonica* após retirada do tratamento de germinação.

### 4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.3.1. Condições de germinação

No primeiro experimento realizado para testar a germinação das sementes de *Victoria amazonica* (experimento piloto, T<sub>1</sub> a T<sub>10</sub>, 10 sementes por tratamento) somente o T<sub>10</sub> apresentou germinação nos 90 dias de observação. Esse tratamento correspondeu às seguintes variáveis; escuro, substrato de várzea, água, tegumento raspado. Nos demais tratamentos em presença de luz, oxigênio, com e sem substrato, não se observou germinação. Outro tratamento no qual a germinação mostrou sucesso relativo foi substrato de várzea, água, tegumento raspado na região do hilo e sem iluminação, entretanto, nesse tratamento a infestação por fungos ao redor das sementes prejudicou a germinação e o estabelecimento das plantas jovens.

No segundo experimento foram acompanhados três tratamentos (T<sub>11</sub>, T<sub>12</sub> e T<sub>13</sub>), todos com variáveis de escuro, substrato e água, acrescentando tegumento raspado no T<sub>11</sub> e mantendo o arilo no T<sub>13</sub>. O tratamento que

mostrou maior sucesso germinativo também foi aquele no qual o tegumento foi raspado, que mostrou um número de sementes cerca de três vezes maior do que nos demais tratamentos, ainda que, também neste, tenha sido observada uma maior propensão à contaminação por fungos, o que, contudo, não reduziu a germinação nem a taxa de formação de plântulas e plantas jovens (Tabela VI).

Um dos empecilhos para a obtenção experimental da germinação das sementes de *Victoria amazonica* é que o tempo de dormência imposta pelos tegumentos e arilo da semente é muito longo, não permitindo assim fazer análises estatísticas dos dados, o que exigiria um acompanhamento da germinação muito longo e um número de sementes para realizar os experimentos superior àquele obtido durante as coletas nos ambientes de estudo. Também foi observado que muitas das sementes que não germinaram apresentavam embriões inviáveis.

**Tabela VI.** Total de emergências, plântulas e plantas jovens no experimento II, com três tratamentos, (n=25 sementes).

	<b>T<sub>11</sub></b>	<b>T<sub>12</sub></b>	<b>T<sub>13</sub></b>
<b>EMERGÊNCIAS</b>	<b>15</b>	<b>05</b>	<b>07</b>
<b>PLÂNTULAS</b>	<b>15</b>	<b>05</b>	<b>07</b>
<b>PLANTAS JOVENS</b>	<b>08</b>	<b>03</b>	<b>04</b>
<b>TEMPO (DIAS)</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>

Para Ferreira e Borghetti (2004), além de serem recalcitrantes, as sementes de *Victoria amazonica* também são dormentes, pois possuem arilo com substâncias inibidoras e tegumento resistente. Ferraz e Sampaio (1996)

afirmam que é possível uma semente ser recalcitrante e dormente ao mesmo tempo, dependendo das condições ideais necessárias para seu estabelecimento.

A maioria das plântulas transferidas ou para os tanques com sombrite ou para aquário permaneceu apenas 30 dias nessa condição, morrendo após esse período. Isso provavelmente se deve à redução no aporte de nutrientes do meio, e ao fato de que muitas plântulas foram atacadas por fitófagos, que ingeriram o limbo, o que fragilizou as plantas e culminou com sua morte. Aquelas que conseguiram chegar até a fase de planta jovem se desenvolveram até o quinto eofilo.

Após o estágio de plântula ocorre a formação de diversas outras formas de eofilos e metafilos até a planta chegar à fase adulta, caracterizada pelas folhas orbiculares. *Victoria amazonica* apresenta heterofilia no seu desenvolvimento, com a seguinte sequência morfológica das folhas: folha acicular, lanceolado-hastada, deltoide-hastada, peltada e orbicular (Gwynne-Vaughan, 1897; Hoehne, 1948; Sculthorpe, 1985, Rosa-Osman, 2005).

#### 4.3.2. Ciclo de vida

O ciclo de vida de *Victoria amazonica* foi acompanhado concomitantemente com a germinação das sementes, onde cada fase morfológica desde a emergência até a planta jovem foi analisada e ilustrada, assim que esse material era retirado dos experimentos.

Segundo Rosa-Osman (2005), a plântula possui inicialmente uma raiz primária pequena que rapidamente se atrofia, dando lugar ao desenvolvimento de raízes adventícias. O cotilédone tem forma aciculada, é aclorofilado, e se

curva e seca quando ocorre o surgimento por completo da primeira folha (eofilo). Apesar de o embrião apresentar dois cotilédones, somente um se desenvolve na plântula. A germinação é considerada hipógea, pois não tem hipocótilo, com um cotilédone sem reserva, unipolar (Figura 11).

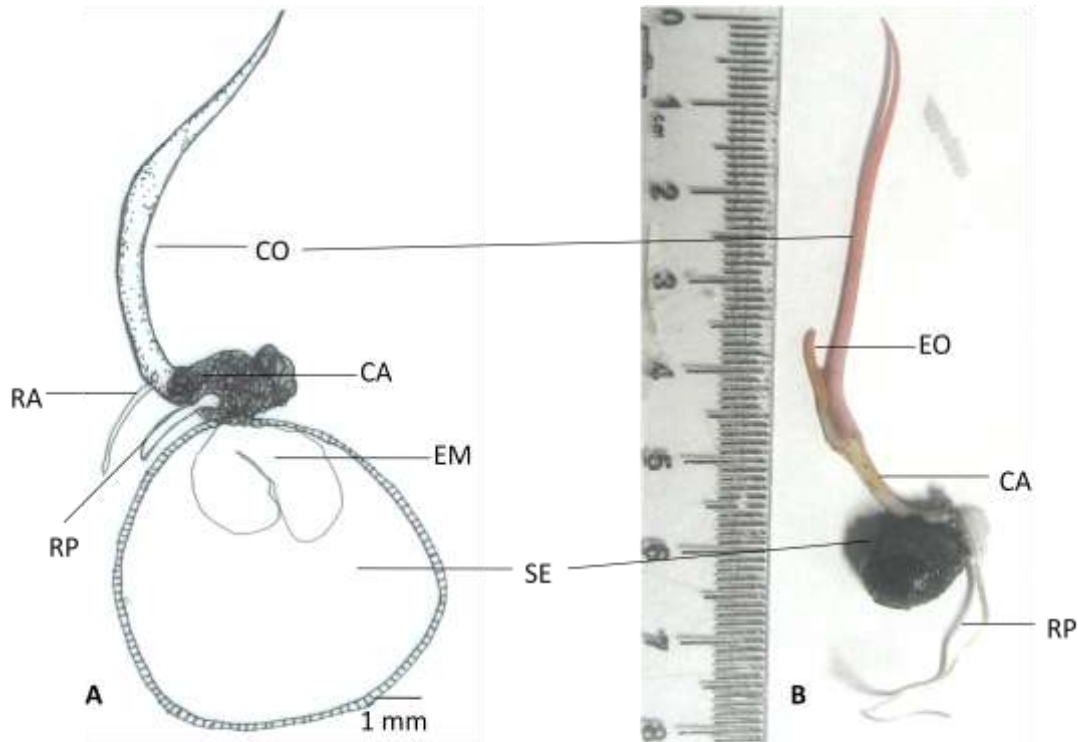


Figura 11: Ciclo de vida de *Victoria amazonica*. A. Corte longitudinal mediano da plântula com dois dias após germinação; B. Plântula com dois dias após germinação; CA-caule, CO-cotilédone, EM-embrião + endosperma, EO-eofilo, RA-raízes adventícias, RP-raiz primária, SE-semente (perisperma + embrião + tegumentos) (Rosa-Osman, 2008).

Segundo Gwynne-Vaughan (1897) somente o gênero *Nelumbium* da Família Nymphaeaceae não apresenta a primeira folha acicular e, de maneira errônea, a autora considera o cotilédone como primeira folha.

Após dois dias de vida, a plântula apresenta a raiz primária, o caule cilíndrico que emerge da semente e sob ele o cotilédone acicular e o primeiro eofilo ainda aderido ao cotilédone (Figura 11 B e 12 A). No quinto dia após germinação, ocorre desenvolvimento da raiz primária e do cotilédone, o eofilo se desprende tornando-se totalmente desenvolvido na planta com dez dias de vida. Nessa fase, a plântula também apresenta raízes adventícias originárias

da base do primeiro eofilo, permanecendo, ainda, com a raiz primária, o caule, o cotilédone que começa a se curvar e o início do desenvolvimento do segundo eofilo da planta (Figura 12).

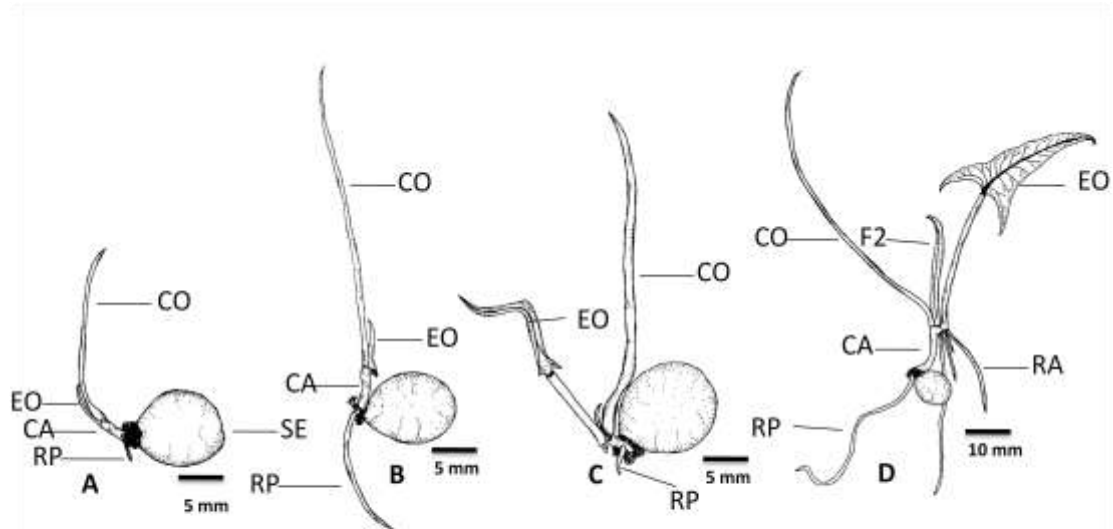


Figura 12: Ciclo de vida de *Victoria amazonica*. A. Plântula com dois dias após germinação; B. Plântula cinco dias após germinação; C. Plântula sete dias após germinação; D. Planta jovem dez dias após germinação. CA-caule, CO-cotilédone, EO-primeiro eofilo, F2-segundo eofilo, RA-raízes adventícias, RP-raiz primária, SE-semente (Rosa-Osman, 2008).

O primeiro eofilo tem forma lanceolado-hastada, com base sagitada e ápice acuminado. Quando ocorre a total formação do primeiro eofilo, verifica-se a presença de raízes adventícias que se mantêm por toda a vida da planta, servindo como estruturas de fixação da planta ao substrato (Rosa-Osman, 2005).

No décimo segundo dia de desenvolvimento, a planta jovem de *Victoria amazonica* se apresenta com uma grande quantidade de raízes adventícias, com origem na base das folhas jovens, que já fazem a fixação da planta ao substrato. A raiz principal ainda permanece nessa fase, porém, logo esta perderá sua função, atrofiando-se. O caule permanece e nos estágios seguintes começa a se desenvolver e formar o rizoma que estará presente na

planta adulta. A gema apical surge nesse estágio e prevalecerá em todo o restante do ciclo permitindo o surgimento das folhas jovens (Figura 13).

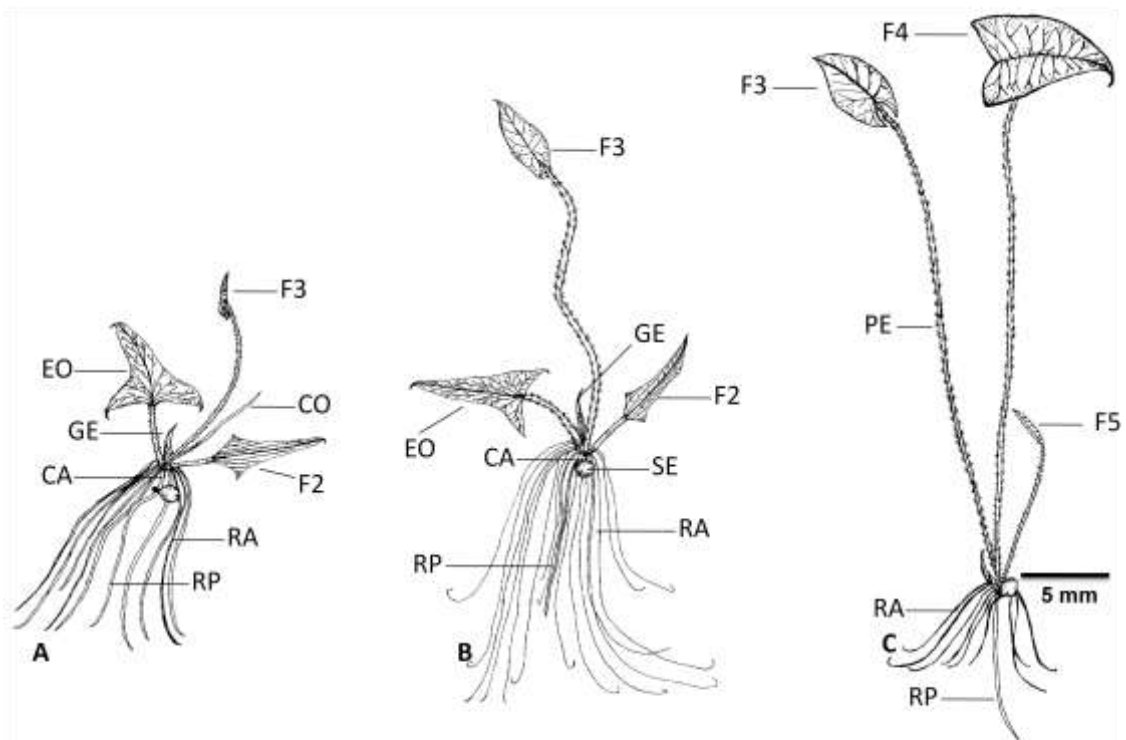


Figura 13: Ciclo de vida de *Victoria amazonica*. A. Planta jovem com doze dias após germinação; B. Planta jovem quatorze dias após germinação; C. Planta jovem vinte dias após a germinação. CA-caule, CO-cotilédone, EO-primeiro eofilo, F2-segundo eofilo, F3-terceiro eofilo, F4-quinto eofilo, F5-primeiro metafile, GE-Gema apical, PE-Peciolo, RA-raízes adventícias, RP-raiz primária, SE-semente (Rosa-Osman, 2008).

O segundo eofilo deltoide-hastado inicia sua formação no décimo dia após a germinação e no décimo segundo dia já está totalmente formado e distendido, apresentando um pecíolo curto sem espinhos, base cuneada e ápice acuminado, com estriações paralelas, enquanto que o primeiro eofilo possui pecíolo com espinhos frágeis e estrias reticuladas no limbo. O terceiro eofilo possui pecíolo longo com espinhos, base cordada, ápice acuminado, estrias reticuladas, sua formação na planta tem início aos doze dias, continuando até o vigésimo dia. A partir desse momento começará uma nova fase onde as folhas se renovarão constantemente irão adquirir o formato que prevalece na planta adulta, orbicular peltada (Figura 14).



O quarto e quinto eofilos, que foram observados na planta até o vigésimo dia do ciclo apresentaram nervuras reticuladas, pecíolo longo, com espinhos, sendo que no quarto eofilo o pecíolo encontra-se no centro da folha, a base é auriculada e o ápice agudo; estas folhas comportam-se como flutuantes.



Figura 14: Planta jovem de *Victoria amazonica*. Planta com três folhas orbicular-peltada, pecíolo com espinhos, gema apical com folha jovem protegida por brácteas e muitas raízes adventícias (Rosa-Osman, 2005).

O quinto eofilo possui características com certa semelhança ao formato orbicular peltado da folha adulta (Figura 14), sendo todo enrolado no início do desenvolvimento, distendendo-se após vinte dias, culminando em uma folha de aproximadamente 2 m de diâmetro, orbicular peltada, com bordo de até 12 cm de altura e pecíolo podendo atingir 8 m de comprimento (Figura 15).

Depois de oitenta dias de vida, a pequena semente germinada se transforma em uma linda *Victoria amazonica* adulta, que já se encontra fértil, com botões florais, frutos, folhas jovens e adultas (Figura 15). A fixação da planta é feita pelas raízes adventícias e o caule rizomatoso, o pecíolo é longo

com valor médio máximo de 6,85 m, revestido por espinhos resistentes que auxiliam na proteção da planta contra predadores aquáticos. A folha orbicular peltada apresenta dimensões de área foliar de até 3,27 m<sup>2</sup>. Com tal desenvolvimento uma planta adulta apresenta rizoma em média de 65 cm de comprimento (n= 6), sem presença de espinhos, sendo que este fica totalmente enterrado no substrato, e a partir dele se originam as folhas jovens e botões florais que formarão as flores e frutos.

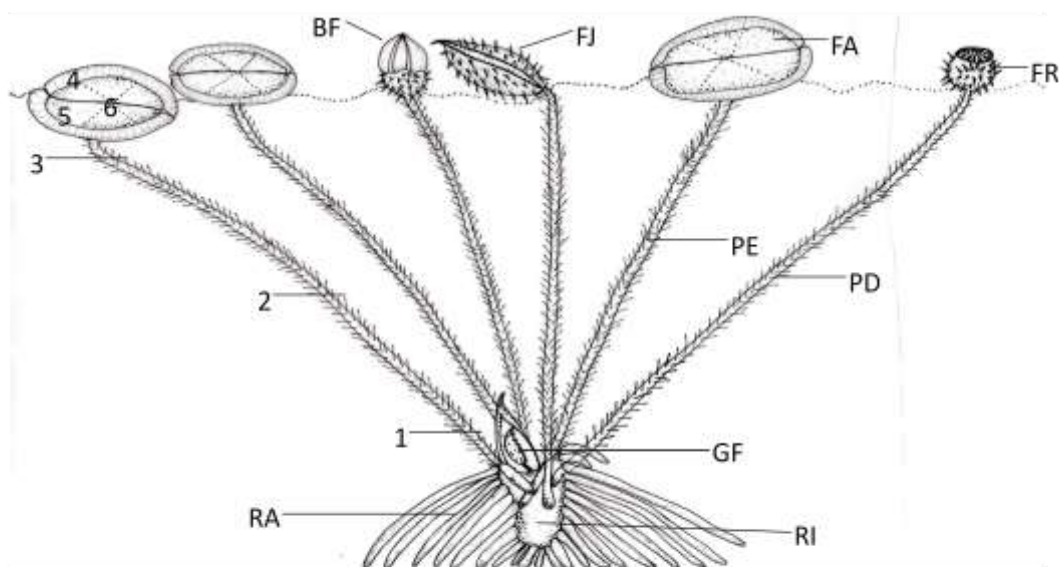


Figura 15: Esquema da planta adulta de *Victoria amazonica* em seu ambiente natural de ocorrência com 80 dias de desenvolvimento. Regiões onde foram realizados os cortes no pecíolo e no limbo – 1.base, 2.meio, 3.ápice, 4.bordo, 5.mediana, 6.central. BF-botão floral, FA-folha adulta, FJ-folha jovem, FR-fruto, GF-gema foliar, PD-pedúnculo, PE-pecíolo, RA-raízes adventícias, RI-rizoma.

A herbácea aquática *Victoria amazonica* apresenta diversas adaptações ecológicas, destacando-se a presença de exuberantes nervuras, na face inferior da folha, que funcionam como alicerces de sustentação do limbo na superfície da água. Além disso, o pecíolo, que varia de 3 a 8 m, facilita a oscilação no meio aquático devido à presença de tecido colenquimático que proporciona sustentação maleável à planta. Também como adaptação é visível uma depressão no centro da folha, uma canaleta, que juntamente com os canais distribuídos em todo limbo fazem o escoamento da água da chuva e

evitam o acúmulo de água na face superior da folha, proporcionando maior durabilidade. Os espinhos e os tricomas da face inferior auxiliam na proteção da folha impedindo o contato direto da água com a face superior da folha (Rosa-Osman, 2005).

### **CAPÍTULO III**

#### **ANATOMIA DA RAIZ, CAULE, FLOR E FRUTO DE *Victoria amazonica***

## 5. ANATOMIA DA RAIZ, CAULE, FLOR E FRUTO DE *Victoria amazonica*

### 5.1. INTRODUÇÃO

Há várias adaptações anatômicas e fisiológicas das macrófitas aquáticas ao meio, dentre elas, se destacam a redução da cutícula, a inexistência de estômatos que, quando presentes, são residuais e inativos, redução no colênquima e esclerênquima (tecidos de sustentação), pois a sustentação é feita pelo próprio meio (água) e pelo aerênquima (tecido esponjoso), que é muito desenvolvido. Vale lembrar que mais de 70% do volume tecidual das macrófitas aquáticas é ocupado por ar (Esteves, 1988; Sculthorpe, 1985). Steinmann e Brandle (1984) mostraram que plantas com rizoma são as que possuem maior capacidade para sobreviver em ambientes anaeróbicos, devido à grande reserva de carboidratos, sendo que essas reservas mostram consideráveis variações durante o ano.

A presença de aerênquima e diafragmas é geralmente observada em plantas que crescem em ambientes aquáticos ou muito úmidos, não deixando dúvida quanto à importância dessas adaptações para a fisiologia da planta, principalmente na maior eficiência das trocas gasosas (Sculthorpe, 1967; Kaul, 1971; Esau, 1977; Fahn, 1990). De acordo com Armstrong *et al.* (1991), a formação do aerênquima pode permitir a sobrevivência da raiz em estratos mais profundos.

Weidlich (1980) realizou estudos sobre a organização do sistema vascular do caule de algumas Nymphaeaceae (*Victoria* e *Euryale*), concluindo que a disposição axial do sistema vascular e a formação de traços para os apêndices laterais (raízes adventícias, pedúnculo, folha) são característicos

das dicotiledôneas, contradizendo os trabalhos de Henfrey e Forbes (1852) e Gwynne-Vaughan (1897), que concluíram que *Victoria* deveria ser classificada como monocotiledônea.

Taylor e Hickey (1992) estudaram as evidências filogenéticas para a origem de angiospermas herbáceas, caracterizando as paleo-herbáceas com uma combinação de caule rizomatoso, gineceu apocárpico e pólen monossulcado, conforme encontrado para a espécie deste estudo.

A morfologia da flor, fruto, semente, plântula e germinação de *Victoria amazonica* foram registradas por Rosa-Osman (2005): flor hemicíclica, diclamídea, heteroclamídea, monoclina, ovário ínfero, multicarpelar, dialissépala, dialipétala; estilete curto, com estigma oval pontiagudo, resistente; androceu polistêmone, com muitos estames centrais, gamostêmones, laminares com deiscência rimoso; fruto é carnoso, indeiscente, do tipo hesperídeo, variação de baga; sementes são albuminosas, com perisperma e endosperma amiláceo, embrião curto com dois cotilédones, sendo um atrofiado, com arilo que facilita a flutuação na água e tegumento duro, que inibe a germinação (Rosa-Osman, 2005).

Diante disso o presente trabalho tem como objetivo caracterizar a anatomia do caule e da raiz em desenvolvimento e da flor e do fruto desenvolvido de *Victoria amazonica* em seus ambientes naturais de ocorrência.

## 5.2. MATERIAL E MÉTODOS

A caracterização anatômica foi realizada nos espécimes fixados e material fresco para os testes microquímicos, sendo esses realizados em cortes à mão-livre, empregando-se corantes ou reagentes específicos. A

presença de amido foi testada com Lugol (Jensen, 1962) e Sudan IV para lipídios e para as paredes cutinizadas e suberificadas (Foster, 1949).

O estudo anatômico foi realizado nas seções executadas sob diversos planos dos órgãos vegetativos, longitudinal, transversal e paradérmico. O corte paradérmico foi realizado somente no limbo; o transversal no limbo, pecíolo, espinho e semente; o longitudinal na semente, no óvulo, no pecíolo e no espinho. As seções foram realizadas à mão livre, com auxílio de lâmina de barbear. As lâminas semipermanentes foram coradas com safrablau e safranina, sendo o material montado entre lâmina e lamínula e lutadas com esmalte incolor.

Foram descritos anatomicamente a flor (cálice, corola, gineceu, androceu), o fruto adulto e o desenvolvimento da semente em quatro estágios, desde óvulo até semente madura. A terminologia adotada para tais análises baseou-se em Corner (1976), Souza (2003), Appezzato-da-Glória e Carmello-Guerreiro (2006), Ferreira e Borghetti (2004), Souza *et al* (2009).

O material utilizado para o estudo morfológico e anatômico foi documentado mediante fotografias com máquina digital (Cannon), fotomicrografias, desenhos e diagramas feitos ao fotomicroscópio e microscópio estereoscópico equipado com câmara clara (Leitz). Também foram feitas eletromicrografias dos anexos epidérmicos, canais de passagem e células esclerenquimáticas através do microscópio eletrônico de varredura (MEV) JMS-5400 LV, JEOL.

## 5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.3.1 Raiz primária

A raiz primária de *Victoria amazonica* permanece na planta jovem até o vigésimo dia após a germinação, atrofiando e proporcionando o desenvolvimento de raízes adventícias que juntamente com o caule rizomatoso fixam a planta ao substrato. A raiz possui epiderme glabra, unisseriada, com algumas células com evidências de divisões anticlinais. A epiderme é revestida por cutícula muito delgada com células de formato e tamanho variáveis (Figura 16 B).

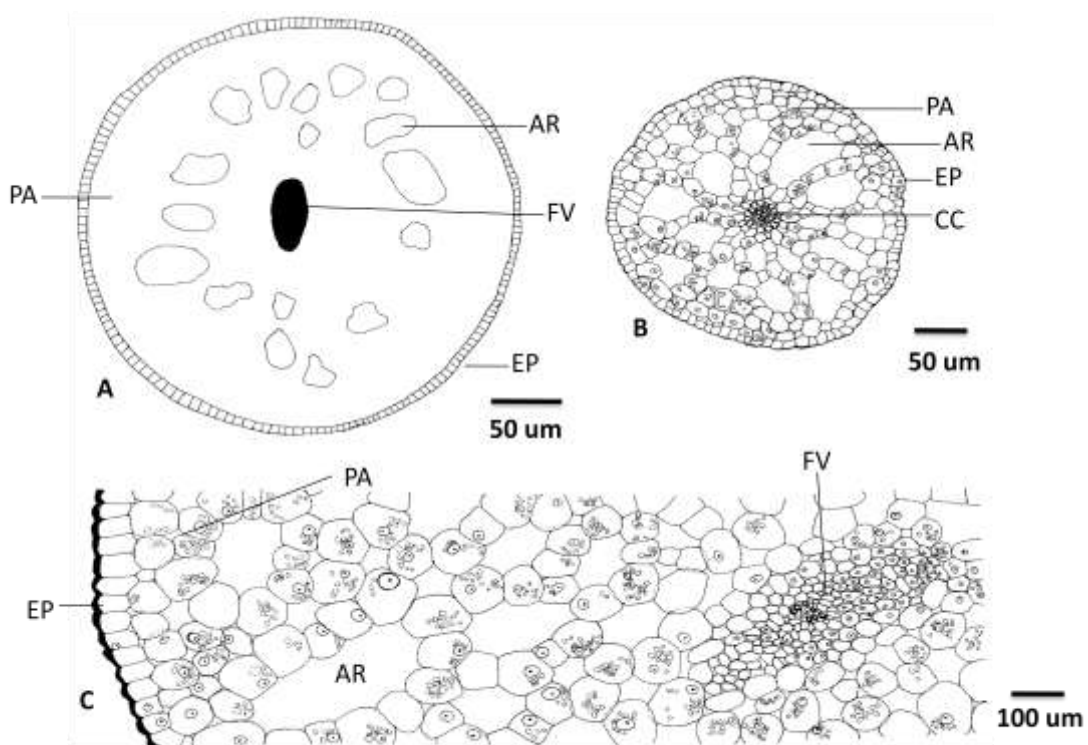


Figura 16: Órgãos vegetativos da Planta jovem de *Victoria amazonica*. A. Diagrama do corte transversal do caule, B. Corte transversal da raiz primária, C. Detalhe do C.T. do caule. AR-aerênquima, CC-cilindro central, EP-epiderme, FV-feixe vascular, PA-parênquima.

O córtex é constituído por tecido parenquimático e muito aerênquima, formando as trabéculas, que também estão presentes nas raízes adventícias da planta. No interior de algumas células parenquimáticas observam-se grãos



de amido como reserva. Na raiz não ocorre exoderme diferenciada, mas verifica-se endoderme unisseriada (Figura 16 B) com estrias de Caspary.

O cilindro central é formado perifericamente por um tecido fundamental parenquimático, o periciclo, que é unisseriado. O xilema e floema primários são alternados, com três polos protoxilemáticos, caracterizando a raiz como triarca. As células dos tecidos vasculares têm tamanho reduzido, inclusive na raiz da plântula de doze dias analisada.

### 5.3.2 Raiz adventícia

Segundo Rosa-Osman (2005), a raiz adventícia é formada por epiderme de células de contorno arredondado, e um aerênquima cortical com campos de pontuação primária evidentes nas paredes celulares, possibilitando as trocas de substâncias de uma célula para outra. Há também nesse tecido redes de comunicação que se distribui pelos diafragmas, que segundo Bruyne (1922) são constituídos por uma fina camada de células unidas pelo crescimento lateral de suas paredes, que variam em forma e ocorrência. Na raiz esses diafragmas são muito evidentes e apresentam poros para troca de substâncias com as demais células.

A presença de aerênquima e diafragmas é geralmente observada em plantas que crescem em ambientes aquáticos ou muito úmidos, não deixando dúvida quanto à importância dessas adaptações para a fisiologia da planta, principalmente na maior eficiência das trocas gasosas (Sculthorpe, 1967; Kaul, 1971; Esau, 1977; Fahn, 1990). De acordo com Armstrong *et al.* (1991), a formação do aerênquima pode permitir a sobrevivência da raiz em estratos mais profundos.

Na camada mais interna do córtex há uma endoderme de células diminutas, paredes finas e com espessamento nas paredes anticlinais. No cilindro central ocorre periciclo unisseriado parenquimático, xilema com sete polos protoxilemáticos alternando-se com cordões de floema. A caracterização de raiz poliarca, como a de *Victoria amazonica*, é comum em raízes de monocotiledôneas (Cronquist, 1981).

### 5.3.3. Caule jovem

A herbácea aquática *Victoria amazonica* é fixa ao substrato, e para isso possui um caule do tipo rizoma com muitas reservas amiláceas. Nesse rizoma alongado se desenvolvem inúmeras raízes adventícias que proporcionam a fixação completa no solo.

Steinmann e Brändle (1984) mostraram que plantas com rizoma são as que possuem maior capacidade para sobreviver em ambientes anaeróbicos, devido à grande reserva de carboidratos, sendo que essas reservas sofrem consideráveis variações durante o ano. O acúmulo de amido é uma adaptação metabólica para hipoxia, que garante adequada reserva de carbono para caso de aumento de demanda (Brändle e Crawford, 1987).

O caule da plântula é cilíndrico, alongado longitudinalmente apresentando 1 cm de comprimento e é nele que se originam as primeiras raízes adventícias de *Victoria amazonica*. O caule jovem apresenta epiderme uniestratificada, cuticularizada, glabra, com células de formato prismático (Figura 16 A, C).

O córtex caulinar é parenquimático com inúmeras lacunas de aerênquima espalhadas. Nas células parenquimáticas há conteúdo amiláceo. O cilindro central é representado por um único feixe vascular anficriaval, localizado

no centro do caule. Esse tipo de vascularização também foi verificado no caule jovem do tipo corno de *Nymphaea amazonum*, ocorrendo também feixes vasculares colaterais ao longo do órgão (Adamowicz, 2007).

#### 5.3.4. Caule adulto – Rizoma

O caule adulto de *Victoria amazonica* é esponjoso, alongado longitudinalmente, assim como o caule jovem em desenvolvimento, com comprimento médio de 65 cm; caracteriza-se como rizoma, subterrâneo e onde se inserem as raízes adventícias, os pecíolos, pedúnculos e gema apical. Apresenta uma epiderme uniestratificada, cuticularizada, com tricomas glandulares e tectores unicelulares (Figura 17 e 18).

O córtex é parenquimático, apresentando várias camadas subepidérmicas com células grandes e globosas, com espaços intercelulares relativamente reduzidos, e aerênquima com enormes lacunas de ar revestidas por espessa cutícula, que proporciona o caráter esponjoso do caule. Nas proximidades das lacunas ocorre tecido secretor. Os feixes vasculares são colaterais e estão dispersos no caule, de forma desorganizada, caracterizando o caule como atactostélico (Figura 17 e 18).

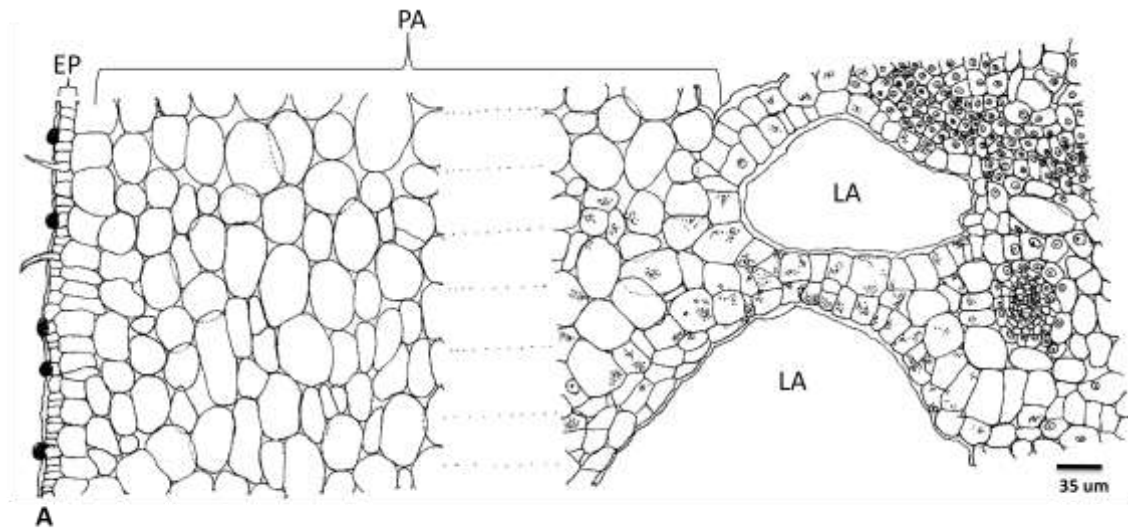


Figura 17: Corte transversal do rizoma adulto de *V. amazonica*. A. Detalhe do caule rizomatoso. EP-epiderme, LA-lacunas de aerênquima, PA-parênquima.

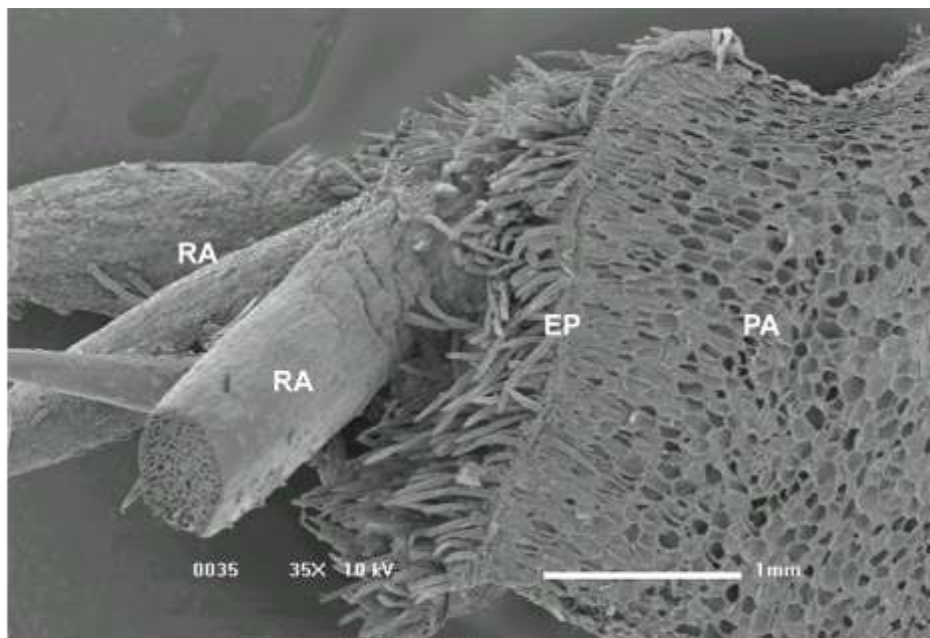


Figura 18: Eletromicrografia do corte transversal do rizoma adulto de *Victoria amazonica*. EP-epiderme, PA-parênquima, RA-raiz adventícia.

Em *Nymphaea amazonum*, no caule tipo cormo, o sistema vascular é complexo, tendo unidades vasculares colaterais distribuídas de forma concêntrica na região central do caule e envoltas por parênquima medular (Adamowicz, 2007). Segundo Weidlich (1976), a organização do sistema vascular de três subgêneros de *Nymphaea* elucidou uma complexa rede formada pelas unidades vasculares do caule, bem como sua constituição nos

traços de folha, escapo floral e raízes. Este autor denomina os feixes procambiais centrais de feixes axiais, que são envoltos por feixes satélites colaterais.

Henfrey e Forbes (1852) verificaram a presença de polistelos no caule de *Vitoria regia* (*Victoria amazonica*) e a inserção helicoidal dos pecíolos no mesmo. Estes autores, devido a tais características, consideraram a planta como típica Monocotiledônea.

Weidlich (1980) realizou estudos sobre a organização do sistema vascular do caule das Nymphaeaceae (*Victoria* e *Euryale*), concluindo que a disposição axial do sistema vascular e a formação de traços para os apêndices laterais (raízes adventícias, pedúnculo, folha) é característica das dicotiledôneas. Entretanto, esse trabalho se contrapõe às observações de Henfrey e Forbes (1852) e Gwynne-Vaughan (1897) que consideraram *Victoria* como espécie de monocotiledônea.

Vários autores, como Metcalfe e Chalk (1965), Yuncker (1958), Murty (1960), Langhammer (1970), Hutchinson (1973), Cronquist (1981) referem-se aos feixes vasculares de Nymphaeaceae distribuídos de modo semelhante aos das Monocotiledôneas. Trabalhos recentes como os de Vianna e Akisue (1997), Nascimento e Vilhena-Potiguara (1999), Takemori (2002), Pessini *et al.* (2003), Souza *et al.* (2004) e Albiero *et al.* (2005) também discutem este aspecto.

Segundo Judd *et al.* (1999), análises cladísticas baseadas na morfologia e nas sequências genéticas de rRNA, rbcL e atpB, não apóiam a divisão tradicional das Angiospermas em Monocotiledôneas e Dicotiledôneas. De acordo com estas análises as Nymphaeaceae, antes incluídas nas

Dicotiledôneas, passaram ao grupo das paleoervas, juntamente com Piperaceae, Aristolochiaceae e Ceratophyllaceae.

### 5.3.5. Anatomia da flor - sépala

A sépala apresenta epiderme simples, cuticularizada, pilosa, com células cuboides de paredes delgadas. Os complexos estomáticos são anomocíticos e estão presentes somente na face adaxial (Figura 19 A e B).

A maior parte da sépala apresenta colênquima subepidérmico em ambas as faces e aerênquima com amplas lacunas na região central do mesofilo. Nessas lacunas há esclereídes ramificadas. Também ocorrem dois estratos de parênquima paliçádico em reduzidas arestas localizadas na face adaxial do limbo. A vascularização é feita por pequenos feixes colaterais situados no mesofilo, nas proximidades da epiderme da face adaxial (Figura 19 A).

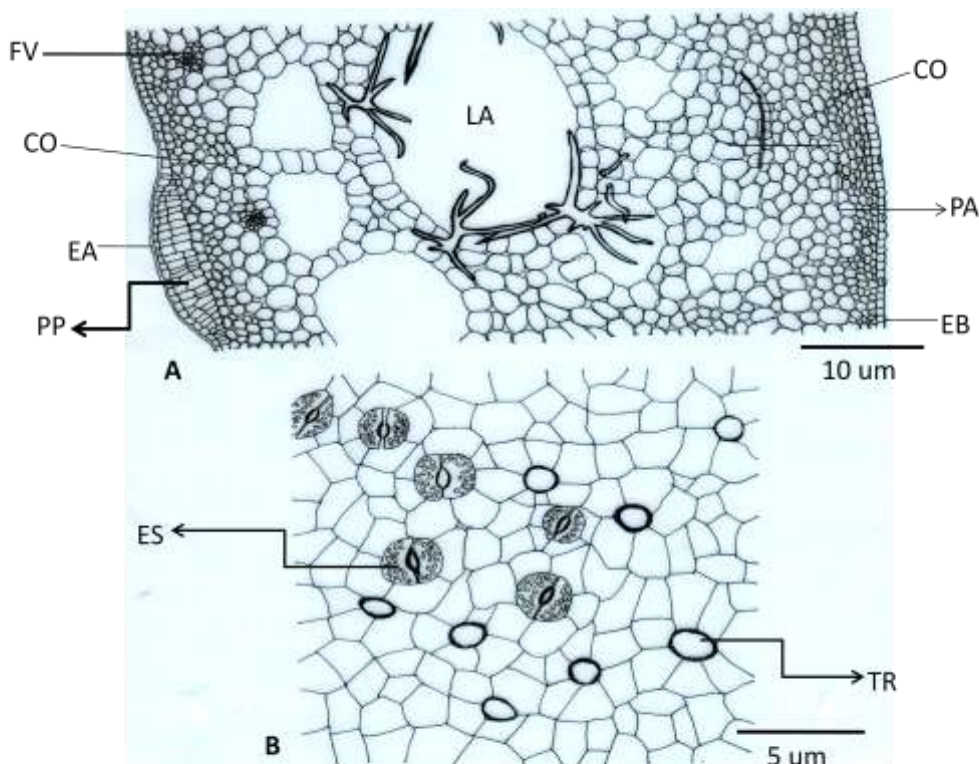


Figura 19: Anatomia dos verticilos florais – Sépalas. A. Corte transversal da sépala; B. Corte paradérmico da epiderme da face adaxial da sépala. CO-colênquima, EA- epiderme da face adaxial, EB- epiderme da face abaxial ES- estômato anomocítico, LA- lacunas de ar, PA- parênquima homogêneo, PP- parênquima paliçádico, TR- base do tricoma unicelular.

### 5.3.6. Anatomia da Pétala

A epiderme da face adaxial da pétala é unisseriada, cuticularizada, estomatífera, pilosa, com células alongadas de paredes delgadas (Figura 20 C). A epiderme da face abaxial é unisseriada, cuticularizada, e desprovida de estômatos e tricomas (Figura 20 A). O mesofilo é aerenquimático, em cujas lacunas ocorrem astrosclereídes com função de sustentação (Figura 20 A e B).

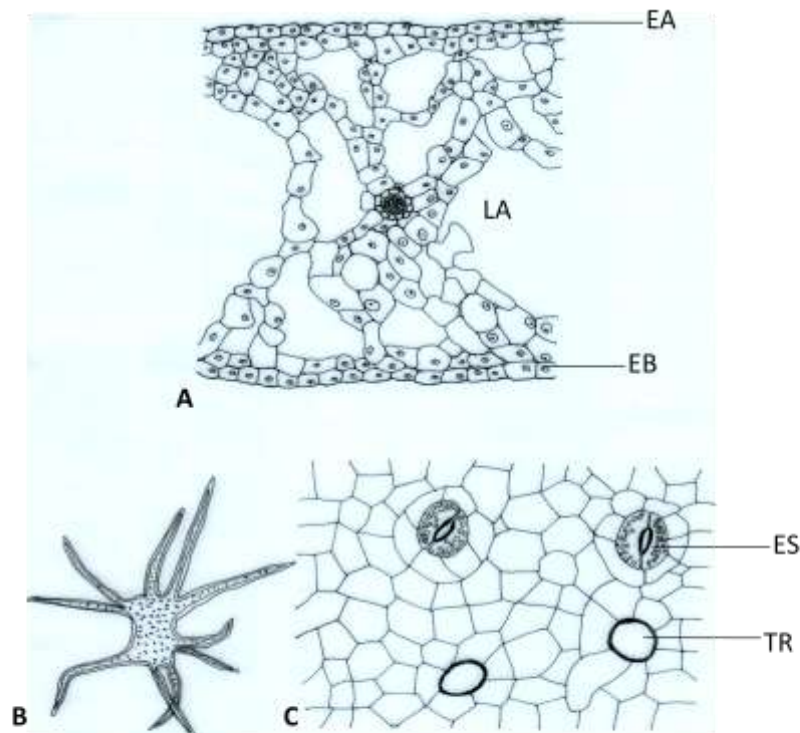


Figura 20: Anatomia dos verticilos florais – Pétalas. A. Corte transversal da pétala; B. Esclereide do mesofilo da pétala; C. Corte paradérmico da epiderme da face adaxial da pétala. EA- epiderme da face adaxial, EB- epiderme da face abaxial, ES- estômato anomocítico, LA- lacunas de ar, TR- Base do tricoma unicelular.

### 5.3.7. Anatomia do gineceu

#### 5.3.7.1. Anatomia do ovário

O ovário ínfero recoberto por espinhos possui epiderme externa (Figura 21) uniestratificada, cuticularizada, com numerosos tricomas tectores pluricelulares e alguns tricomas glandulares unicelulares. O mesofilo, composto de parênquima com células de parede delgadas, pode apresentar quatro

regiões desse tecido: a) região externa formada por células alongadas radialmente, b) região intermediária de células mais ou menos isodiamétricas, c) região central de aerênquima com esclereídes, e d) região interna com células mais ou menos alongadas tangencialmente (Figura 21). A epiderme interna é constituída de células densamente citoplasmáticas e de paredes finas, que sofrem divisões anticlinais e periclinais, tornando-se multisseriada (Figura 21)

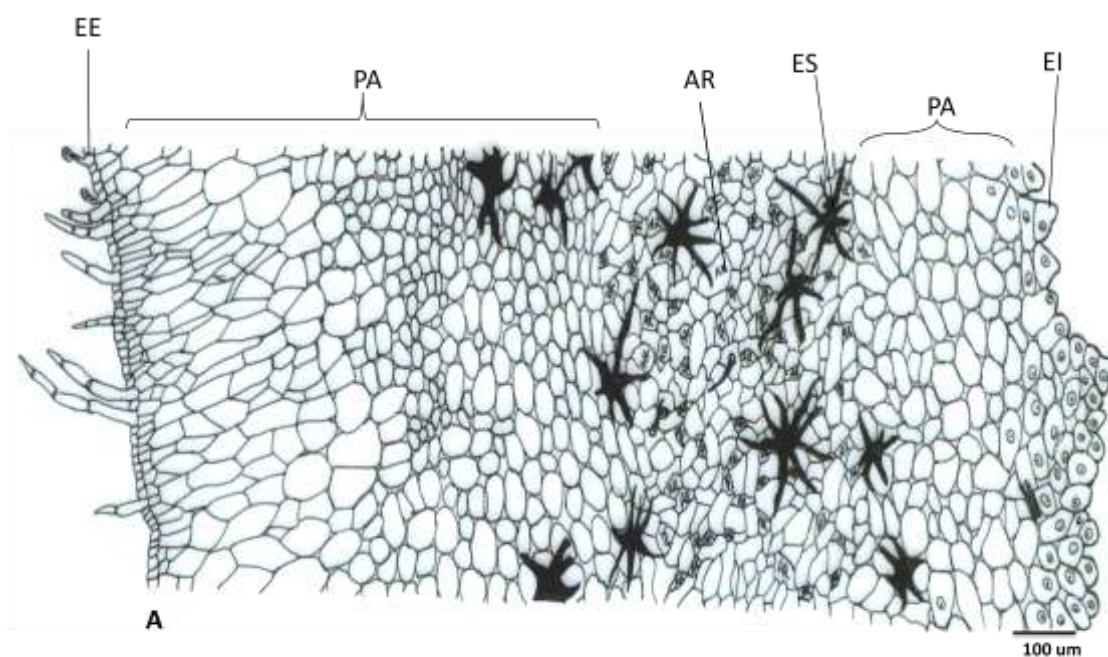


Figura 21: Ovário da flor de *Victoria amazonica*. A. Detalhe da parede ovariana em corte transversal. AR- aerênquima, EE- epiderme externa, EI- epiderme interna, ES- esclereíde, PA- parênquima.

### 5.3.7.2. Anatomia do estilete/estigma

O estilete/estigma é pontiagudo, curto, duro, de contorno circular e possui epiderme uniestratificada, cuticularizada, glabra, com células diminutas de formato cubóide. As camadas subepidérmicas são parenquimáticas e na região central ocorre o tecido transmissor, caracterizando o estilete como sólido, que envolve dez feixes vasculares colaterais (Figura 22).



Segundo Schneider (1976) a área estigmática de *Victoria Schomb.* é papilosa e essencialmente contínua, mas a divisão entre os carpelos são marcadas por septos que representa a separação entre a superfície ventral dos carpelos individuais. Os carpelos são prolongados distalmente e separados em processos do estilete. Cada um dos processos representa um corpo alimentar ou possivelmente um nectário.

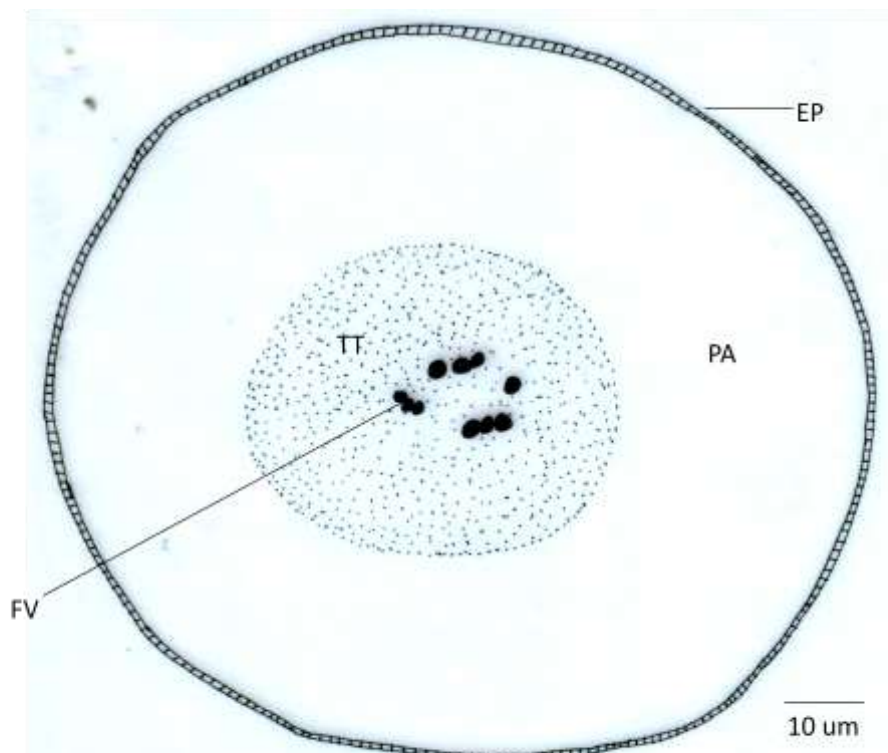


Figura 22: Diagrama do corte transversal do estilete/estigma – Gineceu. EP-epiderme, FV-feixes vasculares, PA-parênquima, TT-tecido transmissor.

### 5.3.8. Anatomia do Androceu

#### 5.3.8.1. Estaminódio

O estaminódio possui epiderme unisseriada, cuticularizada, glabra, com células prismáticas e papilosas. Sob a epiderme ocorre parênquima e na região central aerênquima com algumas lacunas apresentando esclereides. A vascularização é feita por um feixe concêntrico anficrival de maior calibre e

outros quatro feixes menores colaterais (Figura 23 A).

### 5.3.8.2. Antera

A antera dos estames férteis (Figura 23 B, C) apresenta epiderme cuticularizada, papilosa, glabra, com um único estrato de células. Na região do conectivo ocorre parênquima subepidérmico mais compacto e, em sequência aerênquima onde está localizado o feixe vascular concêntrico. Na parede de cada um dos quatro sacos polínicos distinguem-se o tapete secretor uninucleado, duas camadas médias com células comprimidas e um estrato de endotécio unisseriado com tricomas tectores pluricelulares (Figura 23 C).

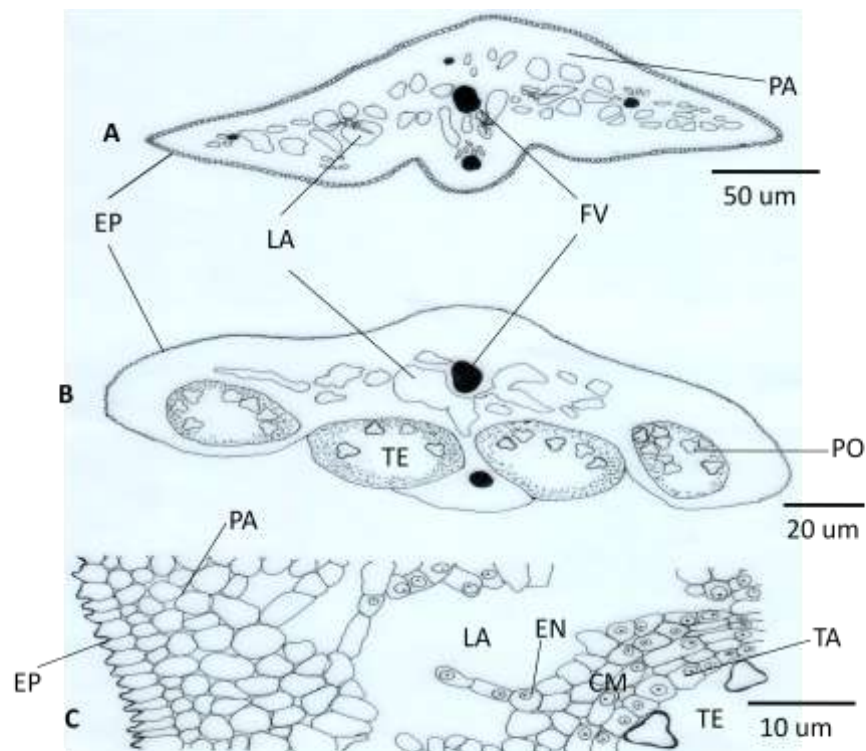


Figura 23: Anatomia dos verticilos florais – Androceu. A. Diagrama do corte transversal do estaminódio; B. Corte transversal da antera da flor; C. Detalhe da parede da antera em corte transversal. CM-camadas médias, EN-endotécio, EP- epiderme, FV- feixe vascular, LA- lacunas de ar, PA- parênquima, PO- pólen, TA-tapete secretor, TE- teca.

### 5.3.8.3. Apêndice carpelar e paracarpelo

O apêndice carpelar possui epiderme unisseriada, cuticularizada, glabra, com células de formato prismático e de paredes delgadas. A região subepidérmica é formada por aerênquima com células repletas de amido e muitas esclereídes nas lacunas de ar. A vascularização é feita por um único feixe colateral central (Figura 24 C).

O paracarpelo possui epiderme unisseriada, com cutícula espessa, glabra, colênquima subepidérmico com nove estratos celulares e, em seguida, parênquima aerífero com esclereídes nas lacunas de ar. A vascularização é feita por vários feixes colaterais (Figura 24 A e B).

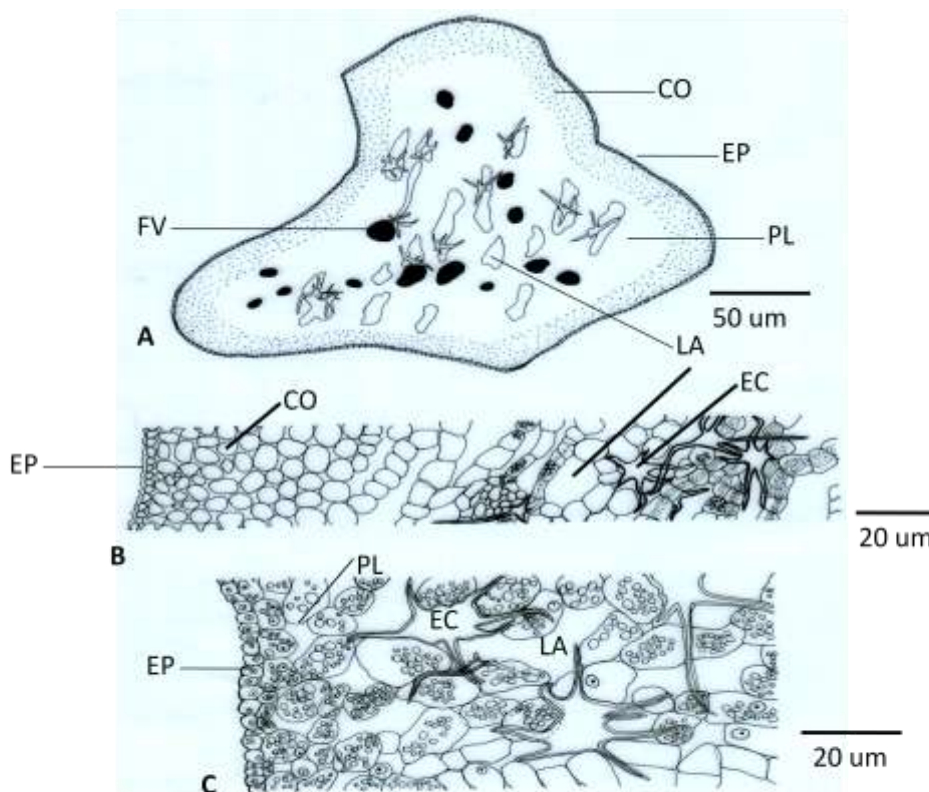


Figura 24: Anatomia dos verticilos florais – Paracarpelo e apêndices carpelares. A. Diagrama do corte transversal do paracarpelo do botão em pré-antese; B. Corte transversal do paracarpelo; C. Corte transversal do apêndice carpelar. CO- colênquima, EC- esclereide, EP-epiderme, FV- feixe vascular, LA- lacunas de ar, PL- parênquima lacunoso.

### 5.3.9. Anatomia do fruto

O exocarpo, originado da epiderme do ovário (Figura 25), é constituído por epiderme unisseriada, cutinizada e pilosa, com tricomas tectores pluricelulares e espinhos originados no exocarpo (Figura 25 A).

O mesocarpo, que provém do mesofilo do ovário (Figura 25), apresenta três regiões diferentes: o mesocarpo externo, subepidérmico, pluriestratificado (cerca de oito estratos celulares), de natureza parenquimática, com células amplas e de paredes delgadas; o mesocarpo médio aerenquimático, plurisseriado (também com oito camadas celulares); e o mesocarpo interno esclerenquimático, com esclereídes de formato e tamanho variáveis, de paredes espessas e lignificadas (Figura 25 A, B).

O endocarpo é originado da epiderme multisseriada do ovário e também do parênquima do mesofilo do ovário, formando aproximadamente quinze camadas de células esclerenquimáticas de paredes secundárias lignificadas menos espessas do que as do mesocarpo esclerenquimático (Figura 25 B).

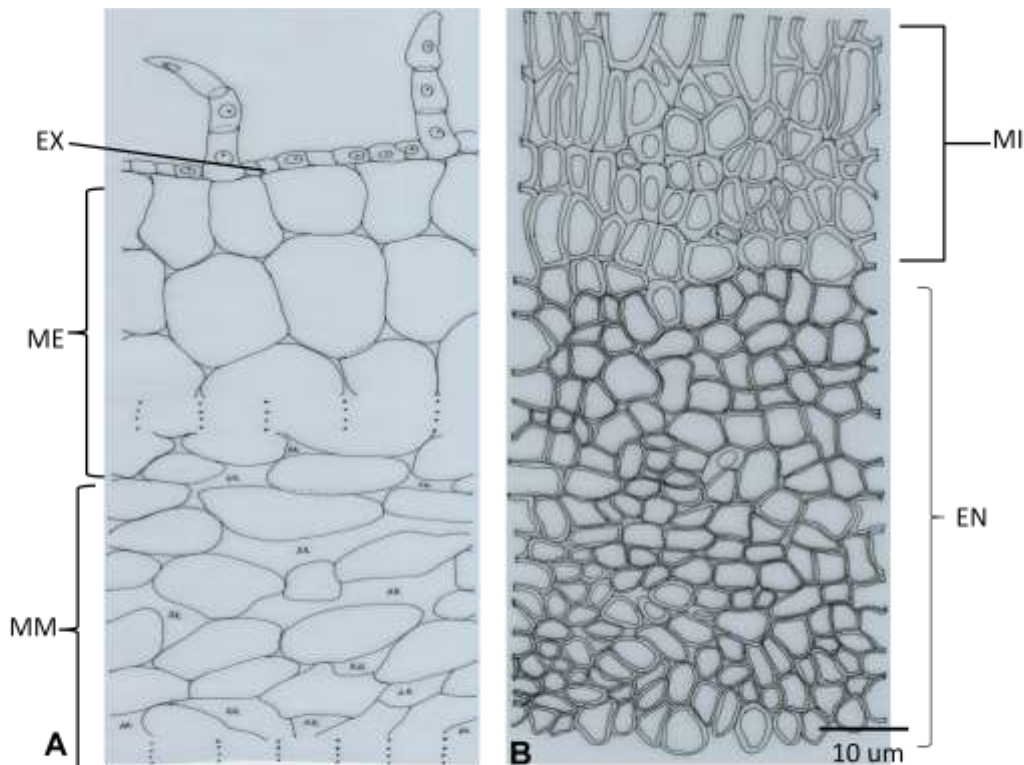


Figura 25: Anatomia do fruto adulto de *V. amazonica*. A e B. Corte transversal do fruto adulto. EN-endocarpo, EX-exocarpo, ME-mesocarpo externo, MI-mesocarpo interno, MM-mesocarpo médio.

A definição de exocarpo, mesocarpo e endocarpo varia de acordo com o ponto de vista do autor (Roth, 1977). Para essa autora, a descrição da composição histológica das camadas do pericarpo pode ser lato ou stricto sensu. Em lato sensu, o exocarpo e o endocarpo poderiam ser constituídos no fruto de suas respectivas epidermes, externa e interna, e nos tecidos subepidérmicos. No stricto sensu, o exocarpo e o endocarpo compreenderiam somente as epidermes e/ou tecidos derivados delas. Souza (2006) considera, de forma restrita e recomendável, que se pode definir essas três regiões mediante o estudo ontogenético do pericarpo, acompanhando seu desenvolvimento a partir do ovário da flor; assim, o endocarpo é representado por um ou mais tecidos que têm origem na epiderme interna do ovário. No caso do fruto de *Victoria amazonica*, adotou-se, para o endocarpo, a definição lato sensu, ou seja, o endocarpo sendo formado pela epiderme interna e tecidos

subjacentes, todos eles esclerificados. Isto se deveu ao fato da análise do pericarpo desta espécie se basear apenas na estrutura do fruto maduro e não em sua ontogênese.

## **CAPÍTULO IV**

### **ESTRUTURA E ANATOMIA FOLIAR DE *Victoria amazonica***

## 6. ESTRUTURA E ANATOMIA FOLIAR DE *Victoria amazonica*

### 6.1. INTRODUÇÃO

Para a produção vegetal máxima, a duração do período autotrófico da folha é primordial, pois, se no momento do desenvolvimento dos órgãos de importância a fonte de produtividade fotossintética estiver em processo de senescência, a formação destes órgãos ficará comprometida (Pimentel, 1998). Nesse sentido, o conhecimento do desenvolvimento foliar torna-se importante, pois, segundo Catský e Sesták (1997), durante a expansão foliar a taxa fotossintética líquida encontra um valor máximo antes da expansão foliar máxima e diminui depois que a folha atinge o estágio maduro.

Rosa-Osman (2005) realizou estudos sobre o desenvolvimento foliar, mostrando as adaptações De *Victoria amazonica* ao meio aquático. Essas adaptações são a presença de espinhos, tricomas e nervuras na face inferior da folha que impedem o contato direto do limbo com a água e também protegem a planta de herbívoros aquáticos. As interrupções do bordo que culminam com a calha, uma espécie de canaleta, que juntamente com os canais de perfuração evitam o acúmulo de água na face superior da folha, proporcionam maior durabilidade das folhas da espécie. Esses pequenos canais são estruturas auxiliares de extrema importância para propiciar o crescimento da planta no meio aquático, pois permitem que a água residual da lâmina foliar seja removida das folhas adultas, o que é facilitado pelas robustas nervuras que mantêm o limbo acima da superfície da água, favorecendo o escoamento.

Ainda são presentes nas folhas de *Victoria amazonica* grandes lacunas de aerênquima e células esclerenquimáticas no mesófilo, que proporcionam,



respectivamente, a flutuação e a sustentação da folha. O pecíolo é flexível devido à presença de tecido colenquimático, que impede que a folha se quebre, nas grandes tempestades que ocorrem na região. Além do colênquima encontram-se presentes enormes canais de ar (5 mm de diâmetro), que permitem a flutuação da planta no meio aquático (Rosa-Osman, 2005).

O pecíolo apresenta diferenças anatômicas de acordo com a região. Na base não tem colênquima, e no ápice há inúmeras camadas de colênquima abaixo da epiderme são ainda encontrados parênquima cortical e medular, e feixes vasculares colaterais distribuídos desorganizadamente, formando polistelos. O aerênquima de formação endógena é visível a olho nu, com quatro cavidades maiores e várias outras menores, permitindo as trocas gasosas da planta (Rosa-Osman, 2005).

Na região do bordo da folha não há tricomas, nem estômatos. A epiderme é glabra e apresenta células em divisão periclinal. O parênquima é homogêneo, sem aerênquima. Na região mediana e central a epiderme superior é estomatífera e a inferior tricomatosa e recoberta por espinhos. Ocorre a formação do parênquima paliçádico e lacunoso com esclereides nas lacunas do aerênquima. A folha é epistomática com complexo estomático anomocítico (Rosa-Osman, 2005).

Do ponto de vista ecológico a folha adulta de *Victoria amazonica* mostra um conjunto de adaptações excepcional à flutuação no ambiente aquático, que propiciaram à planta o sucesso na colonização com um limbo foliar de proporções únicas. Diante disto o presente trabalho teve como objetivo caracterizar a estrutura e a anatomia foliar de *V. amazonica* em diferentes fases de desenvolvimento, desde o primeiro eofilo até a formação do metáfilo,

bem como analisar e documentar a natureza da canaleta, dos canais de perfuração, dos esclereides e demais reentrâncias presentes na estrutura foliar da espécie.

## 6.2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo anatômico foi realizado nas secções executadas sob diversos planos dos órgãos vegetativos, longitudinal, transversal e paradérmico. Os cortes paradérmicos foram realizados somente no limbo; os transversais no limbo e pecíolo. As secções foram realizadas à mão livre, com auxílio de lâmina de barbear. As lâminas semipermanentes foram coradas com safrablau e safranina, sendo o material montado entre lâmina e lamínula e lutadas com esmalte incolor.

A cutícula, sua ornamentação, os tricomas, canais de perfuração, canaleta, esclereides, estômatos e folhas jovens e adultas foram observados ao microscópio eletrônico de varredura (MEV) no intuito de proporcionar maiores detalhes e entendimento das estruturas que não podem ser visualizadas no microscópio óptico. Para as observações ao MEV, o material botânico foi desidratado em série etanólica (30,50, 70, 80, 95 e 100), em um período de duas horas e 20 minutos em cada série, foram conduzidos ao processo de obtenção de ponto crítico e metalização com pó de ouro, para serem organizados em suportes circulares de metal (stubs), de mais ou menos um centímetro de diâmetro, com a finalidade de obtenção de eletromicrografias. As análises foram feitas em microscópio eletrônico de varredura JMS-5400 LV, JEOL do Laboratório Temático de Microscopia do INPA, em agosto de 2007. As análises foram complementadas no Laboratório de Microscopia Eletrônica da UNICAMP, em junho de 2008.

### 6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 6.3.1. Cotilédone

O cotilédone acicular de *Victoria amazonica*, que permanece até o vigésimo dia do ciclo de vida do tiorodendo (planta Jovem), é cilíndrico e possui epiderme unisseriada, com cutícula delgada, e células de formato prismático que apresentam evidências de divisões anticlinais. O mesofilo é formado por parênquima subepidérmico pouco mais compacto e aerênquima com amplas lacunas. A vascularização do cotilédone é feita por um único feixe colateral central (Figura 26).

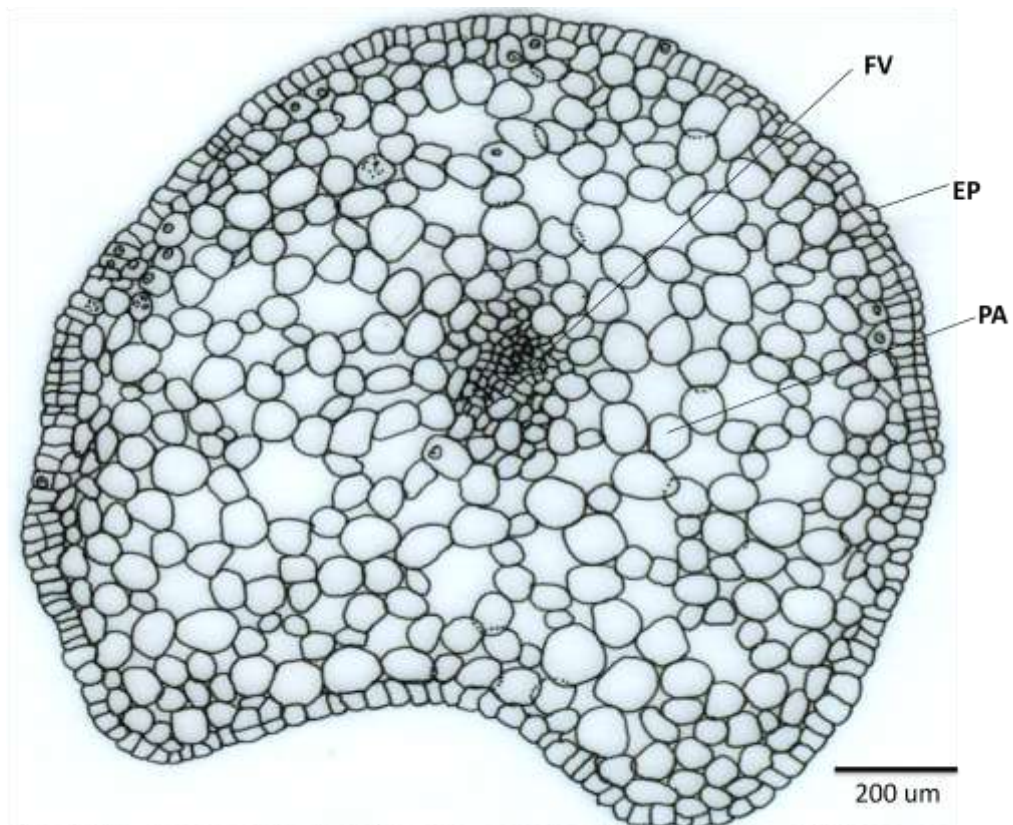


Figura 26: Corte transversal do cotilédone acicular. EP-epiderme, FV-feixe vascular, PA-parênquima lacunoso.

### 6.3.2. Primeiro e segundo eofilos

#### 6.3.2.1. Pecíolo

O pecíolo de ambos os eofilos tem contorno cilíndrico, sendo que o primeiro eofilo apresenta pequenos acúleos na superfície, enquanto que o pecíolo do segundo eofilo não possui acúleos (Figura 27 A, B). A epiderme é unisseriada, cuticularizada, com células de formato prismático alongado. Além da epiderme, o pecíolo apresenta aerênquima com lacunas de variável diâmetro. Imersos no parênquima ocorrem quatro feixes vasculares colaterais, espalhados no mesofilo do pecíolo (Figura 27).

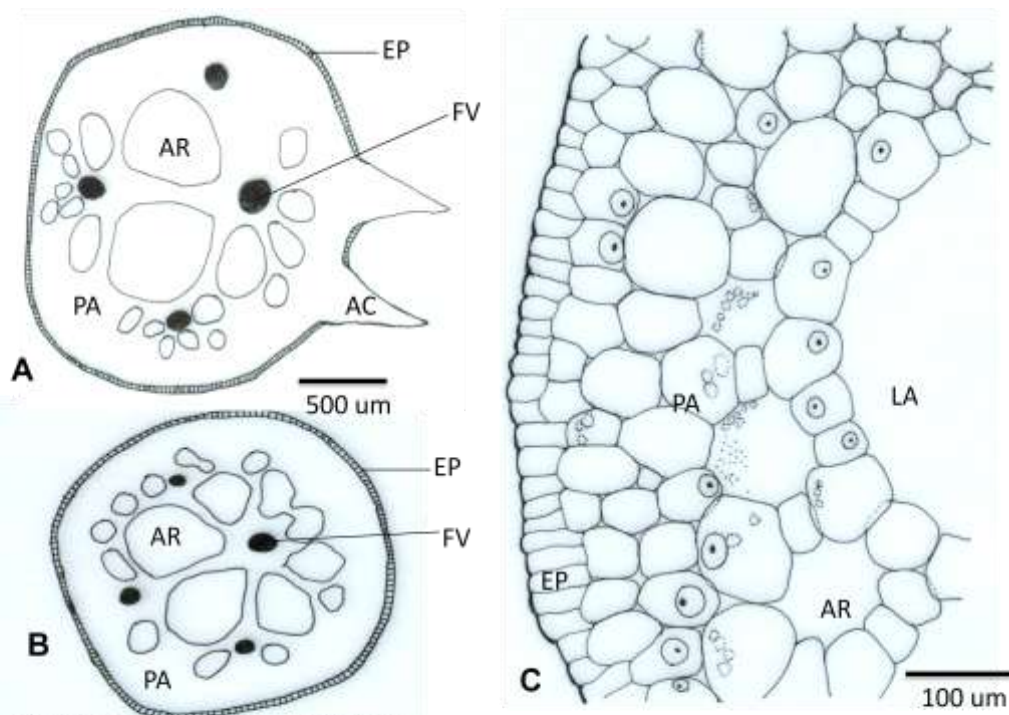


Figura 27: Primeiro eofilo – Primeira folha da plântula de *Victoria amazonica*. A. Diagrama do corte transversal do pecíolo do primeiro eofilo, B. Diagrama do corte transversal do pecíolo do segundo eofilo, C. Detalhe do corte transversal do pecíolo. AC-acúleo, AR-aerênquima, EP-epiderme, FV-feixe vascular, LA-lacuna do aerênquima, PA-parênquima.

#### 6.3.2.2. Limbo

O limbo dos eofilos apresenta ambas as faces da epiderme unisseriada, glabra, cuticularizada, com células mais ou menos isodiamétricas e de tamanho

reduzido. Na face abaxial, as células epidérmicas mostram evidências de divisões anticlinais. O mesofilo é homogêneo, com parênquima frouxo e um parênquima paliçádico uniestratificado com células mais alongadas e nucleadas na região subepidérmica. A nervura central apresenta epiderme, aerênquima com enormes lacunas, e um único feixe vascular colateral pouco deslocado para a face abaxial. As nervuras de menor porte, também constituídas de feixes colaterais, estão imersas no mesofilo (Figura 28).

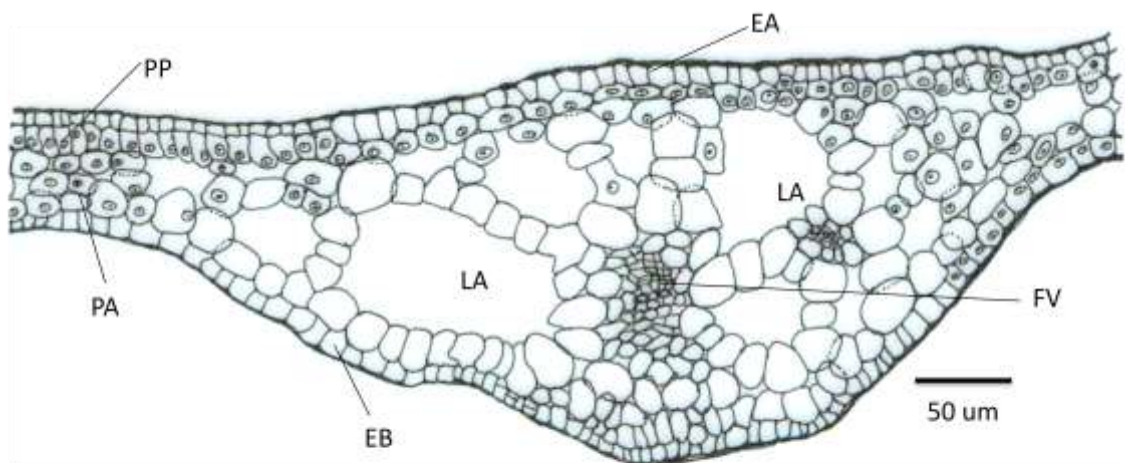


Figura 28: Primeiro eofilo – Primeira folha da plântula de *Victoria amazonica*. Corte transversal do limbo na região da nervura central. EA-epiderme adaxial, EB-epiderme abaxial, FV-feixe vascular, LA-lacuna do aerênquima, PA-parênquima, PP-parênquima paliçádico.

### 6.3.3. Terceiro eofilo

#### 6.3.3.1. Pecíolo

O terceiro eofilo possui o pecíolo e o limbo com características estruturais semelhantes aos do metafile. O pecíolo possui acúleos superficiais e epiderme unisseriada, cuticularizada, com células isodiamétricas e tricomas tectores unicelulares. Nas camadas subepidérmicas do pecíolo ocorre um parênquima homogêneo e na região central quatro lacunas maiores e outras menores do

aerênquima. A vascularização é feita por seis feixes colaterais circundando essas lacunas de ar (Figura 29 A).

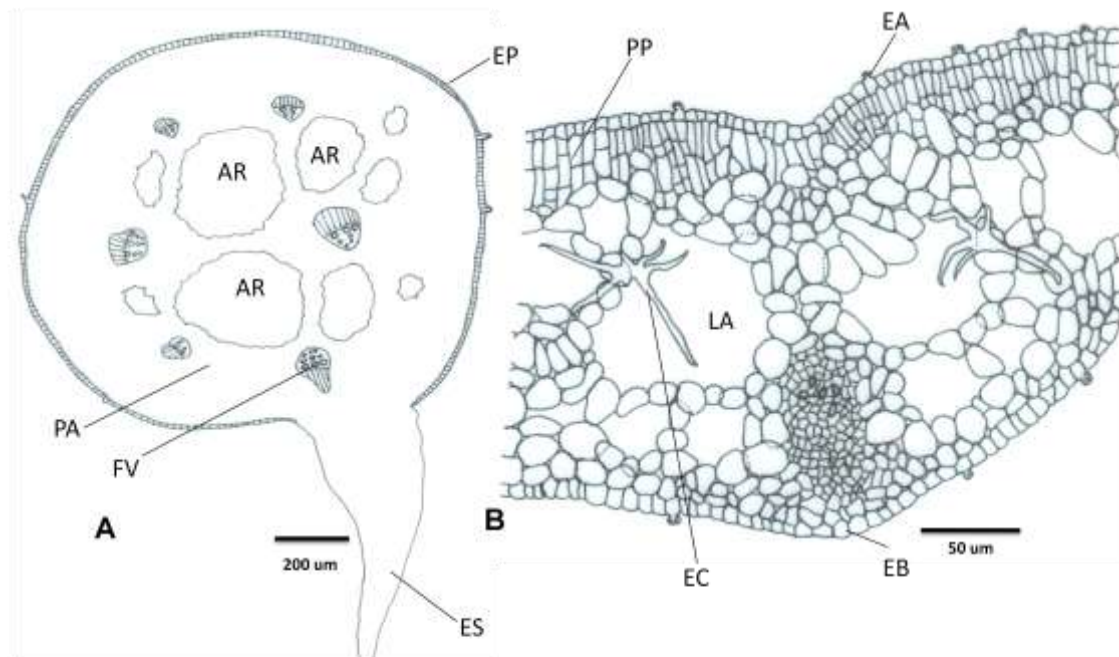


Figura 29: A. Diagrama do corte transversal do pecíolo do terceiro eofilo, B. Detalhe do corte transversal do limbo do terceiro eofilo. AR-aerênquima, EA-epiderme adaxial, EB-epiderme abaxial, EC-esclereide, EP-epiderme, ES-espinho, FV-feixe vascular, LA-lacuna do aerênquima, PA-parênquima lacunoso, PP-parênquima paliçadico.

As diferenças mais marcantes entre o pecíolo do terceiro eofilo e a do metafilo é que nesse último há várias camadas de colênquima subepidérmico, o diâmetro é bem maior, com média de 8 cm e a vascularização é feita por inúmeros feixes colaterais espalhados no mesofilo, com distribuição atactostélica (Rosa-Osman, 2005).

### 6.3.3.2. Limbo

A epiderme cuticularizada das faces adaxial e abaxial possui células cuboides, com tricomas glandulares unicelulares. No mesofilo ocorrem parênquima paliçádico biestratificado e parênquima esponjoso com enormes lacunas de aerênquima, principalmente na região da nervura central. Nessas lacunas estão presentes esclereides de formatos variados, com função de

sustentação (Figura 29 B). A vascularização ocorre por feixes colaterais de maior e menor calibre.

Segundo Rosa-Osman (2005), o mesofilo adulto de *Victoria amazonica* também apresenta as esclereides nas lacunas de ar, sendo verdadeiros alicerces proporcionando sustentação e rigidez necessárias para a folha resistir às oscilações do meio aquático. As plantas herbáceas aquáticas com folhas flutuantes, como de espécies de *Nymphaea* sp., também apresentam nas nervuras esses alicerces esclerenquimatosos, que proporcionam sustentação (Sculthorpe, 1985).

#### 6.3.4. Quinto eofilo

##### 6.3.4.1. Morfologia do quinto eofilo



Figura 30: Quinto eofilo de *Victoria amazonica* em seu ambiente natural de ocorrência, águas mistas. CA- canaleta (Rosa-Osman, 2008).

O eofilo do quinto nó possui muitas semelhanças com o metafile, como o formato cordiforme e peltado, presença de canaleta e de grande número de espinhos e nervuras que impedem o contato do limbo com a água. Difere, entretanto, quanto às dimensões e ao bordo que é liso e inteiro nesse eofilo (Figura 30).

#### 6.3.4.2. Anatomia do quinto eofilo

O limbo do quinto eofilo apresenta estrutura semelhante ao metafile, com epiderme unisseriada, cuticularizada, com células cubóides, epiestomática com complexo estomático anomocítico, e tricomas tectores pluricelulares ocorrendo apenas na face adaxial (Figura 31 A, C).

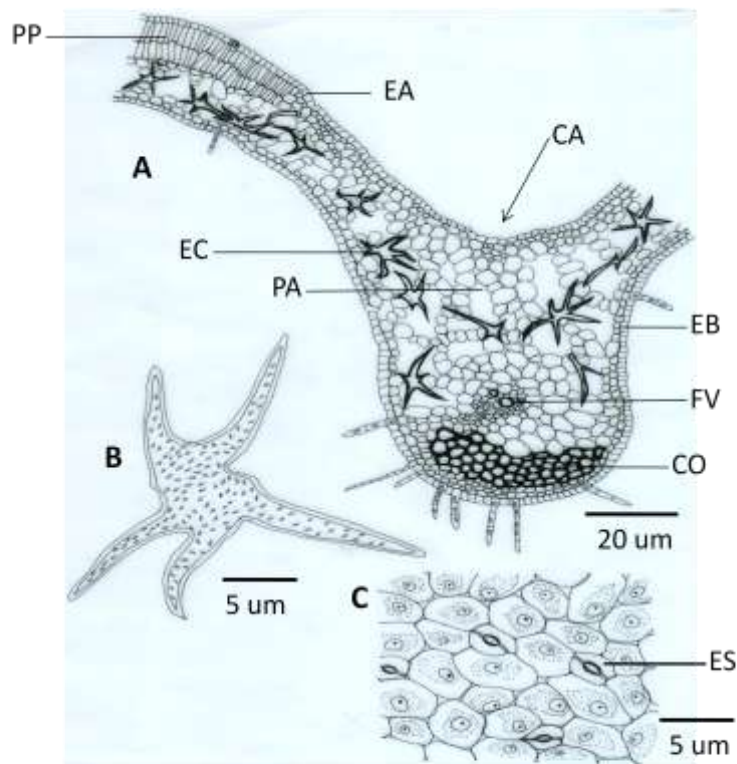


Figura 31: Anatomia do quinto eofilo de *Victoria amazonica*. A. Corte transversal do quinto eofilo. B. Esclereide do mesofilo do eofilo. C. Corte paradérmico da epiderme superior do eofilo. CA-canaleta, CO-colênquima, EA-epiderme adaxial, EB-epiderme abaxial, EC-esclereide, ES-estômato, FV-feixe vascular, PA-parênquima lacunoso, PP-parênquima paliçádico.



Na região da linha de escoamento, a canaleta, o mesofilo apresenta aerênquima com grandes lacunas contendo macroesclereides de formatos variados (Figura 31 B). Acima da linha escoamento, o parênquima paliçádico retoma seu lugar e função, com duas camadas celulares. Na nervura central, além de aerênquima, ocorrem um feixe vascular colateral e cordão de colênquima subepidérmico (Figura 31 A). No mesofilo ocorrem feixes vasculares colaterais.

O metafílo tem estrutura semelhante à desse quinto eófilo, diferindo, entretanto, pela presença de lacunas aeríferas no parênquima paliçádico (Rosa-Osman, 2005).

No desenvolvimento do metafílo adulto, já uma folha orbicular peltada (Figura 32), O aerênquima de formação endógena é visível a olho nu, permitindo as trocas gasosas da planta (Figura 33).



Figura 32: Metáfílo, orbicular peltado de *Victoria amazonica*. BO-Bordo, CA-Canaleta, CE- Região central, ME-Região mediana.

Na região do bordo da folha não há tricomas, nem estômatos. A epiderme é glabra e apresenta células em divisão periclinal. O parênquima é homogêneo, sem aerênquima. Na região mediana e central a epiderme adaxial é estomatífera e a abaxial tricomatosa e recoberta por espinhos. Ocorre a formação do parênquima paliçádico e lacunoso com esclereides nas lacunas do aerênquima (Figura 34). A folha é epistomática com complexo estomático anomocítico (Rosa-Osman, 2005).

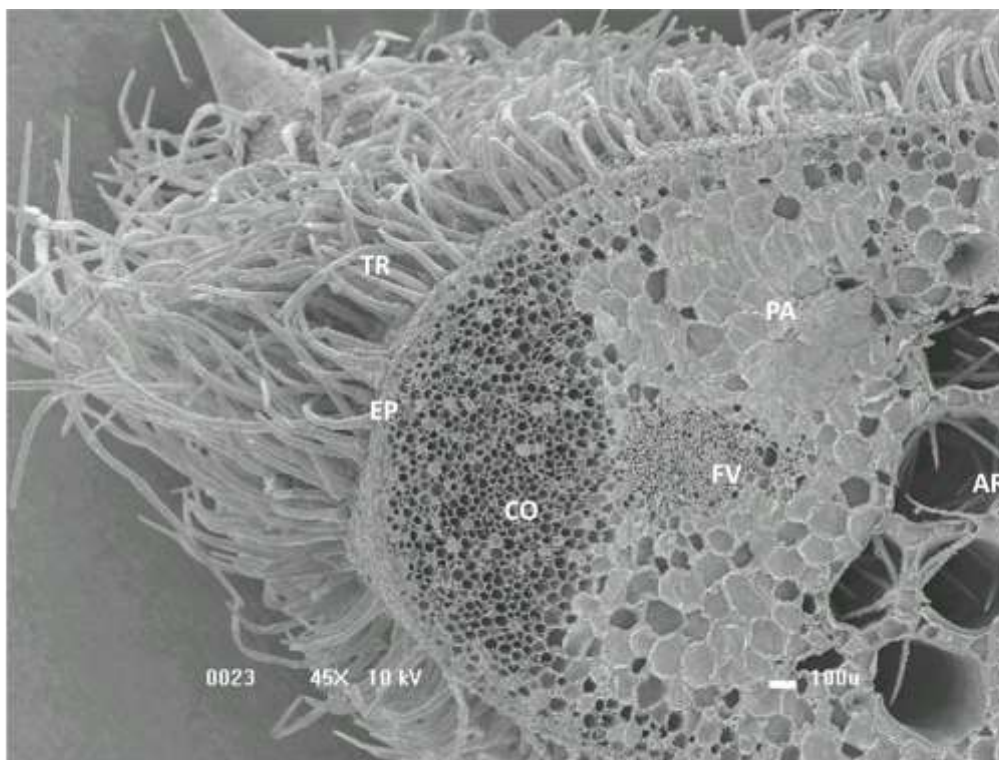


Figura 33: Eletromicrografia do metafilo adulto na região da nervura central. AR-aerênquima, CO-colênquima, EP-epiderme, FV-feixe vascular, PA-parênquima, TR-tricomas pluricelulares.

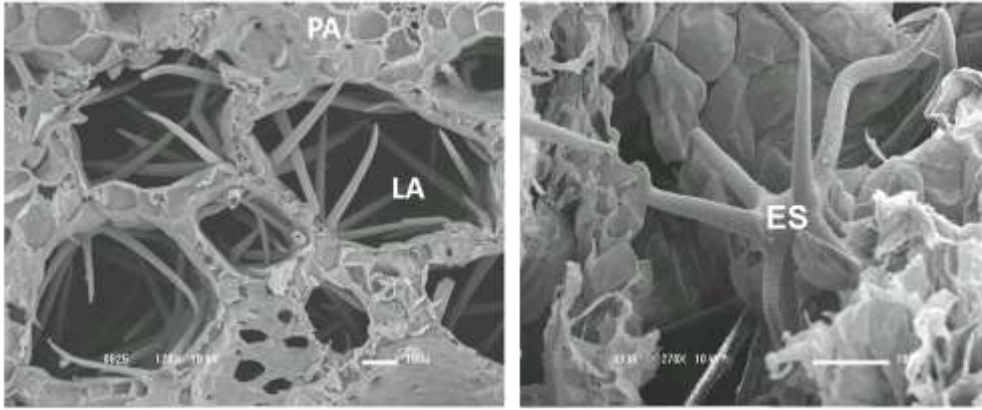


Figura 34: A e B- Detalhe do aerênquima do metafilo adulto na região da nervura central. ES-esclereide, LA-lacuna de ar, PA-parênquima.

## **CAPÍTULO V**

### **ANATOMIA DO DESENVOLVIMENTO DA SEMENTE DE *Victoria amazonica***

## 7. ANATOMIA DO DESENVOLVIMENTO DA SEMENTE DE *Victoria amazonica*

### 7.1. INTRODUÇÃO

As sementes de *Victoria amazonica* são globosas, ariladas, com tegumento rígido e coloração castanha. O arilo, que envolve quase toda a semente tem origem funicular, sendo uma estrutura de consistência mucilagínosa e acumula ar, desempenhando papel importante no processo de hidrocoria da espécie (Corner 1976, Werker 1997, Barroso *et al.* 1999). A semente apresenta embrião reduzido e abundante reserva farinácea (Rosa-Osman *et al.*, *in press*). registrada por alguns autores como perisperma (Corner 1976, Barroso *et al.* 1999).

Observações de campo revelaram que as sementes de *Victoria amazonica* não toleram dessecação após dispersão, indicando que o meio úmido do pericarpo carnoso que envolve essas sementes deve ser fundamental para assegurar a sua viabilidade. Outro fator que deve contribuir para manter a umidade propícia às sementes é o período em que elas são dispersas, que corresponde na Amazônia Central, onde foi desenvolvido este estudo, ao mês de junho, quando ocorre o pico de inundação na região (Rosa-Osman, *et al.*, *in press*).

O estudo anatômico do desenvolvimento da semente é muito importante para desvendar mecanismos que facilitem o processo e os tratamentos na germinação das sementes. A resistência do tegumento e a presença de envoltórios como mucilagem no arilo são exemplos de componentes que dificultam o processo germinativo. Diante disso este trabalho objetivou

descrever anatomicamente o desenvolvimento da semente de *Victoria amazonica*, desde o óvulo da flor até a semente madura, em quatro estágios de diferenciação.

## 7.2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram descrito anatomicamente o desenvolvimento da semente em quatro estágios, desde óvulo até semente madura. A terminologia adotada para tais análises baseou-se em Corner (1976) e Ferreira e Borghetti (2004). A caracterização anatômica foi realizada nos espécimes fixados em FAA, sendo realizadas secções longitudinais do óvulo e das sementes em três estágios de desenvolvimento. As seções foram realizadas à mão livre, com auxílio de lâmina de barbear. As lâminas semipermanentes foram coradas com safrablau e safranina, sendo o material montado entre lâmina e lamínula e lutadas com esmalte incolor.

## 7.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.3.1. Óvulo e semente em início de desenvolvimento

O óvulo (Figura 35 A, B) de *Victoria amazonica* é anátropo, bitegumentado, com nucelo bem desenvolvido e funículo curto. O tegumento externo do óvulo apresenta sete camadas de células, com epiderme externa revestida por cutícula espessa e formada por células alongadas. O mesofilo do tegumento externo é parenquimático, constituído por células de tamanho variável e de paredes delgadas; a epiderme interna é pouco diferenciada, confundindo-se com as células do mesofilo. O tegumento interno cuticularizado é formado por

uma única camada de células cuboides de paredes finas (Figura 35 B). É evidente a presença das cutículas externa, mediana (entre os dois tegumentos) e a interna (entre o tegumento interno e o nucelo).

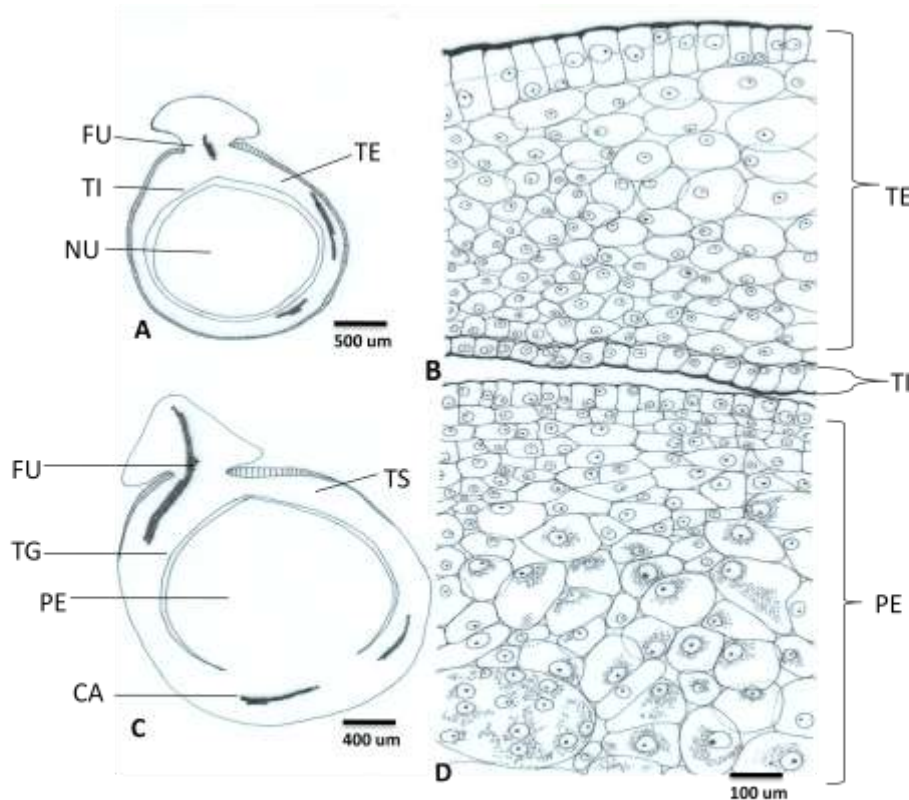


Figura 35: Desenvolvimento da semente de *Victoria amazonica*. A. Diagrama do óvulo; B-Detalhe dos tegumentos do óvulo; C-Diagrama da semente jovem; D-detalhe do perisperma da semente jovem. CA-calaza, FU-funículo, NU-nucelo, PE-perisperma, TE-tegumento externo, TG-tégmen, TI-tegumento interno, TS-testa.

Os óvulos apresentam funículo curto e maciço, cada um é suprido por um pequeno feixe vascular que se estende do funículo até a calaza (Schneider, 1976).

O óvulo de *Victoria amazonica* apresenta os mesmos caracteres típicos registrados para Nymphaeaceae (Corner, 1976). As cutículas se formam no óvulo em estágio inicial de desenvolvimento e se mantêm na semente com função um tanto obscura (Werker, 1997).

Na semente muito jovem (Figura 35 C, D), a testa sofre pouca atividade meristemática aumentando o número de estratos celulares para onze camadas

e a cutícula externa torna-se espessada. O tégmen mantém-se unisseriado. O nucelo também sofre proliferação aumentando o número de estratos celulares; as células nucelares se tornam mais amplas mediante anastomoses, formando o perisperma, tecido de reserva da semente.

### 7.3.2. Semente em maturação e madura

Na semente bem desenvolvida (Figura 36), a exotesta cuticularizada sofre alongamento celular radial, apresentando-se com células prismáticas, com reserva amilácea (Figura 36 C). A mesotesta é multisseriada, com células globosas e com evidências de divisão periclinal na região hilar, e células alongadas no restante da semente. A endotesta é formada por células tabulares (Figura 36 B,C). O tégmen unisseriado e cuticularizado persiste nessa fase com células curtamente cilíndricas na região do hilo e também alongadas tangencialmente no resto da semente. Forma-se endosperma ao redor do embrião (Figura 37).



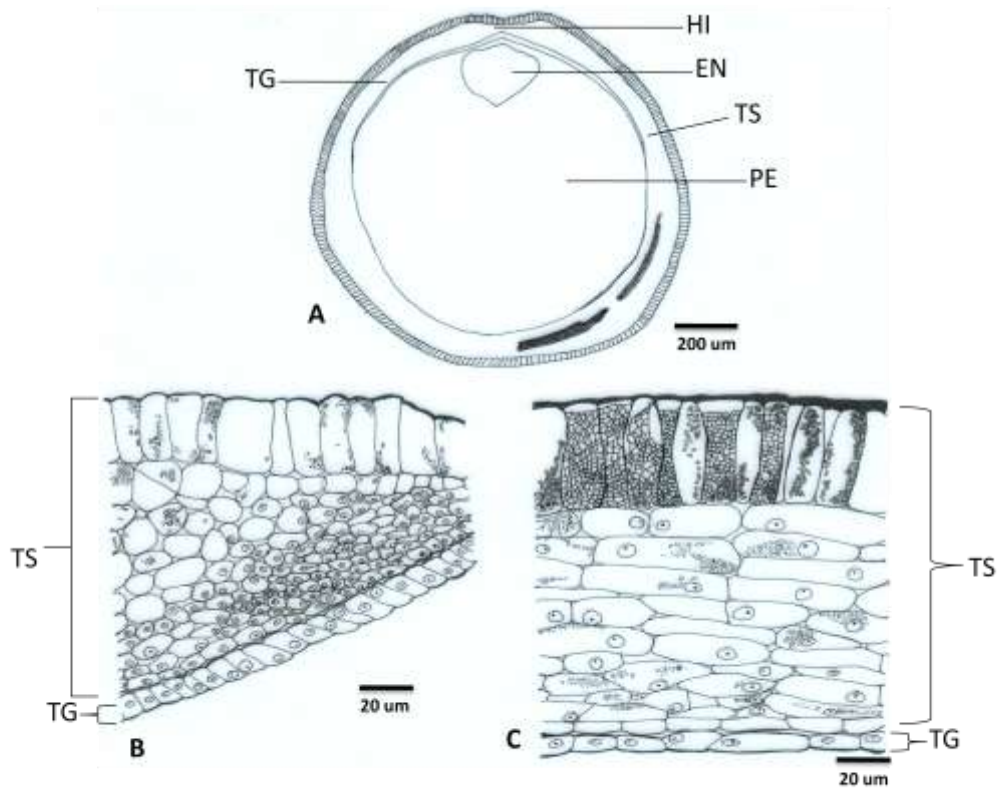


Figura 36: Desenvolvimento da semente de *Victoria amazonica*. A. Diagrama da semente adulta; B. Detalhe da semente região hilar; C. Detalhe da testa, tegmen da semente adulta. EN-endosperma, HI-hilo, PE-perisperma, TG-tégmen, TS-testa.

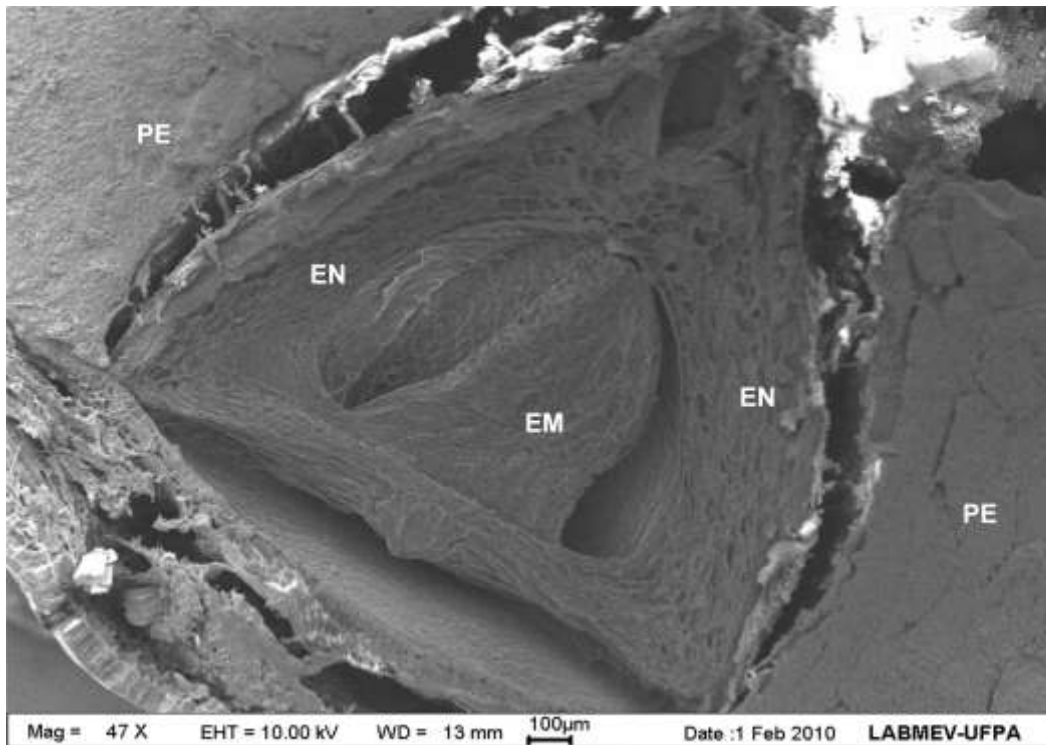


Figura 37: Eletromicrografia da semente madura de *Victoria amazonica* - Embrião. EM-embrião, EN-endosperma, PE-perisperma ( cedida por: Jéssyca Pinho, 2010).

Na semente madura, na região hilar (Figura 38 A, B), a exotesta é composta por células colunares com paredes pouco espessas, a mesotesta é parenquimática com células de tamanho variável e paredes delgadas. Nessa região também se observa o tégmen com células cuboides a levemente prismáticas. Noutras regiões da semente (Figura 38 D), a exotesta é formada por esclereídes prismáticas, de paredes espessas, lignificadas e abundantemente pontoadas, a mesotesta é composta de oito estratos de macrosclereídes, também pontoadas, dispostas tangencialmente, e a endotesta apresenta células semelhantes às da mesotesta. O tégmen se mantém unisseriado com células alongadas (Figura 38 D). Na semente madura ocorre escassa quantidade de endosperma que circunda o embrião reto de tamanho reduzido (Figura 38 A, C), e o perisperma é abundante com conteúdo amiláceo (Figura 38 A, D).

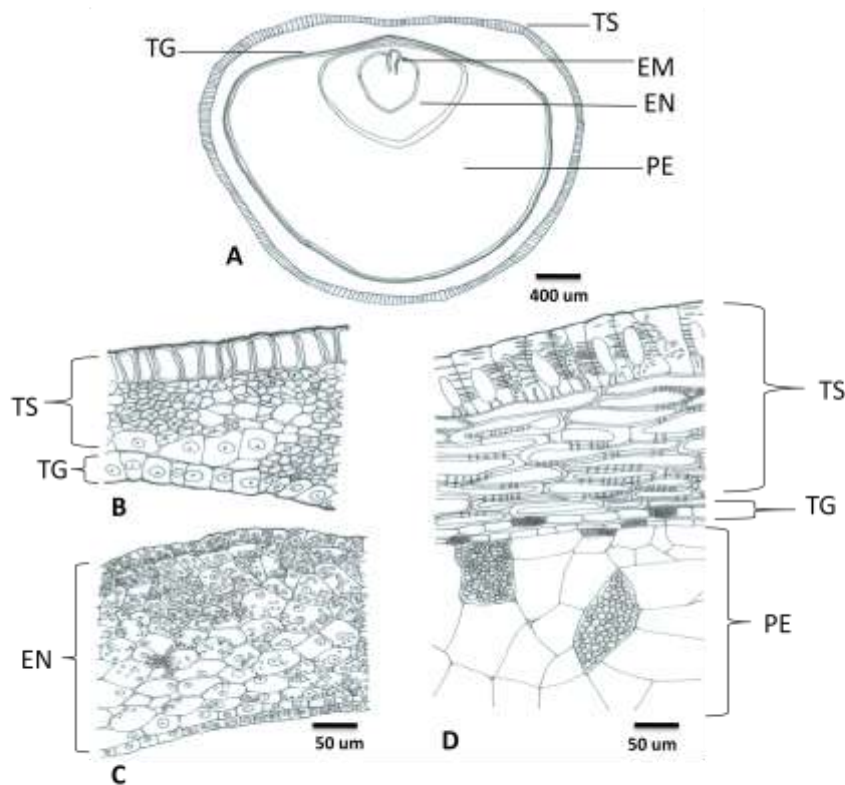


Figura 38: Desenvolvimento da semente de *Victoria amazonica*. Semente madura. A. Diagrama da semente; B. Detalhe da semente região hilar; C. Detalhe do endosperma. D. Detalhe da testa, tegmen e perisperma. EM-embrião, EN-endosperma, HI-hilo, PE-perisperma, TG-tégmen, TS-testa.

No gênero *Victoria*, as sementes são distribuídas individualmente (Schneider, 1976). Esse padrão, contudo, não é único em todas as Nymphaeaceae. Por exemplo, em *Nuphar* (Moseley, 1965), as sementes de cada lóculo são liberadas juntas, circundadas em um pacote de tecido aerênquimatoso. Conard (1905) reportou uma tendência similar em *Nymphaea flava*. Apesar dessas diferenças em nível de gênero, os caracteres gerais das sementes de Nymphaeaceae (Corner, 1976), registrados neste estudo também em *Victoria amazonica* permitem classificar a semente desta espécie como exotestal e perispérmica.

## **CAPÍTULO VI**

### **ANÁLISES QUÍMICAS DE DIFERENTES COMPARTIMENTOS DE *Victoria amazonica* DA VÁRZEA E DE ÁGUAS MISTAS DA AMAZÔNIA**

## 8. ANÁLISES QUÍMICAS DE DIFERENTES COMPARTIMENTOS DE *Victoria amazonia* DA VÁRZEA E DE ÁGUAS MISTAS DA AMAZÔNIA

### 8.1. INTRODUÇÃO

Os elementos químicos essenciais que constituem o tecido vegetal são: C, O, H, Ca, Mg, K, N, P, S, Si, Mn, Fe, Cu, Zn, B, Cl, Co, Mo e Se. A soma dos teores de C, O e H na matéria seca do tecido vegetal é superior a 90%. Os demais elementos, cerca de 10%, são constituídos de: 1) Macroelementos (ordem de g/kg) – Ca, Mg, K, N, P, S, Si; 2) Microelementos (ordem de mg/kg) – B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, e Zn. Além desses elementos pode-se encontrar nas plantas – Al, Ba, Cd, Cr, Hg, Ni, Se, e Pb, em concentrações inferiores a mg/kg. Teores mais elevados desses elementos nos tecidos das plantas podem ser um dos indicativos da contaminação do solo por algum tipo de poluente (EMBRAPA, 1999).

O crescimento das plantas pode ser regulado ou mesmo limitado pelo aporte de nutrientes minerais (Malavolta, 2010). A ocorrência de uma mesma espécie em ambientes com características nutricionais distintas como os ambientes alagáveis amazônicos de várzea, igapó e de águas mistas é intrigante e justifica a análise comparativa das concentrações de elementos minerais nos tecidos das espécies colonizando esses ambientes contrastantes, de forma a elucidar possíveis aspectos diferenciais na dinâmica de incorporação desses elementos e, conseqüentemente, na capacidade adaptativa da espécie.

As intrincadas relações entre o pulso de inundação, o solo e a vegetação nas áreas alagáveis são importantes para o estabelecimento e distribuição diferenciada das espécies vegetais (Piedade *et al.*, 2001). Os solos

dos ambientes de várzea e igapó, devido as suas acentuadas diferenças no conteúdo dos principais nutrientes requeridos pelas plantas merecem atenção especial, uma vez que podem determinar a ocorrência de grupos específicos de plantas. Conhecer o conteúdo total desses elementos permite estimar sua disponibilidade e é um importante fator para a caracterização do solo e de diferentes tipos florestais. A origem dos minerais é em geral geogênica e sua concentração e distribuição dependem de diversos fatores, como: da natureza e gênese do solo, do nível de intemperismo e dos processos de lixiviação (Furch, 2000).

Elementos como C, N e P estão freqüentemente relacionados aos processos bióticos e são concentrados nas camadas superficiais do solo, mostrando forte redução em camadas mais profundas, fenômeno este mais pronunciado nos solos de várzea que nos solos de igapó. Carbono e nitrogênio resultam em grande parte da fixação do CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub> pelas plantas, enquanto o fósforo tem origem na matéria orgânica do solo (Furch, 1997).

O presente trabalho tem como objetivo fazer análises químicas do rizoma, da flor e da folha de *Victoria amazonica*, com vista a estabelecer seus conteúdos nutricionais e comparar esses conteúdos entre os dois ambientes de ocorrência natural da espécie, as águas brancas e as águas mistas.

## 8.2. MATERIAL E MÉTODOS

As análises químicas para macro e micronutrientes foram realizadas no Laboratório Temático de Solos e Plantas do INPA (LTSP/INPA-III). O material (flores, botões e folhas de *Victoria amazonica*) foi coletado nos ambientes de várzea e de águas mistas para comparação entre os ambientes.

As folhas e flores íntegras de *Victoria amazonica* recém coletadas no campo foram lavadas em água de torneira e enxaguadas em água destilada. Após a lavagem foram acondicionadas em sacos de papel, sendo as flores e botões cortados ao meio, longitudinalmente, todo material foi levado a estufa de circulação forçada de ar, a 45° C até peso constante. Após a secagem o material foi triturado em moinho do tipo Wiley (Marconi) e armazenado em sacos de papel para subsequente análise química.

Para as análises dos elementos (P, Na, K, Ca, Mg, Zn, Mn, Fe e Cu) utilizou-se solução nitroperclórica. Foi pesado 0.5g do material vegetal moído, usando papel manteiga; depois, os blocos foram transferidos para tubos de digestão e foram adicionados 4 ml de solução nitroperclórica; esse procedimento foi feito dentro de uma capela. A partir desse ponto as amostras foram colocadas nos digestores aumentando gradativamente a temperatura, de 50° C até 210° C, quando apareceram fumos brancos as amostras foram reduzidas para mais ou menos 1 ml. Após esse processo as amostras passaram pelo esfriamento total, sendo transferidas para balão volumétrico de 50 ml usando um funil; posteriormente o volume foi completado com água destilada. O extrato foi armazenado em frasco escuro para posterior diluição e leitura das amostras. O fósforo digerido foi determinado por espectrofotômetro, através da leitura de intensidade da cor do complexo fosfomolibdico, produzido pela redução de molibdato com ácido ascórbico (EMBRAPA, 1999).

O rizoma e as raízes adventícias da espécie oriundos dos ambientes de várzea e de águas mistas foram também analisados quanto aos teores de proteínas, lipídios e carboidratos no Laboratório de Nutrição do INPA. As análises químicas em triplicata das amostras foram realizadas para

determinação da composição centesimal segundo AOAC (1995). A umidade foi determinada através do método gravimétrico com emprego de calor, baseando-se na perda de peso do material submetido ao aquecimento em estufa de ar forçada a 60°C, até peso constante. O teor de proteínas foi obtido pela determinação da porcentagem de nitrogênio total segundo o método de micro-Kjeldahl. Os lipídios foram determinados segundo o método Soxhlet, utilizando éter de petróleo como solvente. O resíduo mineral fixo (cinzas) foi determinado pela incineração do material em mufla regulada a 550°C, até peso constante. Os carboidratos foram obtidos pelo cálculo da diferença das outras frações analisadas ( $C = 100 - (U+P+L+C)$ ). O valor calórico total foi calculado a partir da soma das calorias correspondentes para proteínas, lipídios e carboidratos.

### 8.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 8.3.1. Análises químicas – Folha e flor

O fósforo, que é acumulado na matéria orgânica do solo nas camadas superficiais foi encontrado em maior quantidade nas folhas e flores do ambiente de águas mistas, com maior valor nas folhas de águas mistas, 47,76 g/kg, e menor nas flores das plantas de várzea, 30,83 g/kg (Tabela VII).

O elemento ferro apresentou maior valor nas folhas de várzea 10,08 mg/kg e menor valor nas folhas de águas mistas 4,83, sendo a diferença superior ao dobro do valor obtido nas águas mistas. Já na flor os valores foram muito semelhantes com 6,72 mg/kg para o ambiente de águas mistas e 6,62 mg/kg para as flores da várzea (Tabela VII).



Os elementos manganês e zinco foram encontrados em pequenas quantidades, tanto na flor quanto na folha de ambos os ambientes, sendo que no ambiente de águas mistas os valores foram um pouco maiores (Tabela VII).

**Tabela VII.** Composição química macro e micronutrientes da folha e flor de *Victoria amazonica* nos ambientes de várzea e águas mistas, com três repetições.

	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>K</b>	<b>Mg</b>	<b>Ca</b>	<b>P</b>	<b>N</b>
	(mg/kg)...	..(mg/kg).....	(mg/kg)	..(g/kg).....	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg).....	(g/kg)
<b>FLOR (VÁRZEA)</b>	6,62	0,78	0,42	10,40	0,98	3,13	30,83	13,18
<b>FLOR (ÁGUAS MISTAS)</b>	6,72	1,32	0,51	11,69	0,97	2,36	35,36.....	15,43
<b>FOLHA (VÁRZEA)</b>	10,08	1,11	0,30	12,19	1,60	7,05	32,36	12,70
<b>FOLHA (ÁGUAS MISTAS)</b>	4,83	1,62	0,47	12,92	1,25	6,17	47,76.....	14,58

P- fósforo, K-potássio, Mn-manganês, Zn-zinco, Fe-ferro, Mg-magnésio, Ca-cálcio, N-nitrogênio total.

Os macroelementos cálcio e magnésio foram encontrados em maior quantidade nas flores e folhas do ambiente de várzea, sendo que as folhas possuem maior quantidade desses elementos do que as flores. Na folha o valor de cálcio foi de 7,05 g/kg na várzea e 6,17 g/kg nas águas mistas. O magnésio nas folhas de várzea apresentou um valor de 1,60 g/kg e nas folhas do ambiente de águas mistas esse valor foi de 1,25 g/kg. Nas flores o magnésio apresentou apenas 1g/kg de diferença entre os dois ambientes. Nas flores de várzea o valor de cálcio foi 3,13 g/kg, enquanto que nas águas mistas esse valor foi de 2,36 g/kg.

O macronutriente potássio foi encontrado em maior quantidade nas flores e folhas do ambiente de águas mistas, com maior valor nas folhas, 12,92

g/kg, sendo que este valor foi apenas um pouco maior do que aquele do ambiente da várzea, 12,19 g/kg. Já na flor de águas mistas o valor foi de 11,69 g/kg, e o da várzea foi inferior, com 10,40 g/kg. Apesar de ter sido encontrado potássio em maior quantidade no ambiente de águas mistas verifica-se que a diferença foi muito pequena em relação ao ambiente de várzea, demonstrando a natureza de transição do ambiente de águas mistas em relação ao ambiente de várzea e de igapó (Tabela VII).

O nitrogênio total foi encontrado em maior quantidade na flor de águas mistas, com 15,43 g/kg, sendo 2,25 g/kg maior do que as flores de várzea. Na folha a quantidade de nitrogênio também foi maior no ambiente de águas mistas, com 1,88 g/kg de diferença, provavelmente demonstrando um maior acúmulo de nutrientes pelas plantas de locais onde estes são mais escassos (Tabela VII).

### 8.3.2. Análises químicas – Rizoma e raízes adventícias

A umidade do rizoma e das raízes adventícias de *Victoria amazonica* perfaz em torno de 92% na planta, sendo que o rizoma das plantas do ambiente de águas mistas apresentaram cerca de 95% de umidade, enquanto que as de várzea, 82%. Quanto à umidade nas raízes os valores foram ainda maiores com 97% nas águas mistas e 95% na várzea. Esses valores elevados nas raízes e caule demonstram a grande quantidade de água nesses órgãos da planta (Tabela VIII).

Nas raízes a quantidade de cinzas foi quase duas vezes maior no ambiente de várzea do que no ambiente de águas mistas. O mesmo foi

verificado para o rizoma da várzea, que possui mais de três vezes a quantidade de cinzas.

Os carboidratos foram encontrados em maior quantidade no rizoma, sendo que no ambiente de várzea tanto para o caule como para as raízes, os valores foram três vezes superiores àqueles encontrados no ambiente de águas mistas.

O valor calórico foi maior para raízes e caule do ambiente de várzea. No rizoma o valor calórico é de 58,48 Kcal, enquanto que o rizoma de águas mistas é de 18,12 Kcal, três vezes menor do que do ambiente de várzea (Tabela VIII).

**Tabela VIII.** Composição centesimal média e valor calórico das raízes e caule (rizoma) de *Victoria amazonica* em 100 gramas (matéria integral), comparando os ambientes de várzea e águas mistas. Valores obtidos por meio da média e desvio padrão de três repetições.

	Umidade (g)	Proteína (g)	Lipídeos (g)	Cinzas (g)	Carboidratos (g)	Valor calórico (Kcal)
<b>Raízes</b> (águas mistas)	97,37	0,14±0,03	0,03±0,00	0,60±0,99	1,86±0,25	8,27±0,06
<b>Raízes</b> (várzea)	95,40	0,18±0,03	0,05±0,02	0,98±0,29	3,40±0,08	14,77±0,04
<b>Rizoma</b> (águas mistas)	94,50	0,40±0,00	0,05±0,07	1,03±0,18	4,02±0,06	18,12±0,04
<b>Rizoma</b> (várzea)	82,21	0,75±0,05	0,20±0,00	3,42±0,45	13,42±0,12	58,48±0,06

Os valores para proteínas, lipídios, carboidratos e valor calórico encontrados tanto nas raízes quanto no rizoma de *Victoria amazonica* foram

sempre superiores para as plantas da várzea, refletindo nas reservas das plantas as características de fertilidade superior desse ambiente alagável (Furch, 2000).

Investigando a distribuição dos principais nutrientes disponíveis no solo e na fitomassa dos ambientes de várzea e de igapó, Furch (1997), verificou que essa relação mostrou padrões contrastantes para os dois ambientes. Tanto o solo quanto a vegetação dos ambientes de igapó continham as menores proporções dos nutrientes avaliados em relação às áreas alagáveis de várzea, à exceção da concentração de N disponível no solo do igapó, que foi maior do que na várzea. Assim, pelo fato de que a vegetação colonizando áreas de igapó dispõe de menores concentrações de nutrientes para a produção de biomassa do que aquela da várzea, a produtividade dos igapós é consideravelmente menor (Klinge *et al.*, 1983, 1984). Além disso, a escassez de nutrientes no igapó parece levar a uma reduzida diversidade de espécies arbóreas em suas florestas, em comparação às florestas de várzea (Furch, 1997).

Estudos sobre a composição química das folhas (Furch e Klinge, 1989) casca e madeira (Klinge *et al.*, 1984) de numerosas espécies arbóreas provenientes das florestas de várzea e igapó também mostram grandes diferenças entre ambos os tipos florestais e indicam que as concentrações de minerais na vegetação são reflexo das condições químicas dos solos e da água de seus locais de origem. Esta relação explica a menor produtividade das florestas de igapó em relação às florestas de várzea.

Também é devido aos baixos teores de nutrientes e à acentuada acidez, o número de espécies de macrófitas aquáticas encontrado nos rios de águas

pretas é bastante reduzido (Junk e Furch, 1980; Junk e Piedade, 1993; Piedade *et al.*, 2010). Entretanto, em zonas de confluência desses sistemas pobres com sistemas mais ricos, como é o caso dos rios de várzea, algumas espécies podem ocorrer e se desenvolver de forma adequada. Isto decorre da entrada de nutrientes do sistema mais fértil (várzea), para o sistema mais pobre (igapó), devido ao pulso de inundação, que permite que os corpos de águas adjacentes coalesçam propiciando condições sazonais de conectividade. Esta situação é verificada, por exemplo, na região do Lago Catalão, na altura de Manaus, onde se misturam as águas dos rios Negro e Solimões, o que pode ser de grande importância para as comunidades de peixes (Leite *et al.*, 2006) colonizando essas águas mistas. Dada a grande capacidade de estocagem de nutrientes apresentada pelas macrófitas aquáticas, algumas espécies podem se estabelecer em águas mistas com baixa qualidade nutricional, onde são capazes de sobreviver por longos períodos de tempo (Esteves, 1988).

No caso de *Victoria amazonica*, a capacidade de estocagem de nutrientes é expandida graças a um sistema radicular muito desenvolvido e um rizoma de grande valor adaptativo. Ainda assim, observa-se que as reservas presentes no rizoma das plantas da várzea suplantam, eventualmente em algumas ordens de magnitude, os valores medidos para as plantas das águas mistas. Desta forma, embora a espécie colonize ambientes de águas mistas com sucesso, seu ótimo de distribuição é na várzea, o que é confirmado também pelos tamanhos de limbos maiores medidos nesse sistema e a resistência dos mesmos (Capítulo I).

## **9. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### 9.1 *Victoria amazonica* (Poepp.) Sowerby em seus ambientes naturais de ocorrência: Ecologia da espécie

Os valores médios da profundidade e comprimento do pecíolo nos sítios dos ambientes de várzea foram levemente menores do que os valores médios dos sítios de águas mistas, indicando que o comprimento do pecíolo e o estabelecimento das plantas independem de aspectos nutricionais e, possivelmente, são influenciados pelos níveis da água, local de estabelecimento da planta e período da coleta.

A área foliar foi maior nos ambientes de várzea, do que no de águas mistas, o que é atribuído à maior riqueza de nutrientes encontrada nos ambientes de várzea. Além disso, ambientes com menor turbulência favorecem o desenvolvimento de folhas maiores. O número de canais de perfuração oscilou entre 3 e 15 por  $\text{cm}^2$ . Na comparação dos ambientes a média global dos sítios de águas mistas foi de 9 canais por  $\text{cm}^2$ , maior do que dos sítios de várzea, onde foi de 7 canais por  $\text{cm}^2$ . Os dados obtidos mostram que a quantidade de canais está diretamente relacionada com o tamanho da folha, indicando que quanto maior esta for maior será o número de canais em sua superfície. As folhas de *Victoria amazonica* são muito resistentes podendo suportar pesos médios de 37,9 Kg, nas plantas da várzea, e de 25,3 Kg nos ambientes de águas mistas, indicando que a maior riqueza de nutrientes da várzea pode estar conferindo maior robustez às folhas. Se o peso for bem distribuído e não romper o limbo foliar, após a retirada do peso a folha se recompõe plenamente, graças à grande elasticidade de suas estruturas. Desta forma, as grandes folhas de *Victoria amazonica* podem proporcionar suporte e refúgio a vários animais da biota aquática.

## 9.2 Morfologia da germinação e ciclo de vida

O maior sucesso germinativo de *Victoria amazonica* foi obtido no tratamento que apresentou às seguintes variáveis: escuro, substrato água e tegumento raspado, no qual a taxa germinativa foi três vezes superior à dos demais tratamentos; entretanto, também nesse tratamento foi observada uma maior propensão à contaminação por fungos, o que, contudo, não reduziu a germinação nem a taxa de formação de plântulas e plantas jovens. Um dos empecilhos para a germinação das sementes de *Victoria amazonica* sob condições controladas é o longo tempo de dormência imposta pelos tegumentos e arilo da semente. Adicionalmente, muitas das sementes apresentavam embriões inviáveis.

A maioria das plântulas transferidas ou para os tanques com sombrite ou para aquário teve baixa longevidade, morrendo em um período máximo de 30 dias. Isso provavelmente se deveu à redução no aporte de nutrientes do meio, e ao fato de que muitas plântulas foram atacadas por fitófagos, o que reduziu o limbo e a fotossíntese, culminando com a morte das plantas. Aquelas que conseguiram chegar até a fase de planta jovem se desenvolveram até o quinto eofilo.

A plântula possui inicialmente uma raiz primária pequena que rapidamente se atrofia, dando lugar ao desenvolvimento de raízes adventícias. O cotilédone tem forma aciculada, é aclorofilado, e se curva e seca quando ocorre o surgimento por completo do primeiro eofilo. Na planta jovem de doze dias de idade observa-se grande número de raízes adventícias e início do desenvolvimento do segundo eofilo. O caule, inicialmente reduzido na fase muito jovem da planta, torna-se gradativamente desenvolvido nos estágios



seguintes, formando o rizoma da planta adulta. Na planta com vinte dias de idade ocorre a formação de dois novos eofilos e do metafilo, de desenvolvimento ainda incipiente. O metafilo completamente expandido é uma folha de aproximadamente 2m de diâmetro, orbicular peltada, com bordo de até 12 cm de altura e pecíolo que pode atingir 8m de comprimento, dependendo da coluna de água. O ciclo de vida completo de *Victoria amazonica*, desde a germinação da semente até a formação da planta adulta, fértil, com botões florais, frutos, folhas jovens e adultas é de oitenta dias.

A fixação da planta adulta é da responsabilidade das raízes adventícias e o caule rizomatoso. O rizoma fica totalmente enterrado no substrato é destituído de espinhos e apresenta o comprimento médio de 65 cm. O pecíolo é longo, podendo atingir cerca de 7 m, sendo revestido de espinhos resistentes, com função de defesa da planta. A folha orbicular peltada apresenta área foliar máxima de 3,27 m<sup>2</sup> e espinhos na face inferior, também com função defensiva. Na planta adulta as folhas jovens e botões florais são formados a partir da gema foliar presente no rizoma.

### 9.3 Estrutura e anatomia foliar

O pecíolo dos eofilos tem contorno cilíndrico, sendo que o primeiro eofilo apresenta pequenos acúleos na superfície, enquanto que o pecíolo do segundo eofilo não possui acúleos. Do terceiro eofilo em diante até o metafilo ocorrem espinhos na superfície. No desenvolvimento do pecíolo verifica-se a presença de quatro lacunas maiores de ar de diâmetro variável, desde o eofilo até o metafilo, além de muitas lacunas menores, imersos no parênquima ocorrem vários feixes vasculares colaterais espalhados no mesofilo.

Na estrutura da folha de *Victoria amazonica* verifica-se que no primeiro eofilo há uma camada semelhante ao parênquima paliçádico, no terceiro a quinto eofilo o parênquima paliçádico é biestratificado compacto e no metafílo é uniestratificado frouxo. O aerênquima está presente no mesofilo em todos os estágios de desenvolvimento do limbo foliar e a partir do terceiro eofilo verifica-se a presença das esclereides que fazem a sustentação da folha nesses locais com tantas lacunas de ar. A folha é epiestomática, com complexo estomático anomocítico, encontrado a partir do quinto eofilo. Semelhante ao metafílo desenvolvido o quinto eofilo apresenta na região da nervura central grupos de colênquima que proporcionam a sustentação maleável da folha nas oscilações que o ambiente aquático impõe. A quantidade de esclereides se intensifica a partir do quinto eofilo, que é o elo entre os eofilos e o metafílo.

#### 9.4 Anatomia da flor

A sépala apresenta colênquima subepidérmico em ambas às faces, adaxial e abaxial, o aerênquima é formado por enormes lacunas de ar entremeadas de esclereides. Na região subepidérmica da face adaxial ocorrem dois estratos de parênquima paliçádico em reduzidas arestas e os estômatos anomocíticos estão presentes na face adaxial. A pétala possui estômatos na face adaxial, epidermes de ambas as faces uniestratificada com tricomas na face adaxial. O mesofilo é formado por muitas lacunas de ar com esclerides e um feixe vascular colateral.

O ovário ínfero é recoberto por espinhos e possui epiderme externa uniestratificada, mesofilo dividido em camadas de parênquima e aerênquima com muitas esclereides e epiderme interna multisseriada.

A antera dos estames férteis apresenta epiderme cuticularizada, papilosa, glabra, com um único estrato de células. Na região do conectivo ocorre parênquima subepidérmico mais compacto e, em sequência aerênquima onde está localizado o feixe vascular concêntrico. Na parede de cada um dos quatros sacos polínicos distinguem-se o tapete secretor uninucleado, duas camadas médias com células comprimidas e um estrato de endotécio unisseriado com tricomas tectores pluricelulares.

### 9.5 Anatomia do fruto

O fruto se desenvolve no interior da água, emergindo quando maduro. O fruto é carnoso, indeiscente, globoso, verde, multicarpelar, com muitas sementes ligadas pelo funículo à parede do fruto, e revestido abundantemente por espinhos. Possui no ápice uma depressão de contorno oval, que acumula restos de perianto apodrecido que exala odor fétido.

Estruturalmente o fruto apresenta exocarpo constituído por epiderme unisseriada, cutinizada e pilosa, com tricomas tectores pluricelulares e espinhos originados no exocarpo. O mesocarpo apresenta três regiões diferentes: o mesocarpo externo, subepidérmico, pluriestratificado de natureza parenquimática, com células amplas e de paredes delgadas; o mesocarpo médio aerenquimático, plurisseriado; e o mesocarpo interno esclerenquimático, com esclereídes de formato e tamanho variáveis, de paredes espessas e lignificadas. O endocarpo é originado da epiderme multisseriada do ovário e também do parênquima do mesofilo do ovário, formando aproximadamente quinze camadas de células esclerenquimáticas de paredes secundárias lignificadas menos espessas do que as do mesocarpo esclerenquimático.

## 9.6 Anatomia do desenvolvimento da semente de *Victoria amazonica*

O óvulo de *Victoria amazonica* é anátropo, bitegmentado, com nucelo bem desenvolvido e funículo curto. O tegumento externo do óvulo é formado por células alongadas. O mesofilo do tegumento externo é parenquimático, constituído por células de tamanho variável e de paredes delgadas; a epiderme interna é pouco diferenciada, confundindo-se com as células do mesofilo. O tegumento interno cuticularizado é formado por uma única camada de células cuboides de paredes finas. É evidente a presença das cutículas externa, mediana (entre os dois tegumentos) e a interna (entre o tegumento interno e o nucelo). Na semente adulta o mesofilo do tegumento externo se lignifica formando esclereides arredondadas na região hilar e células alongadas nas demais regiões. A epiderme externa da testa permanece com células alongadas, porém com paredes secundárias bem espessas comunicando umas com as outras através de pontoações simples. O tégmen permanece uniestratificado, cuticularizado e na semente madura apresenta grande quantidade de amido no interior de suas células. O endosperma permanece escasso em torno do embrião e o perisperma é abundante com todas suas células repletas de amido farináceo.

## 9.7 Análises químicas

As diferenças na composição química entre plantas de várzea e águas mistas foram pequenas, não indicando padrões claros. Possivelmente isso se deve ao fato que o ambiente de águas mistas recebe aporte nutricional da várzea, mais rica, tornando os valores pouco diferenciados. As maiores diferenças encontradas foram para o fósforo, com predominância na folha e flor de águas mistas; as variações entre os demais elementos, potássio,

manganês, zinco, ferro e magnésio, foram muito discretas. Já quanto às reservas constituídas por proteínas e lipídios os valores encontrados nos rizomas das plantas da várzea foram sempre superiores. Especial destaque deve ser dado para o teor calórico do rizoma de várzea, com 58,48 g, enquanto que no rizoma de águas mistas esse valor foi de 18,12 g. Nas raízes a quantidade destas macromoléculas foi muito pequena, tornando inviáveis maiores comparações.

## **10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Adamowicz, R.A.G. 2007. Estrutura, desenvolvimento, histoquímica e atividade antioxidante dos órgãos vegetativos de *Nymphaea amazonum* Mart & Zucc. (Nymphaeaceae) procedente do Pantanal / MS, Brasil. *Dissertação de mestrado* UFMS-Campo Grande. 70p.
- Albiero, A.L.M.; Paoli, A.A.S.; Souza, L.A.; Mourão, K.S.M. 2005. morfoanatomia dos órgãos vegetativos de *Piper crassinervium* H.B.&K. (Piperaceae). *Acta Botanica Brasilica*, 19:305-312.
- Alquini, Y., Bona, C., Boeger, M.R.T., Costa, C.G. e Barros, C.F. 2003. Epiderme. In *Anatomia Vegetal* (B. Appezzato-da-Glória & S.M. Carmello-Guerreiro, eds.) UFV, Viçosa, p.87-107.
- A.O.A.C. 1975. *Handbook of chemical analysis. Association of Official Analytical Chemist*. 10<sup>a</sup> ed. Washungton. p. 316.
- Appezzato-da-Glória, B.; Carmello-Guerreiro, S.M. 2006. *Anatomia vegetal*. Editora UFV, Viçosa. 438p.
- Armstrong, W.; Justin, S.H.F.W.; Beckett, P.M.; Lythe, S. 1991. Root adaptation to soil waterlogging. *Aquatic Botany*, 39: 57-73.
- Barroso, G.M.; Amorim, M.P.; Peixoto, A.L.; Ichaso, C.L.F. 1999. *Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas*. Editora UFV, Viçosa. 443p.
- Bello, E.P. de B.C. 2005. Influencia de substratos, temperatura, estresse hídrico e armazenamento na germinação de *Torresia acreana* Ducke. *Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical)*, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 93 p.
- Braga, P.I.S. 1979. Subdivisão fitogeográfica, tipos de vegetação, conservação e inventário florístico da Floresta Amazônica. *Acta Amazonica*, 9(4): Supl. 53-80.
- Brändle, R.; Crawford, R.M.M. 1987. Rhizome anoxia tolerance and habitat specialization in wetland plants. ED. Crawford. *Plant life in aquatic and amphibious habitats*. Backwell Scientific Publications, Oxford. p. 397-410.
- Bruyne, C. 1922. Idioblastes et diaphragmes dès Nymphéacées. C.r. hebdomadaire. Séanc. Acad. Sci. Paris, 175: 425-455.

- Catský, J.; Sesták, Z. 1997. Photosynthesis during leaf development,. In: Pessaraki, M. (Ed.) *Handbook of photosynthesis*. New York: Marcel Dekker. p. 633-660.
- Cicero, S.M.; Julio, M.F.; Silva, W.R. da. 1986. Atualização em produção de sementes. In. I Semana de atualização em produção de sementes. Piracicaba. Resumos. Piracicaba, São Paulo.
- Conard, H.S. 1905. The waterlilies. A monograph of the genus *Nymphaea*. *Publs Carnegie Instn.*, 4: 1-292.
- Corner, E.J.H. 1976. *The Seeds of Dicotyledons*. Cambridge University Press, New York. 1: 786p.
- Cronquist, A. 1981. *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia Univ. Press, New York. 1226pp.
- Decker, J.S. 1936. *Aspectos biológicos da flora brasileira*. Casa Editora, Roternurnd & Co. 640p.
- Esau, K. 1977. *Anatomy of Seed Plants*. John Wiley & Sons, New York. 236pp.
- Esteves, F.A. 1988. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro – RJ. Ed. Interciencia / FINEP. 575p.
- Fahn, A.1990. *Plant anatomy*. Pergamon Press, Oxford. 235p.
- Ferraz, I.D.K.; Sampaio, P.T.B. 1996. Métodos simples de armazenamento das sementes de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. E *Carapa procera* D.C. Meliaceae). *Acta amazonica*, 26: 137-144.
- Ferreira, A.G.; Borghetti, F. 2004. *Germinação: do básico ao aplicado*. Artmed, Porto Alegre. 323p.
- Foster, A.S. 1949. *Practical Plant Anatomy*. D. Van Nostrand, Inc., New York, 2nd ed. 228p.
- Fowler, J.A.P.; Bianchetti, A. 2000. Dormência em sementes florestais. Colombo: Embrapa Florestas, (Embrapa Florestas, Documentos, 40). 27 p.
- Furch, K. & Klinge, H. 1989. Chemical relationships between vegetation, soil and water in contrasting inundation areas of Amazonia. In: Proctor, J. (Ed). *Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems*. British Ecological Society, Blackwell Scientific Publications, Cambridge. 9: 189-204



- Furch, K. 1997. Chemistry of várzea and igapó soils and nutrient inventory of their floodplain forests. *In*: Junk, W.J. (Ed). *The Central Amazon Floodplains*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 126: 47-67.
- Furch, K. 2000. Chemistry and bioelement inventory of contrasting Amazonian forest soils. pp. 109-128. *In*: W.J. Junk, J.J. Ohly, M.T.E. Piedade & M.G. Soares (eds.). *The Central Amazon Floodplain: Actual Use and Options for a Sustainable Management*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
- Gessner, F. 1969. Zur Blattentwicklung von *Victoria amazonica* (Popp.) Sowerby (= *Victoria regia*). *Ber. Dtsch. Bot. Ges. Bd.*, 82 (9): 603-608.
- Goulding, M. 1997. *História natural dos rios amazônicos*. Rainforest Alliance, Brasília . 208p.
- Gwynne-Vaughan, B.A. 1897. On some Points in the Morphology and Anatomy of the Nymphaeaceae. *Plates XXI & XXII*. Keeper of the Jodrell Laboratory, Royal Gardens, Kew. p. 287-301.
- Henfrey, A.; Forbes, E. 1852. On the Anatomy of the Stem of *Victoria regia*. XVI. Inglaterra. p. 289-294.
- Hoehne, F.C. 1948. *Plantas aquáticas*. Secretaria da Agricultura, São Paulo. 168p.
- Hutchinson, J. *The Families of the Flowering Plants*. 1973. 3<sup>th</sup>. ed. Claredon Press, London. 398p.
- Jensen, W.A. 1962. *Botanical histochemistry: principles and practice*. W.H. Freeman & Co, San Francisco. 408p.
- Johansen, D.A. 1940. *Plant Microtechnique*. McGraw-Hill Book Company, New York. 790p.
- Judd, W.S.; Campbell, C.S.; Kellogg, E.A.; Stevens, P.F.; Donoghue, M.J. 1999. *Plant Systematics: A phylogenetic approach*. Sinaues Associates, Sunderland Massachusetts, USA. 559 pp.
- Junk, W.J. & Furch, K. 1980. Química da água e macrófitas aquáticas de rios e igarapés na Bacia Amazônica e nas áreas adjacentes. Parte I: Trecho Cuiabá – Porto Velho – Manaus. *Acta Amazonica*, 10 (3): 611-633.
- Junk, W.J.; Bayley, P.B.; Sparks, R.E. 1989. The flood pulse concept in riverfloodplain systems. *In*: Dodge, D.P. (Ed). *Proceedings of the*

- International Large River Symposium (LARS)*. Canadian Special Publication in Fisheries and Aquatic Sciences, 106: 110-127.
- Junk, W.J. 1993. *Wetlands of Tropical South America*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. 287p.
- Junk, W.J. & Piedade, M.T.F. 1993. Herbaceous plants of the Amazon floodplain near Manaus: Species diversity and adaptations to the flood pulse. *Amazoniana*, XII (3/4): 467-484.
- Junk, W.J.; Piedade, M.T.F. 1997. Plant Life in the Floodplain with Special Reference to Herbaceous Plants. *ED. The Central Amazon Floodplain: Ecology of a Pulsing System*. Springer, Germany. p.147-185.
- Junk, W.J. 1998. *A várzea do Rio Solimões-Amazonas: Conceitos para o aproveitamento sustentável e seus recursos*. Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros. 48p.
- Kaul, R.B. 1971. Diaphragms and aerenchyma in *Scirpus validus*. *American Journal of Botany*, 58: 808-816.
- Klinge, H.; Furch, K.; Harms, E.; Revilla, J. 1983. Foliar nutrient levels of native tree species from Central Amazonia. I. Inundation forests. *Amazoniana*, 8: 19-46.
- Klinge, H.; Furch, K., Harms, E. 1984. Selected bioelements in bark and wood of native tree species from Central-Amazonian inundation forests. *Amazoniana*, 9: 29-47.
- Langhammer, V.L. 1970. *Piper auritum* H.B.K. - An anatomical-histochemical study. Piperaceae used in folk medicine. A comparative anatomical-histochemical study. *Planta Med*, 19: 63-70.
- Leite, R.G.; Silva, J.V.V.; Freitas, C.E. 2006. Abundância e distribuição das larvas de peixes no Lago Catalão e no encontro dos rios Solimões e Negro, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 36 (4): 557 – 562.
- Lindley, J. 1837. *Victoria regia*. W. Nicol, Shakespeare Press, London. p. 1-4.
- Malavolta, E. 2006. *Manual de Nutrição Mineral de Plantas*. 1. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres. 638p.
- Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 1999. Embrapa, Brasília, 370p.

- Metcalf, C.R.; Chalk, L. 1965. *Anatomy of the dicotyledons I*. Claredon Press, Oxford. 1479p.
- Moseley, M. F. 1965. Morphological studies of the *Nymphaeaceae*. 111. The floral anatomy of *Nuphar*. *Phytomorphology*, 15: 54-84.
- Murty, Y.S. 1960. Studies in order Piperales I. A contribution to the study of vegetative anatomy of the some species of *Peperomia*. *Phytomorphology*, 10: 50-59.
- Nascimento, M.E.; Vilhena-Potiguara, C.R. 1999. Aspectos anatômicos dos órgãos vegetativos de *Piper hispidinervium* C. DC. (Piperaceae) e suas estruturas secretoras. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi; Série Botânica*, 15: 39-104.
- Nascimento, W.M.O.; Ramos, N.P.; Carpi, V.A.F.; Filho, J.A.S.; Cruz, E.D. 2003. Temperatura e substrato para germinação de sementes de *Parkia platycephala* BENTH. (Leguminosae-Mimosoideae). In. *Revista Agricultura Tropical*, 7: 119-129.
- Oliveira, A.F.M. 2005. Ceras Epicuticulares como fator antiestresse. In *Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas* (R.J.M.C. Nogueira, E.L. Araújo, L.G. Willadino & U.M.T. Cavalcante, eds.) *Imprensa Universitária*, UFRPE, Recife, p.32-41.
- Pessini, G.L.; Albiero, A.L.M.; Mourão, K.S.M.; Nakamura, C.V.; Dias-Filho, B.P.; Cortez, D.A. 2003. *Acta Farma Bonaerense*, 22: 209-216.
- Piedade, M.T.F.; Junk, W.J. 2000. Natural Grasslands and Herbaceous Plants in the Amazon Floodplain and Their Use. ED. *The Central Amazon Floodplain: Actual Use and Options for a Sustainable Management*. Backhuys Publishers, Leiden. 269-290.
- Piedade, M.T.F.; Worbes, M.; Junk, W.J. 2001. Geo-ecological higher plants in Amazonian Floodplain: Actual Use and Options for Sustainable Management. Backhuys Publishers B.V., Leiden. p. 184-210.
- Piedade, M.T.F.; Junk, W.J.; D'Angelo, S.A.; Wittmann, F.; Shoengart, J.; Lopes, A. 2010. Aquatic herbaceous plants of the Amazon floodplains: state of the art and research needed. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 22, p. 165-178.
- Pimentel, C. 1998. *Metabolismo de carbono na agricultura tropical*. Seropédica, Edur. 150p.

- Pio Corrêa, M. 1952. *Dicionário das Plantas Úteis do Brasil e das Exóticas Cultivadas*. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro. 3. 646p.
- Pires, J.M. 1974. Tipos de vegetação da Amazônia, Belém. *Brasil Florestal*, 5: 179-202.
- Poeppig, E.F. 1836. *Euryale amazonica*. Reise nach Chile, Perú. 2:432.
- Pott, V.J.; Pott, A. 2000. *Plantas Aquáticas do Pantanal*. Embrapa, Brasília. 404p.
- Prance, G.T. 1974. *Victoria amazonica* ou *Victoria regia*? *Acta Amazonica*, 4: 5-8.
- Prance, G.T.; Arias, J.R. 1975. A Study of the Floral Biology of *Victoria amazonica* (Poepp.) Sowerby (Nymphaeaceae). *Acta Amazonica*, 2: 109-139.
- Prance, G.T. 1979. Notes on the vegetation of Amazonia. III. Terminology of Amazonian forest types subjected to inundation. *Brittonia* 31: 26-38.
- Ribeiro, J.E.L.S.; Hopkins, M.J.G.; Vicentini, A.; Sothers, C.A.; Costa, M.A.S.; Brito, J.M.; Souza, M.A.D.; Martins, L.H.P.; Lohmann, L.G.; Assunção, P.A.C.L.; Pereira, E.C.; Silva, C.F.; Mesquita, M.R.; Procópio, L.C. 1999. *Flora da Reserva Ducke: Guia de Identificação das Plantas Vasculares de uma Floresta de Terra-Firme na Amazônia Central*. Manaus. 800p.
- Rosa-Osman, S.M. 2005. Aspectos do desenvolvimento foliar, morfologia da flor, fruto, semente, plântula e germinação de *Victoria amazonica* (Poepp.) Sowerby (Nymphaeaceae) na Amazônia Central. *Dissertação de Mestrado*: INPA-Manaus. 104p.
- Rosa-Osman, S.M.; Rodrigues, R.; Mendonça, M.S.; Souza, L.A.; Piedade, M.T.P. 2010. Morfologia da flor, fruto e plântula de *Victoria amazonica* (Poepp.) J.C. Sowerby (Nymphaeaceae). *Acta amazonica*. 40(4). *In press*.
- Roth, I. Fruits of angiosperms. 1977. *Encyclopedia of plant anatomy*. Gebrüder Borntraeger, Berlin. 522p.
- Salati, E. 1983. O Clima Atual depende da Floresta. ED. *Amazônia: Desenvolvimento, Integração e Ecologia*. Brasiliense; [Brasília]: Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, São Paulo. p. 15-44.
- Schneider, E.L. 1976. The floral anatomy of *Victoria Schomb.* (Nymphaeaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 72: 115-148.

- Schubart, H.O.R. 1983. Ecologia e Utilização das Florestas. *In: Amazônia: Desenvolvimento, Integração e Ecologia*. Brasiliense; [Brasília]: Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, São Paulo. p. 101-143.
- Sculthorpe, C.D. 1967. *The biology of aquatic vascular plants*. Edward Arnold Publishers, London. 610p.
- Sculthorpe, C.D. 1985. *The biology of aquatic vascular plants*. Edward Arnold Publishers, London. 609p.
- Souza, L.A. 2003. *Morfologia e Anatomia Vegetal*. Toda palavra Editora, Ponta Grossa, Paraná. 267p.
- Souza, L.A.; Rosa, S.M.; Moscheta, I.S.; Mourão, K.S.M.; Rodella, R.A.; Rocha, D.C.; Lolis, M.I.G.A. 2004. *Morfologia e Anatomia Vegetal – Técnicas e Práticas*. Toda palavra Editora, Ponta Grossa, Paraná. 217p.
- Souza, L. A. Fruto. 2006. *In: Souza, L. A. (org.) Anatomia do fruto e da semente*. Toda palavra Editora, Ponta Grossa, Paraná. 196p.
- Souza, L.A.; Moscheta, I.S.; Mourão, K.S.M.; Albiero, A.L.M.; Montanher, D.R.; Paoli, A.A.S. 2009. Morfologia da plântula e do tirodendro. *In: Souza, L.A. (org.) Sementes e Plântulas-Germinação, Estrutura e Adaptação*. Toda palavra Editora, Ponta Grossa, Paraná. 119-190.
- Sowerby, J.C. 1850. On the names of the *Victoria* water lily. *Ann. & Mag. Nat. Hist.*, Sér. II, 6:310.
- Steinmann, F.; Brändle, R. 1984. Carbohydrate and protein metabolism in the rhizomes of the bubblewort (*Schoenoplectus lacustris* L.) in relation to natural development of the whole plants. *Aquatic Botany*, 19: 53-63.
- Takemori, N.K. 2002. Anatomia Comparada de *Peperomia catharinae*, *Peperomia emarginella*, *Peperomia quadrifolia* e *Peperomia rotundifolia* (Piperaceae). *Dissertação de Mestrado*: Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 69p.
- Taylor, D.W.; Hickey, L.J. 1992. Phylogenetic evidence for the herbaceous origin of angiosperms. *Plant Systematics and Evolution*. Austria. 180: 137-156.
- Vianna, W.O.; Akisue, G. 1997. Caracterização morfológica de *Piper aduncum* L. *Lectia*, 15: 11-62.

- Yuncker, T.G. 1958. The Piperaceae - A family profile. *Brittonia*, 10: 1-7.
- Weidlich, W. H. 1976. The organization of the vascular system in the stems of the Nymphaeaceae. II. *Nymphaea* subgenera *Anecphya*, *Lotos*, and *Brachyceras*. *Am. J. Bot.*, Petersham. 63(10): 1365-1379.
- Weidlich, W. H. 1980. The organization of the vascular system in the stems of the Nymphaeaceae. III. *Victoria* and *Euryale*. *American Journal of Botany*, Michigan. 67(5): 790-803.
- Werker, E. 1997. *Seed anatomy*. Gebrüder Borntraeger, Berlin. 430p.