

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**CARACTERÍSTICAS DA ANATOMIA FOLIAR E DA DEPOSIÇÃO DE
GOTAS DE PULVERIZAÇÃO EM PLANTAS DANINHAS AQUÁTICAS**

NEUMÁRCIO VILANOVA DA COSTA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Agricultura.

BOTUCATU - SP

Janeiro – 2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**CARACTERÍSTICAS DA ANATOMIA FOLIAR E DA DEPOSIÇÃO DE
GOTAS DE PULVERIZAÇÃO EM PLANTAS DANINHAS AQUÁTICAS**

NEUMÁRCIO VILANOVA DA COSTA

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Roberto Antonio Rodella

Co-Orientador: Prof. Dr. Dagoberto Martins

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp - Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Mestre em Agronomia
- Área de Concentração em Agricultura.

BOTUCATU - SP

Janeiro – 2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO:.....
.....(Letras maiúsculas)

AUTOR:.....(Letras maiúsculas)

ORIENTADOR:.....(Letras maiúsculas)

CO-ORIENTADOR:.....(Letras maiúsculas)

Aprovada pela Comissão Examinadora:

Nome.....Presidente

Nome.....

Nome.....

Data de realização ____/____/____

OBS: Este certificado será impresso e fornecido pela F.C.A.

Dedico este
trabalho às pessoas
que estiveram sempre
ao meu lado: Meus
pais, Manoel e
Deusanira, ao meu
irmão e minhas irmãs,
especialmente aos meus
tios Joel e Fátima, à
minha tia Iraci, à
minha noiva Tatiane
Cristina, pelo o amor,
carinho e o apoio
oferecido em todos os

momentos especiais da
minha vida. Aos meus
orientadores, enfim,
dedico a todos meus
amigos que convivi
durante todo o
curso, que direta ou
indiretamente
contribuíram para
minha formação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar ao nosso Senhor “**DEUS**”, ser supremo que sempre esteve ao meu lado, me iluminando e guiando em todos os momentos.

Aos meus pais, irmão, irmãs e demais familiares que diretamente me apoiaram e incentivaram a concluir mais uma etapa importante da minha vida.

Aos meus tios Joel e Fátima, pelo acolhimento, dedicação e carinho.

A minha noiva Tatiane Cristina, pelo carinho, pela compreensão e palavras de conforto que durante o período que passamos longe um do outro, me ajudaram a enfrentar as dificuldades.

Ao Prof. Dr. Eduardo Andréa Lemus Erasmo, responsável pelos meus primeiros passos na pesquisa.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Roberto Antonio Rodella e Prof. Dr. Dagoberto Martins, pela orientação, confiança e dedicação dispensada durante a realização deste trabalho.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração Agricultura, pelos ensinamentos e conhecimentos transmitidos.

Aos colegas de república, Fabio Ferrari, Gustavo Mateus Pavan e João Renato, meu muito obrigado pelo o apoio e companheirismo.

Aos funcionários do Departamento de Agricultura: Biral (Técnico de Campo), Valeria Cristina R. Giondoni (Laboratório de Sementes), Dorival de Arruda Pires (Laboratório Relação Solo-Planta), Vera Lúcia Rossi e Lana (Secretaria), pelo auxílio, amizade e a boa convivência.

A todos os amigos que participaram diretamente deste trabalho: Marcelo A. Terra, Sidnei R. de Marchi, Caio A. Carbonari, Vanessa D. Domingues, João Renato, Livia Duarte, Ana Paula Barbosa, Luciana Rodrigues, Paulo, Guiné.

Aos amigos José Carlos Feltran, Vanessa Gerba, Otávio M. da Silva, Laerte Marques, Marcelo e Elza Correa, Eduardo Negrisoni, Anderson L. Cavenagui, Guto, Gustavo R. Tofoli, Beto, Tiago M. Correa, Caio Rossi e todos os colegas de Pós Graduação por todos os momentos de alegrias.

A todos meus colegas, que sempre estarão em minhas lembranças em todos os momentos da minha vida, agradeço pela troca de experiências, pelo companheirismo e momentos de descontração que vivemos.

A TODOS MEU MUITO OBRIGADO!

ÍNDICE

1. RESUMO.....	1
2. SUMMARY.....	3
3. INTRODUÇÃO.....	5
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
4.1 Plantas daninhas aquáticas.....	8
4.2 Características anatômicas da folha.....	10
4.3 Herbicidas de utilização em ambiente aquático.....	15
4.4 Surfatantes.....	17
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
5.1 Plantas daninhas aquáticas.....	22
5.2 Anatomia do limbo foliar.....	25

5.3 Número de estômatos e de tricomas do limbo foliar.....	26
5.4 pH foliar.....	26
5.5 Área de molhamento da gota de pulverização.....	27
5.6 Análises estatísticas.....	29
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
6.1 Características anatômicas do limbo foliar.....	31
6.1.1 <i>Enhydra anagallis</i>	31
6.1.2 <i>Brachiaria subquadripara</i>	32
6.1.3 <i>Brachiaria mutica</i>	33
6.1.4 <i>Panicum repens</i>	34
6.1.5 <i>Eichhornia crassipes</i>	35
6.1.6 <i>Heteranthera reniformis</i>	36
6.1.7 <i>Typha subulata</i>	37
6.2 Características estruturais quantitativas do limbo foliar.....	46
6.3 Número de estômatos e de tricomas do limbo foliar.....	53
6.4 pH foliar.....	59
6.5 Área de molhamento da gota de pulverização.....	62
7. CONCLUSÕES.....	81
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83

1. RESUMO

O presente trabalho de pesquisa teve como objetivo estudar, em sete espécies de plantas daninhas aquáticas, *Enhydra anagallis* Gardn., *Brachiaria mutica* Stapf, *Brachiaria subquadrifida* (Trin.) Hitchc., *Panicum repens* Burm. f., *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, *Heteranthera reniformis* Ruiz & Pav. e *Typha subulata* Crespo & Perez-Moreau, as características da anatomia da folha, o pH foliar e a área de molhamento de gotas de pulverização nas superfícies foliares adaxial e abaxial. O experimento foi conduzido no Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia – NUPAM, do Departamento de Produção Vegetal, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu/UNESP, e no Departamento de Botânica, do Instituto de Biociências de Botucatu/UNESP. As plantas foram cultivadas em caixas d'água sob condições de campo e, quando apresentavam pleno desenvolvimento, ou seja, antes do florescimento, foram realizadas as amostragens do material foliar, para as sete espécies estudadas. Com relação às estruturas presentes no limbo foliar, foram quantificados os seguintes caracteres anatômicos das regiões da nervura central e internervural: epiderme das faces adaxial e abaxial, feixe vascular, bainha do feixe vascular (=endoderme), esclerênquima, parênquima

e lacunas do aerênquima. Foi também mensurada, na região internervural, a espessura do limbo foliar, bem como realizada a contagem do número de estômatos e de tricomas das faces adaxial e abaxial. Os dados dos 19 caracteres estruturais quantitativos, utilizados na diferenciação das espécies de plantas daninhas aquáticas estudadas, foram submetidos aos testes estatísticos multivariados de Análise de Agrupamento e Análise de Componentes Principais. Os componentes Y_1 e Y_2 , foram responsáveis, respectivamente, por 63,58% e 18,40% da informação retida pelos caracteres estudados. A Análise de Componentes Principais resultou na dispersão gráfica das espécies de plantas daninhas aquáticas, evidenciando que os caracteres estruturais foram determinantes no agrupamento das espécies estudadas em três grupos distintos. Todas as espécies de plantas daninhas aquáticas apresentaram folhas anfiestomáticas. A presença de tricomas foi observada apenas nas espécies gramíneas *B. mutica*, *B. subquadripara* e *P. repens*. As médias obtidas de pH foliar variaram entre 5,50 e 7,50, destacando-se *E. anagallis* com as maiores médias de pH foliar para as faces adaxial e abaxial, apresentando valores em torno de 6,68 e 7,02, respectivamente. As tensões superficiais das gotas, apresentadas pelas soluções de glyphosate isolado ($5,0\% \text{ v v}^{-1}$), glyphosate + Aterbane BR ($5,0 + 0,5\% \text{ v v}^{-1}$), glyphosate + Silwet L-77 ($5,0 + 0,05\% \text{ v v}^{-1}$), além das soluções com os adjuvantes isolados, Aterbane BR ($0,5\% \text{ v v}^{-1}$) e Silwet L-77 ($0,05\% \text{ v v}^{-1}$), foram respectivamente, 72,1 - 28,7 - 23,3 - 37,3 e 22,1 mN m⁻¹ 0,5 μ L⁻¹. Dentre as plantas daninhas aquáticas avaliadas, *T. subulata* foi a espécie que obteve as maiores médias de área de molhamento nas faces adaxial e abaxial da folha, proporcionada pelas as soluções de glyphosate + Aterbane BR, Silwet L-77 e glyphosate + Silwet L-77.

Palavras-chave: Macrófitas aquáticas, anatomia foliar, herbicida, tensão superficial e deposição.

2. SUMMARY

LEAF ANATOMY CHARACTERISTIC AND PULVERIZATION DROP DEPOSITION IN AQUATIC WEEDS. BOTUCATU, 2004. 92p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Área de concentração em Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: Neumárcio Vilanova da Costa

Adviser: Roberto Antonio Rodella

Co-adviser: Dagoberto Martins

The aim of this research was to study leaf anatomy characteristic, leaf pH and to evaluate the spreading area after application of solution surfactants of following aquatic weeds, *Enhydra anagallis* Gardn., *Brachiaria mutica* Stapf, *Brachiaria subquadripa* (Trin.) Hitchc., *Panicum repens* Burm. f., *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, *Heteranthera reniformis* Ruiz & Pav. and *Typha subulata* Crespo & Perez-Moreau. Aquatic weeds were cultivated in reservoirs containing water in field conditions and it was collected foliar tissues when plants reached its full development (before flowering). For

weeds anatomy characterizations were study anatomic structure presented at leaf blade and the following structures were quantitative evaluated: upper and lower epidermal faces, vascular bundles (=endodermis), esclerenchyma, parenchyma and lacuna of the aerenchyma. At the internerve region the thickness of foliar hem was evaluated. For foliar hem nineteen quantitative anatomic characters were used for aquatic weeds differentiation and the datas were analyzed as multivariate analyses. Components Y_1 and Y_2 were responsible for 63.58 and 18.40% on retained information of the studied character. The main components analyses of leaf quantitative anatomic characters of the aquatic weed species were responsible for grouping the species in three distinct groups. All aquatic weed species showed anistomata leaves. Only grasses, *B. mutica*, *B. subquadripara*, *P. repens*, presented tricomata. Leaf pH medium values varied between 5.50 and 7.50, pointing out to *E. anagallis* that have the higher pH values with 6.68 and 7.02 for upper and lower surfaces. Superficial drop tension for glyphosate alone (5.0% v v⁻¹), glyphosate + Aterbane BR (5.0 + 0.5% v v⁻¹), glyphosate + silwett L-77 (5.0 + 0.05% v v⁻¹), and surfactants alone, Aterbane BR (0.5% v v⁻¹) and Silwet L-77 (0.05% v v⁻¹); were respectively: 72.1; 28.7; 23.3; 37.3 and 22.1 mN m⁻¹ 0.5 µL⁻¹. *T. subulata* was the aquatic specie that obtained higher spreading area for upper and lower leaf surface.

Key words: Aquatic macrophytes, leaf anatomy, herbicide, surface tension and deposition.

3. INTRODUÇÃO

A vegetação aquática apresenta importantes funções para a manutenção do equilíbrio do ambiente, como na proteção e estabilização das margens de rios, lagos e represas, diminuindo os efeitos erosivos da água. É também fundamental na cadeia alimentar, além de promover a oxigenação e a depuração da água. A intervenção antrópica na alteração do ambiente natural de diversos ecossistemas aquáticos, como na construção de reservatórios para fins hidrelétricos, como fonte de água potável para a população urbana ou para fins de irrigação de lavouras, promovem distúrbios importantes que modificam a dinâmica das comunidades de flora e fauna do ecossistema.

A destruição das matas ciliares e a emissão de diferentes fontes de efluentes e dejetos (urbano, industrial ou agrícola), que ocorre de maneira intensa e descontrolada na maioria dos ambientes aquáticos, causam desequilíbrios no desenvolvimento das comunidades de plantas aquáticas, ocasionado pelo conseqüente processo de eutrofização (aumento da concentração de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio, nos ecossistemas aquáticos), que tem como conseqüência o aumento de suas produtividades (SHEFFIELD, 1970; ESTEVES, 1998).

Nos ecossistemas aquáticos as plantas aquáticas são a principal fonte produtora de biomassa (ESTEVES, 1998). O desenvolvimento excessivo destas plantas pode ocasionar vários inconvenientes com relação ao transporte hidroviário, à pesca, à produção de energia, ao abastecimento de água, aos esportes náuticos, à proliferação de vetores de doenças, dentre outros. Do ponto de vista ambiental, algumas espécies de crescimento rápido podem suprimir outras menos agressivas, desejáveis para manutenção da diversidade, ou modificar negativamente algumas características físicas da água (CARDOSO et al., 2002).

Algumas espécies aquáticas emersas, como *Brachiaria mutica* Stapf, *Brachiaria subquadripa* (Trin.) Hitchc., *Enhydra anagallis* Gardn., *Heteranthera reniformis* Ruiz & Pav., *Panicum repens* Burm. f. e *Typha subulata* Crespo & Perez-Moreau e espécies aquáticas flutuantes como *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, já estão se tornando problemáticas em reservatórios hidrelétricos e em outros tipos de reservatórios, devido a sua grande capacidade de reprodução e produção de biomassa.

A reprodução destas espécies pode acontecer por sementes ou por clones oriundos de partes vegetativas. Os métodos de controle de plantas aquáticas mais utilizados normalmente, são o controle mecânico, o químico e o biológico.

O método de manejo mais difundido e que melhor tem conciliado a eficiência e custo de controle de plantas daninhas aquáticas nos EUA, é a utilização dos herbicidas 2,4-D, glyphosate e diquat que são registrados para o uso em ambientes aquáticos (CARDOSO, 2000; ANTUNIASI et al., 2002). O controle químico pode apresentar-se altamente seletivo às plantas daninhas aquáticas, além de evitar danos à fauna aquática através da coleta indesejada de insetos e alevinos, como ocorre no controle mecânico. O uso de herbicidas no controle de plantas daninhas aquáticas, apresenta-se como uma excelente alternativa de manejo, uma vez que, os herbicidas podem promover resultados rápidos de controle, além de manter a população de plantas daninhas aquáticas a níveis em que não prejudique o uso múltiplo da água.

A eficácia do controle químico está relacionada a diversos fatores, entre eles as características da planta destacam-se como variável importante, sendo atualmente pouco estudada. A morfologia externa da superfície foliar das plantas é altamente variável, sendo caracterizada pela presença de um revestimento de proteção, a

epiderme e a cutícula, podendo haver também ceras epicuticulares e tricomas. Hess e Falk (1990) citam que a topografia da superfície foliar, a presença de ceras e tricomas, podem influenciar na distribuição de um determinado herbicida aplicado sobre a folha e que a utilização de adjuvantes pode reduzir a influência negativa apresentada por estas estruturas foliares. Os adjuvantes utilizados na pulverização, conhecidos na sua maioria como surfactantes ou agentes tensoativos, são substâncias que agem nas forças interfaciais da calda de pulverização e visam proporcionar uma deposição e retenção mais efetiva da pulverização no alvo do tratamento (MATUO et al., 1989).

A atividade biológica de pesticidas aplicados sobre as folhas está relacionada com vários fatores referentes à interação físico-química da formulação tóxica e a superfície da planta. Desta maneira, um importante aspecto desta interação, a qual determina principalmente o caráter inicial e subsequente disponibilidade de depósito, é o comportamento da gota de pulverização, como impacto e acumulação sobre a superfície foliar, antes da penetração ou evaporação do líquido (JOHNSTONE, 1973).

O conhecimento sobre as barreiras à penetração dos herbicidas pelos tecidos vegetais são fundamentais para o sucesso do controle químico de plantas daninhas.

De acordo com Mendonça (2000), o conhecimento da planta-alvo e a calda de aplicação tornam-se fundamentais para o sucesso da pulverização agrícola, especialmente no caso da utilização de herbicidas. Além das influências intrínsecas às plantas, como disposição das folhas, pH foliar, ceras epicuticulares, estômatos, tricomas e outras, existem também as influências extrínsecas, como as características físico-químicas da solução de pulverização, destacando-se a tensão superficial, a área de molhamento, o pH da solução e o tipo de formulação, havendo necessidade de intensificar os estudos referentes a estes fatores.

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi estudar, em sete espécies de plantas daninhas aquáticas, as características da anatomia da folha, o pH da superfície foliar e a área de molhamento de gotas de pulverização na superfície foliar (adaxial e abaxial) utilizando soluções com diferentes tensões superficiais.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Plantas daninhas aquáticas

As plantas aquáticas podem colonizar os mais diferentes tipos de ambientes, sendo que várias espécies podem suportar longos períodos de estiagem. Isso ocorre devido as plantas aquáticas apresentarem alta capacidade de adaptação e alta amplitude ecológica (ESTEVES, 1998).

Segundo Esteves (1998), as plantas aquáticas podem ser divididas em cinco grupos ecológicos, refletindo o grau de adaptação das mesmas ao meio aquático, destacando-se:

Plantas aquáticas emersas: plantas enraizadas no sedimento e com folhas fora da lâmina d'água. Ex: *Typha* spp., *Pontederia* spp., etc.

Plantas aquáticas com folhas flutuantes: plantas enraizadas no sedimento e com folhas flutuando na superfície da lâmina d'água. Ex: *Nymphaea* spp., *Victória* spp., etc.

Plantas aquáticas submersas enraizadas: plantas enraizadas no sedimento e que crescem totalmente submersa na lâmina d'água. Ex: *Myriophyllum* spp., *Egeria* spp., etc.

Plantas aquáticas submersas livres: plantas que possuem rizóides pouco desenvolvidos e que permanecem flutuando submergidas na lâmina d'água em locais de pouca turbulência. Ex: *Utricularia* spp., *Ceratophyllum* spp., etc.

Plantas aquáticas flutuantes: plantas que flutuam na superfície da lâmina d'água. Ex: *Eichhornia* spp., *Salvinia* spp. e *Pistia* spp., etc.

Alterações no ambiente, seja pela mudança na qualidade da água e/ou pela construção de reservatórios, modificando os níveis hidrométricos do ecossistema, podem acarretar o desenvolvimento indesejado das populações de plantas aquáticas e ocasionar prejuízos significativos ao ambiente, bem como ao uso múltiplo da água (TANAKA, 2001; THOMAZ, 2002).

Em levantamento realizado nos seis reservatórios operados pela Companhia Energética de São Paulo-CESP (Três Irmãos, Jupia, Ilha Solteira, Porto Primavera, Paraibuna e Jaguari), foram identificadas 29 espécies de plantas aquáticas distribuídas em 17 famílias, sendo que dentre as espécies mais frequentes nos reservatórios destacam-se *Brachiaria subquadrifida*, *Brachiaria mutica*, *Eichhornia crassipes*, *Typha* spp e *Salvinia molesta*, além das espécies submersas *Egeria densa*, *Egeria najas* e *Ceratophyllum demersum* (TANAKA et al. 2002).

Walker (1971) cita que *Eichhornia crassipes* e algumas espécies submersas causavam problemas em lagos, riachos e canais de navegação em 1963 nos Estados do sudeste dos EUA, ocupando áreas em torno de 65.720 ha e 83.709 ha, respectivamente. A infestação de plantas daninhas aquáticas nos reservatórios em 48 Estados dos EUA abrangia áreas em torno de 862.514 ha (TIMMONS, 1969 apud WALKER, 1971).

Príncipe et al. (1997) citam que um dos principais transtornos ocasionados pela incidência de plantas aquáticas em grande volume, notadamente em épocas de cheias, está relacionado com a redução da potência de cada unidade geradora de energia das usinas hidrelétricas, pois o acúmulo de detritos vegetais nas grades da tomada d'água de uma unidade geradora impede que a mesma gere sua potência máxima, reduzindo assim a capacidade de produção de energia da usina. Os mesmos autores relatam que no período de 1990 a 1997 foram substituídas 757 unidades de grades de tomada

d'água da usina hidrelétrica de Jupia (Estado de São Paulo), que apresentavam rompidas ou deformadas.

Velini (2000) relata que, nos reservatórios e canais da Light (Estado do Rio de Janeiro), a ocorrência de plantas aquáticas marginais ou flutuantes tem obrigado a utilização constante de programas mecânicos de controle destas espécies.

A desestruturação de pontes sobre riachos ou córregos pode estar associada à ocorrência de chuvas fortes e altas infestações de *Brachiaria mutica* e *Brachiaria subquadripara* presentes nas margens. Estas plantas podem apresentar caules muito longos, os quais durante as cheias prendem-se aos pilares das pontes, reduzindo a vazão da água e a estabilidade das mesmas (VELINI, 2000).

4.2 Características anatômicas da folha

A folha é o órgão da planta no qual a elaboração dos alimentos orgânicos, em presença da luz (fotossíntese), se processa com maior intensidade. O gás carbônico é absorvido diretamente do ar atmosférico e difunde-se na folha através de pequenos orifícios, somente visíveis com o auxílio do microscópio, os estômatos (FERRI, 1983). A folha apresenta-se como uma estrutura laminar de espessura relativamente pequena, em comparação com o comprimento e a largura, apresentando as superfícies adaxial (ou ventral) e abaxial (ou dorsal) revestidas pela epiderme (FERRI, 1984).

Os estômatos são aberturas (poros) ocorrentes na epiderme, limitadas por duas células epidérmicas, as células-guarda, que por meio de mudanças na sua forma, efetuam a abertura e o fechamento do poro (ostíolo). Os estômatos encontram-se, sobretudo, nas partes aéreas do vegetal e, especialmente, nas folhas, podendo ocorrer em ambas as superfícies foliares (folha anfiestomática), apenas na superfície adaxial (folha epiestomática, comum em plantas aquáticas), ou apenas na superfície abaxial (folha hipoestomática), como relatam Esau (1974) e Damião Filho (1993).

Os tricomas podem ocorrer em uma ou em ambas as superfícies foliares e de acordo com Raven et al. (2001a) o revestimento dos tricomas e as resinas secretadas por eles podem também retardar a perda de água pelas folhas.

O mesofilo foliar é totalmente permeado por numerosos feixes vasculares, ou nervuras, que são contínuos com o sistema vascular do caule. Nas dicotiledôneas, as nervuras estão dispostas em um padrão ramificado, com nervuras sucessivamente menores se ramificando de outras um pouco maiores, constituindo a nervação reticulada ou em rede, enquanto nas monocotiledôneas ocorrem muitas nervuras de tamanho aproximadamente similar, que se estendem ao longo de seu maior eixo da folha, constituindo a nervação paralela ou estriada (RAVEN et al., 2001a). O tecido condutor, imerso no parênquima clorofiliano, apresenta o floema voltado para a epiderme da face abaxial e o xilema voltado para a epiderme da face adaxial sendo, freqüentemente, esses feixes acompanhados de fibras esclerenquimáticas (FERRI, 1984).

Também no mesofilo encontram-se os tecidos parenquimático, colenquimático e esclerenquimático. As células parenquimáticas estão envolvidas em atividades, como fotossíntese, armazenamento e secreção, além de possuírem papel importante na regeneração e na cicatrização de lesões. As células do colênquima são especialmente adaptadas para a sustentação de órgãos jovens em crescimento e as células esclerenquimáticas conferem resistência e sustentação dos órgãos que já cessaram o alongamento (RAVEN et al., 2001b).

Segundo Velini e Trindade (1992), as folhas apresentam cutícula, que se caracteriza por um revestimento impermeabilizante que protege e auxilia na redução da perda de água pela planta. A cutícula é considerada a principal via de absorção de herbicidas pelas folhas, sendo constituída por três componentes principais. O primeiro componente são as ceras que se apresentam dispostas em placas, formando uma camada praticamente continua na superfície da cutícula e ocorrem também dispersas em uma matriz de cutina, logo abaixo desta superfície, possuindo características lipofílicas. O segundo componente é a cutina, que apresenta estrutura bastante simples, sendo mais hidrofílica do que as ceras cuticulares. O terceiro componente é a pectina, que se apresenta na forma de filamentos dispersos na matriz de cutina, possuindo características hidrofílicas.

O conhecimento das características botânicas das espécies de plantas daninhas aquáticas apresenta grande utilidade, especialmente na diferenciação de espécies. Entretanto, estudos morfológicos, principalmente relacionados com a anatomia foliar de

plantas aquáticas e correlacionada com deposição de gotas de pulverização são bastante escassos no Brasil.

Rodella et al. (1983) relatam que a frequência estomática foliar é muito variável em diferentes partes da mesma folha e em diferentes folhas da mesma planta.

O número e a distribuição dos estômatos nas posições inferior, mediana e superior da inserção da folha no caule foram estudadas em duas espécies de *Brachiaria* e em duas de *Panicum*, sendo constatado maior número de estômatos na posição inferior que em folhas localizadas nas posições mediana e superior do colmo (RODELLA et al., 1982,1983).

Conforme Reddy et al. (1998), a densidade estomática é um dos principais parâmetros ecofisiológicos afetados por trocas gasosas, governado pela genética e fatores que controlam o crescimento foliar. Esses mesmos autores avaliando a interação entre CO₂ e temperatura, sobre as características foliar de algodão (*Gossypium hirsutum*), verificaram que plantas expostas a concentrações de 350 e 700 $\mu\text{L L}^{-1}$ de CO₂ não apresentaram efeito significativo sobre a densidade estomática nas temperaturas (dia/noite) de 20/12, 25/17, 30/22, 35/27 e 40/32 °C; porém, plantas crescendo sob elevadas temperaturas, apresentaram ligeiro aumento na densidade estomática em ambas concentrações de CO₂ utilizadas.

Espécies que apresentam elevada densidade estomática em ambas superfícies da folha (adaxial/abaxial) poderiam proporcionar maior probabilidade de ocorrer absorção via estômatos. Contudo, Velini e Trindade (1992) revelam que a absorção de herbicidas pela via estomática possui limitada importância prática, devido os estômatos apresentarem reduzidas dimensões, por ocuparem insignificantes áreas das superfícies foliares (0,26 - 0,84%), além do que nos horários mais quentes do dia os estômatos podem encontrar-se fechados.

Mendonça (2000) observou, em plantas daninhas terrestres, densidades estomáticas nas superfícies adaxial e abaxial, respectivamente, em torno de 25,3 e 39,2 estômatos mm^{-2} , para *Commelina benghalensis*. Para *Cyperus rotundus* os estômatos estavam presentes apenas nos bordos da superfície adaxial e a superfície abaxial apresentou

densidade de 135 estômatos mm^{-2} , porém distribuídos por toda a superfície foliar em fileiras paralelas às nervuras.

Standley (1986), estudando populações de *Carex aquatilis*, constatou que a densidade total de estômatos variou de 25,8 a 48,5 estômatos mm^{-2} , sendo que a variação da densidade estomática na superfície adaxial foi de 8,1 a 48,5 estômatos mm^{-2} , enquanto que na superfície abaxial a variação foi de 0,0 a 23,9 estômatos mm^{-2} .

Koller & Rost (1988), estudando a anatomia foliar de espécies de *Sansevieria*, utilizando a microscopia eletrônica de varredura, observaram a presença de idioblastos com ráfides e bordos salientes das células guardas dos estômatos, além de variações na densidade estomática de 6,9 a 25,5 estômatos mm^{-2} . A espécie *Sansevieria senegambica* apresentou na face adaxial 8,6 estômatos mm^{-2} e na face abaxial 6,9 estômatos mm^{-2} , enquanto *Sansevieria raffilli* apresentou densidade estomática nas faces, adaxial e abaxial, respectivamente, de 23,2 e 25,5 estômatos mm^{-2} .

Klich (2000), comparando características morfológicas das folhas de *Elaeagnus angustifolia*, desenvolvidas em diferentes alturas da planta, observou densidade estomática de 247, 270 e 312 estômatos mm^{-2} nas folhas desenvolvidas, respectivamente, nas alturas de 1m, entre 1 e 3m, e acima de 5m.

Majada et al. (2001), utilizando a microscopia eletrônica de varredura no estudo da cutícula foliar de cravo (*Dianthus caryophyllus*) cultivados in vitro, observaram que, após quatro semanas de aclimatização em estufa, as folhas de cravo apresentavam densidade estomática de 41 estômatos cm^{-2} na superfície adaxial da folha e de 92 estômatos cm^{-2} na superfície abaxial. Após doze semanas de aclimatização em estufa, as folhas de cravo encontravam-se completamente cobertas por ceras.

Rapisarda (2001), analisando por meio de microscopia eletrônica de varredura flores e folhas de *Nepeta sibthorpii*, caracterizou o revestimento dos tricomas e as células epidérmicas, fornecendo elementos de diagnóstico úteis para a identificação da espécie.

O estudo da anatomia da folha permite conhecer a composição e o arranjo dos diferentes tecidos que fazem parte da constituição foliar. Koller e Rost (1988), analisando cortes transversais da folha de espécies de *Sansevieria*, observaram que os feixes vasculares mais periféricos estão localizados ao redor da folha, no limite entre o

clorênquima e o tecido de armazenamento de água; os feixes de fibras estão presentes ao longo da folha, sendo proeminente no clorênquima; os feixes vasculares e os feixes de fibras estão distribuídos paralelamente na folha, havendo conexões laterais entre os feixes vasculares adjacentes. Klich (2000), quantificando o tecido vascular do pecíolo de *Elaeagnus angustifolia*, em folhas situadas em diferentes alturas da planta, encontrou valores de 9,42 a 16,44%, 8,82 a 16,3% e 7,2 a 18,75% de tecido vascular nos pecíolos das folhas situadas nas alturas de 1m, entre 1 e 3m e acima de 5m, respectivamente.

A forma, a posição, o tipo de superfície e a densidade de folhas, são características físicas das plantas, que constituem-se em um dos principais fatores que afetam o controle de plantas daninhas, influenciando na retenção e absorção de herbicidas (WILSON, 1970).

O conhecimento sobre as barreiras à penetração dos herbicidas pelos tecidos vegetais são fundamentais para o sucesso do controle químico de plantas daninhas. Os herbicidas podem penetrar nas plantas através de suas estruturas aéreas (folhas, caules, flores e frutos) e subterrâneas (raízes, rizomas, estolões, turbéculos). Contudo, as folhas destacam-se como o principal órgão das plantas envolvido na penetração de herbicidas aplicados em pós-emergência (FERREIRA et al., 2002a, 2002b).

A cutícula atua como barreira entre a folha e o ambiente, impedindo a perda excessiva de água pela transpiração celular e protegendo a célula contra estresses bióticos e abióticos. Variação na composição química, características morfológicas e estruturais de cera epicuticular entre espécies de plantas daninhas, associado às condições ambientais, são fatores determinantes da seletividade e eficácia de herbicidas (MONTÓRIO, 2001).

Estruturas foliares como tricomas, estômatos, cutícula e ceras podem exercer grande influência na aderência e deposição das gotas de pulverização, assim como na absorção do ingrediente ativo do herbicida. Hess e Falk (1990) chamaram atenção sobre a diversidade da morfologia da epiderme foliar, existente entre várias espécies de plantas, e observaram que todas as características da superfície foliar (topografia da célula, grau e tipo de cera epicuticular, tricomas e glândulas) influenciam na deposição dos herbicidas sobre a superfície da folha.

Segundo Procópio et al. (2003), a morfologia das plantas, principalmente das folhas, influencia na quantidade do herbicida interceptado e retido; porém é a anatomia das folhas que praticamente determina a facilidade com que esses produtos serão absorvidos. Desta forma, o estudo da anatomia foliar de plantas daninhas destaca-se como uma técnica importante na identificação e descrição de estruturas anatômicas que podem influenciar na absorção dos herbicidas, além de auxiliar na descrição das características morfológicas externas e internas de estruturas foliares que podem servir como ferramenta importante em estudos de identificação de espécies.

Ferreira et al. (2002a, 2002b) e Procópio et al. (2003) relatam que o estudo anatômico de folhas pode melhorar o entendimento sobre as barreiras que cada espécie impõe à penetração dos herbicidas e, assim, fornecer subsídios para a busca de estratégias que superem tais obstáculos. Desta maneira, a análise anatômica foliar pode ser aplicada com sucesso na identificação de espécies suscetíveis, tolerantes ou resistentes à determinado produto químico, contribuindo com os estudos de seletividade de herbicidas a espécies terrestres ou aquáticas.

4.3 Herbicidas de utilização em ambiente aquático

Os métodos de controle de plantas daninhas aquáticas mais utilizados normalmente, são: controle biológico, químico e mecânico. Dentre estes, destaca-se o controle químico como a alternativa mais econômica, além de ser eficiente. O controle químico de plantas daninhas aquáticas restringe-se a poucos herbicidas por vários motivos: impacto ambiental, restrição imposta pela legislação, tamanho do mercado para empresas de defensivos, tecnologia de aplicação, entre outros (Martins, 1998). No Brasil, somente o herbicida DMA 806 BR (2,4-D dimetilamina) tem autorização para uso em canais, açudes e represas (RODRIGUES; ALMEIDA, 1998).

Nos Estados Unidos, os herbicidas 2,4-D, diquat e glyphosate são registrados e utilizados em ambientes aquáticos desde 1946, 1956 e 1978, respectivamente (CARDOSO, 2000). Segundo Haller (1998), para o controle químico de plantas aquáticas nos Estados Unidos, existem apenas seis herbicidas registrados, 2,4-D, diquat, cobre, endothall, fluridone e glyphosate. Contudo, os herbicidas acrolein, diclobenil, diuron,

imazapyr, paraquat e triclopyr demonstram elevado potencial para uso em ambientes aquáticas no controle de plantas daninhas (FERNANDEZ et al., 1987; KAY, 1995; SILVA, 2003; SPRECHER; STEWART, 1995).

A utilização de herbicidas diretamente no ambiente aquático deve ser precedida de uma série de medidas, que incluem testes de toxicidade, envolvendo organismos nativos da região onde os herbicidas vão ser aplicados e acompanhados pelo monitoramento dos possíveis impactos no ecossistema, assim como as análises da biota não devem restringir-se aos efeitos agudos, mas efeitos crônicos também devem ser considerados (THOMAZ, 2002).

Vários trabalhos realizados por diferentes pesquisadores têm comprovado a eficiência do controle químico e a sua segurança sobre os organismos aquáticos através do uso de diversos herbicidas (HOFSTRA et al., 2001; MARTINS et al., 1999; MARTINS et al., 2002; MURPHY; BARRETT, 1990; NEVES et al., 2002; PARSONS et al., 2001).

Dentre os herbicidas existentes, o glyphosate destaca-se por possuir elevada eficiência no controle de plantas daninhas emergentes e flutuantes; é um herbicida sistêmico, de ação total (não seletivo) que atua sobre a inibição da atividade enzimática responsável pela formação dos aminoácidos aromáticos essenciais (triptofano, tirosina e fenilalanina), os quais são precursores de outros produtos como lignina, alcalóides, flavonóides e ácidos benzóicos. Os sintomas da ação do herbicida sobre as plantas incluem amarelecimento dos meristemas, necrose e morte. No ambiente, o glyphosate é extremamente adsorvido em contato com as partículas de argilas e matéria orgânica do solo, apresentando degradação rápida a dióxido de carbono pela ação microbiana (AMARANTE Jr. et al., 2002; MURPHY; BARRETT, 1990; RODRIGUES; ALMEIDA, 1998; VAN, et al., 1986).

No caso do uso em água, o glyphosate pode ser adsorvido pelos sedimentos, sendo carregado por estes. Esta partição é normalmente rápida e ocorre dentro de 14 dias, ocasionando um processo natural de degradação bem mais lento (AMARANTE Jr. et al., 2002; MURPHY; BARRETT, 1990;).

Martins et al. (2002) e Neves et al. (2002), avaliando os efeitos dos herbicidas diquat, 2,4-D e glyphosate no controle do aguapé (*Eichhornia crassipes*),

obtiveram resultados excelentes e próximos a 100% de eficiência, aos 20 dias após a aplicação dos produtos.

Martins et al. (1999), avaliando os herbicidas 2,4-D ($1.200 \text{ g e.a. ha}^{-1}$) e glyphosate ($3.360 \text{ g e.a. ha}^{-1}$) no controle de *Eichhornia crassipes* (aguapé), constataram, respectivamente, eficiência de 97,5 e 96%, aos 35 dias após a aplicação dos herbicidas. Para o controle de *Typha subulata* (taboa), os mesmos autores observaram, aos 43 dias após a aplicação, eficiência de 86,2 e 91,2%, respectivamente. Do mesmo modo, Silva (2003) avaliando o herbicida glyphosate ($3.360 \text{ g e.a. ha}^{-1}$) no controle de *Typha subulata* (taboa) obteve, aos 45 dias após a aplicação, controle de 80,3%.

Os resultados obtidos no experimento realizado por Marcondes et al. (2002) mostraram que a exposição contínua a concentrações do herbicida fluridone, entre 4,9 e 21,1 ppb, por um período de 12 meses, reduziu significativamente a biomassa e permitiu atingir níveis de controle das plantas daninhas imersas *Egeria densa* e *Egeria najas*, entre 81,3 e 100%, além do herbicida não produzir qualquer efeito adverso sobre as características de qualidade ambiental (temperatura da água, condutividade elétrica, concentração de oxigênio, pH e turbidez). Estes resultados corroboram com os resultados obtidos por Tanaka et al. (2002).

Conforme estudos realizados por Van et al. (1986), a aplicação de $2,8 \text{ kg a.e. ha}^{-1}$ de glyphosate proporcionou controle de *Eichhornia crassipes* em cerca de 90%, após 12 semanas da aplicação, sendo que os sintomas visuais de fitotoxicidade manifestaram-se como murcha gradativa, seguida de amarelecimento e progressivo escurecimento, terminando com a decomposição dos tecidos da planta após 6 a 8 semanas da aplicação. Em outro trabalho Smith et al. (1999) verificou controle superior a 90% para a espécie *Panicum repens*, utilizando a dose de $4,48 \text{ kg ha}^{-1}$ do herbicida glyphosate.

4.4 Surfatantes

Para o controle de plantas daninhas, o herbicida deve ser absorvido pelos tecidos da planta e translocados para os sítios de ação. Geralmente, quando se trata de aplicação de herbicidas, principalmente em pós-emergência, a folha é o principal

referencial que deve ser atingido de forma mais uniforme possível pela calda de pulverização. Desta forma, a molhabilidade da superfície foliar pode ser considerada fator importante no processo de penetração dos herbicidas na planta, sendo fundamental no aumento da eficiência no controle de plantas daninhas.

Para ocorrer penetração através da cutícula, a gota de pulverização deve ser retida pela superfície da planta. O transporte através da cutícula é controlado através de processos de difusão, o qual apresenta três estágios, a absorção pela cutícula, difusão através da cutícula e desorção da cutícula. Em geral, os compostos neutros que são mediantemente lipofílicos são mais rapidamente absorvidos do que os ionizáveis (BUKOVAC; PETRACEK, 1993; KADOTA; MATSUNAKA, 1986; ZABKIEWICZ, 2000).

A eficácia de um herbicida aplicado nas folhas está estreitamente relacionada com a magnitude do processo de absorção, tanto para os produtos de ação local quanto para aqueles que se translocam (sistêmicos) para outras partes da planta, onde exercerão sua ação fitotóxica em locais específicos (DURIGAN, 1985).

Wirth et al. (1991) apud Mendonça (2000), estabeleceram que a aplicação do ingrediente ativo começa com a preparação da solução de pulverização, sendo seguida pela pulverização, trajetória e impacto na superfície da folha, devendo cada passo ser otimizado para se obter a máxima eficiência da aplicação.

O uso de adjuvantes nas aplicações de herbicidas pode aumentar o espalhamento, a retenção e a penetração do ingrediente ativo pela superfície foliar, bem como reduzir o período mínimo sem chuva para que haja absorção do produto.

Segundo Durigan (1985), os surfatantes são substâncias que modificam as forças interfaciais por orientação de suas moléculas entre as interfaces, promovendo, assim, o ajustamento mais íntimo das moléculas das duas substâncias. De acordo com suas propriedades preponderantes, os surfatantes podem ser classificados em espalhantes, dispersantes ou suspensores, umectantes, emulsificantes ou estabilizadores da emulsão e adesionantes. O emprego desses aditivos podem promover consideráveis benefícios econômicos e ambientais, devido à possibilidade de redução da dose do ingrediente ativo recomendada (KIRKWOOD, 1993).

Duas classes de surfatantes podem ser definidas (iônica e não-iônica), de acordo com a molécula e grupo lipofílico, sendo que a iônica dissocia-se podendo ser aniônica ou catiônica. Compostos que possuam baixa relação hidrofílico/lipofílico são relativamente lipofílico, enquanto que compostos com alta relação hidrofílico/lipofílico são relativamente solúveis em água (hidrofílico). Portanto, pode-se selecionar um surfatante para finalidades ou situações específicas com base na relação hidrofílico/lipofílico (DURIGAN, 1985; KIRKWOOD, 1993).

O mecanismo de ação dos surfatantes está relacionado com o aumento efetivo da área de contato da gota pulverizada, dissolução ou rompimento de ceras epicuticulares, prevenção ou retardamento da formação de cristais na gota pulverizada e promoção da absorção dos compostos pela via estomática (STOCK; HOLLOWAY, 1993). Os surfatantes também podem ter ação umectantes, mantendo o ingrediente ativo na fase aquosa por um longo período, ou pode possuir propriedades solubilizantes que facilitam a partição do ingrediente ativo da fase sólida para a fase líquida (KIRKWOOD et al., 1992; STOCK; HOLLOWAY, 1993).

A utilização de adjuvantes em combinação com o glyphosate pode influenciar positivamente a eficácia no controle de plantas daninhas aquáticas (SMITH, 1999).

Shilling et al. (1990), avaliando a influência de surfatantes na ação fitotóxica do glyphosate em *Panicum repens*, constataram efeito inibitório mais acentuado no crescimento de rizomas do que de brotos. Os dados obtidos evidenciaram que a aplicação de 0,56kg a.e. ha⁻¹ de glyphosate sem adição de surfatante promoveu inibição do crescimento de rizomas e de brotos em 22 e 23%, respectivamente. A adição do surfatante Improve® a 0,05% (v v⁻¹) na dose de 0,56kg a.e. ha⁻¹ de glyphosate inibiu o crescimento de brotos e de rizomas em cerca de 17 e 61%, respectivamente, indicando que o glyphosate foi translocado para os tecidos abaixo do solo (rizomas), tendo o surfatante acentuado este movimento.

Buick et al. (1993) relatam que a entrada da solução pulverizada na planta pode ocorrer por duas principais vias, através da cutícula ou através do poro estomático.

Oliveira Jr. e Constantin (2001) descrevem que a penetração de herbicidas pelos os estômatos podem potencialmente estar envolvidos de duas formas: a cutícula sobre as células-guarda parece mais fina e mais permeável a substâncias do que a cutícula sobre as outras células epidérmicas; a solução pulverizada poderia, em tese, mover-se através do poro do estômato aberto para dentro da câmara estomática, e daí para o citoplasma das células do parênquima foliar. Os mesmos autores citam que a infiltração pelos estômatos não é possível, a menos que a tensão superficial da solução pulverizada seja significativamente reduzida pelo uso de surfatantes na formulação ou no tanque. Assim sendo, os surfatantes a base de organosilicones são capazes de reduzir a tensão superficial até ocorrer a infiltração pelo estômato.

Caso ocorra a penetração pelos estômatos, o herbicida encontrará maior facilidade para alcançar o interior da folha, pois a cutícula da câmara sub-estomática é muito menos espessa do que a de outras regiões; além disso, a câmara sub-estomática é preenchida por ar bastante úmido, favorecendo a hidratação da cutícula e a absorção de herbicidas hidrofílicos (VELINI; TRINDADE, 1992).

Field e Bishop (1988), avaliando o controle de *Lolium perenne*, observaram redução no período crítico sem chuva após a aplicação do glyphosate com o surfatante organosiliconado Silwet L-77. Os autores atribuíram a redução do período crítico sem chuva à infiltração estomática promovida pela a adição do surfatante testado, indicando que o surfatante Silwet L-77 diminuiu a tensão superficial da calda a uma condição que permitiu a passagem do líquido através do poro estomático, incrementando a absorção do herbicida glyphosate. Entretanto, Pedrinho Jr. et al. (2002) constataram que o resultado no controle de plantas daninhas obtido com glyphosate isolado foi superior aos obtidos com a adição de adjuvante óleo vegetal, apresentando médias, respectivamente, de 62,5 e 33,7%, após intervalo de 6 horas sem chuva.

Audus (1979) apud Velini e Trindade (1992), observou que a tensão superficial máxima, para a boa penetração da calda de pulverização nos estômatos é de 30 mN m^{-1} . O surfatante Silwet L-77 pode promover reduções na tensão superficial da calda de pulverização em aproximadamente $19,5$ a $22,9 \text{ mN m}^{-1}$, assegurando excelente molhamento da superfície adaxial da folha e permitindo a penetração da calda pela via estomática (BUICK et al., 1993).

Lui e Zabkiewicz (1998) apud Mendonça (2000), obtiveram áreas de molhamento de $2,3 \text{ mm}^2 \text{ } 0,24\mu\text{L}^{-1}$ para folhas de *Echinochloa crusgalli*, e de $2,5 \text{ mm}^2 \text{ } 0,24\mu\text{L}^{-1}$ para folhas de *Lolium perene* e *Triticum aestivum*, com 0,02% de Silwet L-77; no entanto, na concentração de 0,2% os resultados obtidos foram de 21,2 de 24,6 e de 22,9 $\text{mm}^2 \text{ } 0,24\mu\text{L}^{-1}$ para as referidas espécies, demonstrando a grande capacidade de espalhamento nesta concentração.

Mendonça (2000), trabalhando com o surfatante Aterbane BR, observou incremento na área de molhamento com a redução da tensão superficial da solução até 33 mN m^{-1} . Mendonça (1999), estudando os surfatantes Extravon, Aterbane e Silwet L-77, em folhas de *Cyperus rotundus*, verificou maior eficiência do Aterbane quando associado ao glyphosate, nas concentrações de 1-2-3,5-5% do produto comercial Roundup, do que quando associado ao surfatante Extravon. O surfatante Silwet L-77 mostrou-se mais eficiente, dentre os testados, tanto em termos de redução da tensão superficial quanto em termos de aumento da área de molhamento, em folhas de *Cyperus rotundus*.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Plantas daninhas aquáticas

As espécies de plantas daninhas aquáticas utilizadas estão apresentadas na Tabela 1, com as correspondentes famílias, nome científico da espécie, nome comum da espécie e código internacional, de acordo com Kissmann e Groth (1997,1999) e Lorenzi (2000).

De acordo com Kissmann e Groth (1997,1999), as plantas daninhas aquáticas utilizadas apresentam as seguintes características:

- *Enhydra anagallis* Gardn. é uma planta perene, anfíbia, ocorrendo tanto em terra firme como na água; em áreas inundadas caracteriza-se como aquática emersa ou flutuante, apresentando ramificação em forma de denso colchão na superfície e os ramos destacados continuam a se desenvolver, flutuando, podendo colonizar novas áreas.

Tabela 1. Família, nome científico, nome comum e código internacional das espécies de plantas daninhas aquáticas. Botucatu/SP – 2004.

FAMÍLIA	NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	CÓDIGO INTERNACIONAL
Asteraceae	<i>Enhydra anagallis</i> Gardn.	-----	ENYAN
Poaceae	<i>Brachiaria mutica</i> Stapf	Capim-de-angola, capim-de-corte, capim-do-Pará, capim-fino, capim-de-planta, bengo.	PANPU
	<i>Brachiaria subquadripara</i> (Trin.) Hitchc.	Tenner-Grass	BRASU
	<i>Panicum repens</i> Burm. f.	Capim-torpedo, grama-portuguesa.	PANRE
Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	Aguapé, aguapé-de-flor-roxa, pareci, baroneza, camalote, murerê, muriru, mureru, murumuru, rainha-do-lago, orquídea-d'água, jacinto-d'água.	EICCR
	<i>Heteranthera reniformis</i> Ruiz & Pav.	Hortelã-do-brejo, pavoia, aguapé-mirim.	HETRE
Typhaceae	<i>Typha subulata</i> Crespo & Perez-Moreau	Tabôa, tabua, partasana, paina-de-flexa, paineira-de-flexa, paineira-do-brejo, espadana, landim, capim-de-esteira, pau-de-lagoa, tabebuia.	TYPSU*

* Código denominado por Costa e Rodella (2004).

- *Brachiaria mutica* Stapf é uma planta perene, produz poucas sementes, de fácil propagação vegetativa a partir de estolões, que são formados em abundância; quando os estolões são rompidos, a brotação de gemas antes dormentes são estimuladas.
- *Brachiaria subquadrifida* (Trin.) Hitchc. é uma planta perene, estolonífera, muito agressiva em áreas úmidas, multiplicando-se facilmente por via vegetativa e a reprodução por sementes é mínima; desenvolve-se bem em solos úmidos, inclusive nas margens de cursos d'água.
- *Panicum repens* Burm. f. é uma planta perene, de difícil erradicação, ocupando áreas úmidas mas também ocorrendo em pomares; reproduz por sementes e por rizomas, que se estendem por diversos metros, originando novos colmos.
- *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms é uma planta aquática flutuante, podendo apresentar enraizamento se o lençol de água for pouco profundo; a reprodução principal é vegetativa, a partir de talos nos quais ocorre brotamento, formando-se novas plantas.
- *Heteranthera reniformis* Ruiz & Pav. é uma planta perene, anfíbia, podendo viver na água ou no solo, desde que úmido; reproduz por sementes que só germinam em solo saturado de água; a propagação vegetativa pode ocorrer, formando extensos tapetes flutuantes.
- *Typha subulata* Crespo & Perez-Moreau é planta perene, palustre ou aquática emergente, ocorrendo em várzeas úmidas, em lagos, canais e margens de rios; apresenta reprodução por sementes e a multiplicação vegetativa é feita por meio de rizomas.

As plantas daninhas aquáticas foram obtidas e reproduzidas por meio de suas estruturas de dispersão vegetativa, acondicionadas em pleno sol, em caixas d'água de fibra de vidro de 320 litros, contendo no fundo uma camada de 15cm de solo. A instalação do experimento foi realizada em março de 2002, sendo que as plantas apresentaram período de desenvolvimento de quatro meses. Na Tabela 2, são apresentados os resultados da análise química de rotina de uma amostra deste solo.

As plantas foram avaliadas quando apresentavam seu pleno desenvolvimento, amostrando-se as folhas em regiões pré-determinadas para cada espécie, conforme os seus diferentes hábitos. Para as espécies de gramíneas (*Brachiaria mutica*, *Brachiaria subquadrifida* e *Panicum repens*), para *Heteranthera reniformis* e para *Enhydra anagallis* foi coletada a terceira folha completamente desenvolvida, contada a

partir da primeira folha desenvolvida no sentido do ápice do ramo para a base. Para *Eichhornia crassipes* foi coletada a folha mais próxima do centro da roseta. Para *Typha subulata* foi coletada a terceira folha completamente desenvolvida contada a partir da primeira folha com bainha, no sentido do centro da roseta para fora.

Tabela 2. Resultados da análise química do solo colocado nas caixas d'água. Botucatu/SP – 2004.

pH	M.O.	Presina	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	mmolc/dm ³						
5,0	16	70	36	1,9	28	9	39	75	52

5.2 Anatomia do limbo foliar

Para os estudos anatômicos das setes espécies estudadas foram tomadas as porções do terço médio do limbo foliar, compreendendo as regiões da nervura central e internervural, fixando-as em FAA 50 (formaldeído + ácido acético glacial + álcool 50%), durante 48 horas, sendo, posteriormente, conservadas em álcool 70% (JOHANSEN, 1940). Foram utilizadas quatro repetições para cada espécie de planta daninha aquática.

As amostras do material foliar foram desidratadas em série etílica ascendente, e em seguida, infiltradas em resina glicol-metacrilato, seguindo-se a técnica de Gerrits (1991). Realizou-se cortes transversais com espessuras de 8 a 10µm utilizando micrótomo rotatório, sendo os cortes submetidos à coloração com Azul de Toluidina 0,05% (O'BRIEN et al., 1964) e, a seguir, montados em resina sintética.

Posteriormente, foram feitas as observações microscópicas das estruturas anatômicas das regiões da nervura central e internervural da folha, sendo o material fotomicrografado, e os limites e os contornos dos tecidos foram desenhados com o auxílio de microscópio de projeção.

Com relação à quantificação das estruturas anatômicas presentes no limbo foliar, foram avaliados os seguintes caracteres quantitativos das regiões da nervura central e internervural (expressos em valores de porcentagens), referentes a: epiderme das

faces adaxial e abaxial, feixe vascular, bainha do feixe vascular (=endoderme), esclerênquima, parênquima e lacunas do aerênquima. Foi também mensurada, na região internervural, a espessura do limbo foliar.

As mensurações foram realizadas com auxílio de uma mesa digitalizadora acoplada a um computador equipado com o programa de Sistema de Planimetria (SPLAN), desenvolvido pelo CINAG – UNESP.

5.3 Número de estômatos e de tricomas do limbo foliar

O número de estômatos e de tricomas por área da superfície foliar foram determinados nas faces adaxial e abaxial do limbo, utilizando-se a técnica de impressão da epiderme em adesivo a base de éster de cianoacrilato. Deste modo, uma gota do adesivo foi depositada na lâmina de vidro para microscopia, sendo pressionada sobre essa epiderme a ser analisada. Após secagem do adesivo por 30 segundos, o material vegetal foi retirado, permanecendo a impressão da epiderme na lâmina.

Foi utilizado microscópio de projeção para a contagem de estômatos e de tricomas, considerando-se 16 repetições por face em cada espécie, sendo que cada repetição foi representada por uma impressão da epiderme foliar por face. A média do número de estômatos e de tricomas em cada impressão da epiderme foliar foi originária da contagem de 5 campos de observação tomados ao acaso no microscópio, totalizando 80 campos de amostragem por face, sendo os resultados obtidos ajustados para área de superfície foliar igual a 1mm².

5.4 pH foliar

O pH foliar foi determinado nas faces adaxial e abaxial da folha de cada espécie, utilizando-se pHmetro (Marca Corning, Modelo 314 pH/Temperature Plus) conectado com um micro-eletrôdo (Marca Digimed, Modelo DME-CV7).

Foi colocada uma gota de 35µL de água destilada, entre a superfície foliar e o micro-eletrôdo. Ao iniciar cada leitura foi determinado o pH da água destilada, ou seja, toda leitura iniciou-se do pH da água destilada, sendo as leituras feitas a cada 10

segundos, considerando-se o resultado final no momento em que o equipamento indicou leitura constante no valor de pH. Para cada espécie de planta daninha aquática foram realizadas oito repetições ou determinações.

5.5 Área de molhamento da gota de pulverização

No preparo das soluções foi utilizado o herbicida glyphosate (5,0% v v⁻¹ do produto comercial Rodeo) sem a adição de surfatantes e com a adição dos surfatantes Aterbane BR e Silwet L-77, nas concentrações do produto comercial de 0,5% v v⁻¹ e 0,05% v v⁻¹, respectivamente.

A tensão superficial de cada solução, utilizada na determinação da área de molhamento da gota de pulverização, foi obtida seguindo a metodologia proposta por Corrêa e Velini (2002).

Os valores das tensões superficiais utilizadas, foram: 72,6mN m⁻¹, referente à tensão superficial da água destilada (testemunha); 72,1mN m⁻¹, para as soluções com glyphosate isolado, 28,7mN m⁻¹ para glyphosate + Aterbane BR, 23,3mN m⁻¹ para glyphosate + Silwet L-77; 37,3mN m⁻¹ para a solução com o surfatante isolado Aterbane BR; 22,1mN m⁻¹ para a solução com o surfatante isolado Silwet L-77.

Na Tabela 3 estão evidenciados, os produtos comerciais, os ingredientes ativos (i. a.), as concentrações dos i. a. (g L⁻¹) dos produtos comerciais Rodeo, Aterbane BR e Silwet L-77 e as concentrações das soluções dos tratamentos (v v⁻¹) utilizados.

Foram determinadas as áreas de molhamento da gota de pulverização nas faces adaxial (superior) e abaxial (inferior) do limbo foliar das espécies estudadas, em oito repetições. Em cada determinação da área de molhamento, as folhas das plantas aquáticas foram fixadas por uma fita dupla adesiva no campo ótico de um fotoestereomicroscópio, sendo em seguida colocada uma gota de 0,5µL da solução dos tratamentos, sobre as faces das folhas das espécies.

Tabela 3. Produto comercial, ingrediente ativo (i. a.), concentração do i. a. (g L^{-1}) dos produtos comerciais Rodeo, Aterbane BR e Silwet L-77 e concentrações das soluções dos tratamentos (v v^{-1}) utilizados. Botucatu/SP – 2004.

Produto Comercial	Ingrediente Ativo (i.a.)	Concentração do i.a. (g L^{-1})	Concentrações nas soluções dos tratamentos (v v^{-1})
Rodeo	Equivalente ácido de N-(fosfonometil) glicina	480*	5,0%
Aterbane	Condensado de alcoofenóis com óxido de eteno e sulfonados orgânicos	450	0,5%
Silwet L-77	copolímero de polieter e silicone	1.000	0,05%

* Equivalente ácido (g L^{-1})

Para a melhor visualização da área de molhamento, foi utilizado o corante Azul Brilhante ($0,4\% \text{ v v}^{-1}$), sendo realizado um estudo preliminar para se determinar a concentração do corante, na qual não ocorra interferência na tensão superficial da água destilada (Figura 1). A gota da solução dos tratamentos foi colocada sobre as faces da folha e imediatamente fotografada através de fotoestereomicroscópio. As mensurações da área de molhamento foram realizadas com auxílio de uma mesa digitalizadora acoplada a um computador equipado com o programa de Sistema de Planimetria (SPLAN), desenvolvido pelo CINAG – UNESP.

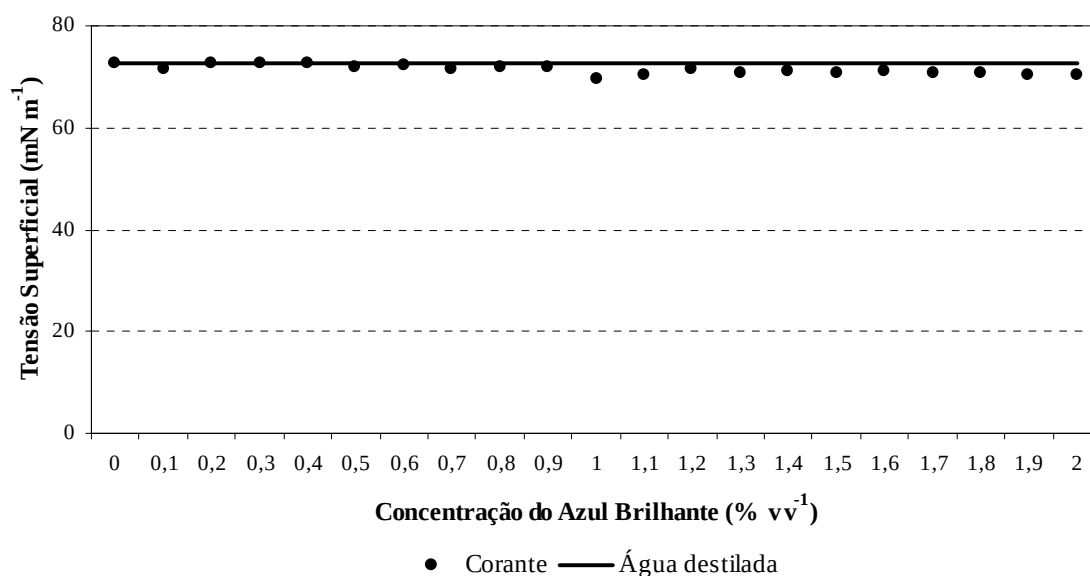


Figura 1. Curva da tensão superficial do corante Azul Brillante. Botucatu/SP – 2004.

5.6 Análises estatísticas

Os dados obtidos dos 19 caracteres estruturais quantitativos do limbo foliar foram submetidos à análise multivariada, compreendendo a Análise de Agrupamento e Análise de Componentes Principais (SNEATH; SOKAL, 1973). A análise de componentes principais foi empregada para verificar a capacidade discriminatória dos caracteres originais no processo de formação dos agrupamentos, reduzindo o conjunto de 19 caracteres a duas novas variáveis não correlacionadas, chamadas componentes principais e indicadas por Y_1 e Y_2 , sendo o resultado desta análise apresentada na forma de dispersão gráfica. A análise de agrupamento foi realizada com os dados transformados empregando-se a Distancia Euclidiana Média para o conjunto dos indicadores, utilizando-se o algoritmo UPGMA, conforme recomendado por Rohlf (1970), com a finalidade de agrupar as espécies de plantas daninhas aquáticas de acordo com seu grau de similaridade, sendo o resultado desta análise apresentado na forma de um dendrograma.

Para os dados de número de estômatos, número de tricomas e pH foliar nas faces adaxial e abaxial da folha, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, enquanto que para os dados da área de molhamento da gota de pulverização nas faces foliares adaxial e abaxial, utilizou-se o fatorial 2x6 (duas faces x seis tensões superficiais). Todos os dados foram analisados estatisticamente empregando-se o Teste “t” ao nível 5% de probabilidade, determinando os intervalos de confiança mínimo e máximo (PIMENTEL-GOMES, 1976).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Características anatômicas do limbo foliar

As Figuras de 2 a 8 ilustram as secções transversais do limbo foliar, compreendendo o terço médio das regiões da nervura central e internervural, das sete espécies de plantas daninhas aquáticas estudadas.

6.1.1 *Enhydra anagallis*

A região da nervura central de *Enhydra anagallis* (Figura 2-A,B) caracteriza-se por apresentar: epiderme unisseriada, contendo, na face adaxial, células retangulares orientadas no sentido horizontal e, na face abaxial, células mais ou menos isodiamétricas, sendo revestida por cutícula em ambas as faces; colênquima formado por duas camadas de células abaixo da epiderme da face adaxial, e por uma camada inconspícua de células acima da epiderme da face abaxial; parênquima clorofiliano constituído de células arredondadas e com espaços intercelulares; feixe vascular colateral aberto apresentando cambio vascular e elementos de xilema e floema; grupos de fibras (esclerênquima) próximos ao xilema, na porção adaxial do feixe, e bainha descontínua de

células em início de lignificação (fibras) próximas ao floema, na porção abaxial do feixe; bainha parenquimática descontínua ao redor do feixe vascular, caracterizando a endoderme, de acordo com Menezes et al. (2003).

A região internervural de *Enhydra anagallis* (Figura 2-C,D) caracteriza-se por apresentar: epiderme unisseriada, contendo, nas faces adaxial e abaxial, células retangulares orientadas no sentido horizontal, sendo revestida por cutícula; estômatos em ambas as faces, caracterizando a folha como anfiestomática; parênquima paliçádico na face adaxial e parênquima lacunoso na face abaxial, caracterizando o mesofilo como dorsiventral; feixes vasculares pequenos envolvidos por uma bainha descontínua de células parenquimáticas, bem individualizada e com cloroplastos, a qual é caracterizada como endoderme, de acordo com Menezes et al. (2003).

Muitas destas características foliares observadas em *Enhydra anagallis*, planta daninha aquática da família Asteraceae, estão em concordância com os caracteres gerais da anatomia da folha da família Compositae (=Asteraceae), descritos por Metcalfe e Chalk (1957).

6.1.2 *Brachiaria subquadrifida*

A região da nervura central ou quilha (conforme denominação dada por Metcalfe, 1960) de *Brachiaria subquadrifida* (Figura 3-A) caracteriza-se por apresentar: quilha plana; epiderme unisseriada revestida por cutícula em ambas as faces, sendo mais espessada na face abaxial; células buliformes organizadas em grupos em forma de leque na epiderme da face adaxial; calotas subepidérmicas de esclerênquima localizado em frente ao feixe vascular de maior tamanho, apresentando maior número de camadas na porção abaxial do feixe, próximo ao floema; parênquima clorofiliano homogêneo, exibindo clorênquima radiado, com células mesofílicas dispostas em coroa ao redor do feixe vascular, caracterizando a estrutura “kranz”; feixe vascular colateral fechado apresentando elementos de xilema e floema; bainha do feixe vascular dupla, apresentando uma bainha interna contínua de células lignificadas, constituindo o periciclo esclerificado, e uma bainha externa descontínua na porção abaxial do feixe, formada de células parenquimáticas providas com cloroplastos, caracterizando a endoderme, de acordo com Menezes et al. (2003).

A região internervural ou asa (conforme denominação dada por Metcalfe, 1960) ou região compreendida entre a nervura central e o bordo do limbo foliar, de *Brachiaria subquadripara* (Figura 3-B,C), caracteriza-se por apresentar: epiderme unisseriada revestida por cutícula em ambas as faces, sendo mais espessada na face abaxial; estômatos em ambas as faces, caracterizando a folha como anfiestomática; células buliformes organizadas em grupos em forma de leque na epiderme da face adaxial; calotas subepidérmicas de esclerênquima bem evidenciadas na porção adaxial do feixe vascular de menor tamanho (Figura 3-B), enquanto que no feixe vascular de maior tamanho (Figura 3-C) essas calotas esclerenquimáticas apresentam maior número de camadas na porção abaxial do feixe, próximo ao floema; parênquima clorofiliano homogêneo, exibindo clorênquima radiado, com células mesofílicas dispostas em coroa ao redor do feixe vascular, caracterizando a estrutura “kranz”; feixe vascular colateral fechado apresentando elementos de xilema e floema; bainha do feixe vascular dupla, apresentando uma bainha interna contínua de células lignificadas, constituindo o periciclo esclerificado, e uma bainha externa contínua nos feixes menores (Figura 3-B) e descontínua na porção abaxial do feixe vascular maior (Figura 3-C), composta de células parenquimáticas providas de cloroplastos, caracterizando a endoderme, de acordo com Menezes et al. (2003).

Muitas destas características foliares observadas em *Brachiaria subquadripara* estão em conformidade com os caracteres anatômicos da folha descritos por Metcalfe (1960), para o diagnóstico do gênero e de outras espécies de *Brachiaria*.

6.1.3 *Brachiaria mutica*

A região da nervura central ou quilha de *Brachiaria mutica* (Figura 3-D) caracteriza-se por apresentar: quilha saliente; epiderme unisseriada revestida por cutícula em ambas as faces, sendo mais espessada na face abaxial; poucas células buliformes agrupadas em forma de leque na epiderme da face adaxial; calotas subepidérmicas de esclerênquima localizado em frente ao feixe vascular de maior tamanho, apresentando maior número de camadas na porção abaxial do feixe, próximo ao floema; parênquima fundamental (incolor) constituído por células sem cloroplastos, localizado na porção adaxial da nervura central; parênquima clorofiliano homogêneo, exibindo clorênquima radiado, com células mesofílicas dispostas em coroa ao redor do feixe

vascular, caracterizando a estrutura “kranz”; feixe vascular colateral fechado apresentando elementos de xilema e floema; bainha do feixe vascular dupla, apresentando uma bainha interna contínua de células lignificadas, constituindo o periciclo esclerificado, e uma bainha externa descontínua na porção abaxial do feixe vascular, formada de células parenquimáticas providas com cloroplastos, caracterizando a endoderme, de acordo com Menezes et al. (2003).

A região internervural ou asa ou região compreendida entre a nervura central e o bordo do limbo foliar, de *Brachiaria mutica* (Figura 3-E,F), caracteriza-se por apresentar: epiderme unisseriada revestida por cutícula em ambas as faces, sendo mais espessada na face abaxial; estômatos em ambas as faces, caracterizando a folha como anfiestomática; células buliformes organizadas em grupos em forma de leque na epiderme da face adaxial; calotas subepidérmicas de esclerênquima localizado nas porções adaxial e abaxial do feixe vascular de menor tamanho (Figura 3-E) e no de maior tamanho (Figura 3-F); parênquima clorofiliano homogêneo, exibindo clorênquima radiado, com células mesofílicas dispostas em coroa ao redor do feixe vascular, caracterizando a estrutura “kranz”; feixe vascular colateral fechado apresentando elementos de xilema e floema; bainha do feixe vascular dupla, apresentando uma bainha interna contínua de células lignificadas, constituindo o periciclo esclerificado, e uma bainha externa contínua nos feixes menores (Figura 3-E) e descontínua na porção abaxial do feixe vascular maior (Figura 3-F), composta de células parenquimáticas providas de cloroplastos, caracterizando a endoderme, de acordo com Menezes et al. (2003).

Muitas destas características foliares observadas em *Brachiaria mutica* estão de acordo com os caracteres anatômicos da folha descritos por Metcalfe (1960), para o diagnóstico do gênero e de outras espécies de *Brachiaria*.

6.1.4 *Panicum repens*

A região da nervura central ou quilha de *Panicum repens* (Figura 4-A,B) caracteriza-se por apresentar: quilha arredondada e saliente com feixe vascular solitário; epiderme unisseriada revestida por cutícula em ambas as faces; papilas na epiderme da face adaxial; células buliformes agrupadas em forma de leque na epiderme da face adaxial; calotas subepidérmicas de esclerênquima localizado em frente ao feixe

vascular, apresentando maior número de camadas na porção abaxial do feixe, próximo ao floema; parênquima clorofiliano homogêneo, exibindo clorênquima radiado, com células mesofílicas dispostas em coroa ao redor do feixe vascular, caracterizando a estrutura “kranz”; feixe vascular colateral fechado apresentando elementos de xilema e floema; bainha do feixe vascular dupla, apresentando uma bainha interna contínua de células lignificadas, constituindo o periciclo esclerificado, e uma bainha externa descontínua na porção abaxial do feixe, constituída de células parenquimáticas providas com cloroplastos, caracterizando a endoderme, de acordo com Menezes et al. (2003).

A região internervural ou asa ou região compreendida entre a nervura central e o bordo do limbo foliar, de *Panicum repens* (Figura 4-C,D), caracteriza-se por apresentar: superfície sulcada nas faces adaxial e abaxial; epiderme unisseriada revestida por cutícula em ambas as faces; papilas na epiderme das faces adaxial e abaxial; estômatos em ambas as faces, caracterizando a folha como anfiestomática; células buliformes organizadas em grupos em forma de leque na epiderme da face adaxial; calotas subepidérmicas de esclerênquima localizado nas porções adaxial e abaxial do feixe vascular de menor e maior tamanhos; parênquima clorofiliano homogêneo, exibindo clorênquima radiado, com células mesofílicas dispostas em coroa ao redor do feixe vascular, caracterizando a estrutura “kranz”; feixe vascular colateral fechado apresentando elementos de xilema e floema; bainha do feixe vascular dupla, apresentando uma bainha interna contínua de células lignificadas, constituindo o periciclo esclerificado, e uma bainha externa contínua nos feixes menores (Figura 4-C) e descontínua na porção abaxial do feixe vascular maior (Figura 4-D), composta de células parenquimáticas providas de cloroplastos, caracterizando a endoderme, de acordo com Menezes et al. (2003).

As características foliares observadas em *Panicum repens* foram também relatadas por Metcalfe (1960), para essa mesma espécie.

6.1.5 *Eichhornia crassipes*

A região da nervura central de *Eichhornia crassipes* (Figura 5-A,B) caracteriza-se por apresentar: epiderme unisseriada, revestida por cutícula delgada, formada de células isodiamétricas na face adaxial e de células retangulares orientadas no sentido horizontal na face abaxial, sendo as células da face adaxial maiores que as da face

abaxial; epiderme sem células buliformes, diferenciando-se de outras monocotiledôneas, as quais comumente apresentam esse tipo de célula na epiderme; parênquima clorofiliano homogêneo, exibindo parênquima paliádico constituído de células mais ou menos alongadas, justapostas, apresentando cristais na forma de ráfides e idioblastos com compostos fenólicos; aerênquima exibindo grandes lacunas aeríferas (de ar); feixes vasculares de dois tamanhos, apresentando maior quantidade de elementos de floema e quantidade reduzida ou ausência de xilema, característica esta comum em plantas aquáticas (MENEZES et al.,2003); bainha do feixe vascular dupla, apresentando uma bainha interna contínua de células lignificadas apenas nas porções adaxial e abaxial do feixe, constituindo o periciclo esclerificado, e uma bainha externa contínua de células parenquimáticas desprovidas de cloroplastos, caracterizando a endoderme, de acordo com Menezes et al. (2003); tecidos de sustentação ausentes, ocorrendo apenas algumas células lignificadas (esclerênquima) nos feixes vasculares.

A região internervural ou região compreendida entre a nervura central e o bordo do limbo foliar, de *Eichhornia crassipes* (Figura 5-C,D), caracteriza-se por apresentar: estômatos em ambas as faces, caracterizando a folha como anfiestomática; aerênquima com grandes lacunas aeríferas situadas entre os feixes vasculares; feixes vasculares posicionados no centro do mesofilo; demais características semelhantes às aquelas descritas para a região da nervura central.

6.1.6 *Heteranthera reniformis*

A região da nervura central de *Heteranthera reniformis* (Figura 6-A,B,C) caracteriza-se por apresentar: epiderme unisseriada, revestida por cutícula fina, formada de células isodiamétricas em ambas as faces, sendo as células da face adaxial maiores que as da face abaxial; epiderme sem células buliformes, diferenciando-se de outras monocotiledôneas, as quais comumente apresentam esse tipo de célula na epiderme; parênquima clorofiliano paliádico, constituído de células alongadas, justapostas e apresentando alguns idioblastos com compostos fenólicos; aerênquima com grandes lacunas aeríferas; feixe vascular colateral exibindo maior quantidade de elementos de floema que de xilema, ocorrendo nos elementos do xilema pequena lignificação nas paredes celulares, tornando difícil sua visualização, característica esta comum em plantas aquáticas

(MENEZES et al., 2003); bainha do feixe vascular dupla, apresentando uma bainha interna contínua de células com paredes pouco espessadas ou em início de lignificação, constituindo o periciclo, e uma bainha externa contínua de células parenquimáticas, arredondadas e desprovidas de cloroplastos, caracterizando a endoderme, de acordo com Menezes et al. (2003); tecidos de sustentação ausentes, ocorrendo algumas células pouco lignificadas (esclerênquima) localizadas somente nas porções adaxial e abaxial do feixe vascular.

A região internervural ou região compreendida entre a nervura central e o bordo do limbo foliar, de *Heteranthera reniformis* (Figura 6-D,E,F), caracteriza-se por apresentar: estômatos em ambas as faces, caracterizando a folha como anfiestomática; mesofilo dorsiventral com parênquima paliçádico voltado para a face adaxial e parênquima aerífero (aerênquima) voltado para a face abaxial; aerênquima com grandes lacunas aeríferas situadas entre os feixes vasculares; feixes vasculares situados mais próximos da face abaxial; demais características semelhantes às aquelas descritas para a região da nervura central.

6.1.7 *Typha subulata*

A região da nervura central de *Typha subulata* (Figura 7-A,B,C) caracteriza-se por apresentar: epiderme unisseriada, revestida por cutícula delgada, formada de células mais ou menos isodiamétricas em ambas as faces; epiderme sem células buliformes, diferenciando-se de outras monocotiledôneas, as quais comumente apresentam esse tipo de célula na epiderme; parênquima clorofiliano paliçádico, constituído de células alongadas e justapostas; parênquima fundamental (incolor) formado por células arredondadas e desprovidas de cloroplastos, localizado abaixo do parênquima paliçádico; aerênquima com enormes lacunas aeríferas; calotas subepidérmicas de esclerênquima, localizado em frente ao feixe vascular, próximo à epiderme das faces adaxial e abaxial; feixe vascular exibindo grande quantidade de elementos de floema e ausência de xilema, característica esta comum em plantas aquáticas (MENEZES et al., 2003); bainha do feixe vascular ausente; cordões de fibras (esclerênquima) envolvendo parcialmente os feixes vasculares, localizando-se, principalmente, nas porções adaxial e abaxial dos feixes.

A região internervural ou região compreendida entre a nervura central e o bordo do limbo foliar, de *Typha subulata* (Figura 8-A,B,C), caracteriza-se por apresentar: estômatos em ambas as faces, caracterizando a folha como anfiestomática; mesofilo isobilateral (Figuras 7-A e 8-A) com parênquima paliádico voltado para as faces adaxial (Figura 7-B,C) e abaxial (Figura 8-C), e parênquima aerífero (aerênquima) situado na posição central (Figuras 7-A e 8-A); aerênquima com enormes lacunas aeríferas, apresentando em seu interior o diafragma (Figura 8-A), o qual está constituído por células parenquimáticas braciformes (com projeções laterais fornando “braços”) e por espaços intercelulares menores que as lacunas (Figura 8-A,B), que dão ao diafragma o aspecto reticulado ou de rede (Figura 8-A); demais características semelhantes àquelas descritas para a região da nervura central.

As grandes lacunas encontradas no aerênquima do limbo foliar de *Typha subulata* estão interceptadas por diafragmas (Figura 8-A,B), cujas células parenquimáticas braciformes interrompem os grandes espaços intercelulares (as lacunas) existentes, evitando o colapso da folha caso haja uma lesão na parte submersa da planta, pois restringe a entrada de água a um único compartimento da lacuna (SCATENA; SCREMIN-DIAS, 2003). Essa característica estrutural do aerênquima também foi observada por Schussler e Longstreth (1996), em *Sagittaria lancifolia*, espécie aquática da família Alismataceae, pertencente ao grupo das monocotiledôneas.

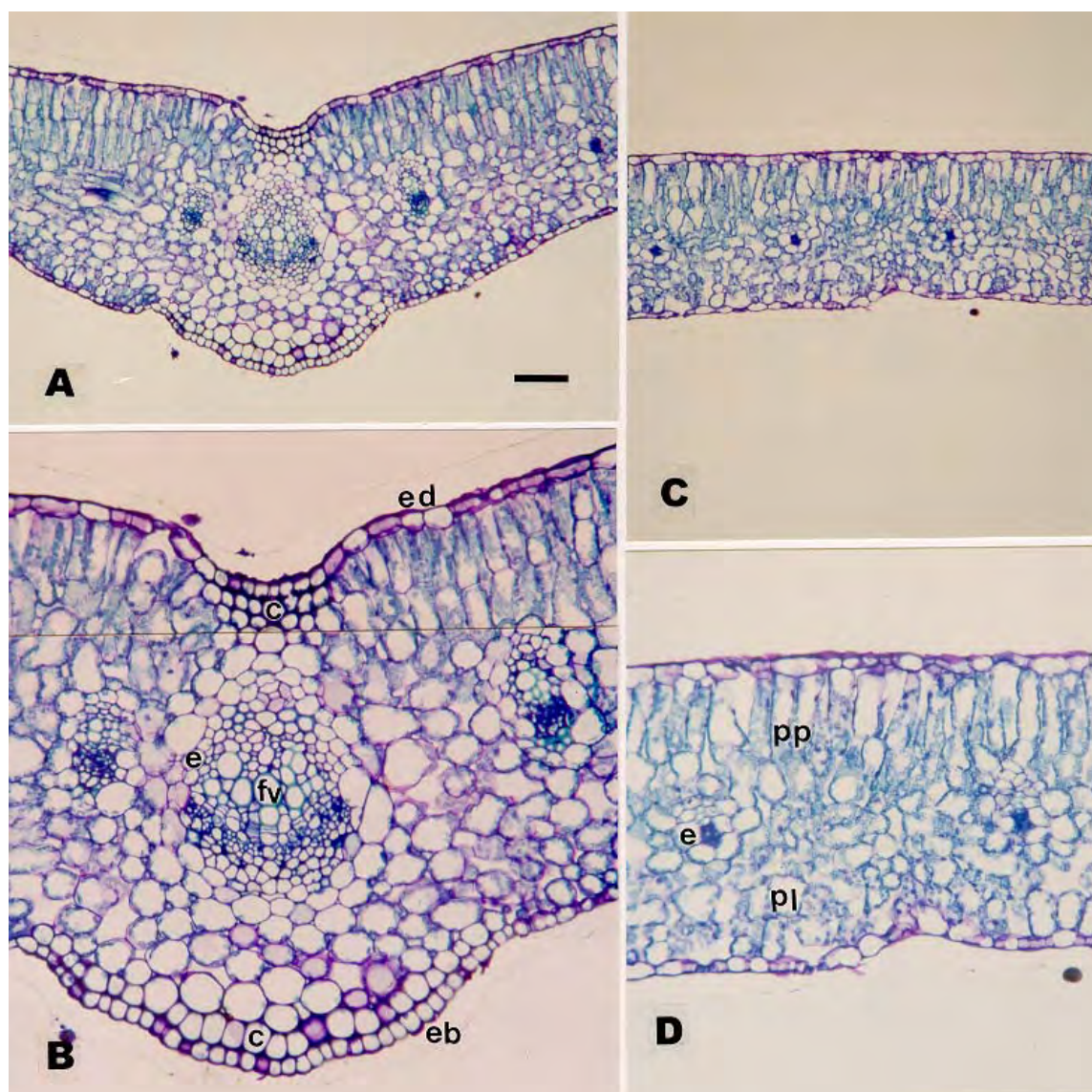


Figura 2. Estrutura do limbo foliar de *Enhydra anagallis*. A, B: secções transversais da região da nervura central. C, D: secções transversais da região internervural. c = colênquima. e = endoderme. eb = epiderme da face abaxial. ed = epiderme da face adaxial. fv = feixe vascular. pl = parênquima lacunoso. pp = parênquima paliçádico. Barra = 92 μm (A, C) e 46 μm (B, D).

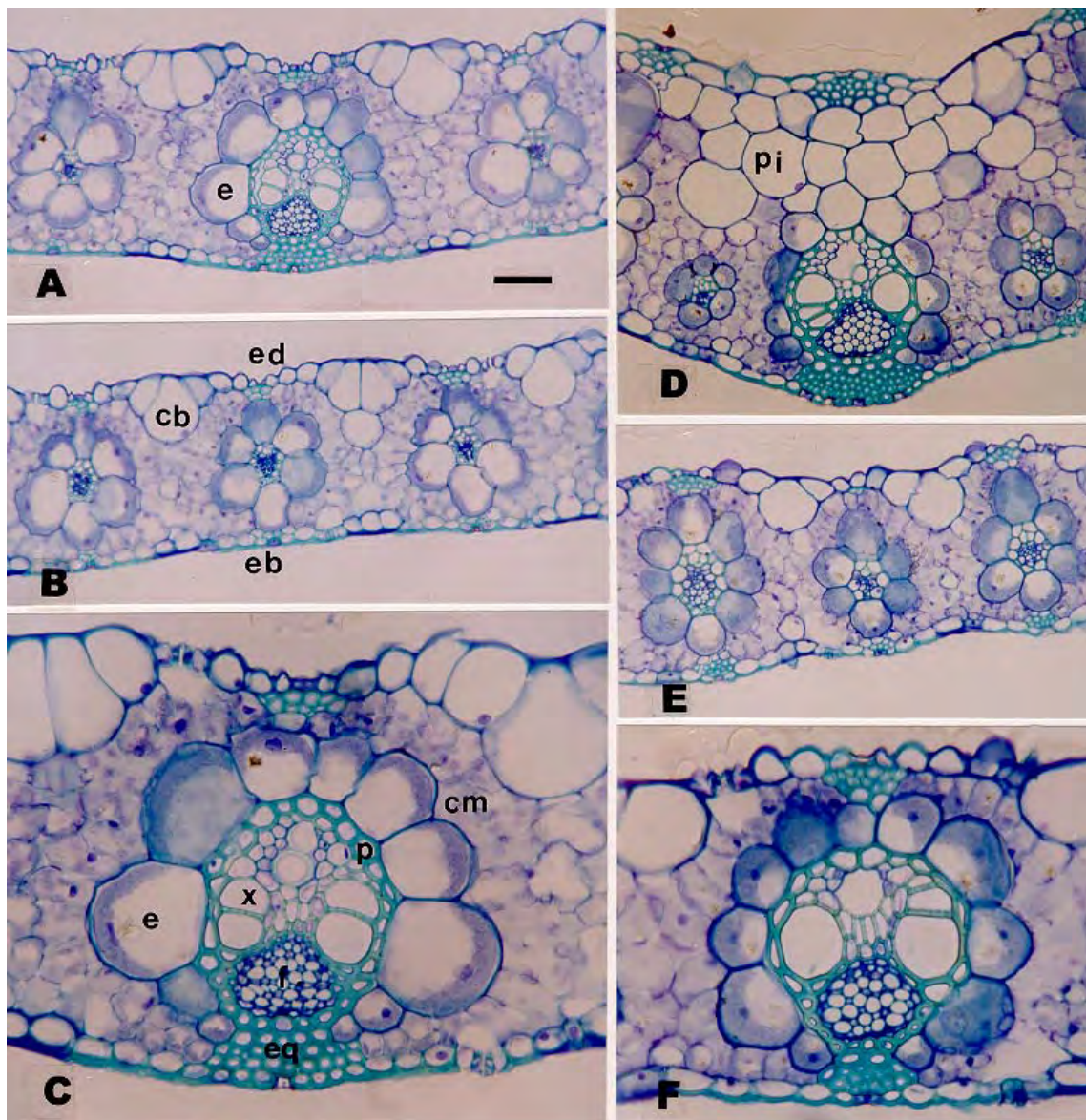


Figura 3. Estrutura do limbo foliar de *Brachiaria subquadripara* e *Brachiaria mutica*. A: secção transversal da região da nervura central de *B. subquadripara*. B, C: secções transversais da região internervural de *B. subquadripara*. D: secção transversal da região da nervura central de *B. mutica*. E, F: secções transversais da região internervural de *B. mutica*. cb = célula buliforme. cm = coroa de células mesofílicas. e = endoderme. eb = epiderme da face abaxial. ed = epiderme da face adaxial. eq = esclerênquima. f = floema. p = periciclo esclerificado. pi = parênquima incolor. x = xilema. Barra = 46 μm (A, B, D, E) e 23 μm (C, F).

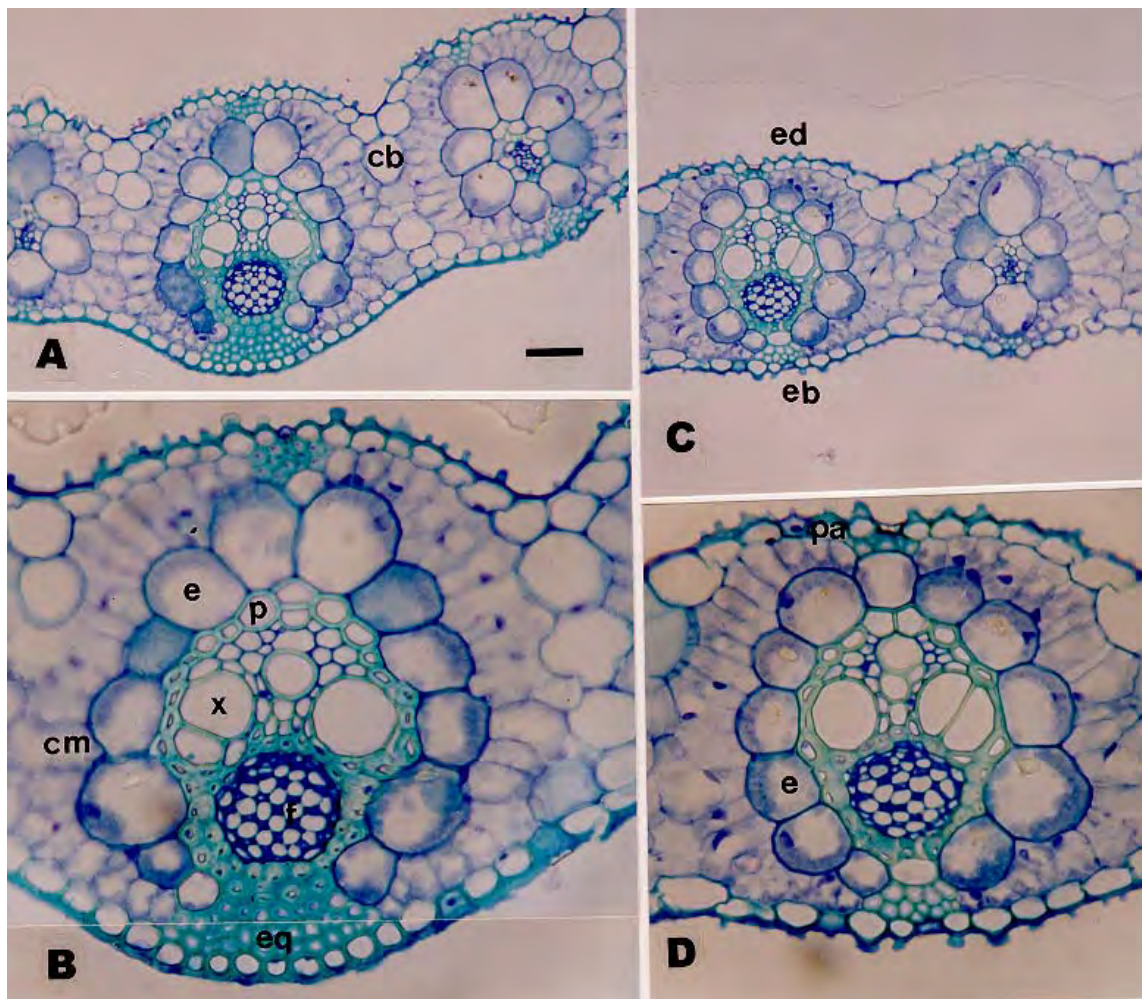


Figura 4. Estrutura do limbo foliar de *Panicum repens*. A, B: secções transversais da região da nervura central. C, D: secções transversais da região internervural. cb = célula buliforme. cm = coroa de células mesofílicas. e = endoderme. eb = epiderme da face abaxial. ed = epiderme da face adaxial. eq = esclerênquima. f = floema. p = periciclo esclerificado. pa = papila. x = xilema. Barra = 46 μm (A, C) e 23 μm (B, D).

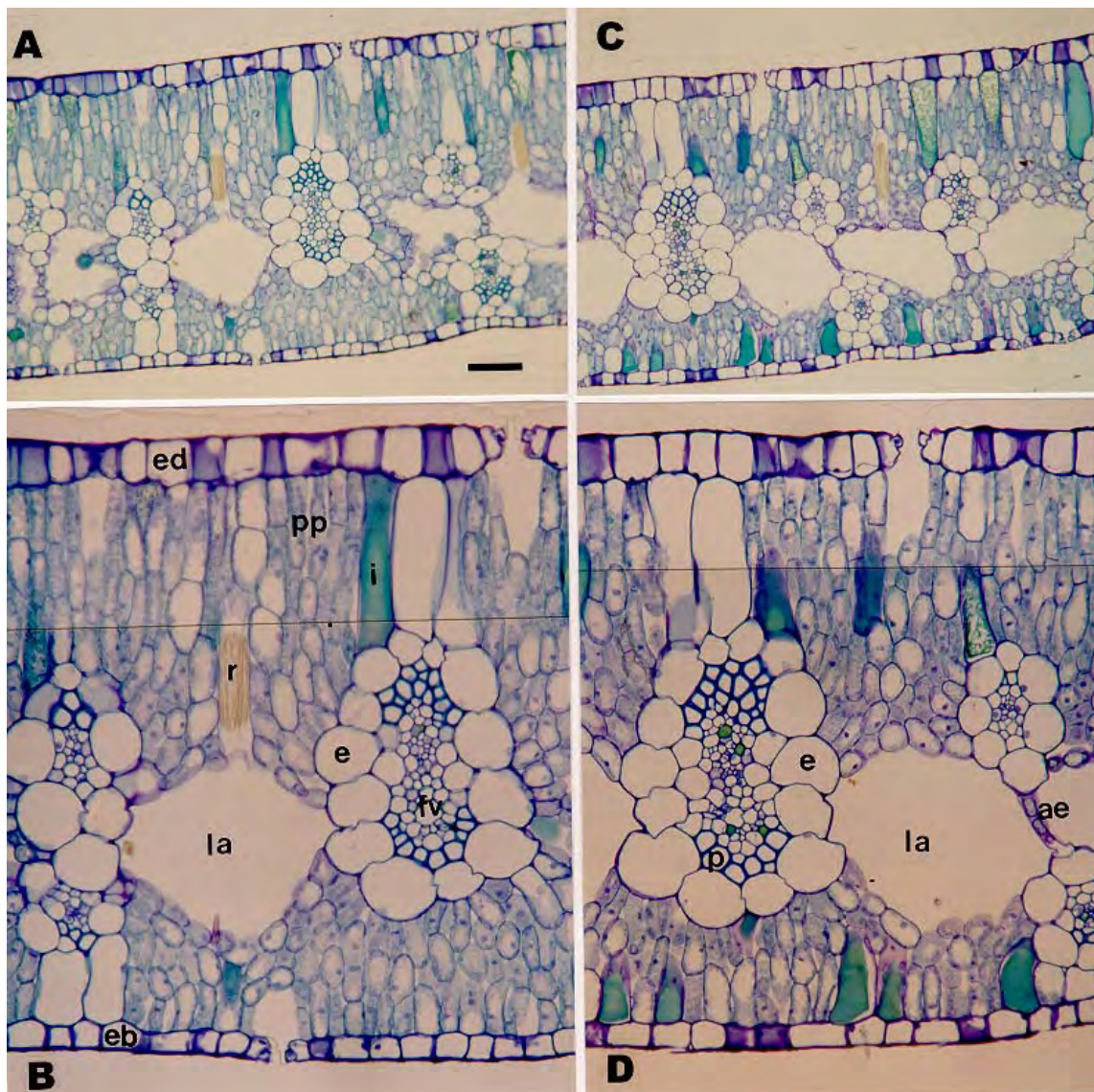


Figura 5. Estrutura do limbo foliar de *Eichhornia crassipes*. A, B: secções transversais da região da nervura central. C, D: secções transversais da região internervural. ae = aerênquima. e = endoderme. eb = epiderme da face abaxial. ed = epiderme da face adaxial. fv = feixe vascular. i = idioblasto com composto fenólico. la = lacuna aerífera. p = periciclo esclerificado. pp = parênquima paliçádico. r = ráfides de oxalato de cálcio. Barra = 92 μ m (A, C) e 46 μ m (B, D).

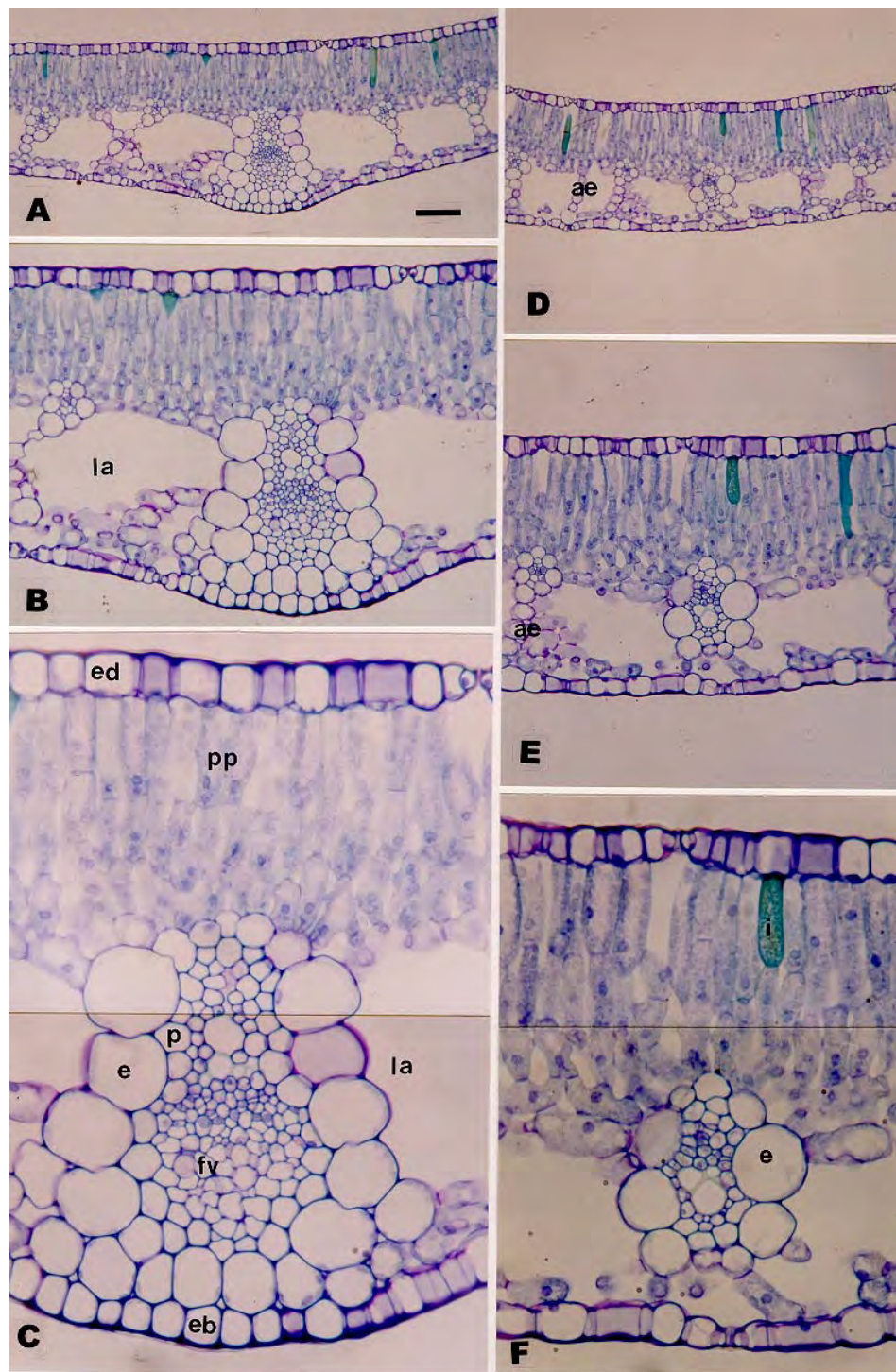


Figura 6. Estrutura do limbo foliar de *Heteranthera reniformis*. A, B, C: secções transversais da região da nervura central. D, E, F: secções transversais da região internervural. ae = aerênquima. e = endoderme. eb = epiderme da face abaxial. ed = epiderme da face adaxial. fv = feixe vascular. i = idioblasto com composto fenólico. la = lacuna aerífera. p = periciclo. pp = parênquima paliçádico. Barra = 92 μm (A, D), 46 μm (B, E) e 23 μm (C, F).

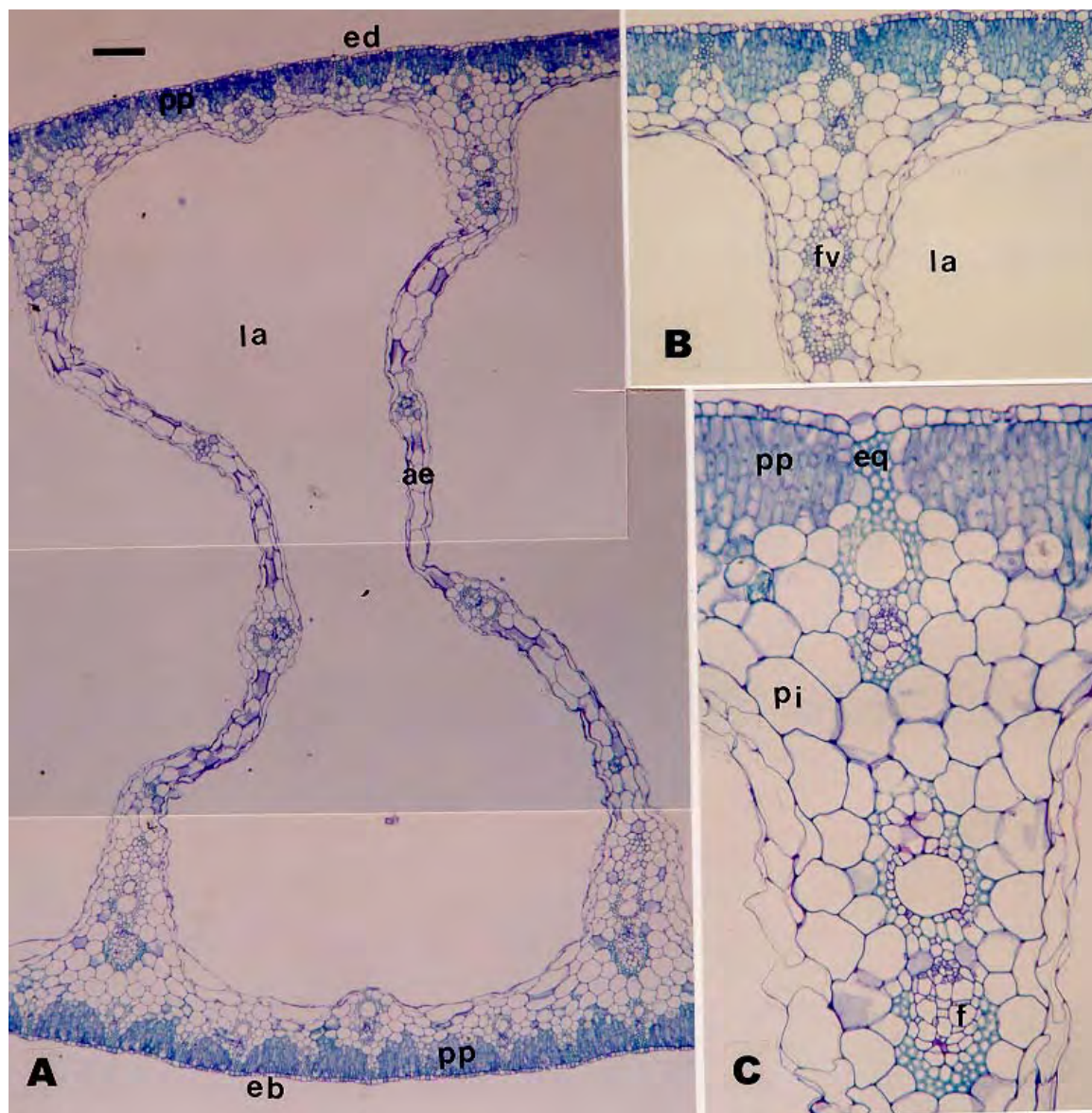


Figura 7. Estrutura do limbo foliar de *Typha subulata*. A, B, C: secções transversais da região da nervura central. ae = aerênquima. eb = epiderme da face abaxial. ed = epiderme da face adaxial. eq = esclerênquima. f = floema. fv = feixe vascular. la = lacuna aerífera. pi = parênquima incolor. pp = parênquima paliçádico. Barra = 184 μm (A), 92 μm (B) e 46 μm (C).

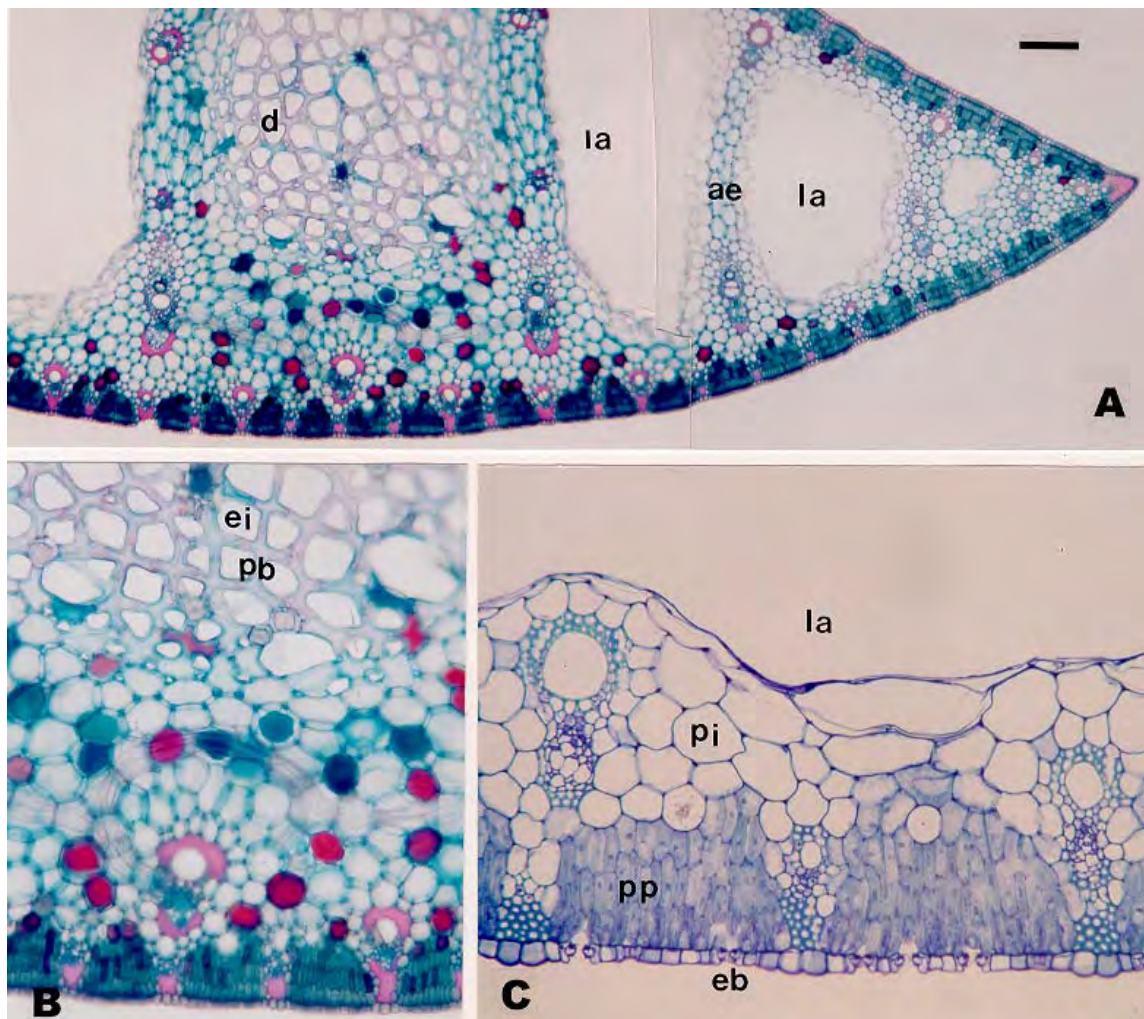


Figura 8. Estrutura do limbo foliar de *Typha subulata*. A, B: secções transversais da região do bordo, evidenciando o aerênquima com diafragma. C: secção transversal da região internervural. ae = aerênquima. d = diafragma. eb = epiderme da face abaxial. ei = espaço intercelular do diafragma. la = lacuna aerífera. pb = células parenquimáticas braciformes do diafragma. pi = parênquima incolor. pp = parênquima paliçádico. Barra = 184 μm (A), 92 μm (B) e 46 μm (C).

6.2 Características estruturais quantitativas do limbo foliar

Os valores médios referentes aos 19 caracteres estruturais quantitativos, para as sete espécies de plantas daninhas aquáticas, estão relacionados na Tabela 4.

Os valores da Tabela 5 referem-se aos coeficientes de correlação entre os 19 caracteres estruturais avaliados e os dois primeiros componentes principais (Y_1 e Y_2). No conjunto, estes componentes foram responsáveis por 81,98% da informação acumulada pelos caracteres avaliados, revelando que eles são indicadores eficientes de dissimilaridade, ou seja, apresentam-se como caracteres diferenciadores entre as espécies estudadas. A intensidade da contribuição destes caracteres quantitativos, para a discriminação das espécies, está relacionada à ocorrência de maiores valores absolutos em Y_1 e Y_2 , os quais se caracterizam por apresentar maior poder discriminatório.

Verifica-se na Tabela 5 que, para o primeiro componente principal (Y_1), os caracteres que mais contribuíram para a discriminação das sete espécies de plantas daninhas aquáticas foram: porcentagem da epiderme da face adaxial da região internervural; porcentagens da epiderme da face abaxial, do feixe vascular, da bainha do feixe vascular (endoderme), do esclerênquima e de lacunas do aerênquima das regiões da nervura central e internervural; espessura da folha da região internervural; e número de estômatos das faces adaxial e abaxial da região internervural. Este primeiro componente principal (Y_1) apresentou 63,58% de informação retida, a qual é considerada satisfatória para explicar a contribuição dos caracteres estruturais analisados, na formação dos agrupamentos das sete espécies de plantas daninhas aquáticas estudadas. Os caracteres relacionados com a porcentagem de parênquima da nervura central e da região internervural, bem como o número de tricomas das faces adaxial e abaxial da região internervural, mostraram menor poder discriminatório.

Para o segundo componente principal (Y_2) a Tabela 5 revela que a informação retida foi de 18,40%, cujo valor é considerado baixo e, consequentemente, apenas o caráter relacionado com a porcentagem de parênquima das regiões da nervura central e internervural apresentaram poder de discriminação satisfatório, enquanto os demais caracteres estruturais avaliados não contribuíram para discriminar as espécies de plantas daninhas estudadas.

Tabela 4. Valores médios de 19 caracteres estruturais quantitativos do limbo foliar de sete espécies de plantas daninhas aquáticas. Botucatu/SP – 2004.

Caracteres	ENYAN	PANPU	BRASU	PANRE	EICCR	HETRE	TYPSU
Região da Nervura Central							
% Epiderme Face Adaxial	2,97	4,69	14,68	6,85	6,41	5,44	0,42
% Epiderme Face Abaxial	3,92	5,73	5,84	6,18	4,25	6,30	0,41
% Feixe Vascular	6,14	10,73	7,79	9,94	4,20	5,08	3,34
% Bainha Feixe Vascular (Endoderme)	3,02	20,31	27,27	22,49	13,00	11,15	0
% Esclerênquima	1,64	5,52	2,08	3,57	1,12	1,22	0,40
% Parênquima	82,31	53,02	42,34	50,97	57,98	52,04	28,19
% Lacunas do Aerênquima	0	0	0	0	13,04	18,77	67,24
Região Internervural							
% Epiderme Face Adaxial	4,76	14,49	14,89	11,07	6,36	6,43	0,44
% Epiderme Face Abaxial	4,63	6,63	6,99	9,56	4,10	6,50	0,48
% Feixe Vascular	1,03	12,22	8,46	11,75	4,80	3,04	3,67
% Bainha Feixe Vascular (Endoderme)	3,34	26,88	29,23	33,33	16,99	5,74	0
% Esclerênquima	0	2,97	1,65	2,19	1,89	0	0,42
% Parênquima	86,25	36,82	38,79	32,10	54,53	61,96	28,69
% Lacunas do Aerênquima	0	0	0	0	11,33	16,32	66,30
Espessura da folha ($\times 10^{-2}$ mm)	23,71	14,75	14,22	16,10	46,51	24,78	291,85
Nº Estômatos mm^{-2} (Face Adaxial)	221,58	179,76	176,17	164,15	130,88	291,33	537,21
Nº Estômatos mm^{-2} (Face Abaxial)	194,08	145,47	134,72	102,09	150,96	184,23	521,61
Nº Tricomas mm^{-2} (Face Adaxial)	0	14,60	0,76	0,51	0	0	0
Nº Tricomas mm^{-2} (Face Abaxial)	0	37,75	39,02	1,00	0	0	0

ENYAN – *Enhydra anagallis*, PANPU – *Brachiaria mutica*, BRASU – *Brachiaria subquadripara*, PANRE – *Panicum repens*, EICCR – *Eichhornia crassipes*, HETRE – *Heteranthera reniformis* e TYPSU – *Typha subulata*.

Tabela 5. Coeficientes de correlação entre os 19 caracteres estruturais quantitativos do limbo foliar de sete espécies de plantas daninhas aquáticas e os dois primeiros componentes principais (Y_1 e Y_2).

Caracteres	Y_1	Y_2
% Epiderme Face Adaxial (NC)	0,6774	0,1410
% Epiderme Face Abaxial (NC)	0,8280	0,4127
% Feixe Vascular (NC)	0,8835	-0,1503
% Bainha Feixe Vascular (Endoderme) (NC)	0,9271	-0,0880
% Esclerênquima (NC)	0,8177	-0,2751
% Parênquima (NC)	0,1515	0,7858
% Lacunas do Aerênquima (NC)	-0,8343	-0,5108
% Epiderme Face Adaxial (RIN)	0,9764	-0,1065
% Epiderme Face Abaxial (RIN)	0,8437	0,3138
% Feixe Vascular (RIN)	0,8163	-0,4820
% Bainha Feixe Vascular (Endoderme) (RIN)	0,9178	-0,1705
% Esclerênquima (RIN)	0,7846	-0,4392
% Parênquima (RIN)	-0,2222	0,8497
% Lacunas do Aerênquima (RIN)	-0,8279	-0,5289
Espessura da Folha (RIN)	-0,7866	-0,5969
Nº Estômatos mm ⁻² (Face Adaxial)	-0,8116	-0,4648
Nº Estômatos mm ⁻² (Face Abaxial)	-0,8396	-0,5214
Nº Tricomas mm ⁻² (Face Adaxial)	0,5513	-0,4992
Nº Tricomas mm ⁻² (Face Abaxial)	0,7032	-0,4356
% Informação Retida	63,58	18,40
% Informação Acumulada	63,58	81,98

NC – Nervura Central e RIN – Região Internervural.

O dendrograma resultante da Análise de Agrupamento (Figura 9) e a dispersão gráfica referente à Análise dos Componentes Principais (Figura 10) mostraram que os caracteres estruturais quantitativos com maior poder discriminatório foram os responsáveis pelos agrupamentos formados entre as sete espécies de plantas daninhas aquáticas, constituindo três grupos principais, que apresentaram valor próximo de 0,40 na escala de distância de similaridade. O primeiro grupo foi formado pelas três espécies de gramíneas (família Poaceae), ou seja, *Brachiaria mutica*, *Brachiaria subquadriflora* e *Panicum repens*. O segundo grupo foi constituído pelas espécies *Eichhornia crassipes* e *Heteranthera reniformis*, ambas da família Pontederiaceae, e pela espécie *Enhydra anagallis*, pertencente à família Asteraceae. O terceiro grupo, monoespecífico, foi composto por *Typha subulata*, espécie da família Typhaceae. Desta forma, verificou-se que

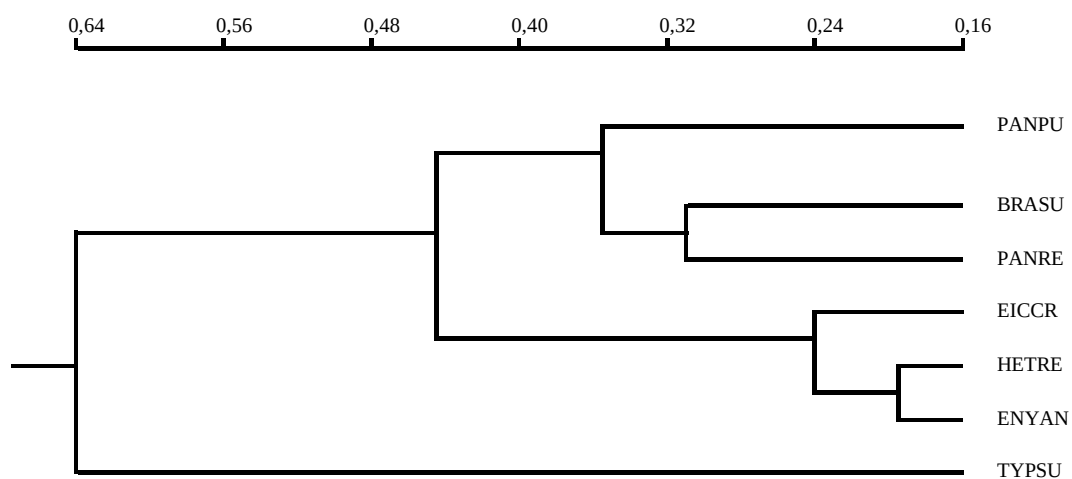


Figura 9. Dendrograma resultante da Análise de Agrupamento dos caracteres estruturais quantitativos das folhas, utilizando-se a Distância Euclidiana Média entre as espécies de plantas daninhas aquáticas. PANPU – *Brachiaria mutica*, BRASU – *Brachiaria subquadrifera*, PANRE – *Panicum repens*, EICCR – *Eichhornia crassipes*, HETRE – *Heteranthera reniformis*, ENYAN – *Enhydra anagallis* e TYPSU – *Typha subulata*.

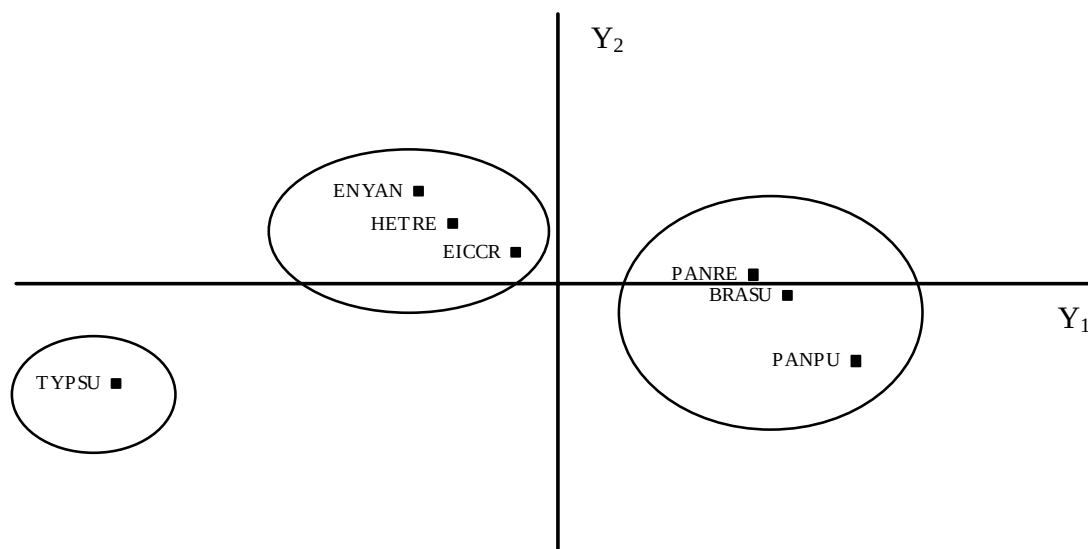


Figura 10. Dispersão gráfica das espécies de plantas daninhas aquáticas, utilizando-se os dois primeiros componentes principais (Y_1 e Y_2), para o conjunto dos 19 caracteres estruturais quantitativos da folha. PANPU – *Brachiaria mutica*, BRASU – *Brachiaria subquadripara*, PANRE – *Panicum repens*, EICCR – *Eichhornia crassipes*, HETRE – *Heteranthera reniformis*, ENYAN – *Enhydra anagallis* e TYPSU – *Typha subulata*.

as espécies do grupo 1 (Poaceae) e a do grupo 3 (Typhaceae) apresentaram alto grau de dissimilaridade entre si, e em relação as espécies do grupo 2 (Pontederiaceae e Asteraceae), as quais mostraram características similares, com base nos caracteres estruturais quantitativos avaliados.

Através dos valores do primeiro componente principal (Tabela 5), associados à dispersão gráfica (Figura 10), constatou-se que as espécies de Poaceae, ou seja, as gramíneas constituintes do grupo 1, apresentaram os maiores valores dos caracteres relativos à epiderme, feixe vascular, bainha do feixe vascular (endoderme) e esclerênquima das regiões da nervura central e internervural, bem como os menores valores dos caracteres referentes ao número de estômatos das faces adaxial e abaxial, à espessura da folha e às lacunas, as quais não existem no limbo foliar de gramíneas, pois essas espécies são desprovidas de aerênquima. Resultados contrários foram verificados para a espécie constituinte do grupo 3 (Typhaceae), apresentando as espécies do grupo 2 (Pontederiaceae e Asteraceae) tendência em possuir valores intermediários (Tabela 5 e Figura 10).

Com relação aos valores do segundo componente principal (Tabela 5) e a dispersão gráfica das espécies (Figura 10), verificou-se que as espécies do grupo 3 (Typhaceae) e as do grupo 1 (Poaceae) apresentaram menos valores da porcentagem de parênquima das regiões da nervura central e internervural (Tabela 4), quando comparadas com as espécies do grupo 2 (Pontederiaceae e Asteraceae). Essa constatação revelou a ocorrência de similaridades entre Poaceae e Typhaceae, famílias pertencentes à subclasse Commelinidae, da classe Liliopsida, do grupo das monocotiledôneas, bem como a existência de similaridades entre Pontederiaceae, família da subclasse Liliidae, também pertencente à classe Liliopsida, do grupo das monocotiledôneas, e Asteraceae, família da subclasse Asteridae, da classe Magnoliopsida, do grupo das dicotiledôneas. Deve-se ressaltar que as subclasses Liliidae e Asteridae apresentam características consideradas mais evoluídas, respectivamente, nas classes Liliopsida e Magnoliopsida.

Assim sendo, através do segundo componente principal (Y_2), a porcentagem de parênquima da nervura central e da região internervural do limbo foliar permitiu discriminar as espécies de Commelinidae das espécies de Liliidae e Asteridae.

As estruturas anatômicas da folha relativos à epiderme, feixe vascular, bainha do feixe vascular (endoderme), parênquima, esclerênquima, estômatos, tricomas, bem como a espessura da folha podem influenciar na deposição, retenção,

absorção e translocação de soluções aplicadas sobre as folhas, funcionando como barreiras e desta forma, estarem associadas com a maior ou menor resistência ou tolerância de determinada planta daninha aos herbicidas.

Rocha (2001), avaliando espécies de plantas daninhas do gênero *Commelina*, constatou que as espécies *Commelina benghalensis*, *Commelina villosa*, *Commelina diffusa* e *Commelina erecta* podem ser diferenciadas com base nos caracteres anatômicos quantitativos da folha e do caule, principalmente, por aqueles que estão relacionados com a espessura total da folha, tamanho da nervura central e quantidade de feixes vasculares presentes no caule. Outro fato importante observado, foi que as espécies *Commelina benghalensis* e *Commelina villosa*, mais susceptíveis aos herbicidas, apresentaram valores superiores destes caracteres, facilitando, provavelmente, a rápida translocação dos herbicidas que penetram pelos tecidos da folha e do caule, enquanto que *Commelina diffusa* e *Commelina erecta*, mais tolerantes aos herbicidas, apresentaram menores valores com relação a estes caracteres avaliados (ROCHA et al., 2000; ROCHA, 2001; VEGA et al., 2000).

Procópio et al. (2003) consideram a grande espessura da cutícula, alto teor de cera epicuticular, alta densidade tricômica, baixa densidade estomática e grande espessura da epiderme adaxial, como sendo as principais barreiras potenciais à penetração de herbicidas em folhas de plantas daninhas. A utilização do herbicida glyphosate (7 L ha⁻¹) com adjuvantes, no controle de plantas daninhas aquáticas, evidencia uma escala de dificuldade no manejo das espécies *Eichhornia crassipes*, *Typha subulata* e das gramíneas *Brachiaria mutica* e *Brachiaria subquadrifida*, que pode ser constatada nos experimentos realizados por Martins et al. (2002), Carbonari et al. (2003) e Silva (2003). Através dos dados obtidos nestes experimentos verifica-se que o período necessário, no qual as espécies atingiram controle próximo a 100%, leva em torno de 20 dias após a aplicação, para *Eichhornia crassipes*, 45 dias para a espécie *Typha subulata* e 70 dias para as espécies de *Brachiaria mutica* e *Brachiaria subquadrifida*.

Os resultados desses autores corroboram com aqueles obtidos no presente trabalho, uma vez que, dentre os três grupos formados pela Análise de Agrupamento e pela Análise dos Componentes Principais dos caracteres estruturais quantitativos avaliados, o grupo 1 constituído pelas gramíneas *Brachiaria mutica*, *Brachiaria subquadrifida* e *Panicum repens* foi o que apresentou as maiores quantidades

dos caracteres anatômicos referentes à epiderme, bainha do feixe vascular (endoderme), esclerênquima e número de tricomas, sendo que estes caracteres podem funcionar como barreiras físicas à absorção e translocação de herbicidas pelas folhas, o que pode explicar a maior dificuldade de controle destas espécies em relação às demais.

Desta forma, considerando os maiores valores dos caracteres estruturais quantitativos relacionadas à epiderme, bainha do feixe vascular (endoderme), esclerênquima e número de tricomas, bem como considerando os menores valores dos caracteres relacionados ao número de estômatos e espessura da folha, pode-se inferir que as plantas do grupo 1 (Poaceae) apresentam maior dificuldade de controle, seguida das plantas do grupo 2 (Pontederiaceae e Asteraceae) e do grupo 3 (Typhaceae). Entretanto, pouco se sabe sobre a proporção da contribuição (redução ou aumento) de cada caractere estrutural do limbo foliar no processo de absorção e translocação de herbicidas.

Greene e Bukovac (1974) observaram em condições de laboratório que a infiltração pela via estomática de soluções com baixas tensões superficiais foi somente de 4-5% em folhas de *Pyrus communis*, ressaltando que a importância da penetração estomática na absorção foliar, em condições de campo, torna-se muito discutida.

6.3 Número de estômatos e de tricomas do limbo foliar

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados do número de estômatos ($\text{n}^\circ \text{mm}^{-2}$) nas faces adaxial e abaxial da folha das diferentes espécies de plantas daninhas aquáticas, com suas respectivas médias, intervalos de confiança mínimo e máximo, valor do F_{faces} , dms e CV%.

Tabela 6. Número de estômatos ($\text{n}^\circ \text{mm}^{-2}$) nas faces adaxial e abaxial da folha das diferentes espécies de plantas daninhas aquáticas, com suas respectivas médias, intervalos de confiança mínimo e máximo, valor do F_{faces} , dms e CV%. Botucatu/SP – 2004.

Espécies	Médias	IC mín.	IC máx.	F_{faces}	d.m.s.	CV%
<i>Enhydra anagallis</i>						
Face adaxial	221,58 a	205,58	237,58	6,16*	22,63	15,07
Face abaxial	194,08 b	178,08	210,07			
<i>Brachiaria mutica</i>						
Face adaxial	179,76 a	165,50	194,03	12,05**	20,17	17,18
Face abaxial	145,47 b	131,20	159,73			
<i>Brachiaria subquadripa</i>						
Face adaxial	176,17 a	165,93	186,41	34,19**	14,48	12,89
Face abaxial	134,72 b	124,48	144,96			
<i>Panicum repens</i>						
Face adaxial	164,15 a	155,27	173,04	101,74**	12,57	13,07
Face abaxial	102,09 b	93,21	110,98			
<i>Eichhornia crassipes</i>						
Face adaxial	130,88 b	125,20	136,55	26,13**	8,02	7,88
Face abaxial	150,96 a	145,28	156,63			
<i>Heteranthera reniformis</i>						
Face adaxial	291,33 a	274,30	308,37	82,43**	24,09	14,03
Face abaxial	184,23 b	167,20	201,27			
<i>Typha subulata</i>						
Face adaxial	537,21 a	500,36	574,06	0,37 ^{ns}	52,12	13,63
Face abaxial	521,61 a	484,75	558,46			

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste t, ao nível de 5% de probabilidade.

** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

* significativo ao nível de 5% de probabilidade.

^{ns} não significativo.

Foram observados estômatos em ambas as faces da folha, em todas as espécies das plantas aquáticas estudadas. Portanto, as espécies possuem folhas anfiestomáticas. As espécies *Enhydra anagallis*, *Brachiaria mutica*, *Brachiaria subquadripa*, *Panicum repens* e *Heteranthera reniformis* apresentaram maior número de estômatos na face adaxial em relação à face abaxial, enquanto que, a espécie *Eichhornia crassipes* apresentou maior número na face abaxial do que na face adaxial.

Typha subulata não apresentou diferença estatística no número de estômatos entre as faces da folha, assim como, destacou-se como a espécie de maior número de estômatos nas faces adaxial e abaxial com 537,21 e 521,61 estômatos mm^{-2} , respectivamente.

Mendonça (2000) verificou nas gramíneas terrestres *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria plantaginea* e *Panicum maximum* maior número de estômatos na face adaxial em relação à face abaxial, sendo que os valores apresentados foram na ordem de 130,9-88,7; 150,7-119,7 e 156,8-114,1 estômatos mm^{-2} , respectivamente. Este comportamento foi similar aos dados encontrados nas gramíneas emersas aquáticas *Brachiaria mutica*, *Brachiaria subquadrifida* e *Panicum repens* que apresentaram número de estômatos para as faces adaxial e abaxial na ordem de 179,76-145,47; 176,17-134,72 e 164,15-102,09 estômatos mm^{-2} , respectivamente.

Rodella et al., (1982, 1983) constatou maior quantidade de estômatos na face abaxial em relação à face adaxial nas folhas de *Panicum maximum* e *Panicum coloratum*, apresentando médias em trono de 235,7-244,8 e 121,6-126,7 respectivamente, discordando dos dados obtidos por Mendonça (2000) para *Panicum maximum*. Para *Brachiaria mutica* a maior quantidade de estômatos foi verificada na face adaxial (111,7 estômatos mm^{-2}) em relação à face abaxial (91,1 estômatos mm^{-2}), corroborando com os dados obtidos no presente trabalho para a mesma espécie.

A absorção de herbicidas pelos tecidos da planta é um processo importante, uma vez que toda a solução aplicada no solo ou na planta, não necessariamente será assimilada pelo metabolismo da planta. Fatores ambientais, chuva, temperatura, vento e umidade relativa do ar, podem influenciar na quantidade ou na taxa de absorção de herbicida pela planta (ZABKIEWICZ, 2000). Contudo, as características da superfície da folha como topografia e espessura da cutícula, presença e tipo de cera, tricomas e estômatos, também podem exercer grande influência na absorção de herbicidas.

O poro estomático pode destacar-se como uma das principais vias de penetração de herbicidas (BUICK et al., 1993). Entretanto, Greene e Bukovac (1974) concluíram que a penetração estomática em folhas de *Pyrus communis*, não foi uma importante rota de entrada de soluções aquosas com tensão superficial próxima à tensão superficial da água. Porém, a redução da tensão superficial pela adição de surfatantes pode induzir o aumento da absorção estomática.

Segundo Field e Bishop (1988), o surfatante organosiliconado Silwet L-77 promoveu rápida infiltração do ingrediente ativo do herbicida glyphosate em folhas de *Lolium perenne* pela via estomática, devido à redução da tensão superficial da solução.

Na Figura 11 estão apresentados a dados de número de estômatos ($\text{n}^\circ \text{mm}^{-2}$) nas faces foliares adaxial e abaxial das plantas daninhas aquáticas. Apenas *Eichhornia crassipes* apresentou relação de densidade estomática entre as faces adaxial e abaxial abaixo de 1 (0,87), evidenciando menor número de estômatos na superfície superior. As espécies *Enhydra anagallis*, *Brachiaria mutica*, *Brachiaria subquadrifida*, *Panicum repens*, *Heteranthera reniformis* e *Typha subulata* apresentaram relações de 1,14 - 1,24 - 1,31 - 1,61 - 1,58 e 1,03, respectivamente.

O número de tricomas ($\text{n}^\circ \text{mm}^{-2}$) determinada nas faces adaxial e abaxial da folha das diferentes espécies de plantas daninhas aquáticas, com suas respectivas médias, intervalos de confiança mínimo e máximo, valor do F_{faces} , dms e CV%, estão apresentados na Tabela 7.

Dentre as espécies estudadas, foi observado a presença de tricomas apenas nas gramíneas *Brachiaria mutica*, *Brachiaria subquadrifida*, *Panicum repens* com médias na ordem de 14,6-37,75; 0,76-39,02 e 0,51-1,02 tricomas mm^{-2} , para as faces adaxial e abaxial, respectivamente. Pode-se observar nestas espécies maior quantidade de tricomas na face abaxial em relação à adaxial.

Os tricomas podem conferir às plantas proteção contra a perda de água pelas as folhas. Desta forma, a ausência destas estruturas nas folhas de *Enhydra anagallis*, *Eichhornia crassipes*, *Heteranthera reniformis* e *Typha subulata* pode ser explicada pelo fato de que estas espécies desenvolvem-se preferencialmente em solos saturados com água, onde a disponibilidade de água é bastante alta. Devido às plantas aquáticas apresentarem alta capacidade de adaptação e alta amplitude ecológica, várias espécies podem suportar longos períodos de estiagem (ESTEVES, 1998).

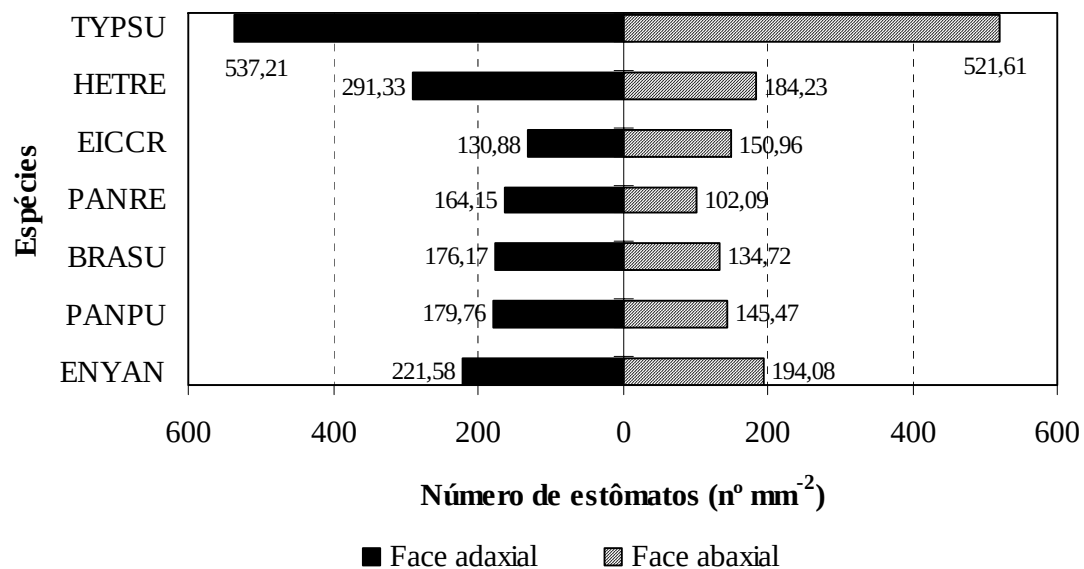


Figura 11. Número de estômatos (n° mm⁻²) nas faces foliares adaxial e abaxial das plantas daninhas aquáticas. TYPUS – *Typha subulata*, HETRE – *Heteranthera reniformis*, EICCR – *Eichhornia crassipes*, PANRE – *Panicum repens*, BRASU – *Brachiaria subquadripara*, PANPU – *Brachiaria mutica* e ENYAN – *Enhydra anagallis*.

Tabela 7. Número de tricomas ($\text{n}^\circ \text{mm}^{-2}$) nas faces adaxial e abaxial da folha das diferentes espécies de plantas daninhas aquáticas, com suas respectivas médias, intervalos de confiança mínimo e máximo, valor do F_{faces} , dms e CV%. Botucatu/SP – 2004.

Espécies	Médias		IC mín.	IC máx.	F_{faces}	d.m.s.	CV%
<i>Brachiaria mutica</i>							
Face adaxial	14,60	b	10,24	18,96	58,75**	6,17	32,63
Face abaxial	37,75	a	33,39	42,11			
<i>Brachiaria subquadrifida</i>							
Face adaxial	0,76	b	-2,25	3,77	336,75**	4,26	29,64
Face abaxial	39,02	a	36,01	42,03			
<i>Panicum repens</i>							
Face adaxial	0,51	a	-0,58	1,61	0,44 ^{ns}	1,55	280,62
Face abaxial	1,02	a	-0,08	2,12			

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste t, ao nível de 5% de probabilidade.

** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{ns} não significativo.

A presença de tricomas, mesmo em pequenas quantidades na superfície foliar, pode proporcionar a interceptação e a adesão das gotas de pulverização, impedindo que a gota entre em contato com as células da epiderme e expondo-as aos efeitos das condições climáticas.

Os tricomas podem destacar-se como uma rota eficiente de penetração de herbicidas; entretanto, em algumas situações a aderência das gotas aos tricomas pode potencialmente reduzir a eficiência dos herbicidas no controle de plantas daninhas (HESS; FALK, 1990; PROCÓPIO et al., 2003).

Hess e Falk (1990) citam que a eficiência de absorção de herbicidas pelos tricomas, bem como a translocação através destes para as células da epiderme, ainda são poucos conhecidas.

6.4 pH foliar

Na Figura 12 estão apresentados o pH foliar das faces adaxial e abaxial das diferentes espécies de plantas daninhas aquáticas, com suas respectivas médias, e na Tabela 8, os intervalos de confiança mínimo e máximo, valor de F_{faces} , d.m.s. e CV%.

Os resultados observados demonstraram que nenhuma das espécies das plantas daninhas aquáticas apresentaram diferenças estatísticas de pH foliar entre as faces adaxial e abaxial.

As médias obtidas de pH foliar variaram entre 5,50 e 7,50, destacando-se *Enhydra anagallis* que obteve as maiores médias de pH foliar com valores em torno de 6,68 e 7,02 para as faces adaxial e abaxial, respectivamente. Todas as espécies apresentaram médias para a face abaxial ligeiramente superior às médias da face adaxial da folha, exceto *Heteranthera reniformis* que apresentou pH foliar idêntico em ambas as faces (5,63).

Mendonça (2000), avaliando o pH foliar de plantas daninhas terrestres, observou variação na ordem de 4,0 a 6,0 para a face adaxial da folha, destacando *Commelina benghalensis* com o maior valor (6,0) e a espécie *Cenchrus echinatus* com o menor valor (4,4).

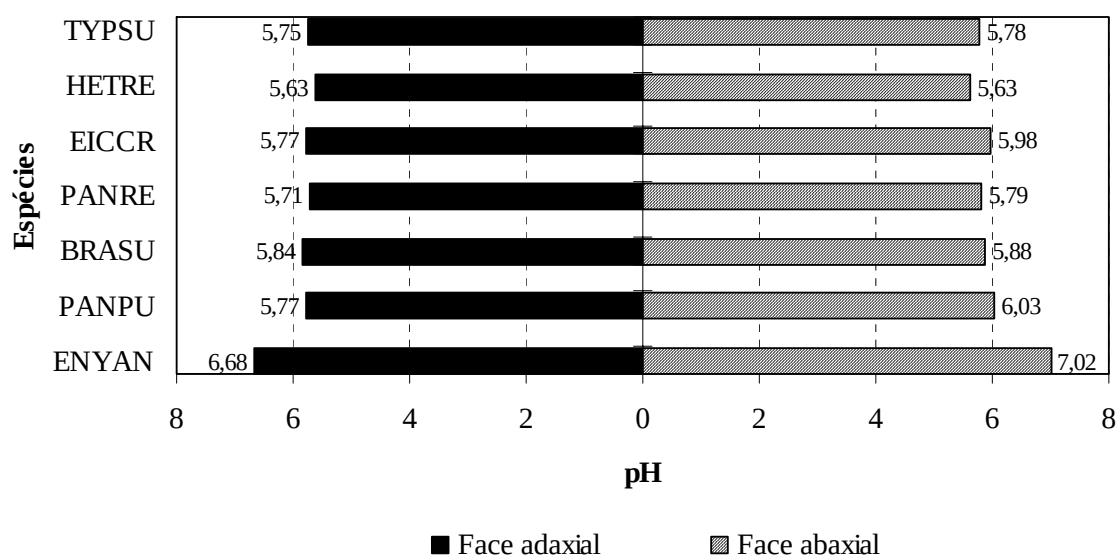


Figura 12. pH foliar das faces adaxial e abaxial das plantas daninhas aquáticas. TYPSU – *Typha subulata*, HETRE – *Heteranthera reniformis*, EICCR – *Eichhornia crassipes*, PANRE – *Panicum repens*, BRASU – *Brachiaria subquadrifida*, PANPU – *Brachiaria mutica* e ENYAN – *Enhydra anagallis*.

Tabela 8. pH foliar das faces adaxial e abaxial das diferentes espécies de plantas daninhas aquáticas, com suas respectivas médias, intervalos de confiança mínimo e máximo, valor de F_{faces} , d.m.s. e CV%. Botucatu/SP – 2004.

Espécies	Médias		IC mín.	IC máx.	F _{faces}	d.m.s.	CV%
<i>Enhydra anagallis</i>							
Face adaxial	6,68	a	6,36	7,00	2,59 ^{ns}	0,45	6,12
Face abaxial	7,02	a	6,70	7,34			
<i>Brachiaria mutica</i>							
Face adaxial	5,72	a	5,45	5,99	2,97 ^{ns}	0,38	6,04
Face abaxial	6,03	a	5,76	6,30			
<i>Brachiaria subquadrifera</i>							
Face adaxial	5,84	a	5,59	6,14	0,05 ^{ns}	0,36	5,76
Face abaxial	5,88	a	5,62	6,14			
<i>Panicum repens</i>							
Face adaxial	5,71	a	5,54	5,89	0,48 ^{ns}	0,25	4,01
Face abaxial	5,79	a	5,62	5,97			
<i>Eichhornia crassipes</i>							
Face adaxial	5,77	a	5,53	6,00	1,93 ^{ns}	0,33	5,29
Face abaxial	5,98	a	5,75	6,22			
<i>Heteranthera reniformis</i>							
Face adaxial	5,63	a	5,34	5,93	0,00 ^{ns}	0,41	6,85
Face abaxial	5,63	a	5,34	5,93			
<i>Typha subulata</i>							
Face adaxial	5,75	a	5,44	6,07	0,02 ^{ns}	0,44	7,18
Face abaxial	5,78	a	5,47	6,10			

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste t, ao nível de 5% de probabilidade.

^{ns} não significativo.

6.5 Área de molhamento da gota de pulverização

As médias da área de molhamento proporcionada por uma gota de 0,5 µL de soluções com diferentes tensões superficiais, nas faces da folha adaxial e abaxial das diferentes espécies de plantas daninhas aquáticas, estão apresentadas na Tabela 9.

As tensões superficiais das gotas, apresentadas pelas soluções de glyphosate isolado (5,0% v v⁻¹), glyphosate + Aterbane BR (5,0 + 0,5% v v⁻¹), glyphosate + Silwet L-77 (5,0 + 0,05% v v⁻¹), além das soluções com os adjuvantes isolados, Aterbane BR (0,5% v v⁻¹) e Silwet L-77 (0,05% v v⁻¹) foram respectivamente, 72,1 - 28,7 - 23,3 - 37,3 e 22,1 mN m⁻¹ 0,5µL⁻¹. Estes dados são semelhantes aos obtidos por Costa (1997), para os mesmos produtos e concentrações.

Os dados obtidos da tensão superficial da gota de pulverização das soluções de glyphosate em mistura com os adjuvantes Aterbane BR e Silwet L-77 estiveram abaixo da tensão superficial citada por Greene e Bucovac (1974), que induziria a penetração das soluções pela via estomática (32 mN m⁻¹).

A tensão superficial dos adjuvantes Aterbane BR (0,5% v v⁻¹) e Silwet L-77 (0,05% v v⁻¹) em água destilada foram superiores à tensão encontrada por Mendonça (2000), que trabalhando com concentrações menores dos adjuvantes Aterbane BR (0,03% v v⁻¹) e Silwet L-77 (0,02% v v⁻¹) obteve valores de tensão superficial na ordem de 33,8 e 20,8 mN m⁻¹, respectivamente.

A concentração micelar crítica (CMC) de um adjuvante corresponde ao ponto de inflexão da curva de tensão superficial. Acima da CMC, monômeros do adjuvante em solução se agregam em estruturas do tipo coloidal conhecida como micelas. A partir de então, os incrementos do adjuvante trarão poucos benefícios à solução no que diz respeito à capacidade do mesmo em destensionar a água (MONTÓRIO, 2001).

Costa (1997) e Montório (2001) observaram reduções contínuas e decrescentes da tensão superficial para incrementos uniformes na concentração de adjuvantes. Sugerindo que as micelas podem ser formadas em qualquer concentração do adjuvante. Em concentrações baixas a probabilidade de micelização é menor, observando-se os maiores níveis de eficiência em termos de redução de tensão superficial, o oposto ocorre para as concentrações mais altas.

Montório (2001) observou que os redutores de tensão Aterbane BR e Silwet L-77 atingiram aproximadamente 100% de micelização, a partir das concentrações 0,08 e 0,03%, respectivamente. Segundo o autor a importância do coeficiente de eficácia de micelização é o de permitir estimar a fração do conteúdo total de adjuvante que poderá atuar em novas interfaces (ar-líquido), criadas durante o processo de aplicação e deposição de herbicidas sobre o solo ou sobre as plantas. Desta forma, foi verificado pelo mesmo autor citado anteriormente que os adjuvantes Aterbane BR e Silwet L-77 apresentaram reduções da tensão superficial da água e coeficiente de eficácia em trono de 32,68 - 19,08mN m⁻¹ e 46,38 - 143,43, respectivamente.

Para a espécie *Enydra anagallis* observa-se que as médias da área de molhamento proporcionada pela gota das soluções de Rodeo, Aterbane BR e Rodeo + Aterbane BR, não apresentaram diferenças estatísticas entre si, considerando as soluções dentro de cada face da folha (adaxial e abaxial). Demonstrando que o adjuvante Aterbane BR foi ineficiente no espalhamento da gota de pulverização na superfície foliar desta espécie. Do mesmo modo, não houve diferenças significativas para face dentro de cada solução, em todos os tratamentos avaliados. Contudo, as soluções de Rodeo + Silwet L-77 e Silwet L-77, demonstraram as maiores áreas de molhamento em relação aos demais tratamentos, com médias de 4,32 - 4,46 e 11,04 - 10,21mm² 0,5µL⁻¹ nas faces adaxial e abaxial da folha, respectivamente (Tabela 9 e Figura 13).

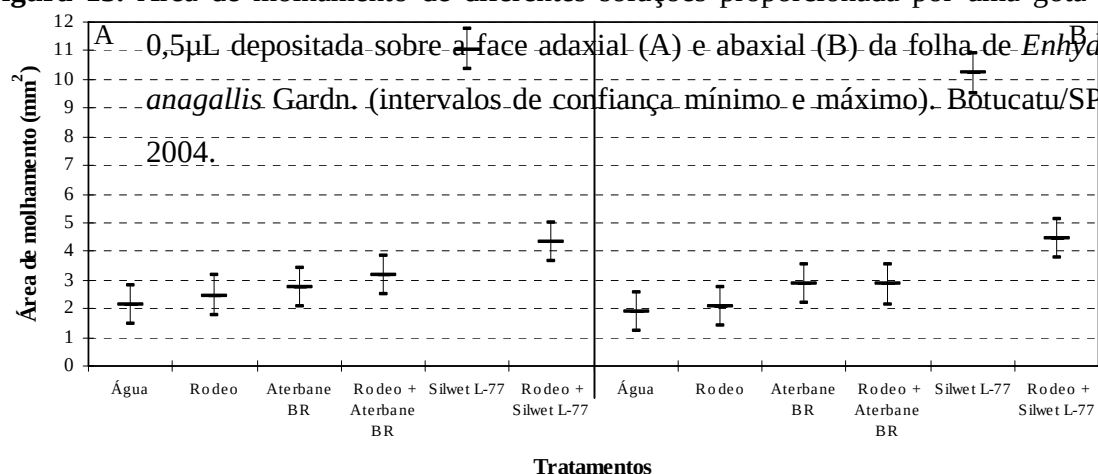
Nota-se na Tabela 9, que na face adaxial das folhas de *Brachiaria mutica* os tratamentos Rodeo e Aterbane BR não diferiram estatisticamente da água destilada, destacando-se o tratamento Silwet L-77 com 10,3mm² 0,5µL⁻¹ de área foliar molhada. Na Figura 14 pode-se observar que as soluções de água destilada, Rodeo e Aterbane BR, apresentaram maiores médias de área molhada na face abaxial em relação a face adaxial, enquanto que, as soluções Rodeo + Aterbane BR, Rodeo + Silwet L-77 e Silwet L-77 apresentaram maiores médias de área molhada na face adaxial em relação a face abaxial, com valores de 5,13 - 3,81; 6,20 - 5,41 e 10,30 - 8,60mm² 0,5µL⁻¹, respectivamente.

Tabela 9. Área de molhamento (mm^2) proporcionada por uma gota de 0,5 μL de soluções com diferentes tensões superficiais, nas faces adaxial e abaxial das folhas de diferentes espécies de plantas daninhas aquáticas. Botucatu/SP – 2004.

	Tensão Superficial da gota (mN m ⁻¹)						
	72,6	72,1	37,3	28,7	22,1	23,3	
Espécies	Água	Rodeo	Aterbane BR	Rodeo+ Aterbane BR	Silwet L-77	Rodeo+ Silwet L-77	Médias
<i>Enhydra anagallis</i>							
Face adaxial	2,14 aD	2,47 aCD	2,79 aCD	3,16 aC	11,04 aA	4,32 aB	4,32 a
Face abaxial	1,89 aD	2,07 aCD	2,85 aC	2,83 aCD	10,21 aA	4,46 aB	4,05 a
Médias	2,02 E	2,27 DE	2,82 CD	3,00 C	10,62 A	4,39 B	
<i>Brachiaria mutica</i>							
Face adaxial	0,83 aC	0,92 aC	1,77 aC	5,13 aB	10,30 aA	6,20 aB	4,19 a
Face abaxial	1,05 aE	1,27 aDE	2,62 aCD	3,81 aC	8,60 bA	5,41 aB	3,79 a
Médias	0,94 E	1,09 E	2,19 D	4,47 C	9,45 A	5,81 B	
<i>Brachiaria subquadriflora</i>							
Face adaxial	0,75 aC	0,89 aC	1,55 bC	6,44 aB	10,94 aA	7,77 bB	4,72 b
Face abaxial	1,86 aC	2,09 aC	4,45 aB	4,36 bB	10,28 aA	10,59 aA	5,60 a
Médias	1,31 E	1,49 E	3,00 D	5,40 C	10,61 A	9,18 B	
<i>Panicum repens</i>							
Face adaxial	0,72 aC	0,70 aBC	1,37 aBC	4,86 aA	5,66 bA	1,63 bB	2,49 b
Face abaxial	0,69 aD	0,76 aD	2,12 aC	5,57 aB	10,35 aA	2,59 aC	3,68 a
Médias	0,70 D	0,73 D	1,74 C	5,22 B	8,00 A	2,11 C	
<i>Eichhornia crassipes</i>							
Face adaxial	1,35 aD	1,90 aCD	2,82 bC	2,70 aC	6,52 aA	4,19 aB	3,25 b
Face abaxial	2,09 aD	1,96 aD	4,09 aBC	3,52 aC	7,04 aA	4,91 aB	3,94 a
Médias	1,72 D	1,93 D	3,45 C	3,11 C	6,78 A	4,55 B	
<i>Heteranthera reniformis</i>							
Face adaxial	1,58 bD	1,73 bD	2,43 bC	2,82 bC	5,88 aA	4,41 aB	3,14 a
Face abaxial	2,48 aC	2,44 aC	3,02 aB	3,39 aB	4,42 bA	3,19 bB	3,16 a
Médias	2,03 E	2,08 E	2,73 D	3,11 C	5,15 A	3,80 B	
<i>Typha subulata</i>							
Face adaxial	0,87 aE	1,57 aDE	4,34 aD	12,99 aC	31,81 aA	20,04 aB	11,94 a
Face abaxial	0,97 aD	1,09 aD	6,36 aC	7,03 bC	25,91 bA	17,95 aB	9,88 b
Médias	0,92 E	1,33 E	5,35 D	10,01 C	28,86 A	18,99 B	

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste t.

Figura 13. Área de molhamento de diferentes soluções proporcionada por uma gota de 0,5 μL depositada sobre a face adaxial (A) e abaxial (B) da folha de *Enhydra anagallis* Gardn. (intervalos de confiança mínimo e máximo). Botucatu/SP – 2004.



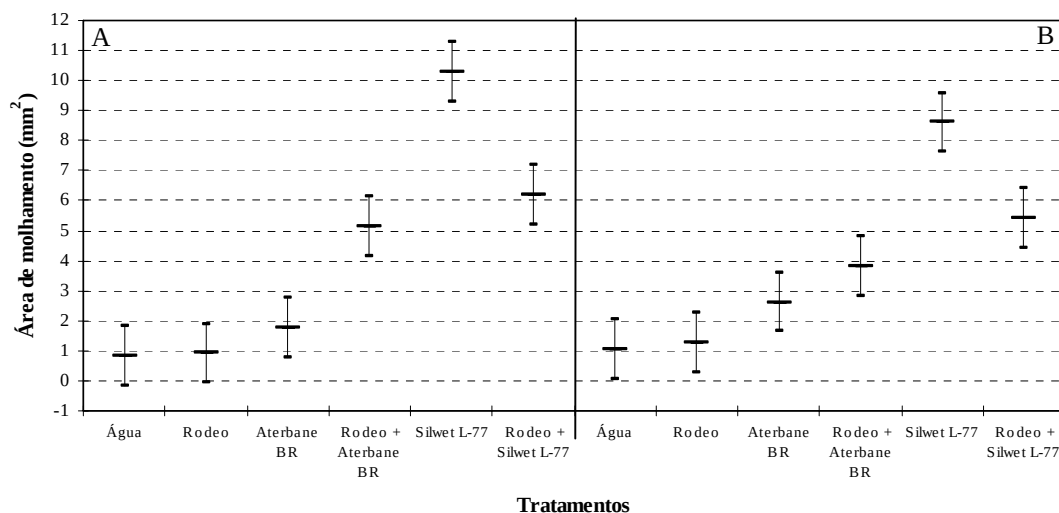


Figura 14. Área de molhamento de diferentes soluções proporcionada por uma gota de 0,5µL depositada sobre a face adaxial (A) e abaxial (B) da folha de *Brachiaria mutica* Stapf (intervalos de confiança mínimo e máximo). Botucatu/SP – 2004.

Na face abaxial da folha de *Brachiaria subquadrifida* foi observado valores de área de molhamento mais elevados em comparação a face adaxial para as soluções de água destilada, Rodeo, Aterbane BR e Rodeo + Silwet L-77 (Figura 15). Entretanto, comportamento inverso foi verificado para as soluções de Rodeo + Aterbane BR e Silwet L-77.

Somente as soluções de Aterbane BR, Rodeo + Aterbane BR e Rodeo + Silwet L-77, demonstraram diferenças estatística para face dentro de soluções, porém as soluções de Rodeo + Silwet L-77 e Silwet L-77, destacaram-se dos demais tratamentos apresentando os maiores valores de área de molhamento para ambas as faces da folha (Tabela 9 e Figura 15).

Os tratamentos de glyphosate em mistura com os adjuvantes Aterbane BR e Silwet L-77 podem proporcionar controle eficiente, próximo de 100% para as espécies de *Brachiaria mutica* e *Brachiaria subquadrifida*. Carbonari et al. (2003), avaliando o controle dessas gramíneas utilizando os tratamentos glyphosate + Aterbane BR

e glyphosate + Silwet L-77 nas concentrações de 4,5% + 0,5% v v⁻¹ e 4,5% + 0,1% v v⁻¹, respectivamente. Verificaram notas de controle superiores a 98% após 67 dias da aplicação.

Para a espécie *Panicum repens*, todos os tratamentos avaliados com exceção da água destilada, demonstraram maior área de molhamento da gota de pulverização na face abaxial em relação a face adaxial da folha. Contudo, apenas as soluções Rodeo + Silwet L-77 e Silwet L-77 apresentaram diferenças significativas entre as faces, dentro de cada tratamento (Tabela 9 e Figura 16). A solução de Silwet L-77 proporcionou maior espalhamento da gota de pulverização nas faces adaxial e abaxial da folha de *Panicum repens* em comparação com os demais tratamentos avaliados. Entretanto, a combinação do glyphosate (Rodeo) com o adjuvante Aterbane BR, mostrou-se mais eficiente no aumento da área de molhamento da gota em relação a combinação do glyphosate com adjuvante Silwet L-77, para ambas as faces da folha, diferindo estatisticamente.

Nas três espécies de gramíneas, foi observado efeito positivo da adição dos adjuvantes Aterbane BR e Silwet L-77 na solução de glyphosate. Uma vez que, houve dificuldades na deposição da gota, principalmente na face adaxial da folha dessas espécies, provocada pelo efeito de repelência da gota de pulverização das soluções de água destilada e glyphosate sem adjuvante.

Na Figura 17 estão representados os resultados da área de molhamento da gota de pulverização nas faces adaxial e abaxial da planta daninha aquática *Eichhornia crassipes*, pode-se observar médias de área de molhamento da folha mais elevadas na face abaxial do que na adaxial, sendo que somente a solução de Aterbane BR diferiu estatisticamente entre faces (Tabela 9). Houve diferenças significativas para solução dentro de cada face da folha. O Silwet L-77 foi a solução que proporcionou a maior área molhada das faces adaxial e abaxial com médias de 6,52 e 7,04mm² 0,5µL⁻¹, respectivamente.

Cardoso et al. (2003), avaliando o controle químico de seis acessos de *Eichhornia crassipes* coletados em reservatórios do Estado de São Paulo, utilizando o herbicida glyphosate nas doses de 1.680 e 3.360 g e.a. ha⁻¹ + 0,5% v v⁻¹ do adjuvante Extravon, obtiveram notas de controle variando entre 91 a 100% aos 14 dias após a aplicação, constatando a eficiência do herbicida glyphosate no controle desta espécie. Estes

resultados são similares aos encontrados por Martins et al., (1999), pois avaliando o efeito do glyphosate ($3.360 \text{ g e.a. ha}^{-1}$) sem adjuvante no controle de *Eichhornia crassipes* sob condições controladas, obtiveram médias superiores a 90% de controle aos 35 dias após a aplicação. Com base nestes resultados pode-se constatar que a adição de adjuvantes à calda de pulverização pode acelerar o aparecimento dos efeitos fitotóxicos do glyphosate, proporcionando controle mais rápido e efetivo das espécies de plantas daninhas.

Na planta daninha aquática *Heteranthera reniformis* a gota das soluções de água destilada, Rodeo, Aterbane BR e Rodeo + Aterbane BR apresentaram as maiores médias de área de molhamento na face abaxial, enquanto que o inverso foi observado para as soluções de Silwet L-77 e Rodeo + Silwet L-77 (Figura 18). Todos os tratamentos apresentaram diferenças estatísticas para faces dentro de cada solução e em solução dentro de cada face, destacando-se as soluções de Rodeo + Aterbane BR, Rodeo + Silwet L-77 e Silwet L-77 com as maiores médias para ambas as faces (Tabela 9).

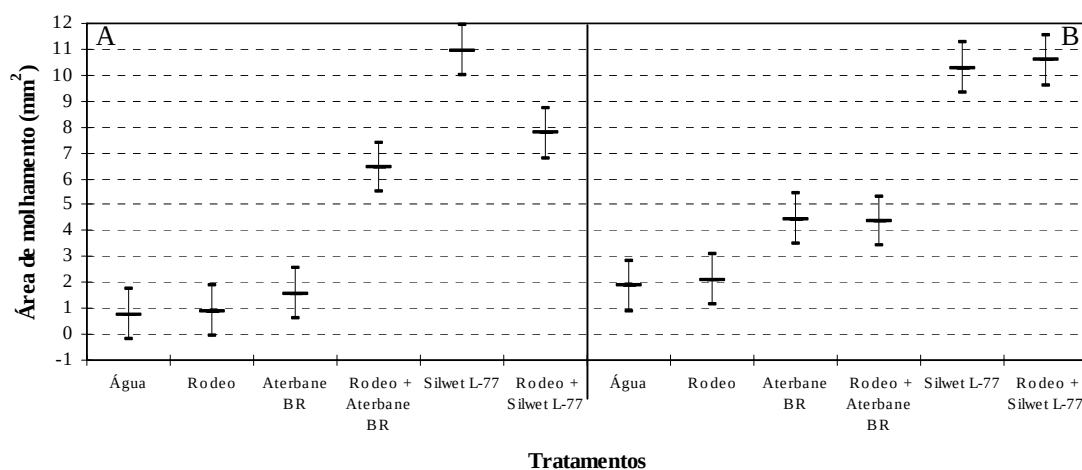


Figura 15. Área de molhamento de diferentes soluções proporcionada por uma gota de 0,5µL depositada sobre a face adaxial (A) e abaxial (B) da folha de *Brachiaria subquadripara* (Trin.) Hitchc. (intervalos de confiança mínimo e máximo). Botucatu/SP – 2004.

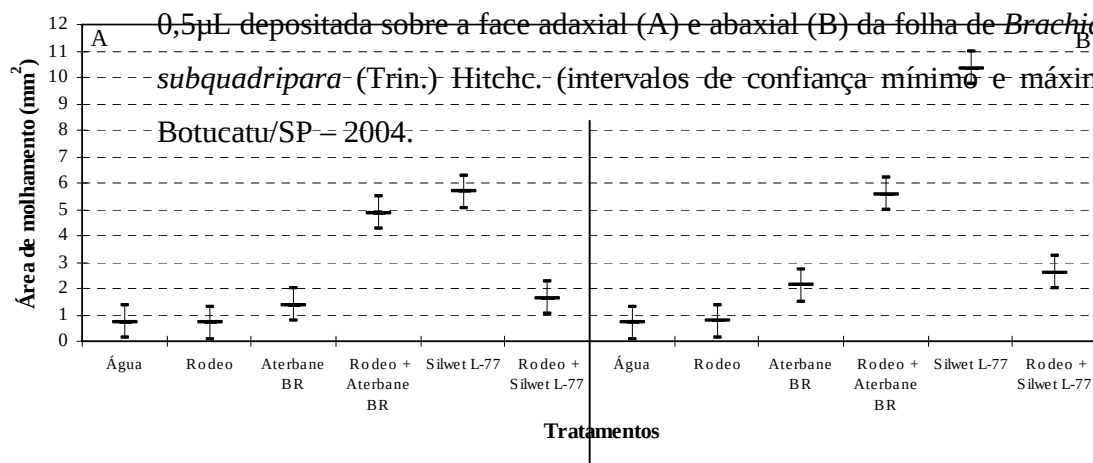


Figura 16. Área de molhamento de diferentes soluções proporcionada por uma gota de 0,5µL depositada sobre a face adaxial (A) e abaxial (B) da folha de *Panicum repens* Burm. f. (intervalos de confiança mínimo e máximo). Botucatu/SP – 2004.

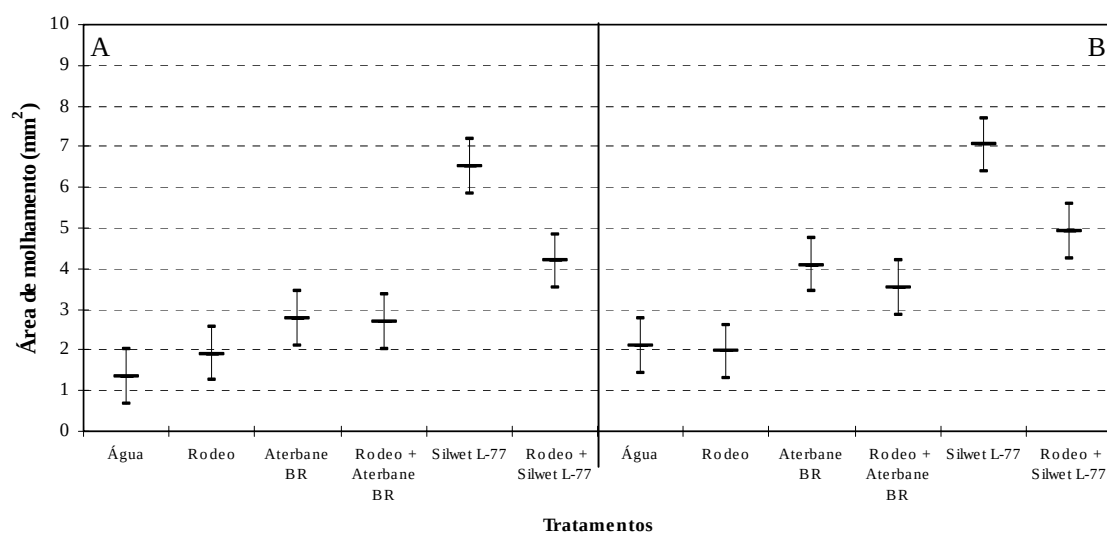


Figura 17. Área de molhamento de diferentes soluções proporcionada por uma gota de 0,5µL depositada sobre a face adaxial (A) e abaxial (B) da folha de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (intervalos de confiança mínimo e máximo). Botucatu/SP – 2004.

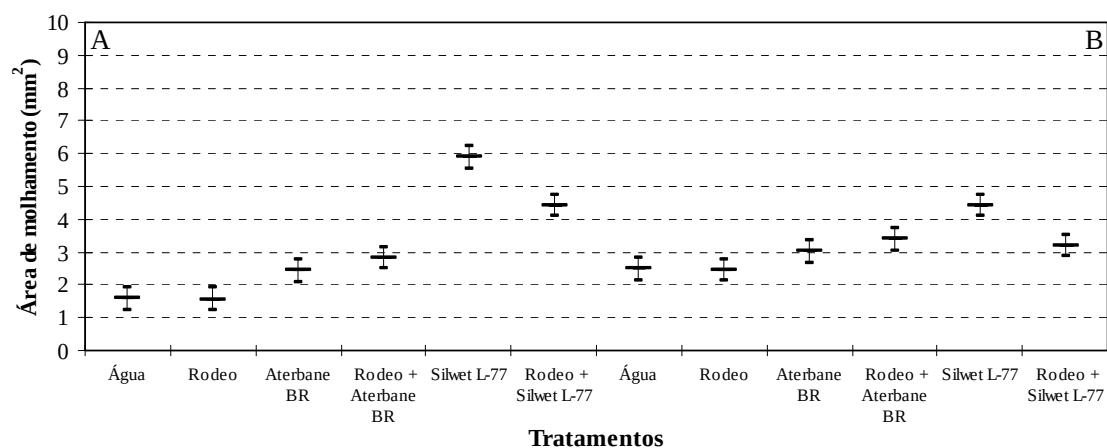


Figura 18. Área de molhamento de diferentes soluções proporcionada por uma gota de 0,5µL depositada sobre a face adaxial (A) e abaxial (B) da folha de *Heteranthera reniformis* Ruiz & Pav. (intervalos de confiança mínimo e máximo). Botucatu/SP – 2004.

Dentre as plantas daninhas aquáticas avaliadas *Typha subulata* foi a espécie que obteve as maiores médias de área de molhamento nas faces adaxial e abaxial da folha, proporcionada pelas as soluções de Rodeo + Aterbane BR, Silwet L-77 e Rodeo + Silwet L-77. Apenas as soluções de Rodeo + Aterbane BR e Silwet L-77 apresentaram diferenças significativas para faces dentro de soluções. Silwet L-77 e Rodeo + Silwet L-77 obtiveram médias de 31,81 - 25,91 e 20,04 - 17,95mm² 0,5µL⁻¹ na área molhada das faces adaxial e abaxial da folha, respectivamente (Tabela 9 e Figura 19).

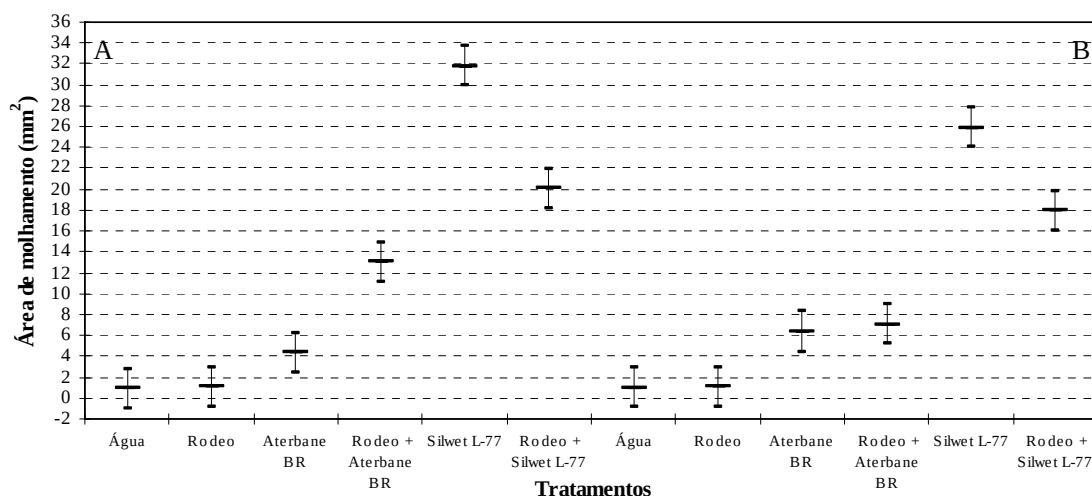


Figura 19. Área de molhamento de diferentes soluções proporcionada por uma gota de 0,5µL depositada sobre a face adaxial (A) e abaxial (B) da folha de *Typha subulata* Crespo & Perez-Moreau (intervalos de confiança mínimo e máximo). Botucatu/SP – 2004.

Silva (2003), avaliando os efeitos do glyphosate (4,5% v v⁻¹) em mistura com os adjuvantes Aterbane BR (0,5% v v⁻¹) e Silwet L-77 (0,01% v v⁻¹) no controle de *Typha subulata*, não observou diferenças estatísticas entre os tratamentos, sendo que os mesmos apresentaram médias de controle de 100% aos 80 dias após a aplicação. Contudo, o autor cita que apesar da adição dos adjuvantes terem uniformizado a distribuição do glyphosate na planta, a média de depósito por cm² de área foliar foi maior para o tratamento sem adição de adjuvantes. Os adjuvantes podem ter promovido maior escoamento da calda sobre as folhas, justificando as menores médias de depósitos da calda aplicada, por cm² de área foliar.

Hess e Falk (1990) e Mendonça (2000), explicam que maiores depósitos de ceras epicuticulares na superfície adaxial da folha, pode reduzir o espalhamento da gota de pulverização nesta superfície. Mendonça (2000), observou nas gramíneas *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria plantaginea* e *Panicum maximum* maiores áreas de molhamento nas faces abaxial da folha, proporcionada pelos adjuvantes Aterbane BR e Silwet L-77 em água destilada, explicado pelos menores depósitos de ceras

epicuticulares evidenciados pelos estudos ultra-estruturais da superfície foliar realizados com a técnica de microscopia eletrônica de varredura.

A melhoria provocada pelos adjuvantes no espalhamento da gota de pulverização nas superfícies foliares está atribuída a capacidade de redução da tensão superficial da solução, aumentando a área de contato da gota com a epiderme da folha.

A adição de adjuvantes à calda de pulverização nem sempre promove o efeito esperando, uma vez que as características da superfície foliar exercem grande influência na deposição da gota pulverizada. Em alguns casos os adjuvantes podem exercer efeito antagônico ao processo de absorção do herbicida pela planta (FIELD; BISHOP, 1988). Desta maneira, a avaliação do desempenho dos adjuvantes sob a influência dos compostos constituintes dos herbicidas, bem como da superfície da folha, pode definir o potencial de uso destes produtos em aplicação de pós-emergentes para o controle de determinada espécie de planta daninha, tanto em ambiente terrestre como em aquático.

Na Figura 20 estão representados os valores dos índices de aumento da área de molhamento da gota de pulverização de soluções com diferentes tensões superficiais em relação à área de molhamento da gota de água destilada, nas faces adaxial e abaxial da folha das plantas daninhas aquáticas estudadas.

Observa-se que a redução da tensão superficial da gota de pulverização, promovida pelos adjuvantes Aterbane BR e Silwet L-77 em mistura com o glyphosate, influenciou positivamente no aumento da área de molhamento nas superfícies foliares de todas as espécies de plantas daninhas aquáticas estudadas.

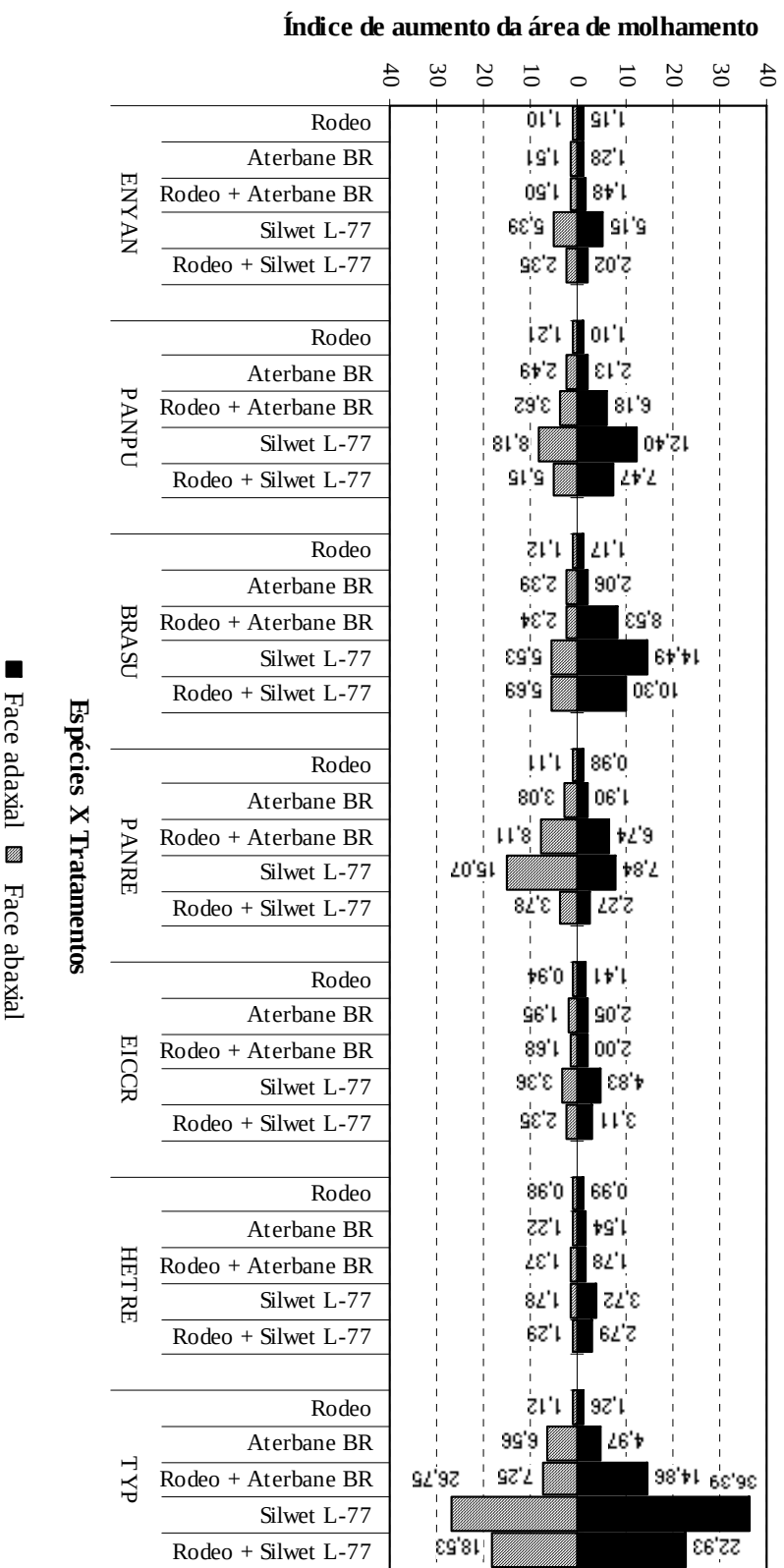


Figura 20. Índice de aumento da área de molhamento da gota (0,5µL) de soluções com diferentes tensões superficiais em relação à área de molhamento da gota de água destilada (testemunha), nas faces adaxial e abaxial da folha de plantas daninhas aquáticas. ENYAN – *Enhydra anagallis*, PANPU – *Brachiaria mutica*, BRASU – *Brachiaria subquadriflora*, PANRE – *Panicum repens*, EICCR – *Eichornia crassipes*, HETRE – *Heteranthera reniformis* e TYP – *Typha subulata*. Botucatu/SP 2004.

Pode-se detectar aumento no espalhamento da gota de pulverização nas faces das folhas das plantas daninhas aquáticas promovido pelo adjuvante Aterbane BR em mistura com o glyphosate quando em comparação com o Aterbane BR isolado, revelando um efeito sinérgico entre os produtos (Rodeo + Aterbane BR), que os quais foram mais evidentes nas espécies *Brachiaria mutica*, *Brachiaria subquadrifida*, *Panicum repens* e *Typha subulata*. Entretanto, com exceção da face abaxial de *Brachiaria subquadrifida* (Tabela 10) o adjuvante Silwet L-77 em mistura com o glyphosate promoveu redução do espalhamento da gota de pulverização nas faces das folhas nas demais espécies de plantas daninhas aquáticas, quando comparado com o tratamento de Silwet L-77 isolado, evidenciando um efeito antagônico entre os produtos Rodeo + Silwet L-77.

As faces foliares das espécies *Enhydra anagallis*, *Eichhornia crassipes* e *Heteranthera reniformis* apresentaram os menores índices de aumento da área de molhamento em relação às demais espécies estudadas. Contudo, *Typha subulata* foi a espécie que demonstrou os maiores índices de aumento da área de molhamento, apresentando valores na ordem de 1,26 - 1,12; 4,87 - 6,56; 14,86 - 7,25; 36,39 - 26,75 e 22,93 - 18,53 para as faces adaxial e abaxial da folha, para as respectivas soluções de Rodeo, Aterbane BR, Rodeo + Aterbane BR, Silwet L-77 e Rodeo + Silwet L-77.

Silva (2003), avaliando a deposição de calda de pulverização, revelou que o adjuvante Silwet L-77 (0,01% v v⁻¹) isolado, proporcionou a melhor uniformidade de distribuição da calda de pulverização sobre as folhas de *Typha subulata* em comparação à calda de contendo o adjuvante Aterbane BR (0,5% v v⁻¹) também isolado. Entretanto, Costa (1997) cita que a avaliação do desempenho dos adjuvantes em soluções sem a adição de herbicidas tem pouca utilidade prática, uma vez que, a presença do herbicida pode condicionar valores de tensão superficial, diferentes daqueles verificados na sua ausência.

Nas Figuras de 21 a 27 pode-se observar os efeitos das soluções com diferentes tensões superficiais no espalhamento de uma gota de 0,5 µL, depositada sobre as faces adaxial e abaxial do limbo foliar das espécies de plantas daninhas aquáticas *Enhydra anagallis*, *Brachiaria mutica*, *Brachiaria subquadrifida*, *Panicum repens*, *Eichhornia crassipes*, *Heteranthera reniformis* e *Typha subulata*, respectivamente.

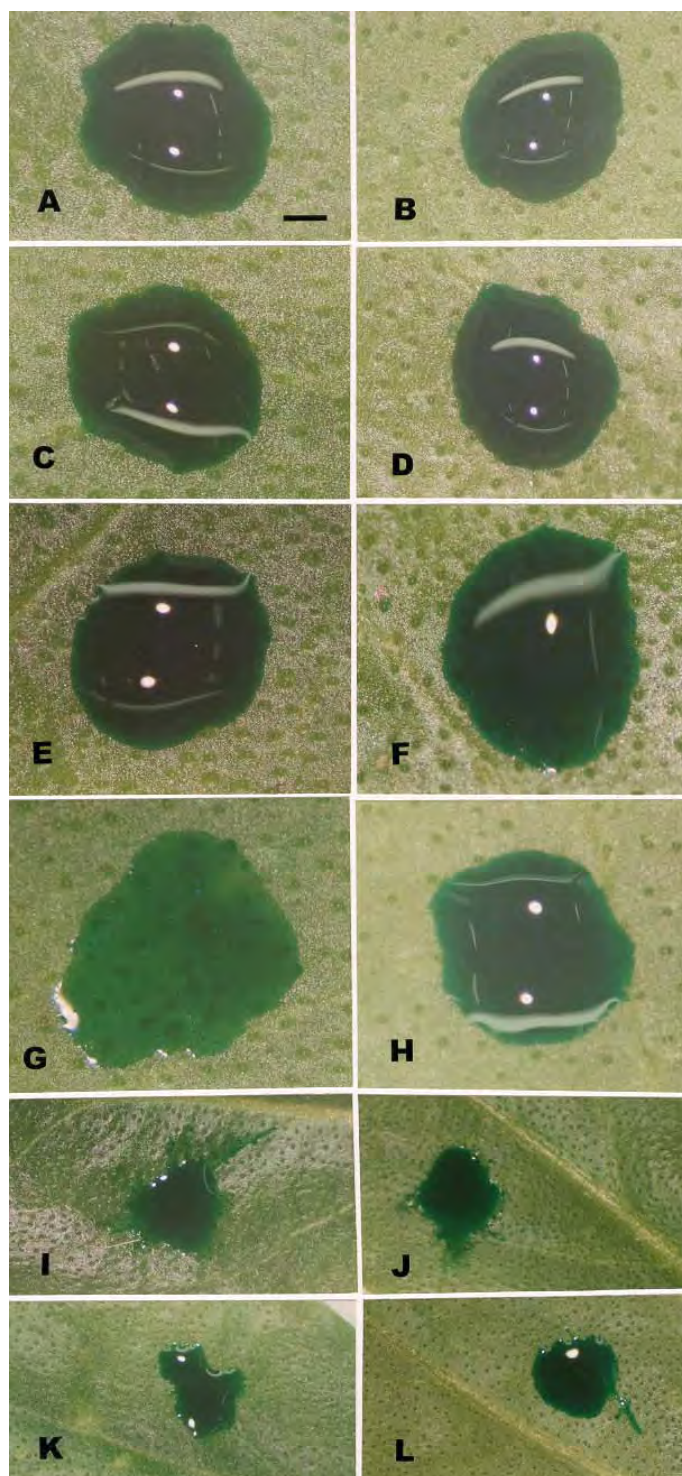


Figura 21. Espalhamento de uma gota de 0,5 μ L de soluções com diferentes tensões superficiais, depositada sobre as faces adaxial e abaxial do limbo foliar de *Enhydra anagallis*. A, C, E, G, I, K: face adaxial. B, D, F, H, J, L: face abaxial. A, B: água destilada. C, D: Rodeo (glyphosate). E, F: Aterbane BR. G, H: Rodeo + Aterbane BR. I, J: Silwet L-77. K, L: Rodeo + Silwet L-77. Barra = 0,4 mm (A-H) e 1,2 mm (I-L).

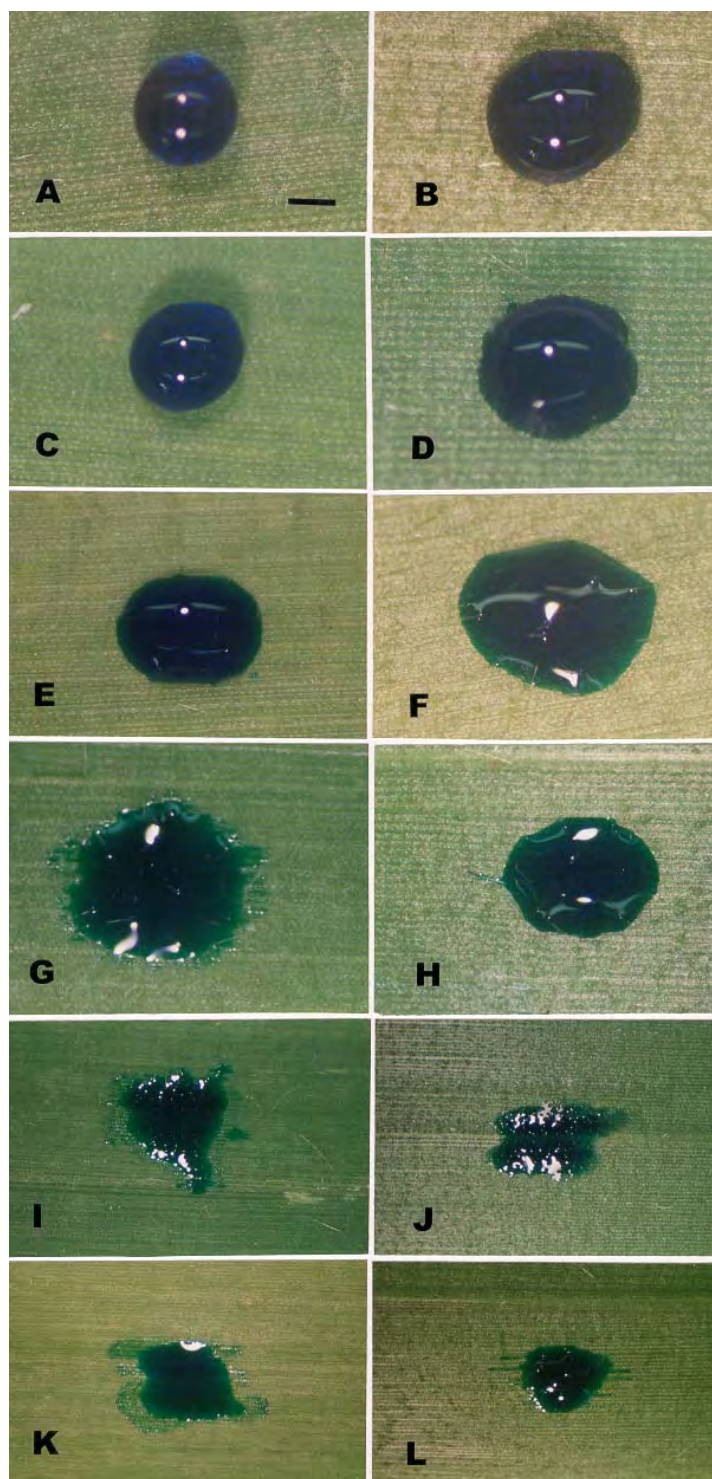


Figura 22. Espalhamento de uma gota de 0,5 μL de soluções com diferentes tensões superficiais, depositada sobre as faces adaxial e abaxial do limbo foliar de *Brachiaria mutica*. A, C, E, G, I, K: face adaxial. B, D, F, H, J, L: face abaxial. A, B: água destilada. C, D: Rodeo (glyphosate). E, F: Aterbane BR. G, H: Rodeo + Aterbane BR. I, J: Silwet L-77. K, L: Rodeo + Silwet L-77. Barra = 0,4 mm (A-D), 0,5 mm (E-F), 0,6 mm (G-H) e 1,2 mm (I-L).

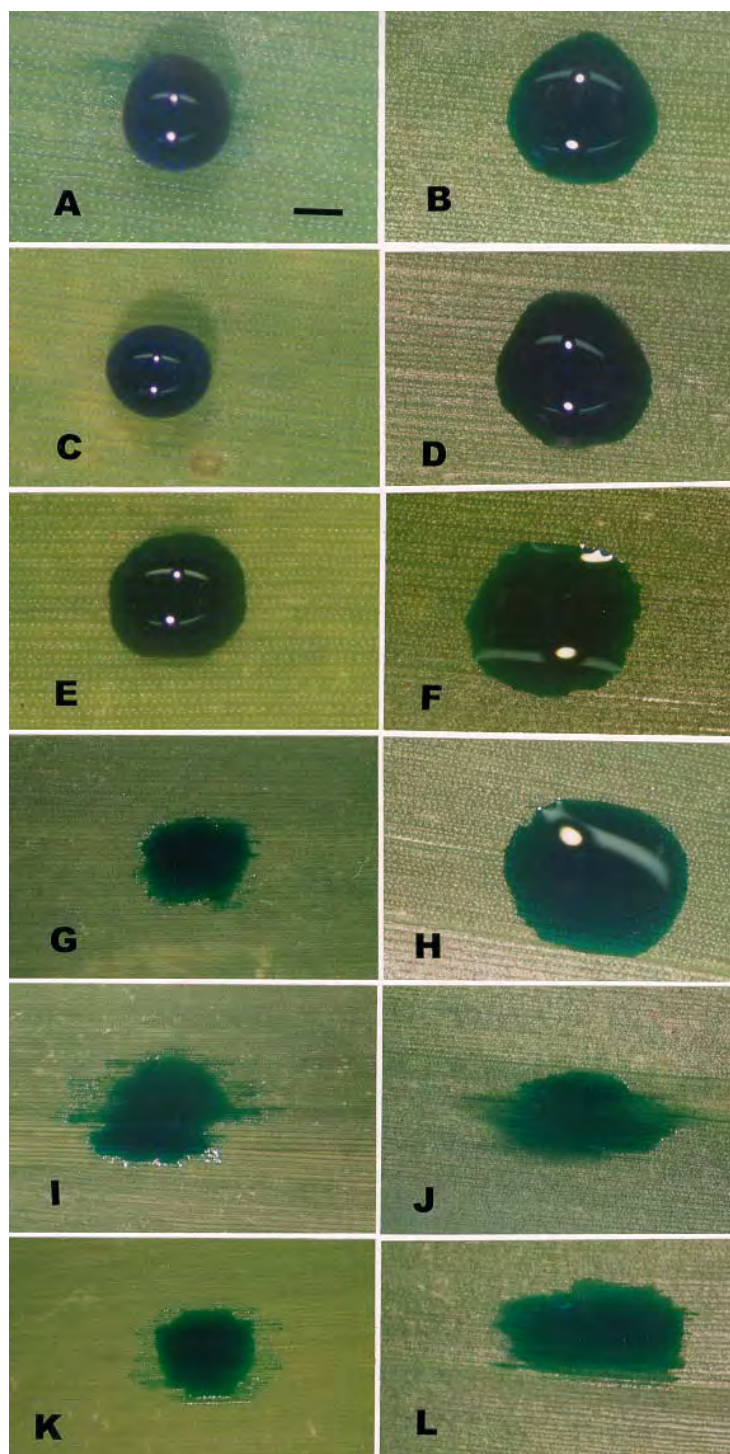


Figura 23. Espalhamento de uma gota de 0,5 μL de soluções com diferentes tensões superficiais, depositada sobre as faces adaxial e abaxial do limbo foliar de *Brachiaria subquadripara*. A, C, E, G, I, K: face adaxial. B, D, F, H, J, L: face abaxial. A, B: água destilada. C, D: Rodeo (glyphosate). E, F: Aterbane BR. G, H: Rodeo + Aterbane BR. I, J: Silwet L-77. K, L: Rodeo + Silwet L-77. Barra = 0,4 mm (A), 0,5 mm (B-E), 0,6 mm (F, H) e 1,2 mm (G, I-L).

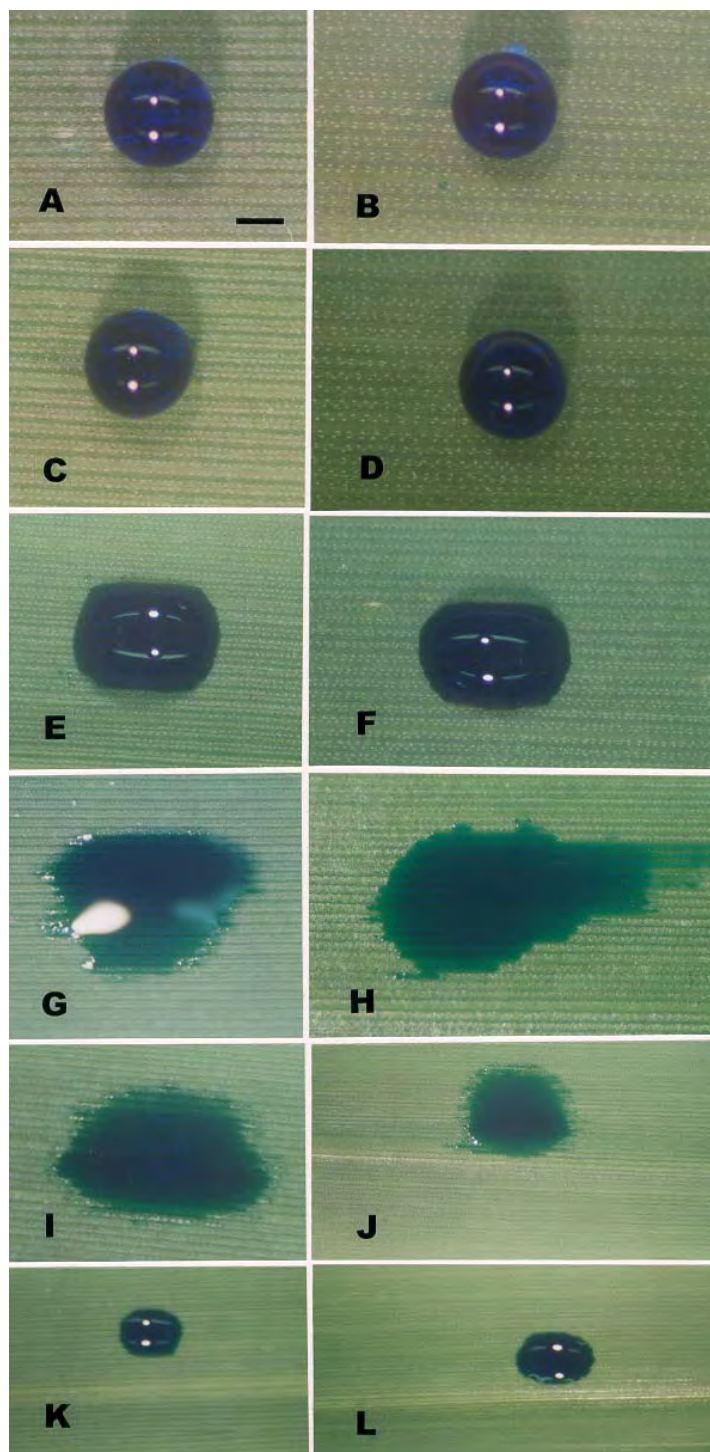


Figura 24. Espalhamento de uma gota de 0,5 µL de soluções com diferentes tensões superficiais, depositada sobre as faces adaxial e abaxial do limbo foliar de *Panicum repens*. A, C, E, G, I, K: face adaxial. B, D, F, H, J, L: face abaxial. A, B: água destilada. C, D: Rodeo (glyphosate). E, F: Aterbane BR. G, H: Rodeo + Aterbane BR. I, J: Silwet L-77. K, L: Rodeo + Silwet L-77. Barra = 0,4 mm (A-D), 0,5 mm (E-F), 0,6 mm (G-I) e 1,2 mm (J-L).

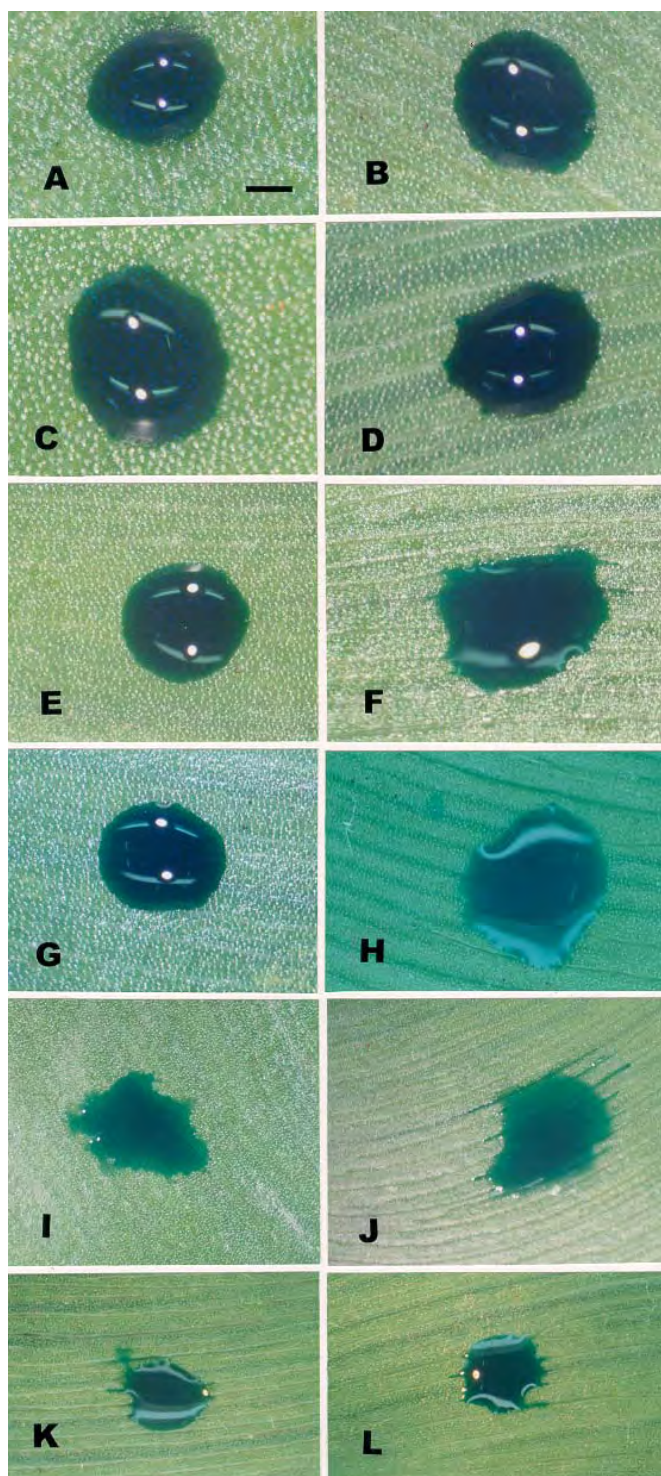


Figura 25. Espalhamento de uma gota de 0,5 μL de soluções com diferentes tensões superficiais, depositada sobre as faces adaxial e abaxial do limbo foliar de *Eichhornia crassipes*. A, C, E, G, I, K: face adaxial. B, D, F, H, J, L: face abaxial. A, B: água destilada. C, D: Rodeo (glyphosate). E, F: Aterbane BR. G, H: Rodeo + Aterbane BR. I, J: Silwet L-77. K, L: Rodeo + Silwet L-77. Barra = 0,4 mm (A, C), 0,5 mm (B, D), 0,6 mm (E-H) e 1,2 mm (I-L).

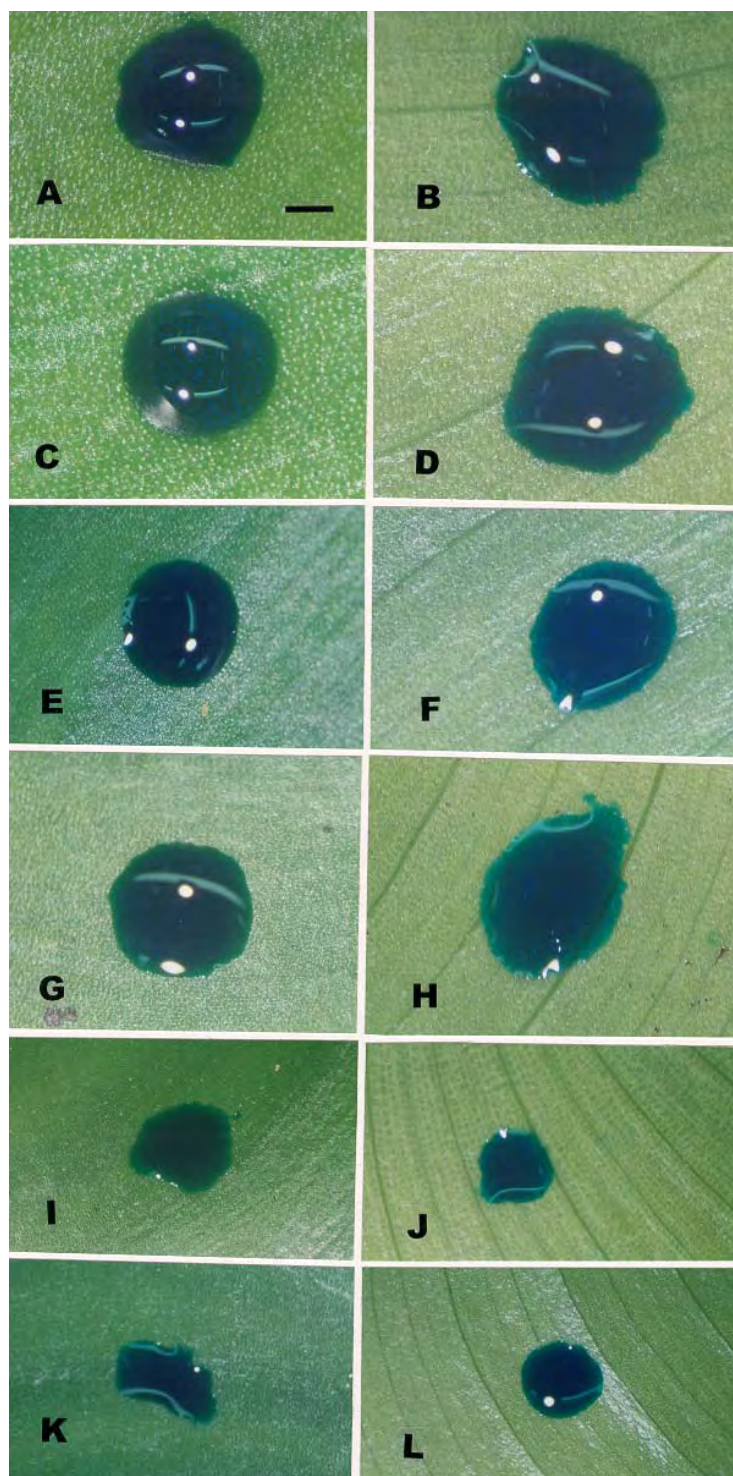


Figura 26. Espalhamento de uma gota de 0,5 μL de soluções com diferentes tensões superficiais, depositada sobre as faces adaxial e abaxial do limbo foliar de *Heteranthera reniformis*. A, C, E, G, I, K: face adaxial. B, D, F, H, J, L: face abaxial. A, B: água destilada. C, D: Rodeo (glyphosate). E, F: Aterbane BR. G, H: Rodeo + Aterbane BR. I, J: Silwet L-77. K, L: Rodeo + Silwet L-77. Barra = 0,4 mm (A, C), 0,5 mm (B, D), 0,6 mm (E-H) e 1,2 mm (I-L).

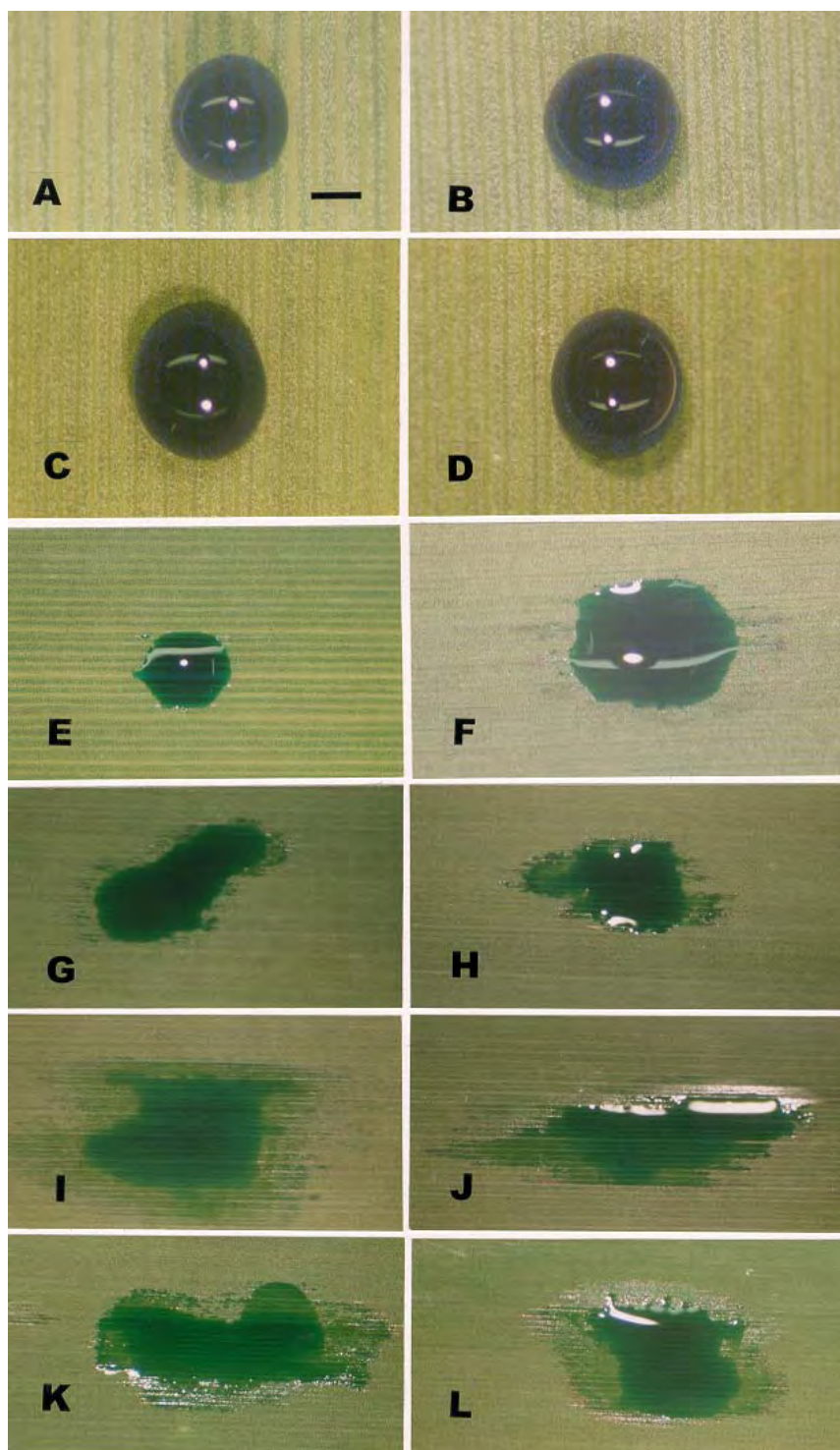


Figura 27. Espalhamento de uma gota de 0,5 µL de soluções com diferentes tensões superficiais, depositada sobre as faces adaxial e abaxial do limbo foliar de *Typha subulata*. A, C, E, G, I, K: face adaxial. B, D, F, H, J, L: face abaxial. A, B: água destilada. C, D: Rodeo (glyphosate). E, F: Aterbane BR. G, H: Rodeo + Aterbane BR. I, J: Silwet L-77. K, L: Rodeo + Silwet L-77. Barra = 0,4 mm (A-D), 0,6 mm (F) e 1,2 mm (E, G-L).

7. CONCLUSÕES

Nas condições experimentais em que o trabalho foi desenvolvido e considerando os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- Os caracteres estruturais quantitativos do limbo foliar possuem poder discriminatório, sendo possível, separar as sete espécies de plantas daninhas aquáticas em três grupos principais, constituídos pelas famílias Poaceae, Pontederiaceae e Asteraceae, e Typhaceae.
- As espécies de plantas daninhas aquáticas avaliadas possuem folhas anfiestomáticas e a presença de tricomas foi observada apenas nas gramíneas *Brachiaria mutica*, *Brachiaria subquadripara*, *Panicum repens*.
- Os valores do pH foliar variaram entre 5,50 e 7,50, destacando-se a espécie *Enhydra anagallis* com as maiores médias de pH foliar, com valores em torno de 6,68 e 7,02 para as faces adaxial e abaxial, respectivamente.

- A tensão superficial da gota de pulverização das soluções de glyphosate em mistura com os adjuvantes Aterbane BR e Silwet L-77 estiveram abaixo da tensão superficial que induziria a penetração das soluções pela via estomática (32mN m^{-1}).
- A redução da tensão superficial da gota de pulverização promovida pelos adjuvantes Aterbane BR e Silwet L-77 em mistura com o glyphosate influenciou positivamente no aumento da área de molhamento nas faces foliares de todas as espécies de plantas daninhas aquáticas estudadas.
- Pode-se constatar a formação de três grupos distintos entre as sete espécies das plantas daninhas aquáticas, através dos dados do Índice de aumento da área de molhamento, semelhantes aos agrupamentos formados com base nas características anatômicas do limbo foliar.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

AMARANTE Jr., O. P. de; SANTOS, T. C. R. dos; BRITO, N. M.; RIBEIRO, M. L. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**. v.25, n.4, p.589-593, 2002.

ANTUNIASSI, U.R.; VELINI, E. D.; MARTINS, D. Remoção mecânica de plantas aquáticas: Análise econômica e operacional. **Planta Daninha**. v. 20, p.35-43, 2002. Edição Especial.

BLANCHARD, J. L. Economic aspects of weed control in the lakes of Winter Park, Florida. **Hyacinth Control Journal**. v.6, p.21-22, 1967.

BUCOVAK, M. J.; PETRACEK, P. D. Characterizing pesticide and surfactant penetration with isolated plant cuticles. **Pesticide Science**. v.37, p.179-194, 1993.

*ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação-Referências – Elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 24p.

BIOSIS. **Serial sources for the BIOSIS preview database**. Philadelphia, 1996. 468p.

BUICK, R. D.; BUCHAN, G. D.; FIELD, R. J. The role of surface tension of spreading droplets in absorption of a herbicide formulation via leaf stomata. **Pesticide Science**. v.38, p.227-235, 1993.

CARBONARI, C. A.; MARTINS, D.; TERRA, M. A. Controle de *Brachiaria subquadripara* e *Brachiaria mutica* através de diferentes herbicidas aplicados em pós-emergência. **Planta Daninha**. v.21, p.79-84, 2003. Edição especial

CARDOSO, L. R. **Controle químico de diferentes acessos de aguapé (*Eichhornia crassipes*). Caracterização através de eletroforese (RAPD)**. 2000. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrônômicas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual de Paulista, Botucatu.

CARDOSO, L. R.; MARTINS, D.; KURAMAE, E. E.; TANAKA, R. H.; MORI, E. S. Variabilidade genética de acessos de aguapé coletados no Estado de São Paulo. **Planta Daninha**, v. 20, p.1-6, 2002. Edição Especial.

CARDOSO, L. R.; MARTINS, D.; TERRA, M. A. Sensibilidade a herbicidas de acessos de aguapé coletados em reservatórios de Estados de São Paulo. **Planta Daninha**. v.21, p.61-67, 2003. Edição especial

CORRÊA, T. M.; VELINI, E. D. Desenvolvimento de equipamento para medição da tensão superficial estática de soluções. In: XXIII CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 2002, Gramado-RS. **Resumos...** Gramado: Sociedade Brasileira da Ciências das Plantas Daninhas, 2002. p. 686.

COSTA, E. A. D. **Efeitos de surfatantes sobre a tensão superficial de soluções de Rodeo**. 1997. 73p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrônômicas/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual de Paulista, Botucatu.

DAMIÃO FILHO, C. F. **Morfologia vegetal**. Jaboticabal, FUNEP/UMESP, 1993. 243p.

DURIGAN, J. C. **Efeito de surfatantes e aditivos na eficácia de herbicidas aplicados em pós-emergência das plantas daninhas**. F.C.A.V. Campus de Jaboticabal (Apostila do Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal – Disciplina de Matologia). Jaboticabal/SP. 1985. 36p.

ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**; tradução: Berta Lange de Morretes. São Paulo, Edgard Blucher, p 49-58, 1974.

ESTEVEZ, F. de A. **Fundamentos de limnologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro. Interciência, 1998. 602p.

FERNANDEZ, O. A.; IRIGOYEN, J. H.; SABBATINI, M. R.; BREVADAN, R. E. Aquatic plant management in drainage canals of southern Argentina. **Journal of Aquatic Plant Management**. v.25, p.65-67, 1987.

FERREIRA, E. A.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, E. A. M.; SILVA, A. A.; RUFINO, R. J. N. Estudos anatômicos de folhas de plantas daninhas. I. *Nicandra physaloides*, *Solanum americanum* e *Raphanus raphanistrum*. **Planta daninha**. v.20, n.2, p.159-167, 2002a.

FERREIRA, E. A.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, E. A. M.; SILVA, A. A.; RUFINO, R. J. N. Estudos anatômicos de folhas de plantas daninhas. II. *Bidens pilosa*, *Emilia sonchifolia*, *Agerantum conyzoides* e *Sonchus asper*. **Planta daninha**. v.20, n.3, p.327-335, 2002b.

FERRI, M. G. **Botânica: morfologia externa das plantas (organografia)**. 15ª ed. São Paulo: Nobel, 1983. 149p.

FERRI, M. G. **Botânica: morfologia interna das plantas (anatomia)**. 9ª ed. São Paulo: Nobel, 1984. 113p.

FIELD, R. J & BISHOP, N. G. Promotion of stomatal infiltration of glyphosate by an organosilicone surfactant reduces the critical rainfall period. **Pesticide science**. v.24, p.55-62, 1988.

GASKIN, R. E. & ZABKIEWICZ, J. A. Effect of plant age and adjuvant on the foliar penetration and translocation of glyphosate in pampas grass (*Cortaderia selloana*). In: CHESTER, L. F. **Adjuvants for agrichemicals**. p 405-409, 1992.

GERRITS, P. O. **The application of glycol metacrylate in histotechnology: same fundamental principles**. Germany: Leica Gmgh, 1991. 80p.

GREENE, D. W.; BUKOVAC, M. J. Stomatal penetration: effect of surfatants and role in foliar absorption. **American Journal of Botany**. v.61, n.1, p.100-106, 1974.

HALLER, W. T. Options for mechanical and chemical aquatic weed control. In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS (WORKSHOP DE PLANTAS AQUÁTICAS), 1998, Brasília-DF. **Resumos...** Brasília, p. 46-53, 1998.

HESS, F. D.; FALK, R. H. Herbicide deposition on leaf surfaces. **Weed Science**. v.38, p.280-288, 1990.

HOFSTRA, D. E.; CLAYTON, J. S.; GETSINGER, K. D. Evaluation of selected herbicides for the control of exotic submerged weeds in New Zealand: II. The effects of turbidity on diquat and endothall efficacy. **Journal of Aquatic Plant Management**. v.39, p.25-27, 2001.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill Book, 1940. 523p.

JOHNSTONE, D. R. Spreading and retention of agricultural sprays on foliage. In: DEKKER, M. **Pesticide formulations**. New York. 1973, 481p.

KADOTA, G. & MATSUNAKA, S. Effect of surfactants on foliar wettability in rice plants. **Journal Pesticide Science**. v.11, p.597-603, 1986.

KAY, S. H. Efficacy of wipe-on applications of glyphosate and imazapyr on common reed in aquatic sites. **Journal of Aquatic Plant Management**. v.33, p.25-26, 1995.

KIRKWOOD, R. C.; KNIGHT, H.; McKAY, I.; CHANDRASENA, J. P. N. R. The effect of a range of nonylphenol surfactants on cuticle penetration, absorption, and translocation of water-soluble and non-water-soluble herbicides. In: CHESTER, L. F. **Adjuvants for agrichemicals**. p.117-126, 1992.

KIRKWOOD, R. C. Use and mode of action of adjuvants for herbicides: a review of some current work. **Pesticide Science**. v.38, p.93-102, 1993.

KISSMANN, K. G. & GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. Tomo I, 2ª ed. São Paulo. BASF, 1997. 825p.

KISSMANN, K. G. & GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. Tomo II, 2ª ed. São Paulo. BASF, 1999. 978p.

KLICH, M. G. Leaf variations in *Elaeagnus angustifolia* related to environmental heterogeneity. **Environmental and Experimental Botany**. v.44, p.171-183, 2000.

KOLLER, A. L. & ROST, T. L. Leaf anatomy in *Sansevieria* (Agavaceae). **American Journal of botany**. v. 75. n.5, p. 615-633, 1988.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 3ª ed. Nova Odessa, SP. Instituto Plantarum, 2000. 608p.

MAJADA, J. P.; SIERRA, M. I.; SÁNCHEZ-TAMÉS, R. Air exchange rate affects the in vitro developed leaf cuticle of carnation. **Scientia Horticulturae**. v.87. p. 121-130, 2001.

MATUO, T.; NAKAMURA, S. H.; ALMEIDA, A. Efeitos de alguns adjuvantes da pulverização nas propriedades físicas do líquido. **Summa Phytopathologica**. v.15, p.163-173, 1989.

MARCONDES, D. A. S.; VELINI, E. D.; MARTINS, D.; TANAKA, R. H.; CARVALHO, F. T.; CAVENAGHI, A. L.; BRONHARA, A. A. Eficiência de fluridone no controle de plantas aquáticas submersas e efeitos sobre algumas características ambientais. **Planta Daninha**. v.20, p.63-71, 2002. Edição especial

MARTINS, D. Controle químico de plantas daninhas aquáticas. In: ENCONTRO COORDENADO PELO IBAMA PARA DISCUSSÃO DO CONTROLE DE PLANTAS AQUATICAS (WORKSHOP CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS), 1998, Brasília-DF. **Resumos...** Brasília: p. 30-31, 1998.

MARTINS, D.; VELINI, E. D.; CAVENAGHI, A. L.; MENDONÇA, C. G.; MENDONÇA, C. G. Controle químico de plantas daninhas aquáticas em condições controladas-caixas d'água. **Planta Daninha**. v.17, n.2, p.289-296, 1999.

MARTINS, D.; VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E.; TOFOLI, G. R. Controle químico de *Pistia stratiotes*, *Eichhornia crassipes* e *Salvinia molesta* em caixas d'água. **Planta Daninha**. v.20, p.83-88, 2002. Edição especial

MENDONÇA, C. G.; VELINI, E. D.; MARTINS, D.; MENDONÇA, C. G. Avaliação da tensão superficial e área de molhamento de soluções de glyphosate com surfatantes em folhas de tiririca. **Planta Daninha**, v17, n3, p355-365, 1999.

MENDONÇA, C. G. **Algumas características da superfície foliar de diversas plantas daninhas monocotiledôneas**. 2000. 89f. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mequita Filho”, Botucatu.

MENEZES, N. L.; SILVA, D. C.; PINNA, G. F. A. M. Folha. In: **Anatomia vegetal** (eds. B. Appezzato-da-Glória & S. M. Carmello-Guerreiro). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2003. p. 303-325.

METCALFE, C. R. **Anatomy of the monocotyledons. I. Gramineae.** Oxford: Clarendon Press. 1960. 731p.

METCALFE, C. R. & CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons.** vol. 2. Oxford: Clarendon Press. 1957. p. 782-804.

MONTÓRIO, G. A. **Eficiência dos surfatantes de uso agrícola na redução da tensão superficial.** 2001. 72p. Tese (Doutorado em Ciências Agrônômicas/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual de Paulista, Botucatu.

MURPHY, K. J.; BARRETT, P. R. F. Chemical control of aquatic weeds. In: PIETERSE, A. H.; MURPHY, K. J. **Aquatic weeds: the ecology and management of nuisance aquatic vegetation.** Oxford University Press, p.136-173, 1990.

NEVES, T.; FOLONI, L. L.; PITELLI, R. A. Controle químico do aguapé (*Eichhornia crassipes*). **Planta Daninha.** v.20, p.89-97, 2002. Edição especial

O'BRIEN, T. P.; FEDER, N.; McCULLY, M. E. Polychromatic staining of plant cellular wall by toluidine blue. **Protoplasma.** v.59, p.368-373, 1964.

OLIVEIRA JR, R. S. & CONSTANTIN, J. Plantas daninhas e seu manejo. In: OLIVEIRA JR, R. S. & BOCARIN, M. A. **Absorção e translocação de herbicidas.** Guaíba: Agropecuária, 2001. Cap. 8, p 261-290.

PARSONS, J. K.; HAMEL, K. S.; MADSEN, J. D.; GETSINGER, K. D. The use 2,4-D for selective control of an early infestation of eurasian watermilfoil in loon lake, Washington. **J. Aquat. Plant Manage.** v.39, p.117-125, 2001.

PEDRINHO Jr, A. F. F.; PIVA, F. M.; MARTINI, G.; FELICI, G. V.; DURIGAN, J. C. Influência da chuva na eficácia do glyphosate em mistura com adjuvantes na dessecação de plantas daninhas. **Planta Daninha.** v.20, n.2, p.263-271, 2002.
PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental.** 6ª ed. Piracicaba: Gráfica Binetti, 1976. 430 p.

PRINCIPE, C. R.; KURATANI, H.; MELONI, M. L. B. Impactos da afluência de elódeas na operação e manutenção da usina hidroelétrica Eng. Souza Dias (Jupia)-CESP. In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS (WORKSHOP DE PLANTAS AQUÁTICAS), 1997, Caxambu-MG. **Resumos...** Caxambu: SBCPD, p.5-8, 1997.

PROCÓPIO, S. O.; SILVA, E. A. M.; SILVA, A. A.; FERREIRA, E. A. **Anatomia foilar da plantas daninhas do Brasil**. v.1, Viçosa/MG, 2003, 118p.

PROCÓPIO, S. O.; FERREIRA, E. A.; SILVA, E. A. M.; SILVA, A. A.; RUFINO, R. J. N.; SANTOS, J. B. Estudos anatômicos de folhas de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil. III. *Galinsoga parviflora*, *Crotalaria incana*, *Conyza bonariensis* e *Ipomoea cairica*. **Planta daninha**, v.21, n.1, p.1-9, 2003.

RAPISARDA, A.; GALATI, E. M.; TZAKOU, O.; FLORES, M.; MICELI, N. *Nepeta sibthorpii* Benth (Lamiaceae): micromorphological analysis of leaves and flowers. **Farmaco**. v.56, p.413-415, 2001.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. O sistema caulinar: estrutura primária e desenvolvimento. In: --- **Biologia vegetal**. 6ª ed. Guanabara Koogan. Cap 26. 2001a. p. 587-621.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. Células e Tecidos Vegetais. In: --- **Biologia vegetal**. 6ª ed. Guanabara Koogan. Cap 24. 2001b. p. 551-553.

REDDY, K. R.; ROBANA, R. R.; HODGES, H. F.; LIU, X. J.; McKINION, J. M. Interactions of CO₂ enrichment and temperature on cotton growth and leaf characteristics. **Environmental and Experimental Botany**. v.39, p.117-129, 1998.

ROBARDS, A. W. An introduction to techniques for scanning electron microscopy of plant cell. In: HALL, I. L. **Electron microscopy and cytochemistry of plant cells**. New York: Elsevier, 1978. p. 343-444.

ROCHA, D. C.; RODELLA, R. A.; MARTINS, D. Ocorrência de *Commelina villosa* como planta daninha em áreas agrícolas no Estado do Paraná-PR, Brasil. **Planta Daninha**. v.18, n.1, p.161-167, 2000.

ROCHA, D. C. Caracterização morfo-anatômica e genética de quatro espécies invasoras de *Commelina* L. 2001. 110p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas/Botânica) – Instituto de Biociência, Universidade Estadual de Paulista, Botucatu.

RODELLA, R. A.; ISHIY, C. M.; MAIMONI-RODELLA, R. C. S.; AMARAL Jr, A. Número e distribuição dos estômatos em folhas de duas espécies de *Brachiaria*. **Poliagro**. Bandeirantes-PR. v.4, n.1-2, p.1-10, 1982.

RODELLA, R. A.; AYOUB, J. F.; MAIMONI-RODELLA, R. C. S. Número e distribuição dos estômatos em folhas de *Panicum maximum* Jacq. e *Panicum coloratum* L. **Revista de Agricultura**. Piracicaba-SP. v.58, n.1-2, p.65-73, 1983.

ROHLF, F. J. Adaptive hierarchical clustering schemes. **Systematic Zoology**. v.19, p.58-82, 1970.

RUSSIN, W. A. & EVERT, R. F. Studies on the leaf of *Populus deltoids* (Salicaceae): morphology and anatomy. **American Journal of botany**. v.71, n.10, p.1398-1415, 1984.

SCATENA, V. L. & SCREMIN-DIAS, E. Parênquima, Colênquima e Esclerênquima. In: **Anatomia vegetal** (eds. B. Appezzato-da-Glória & S. M. Carmello-Guerreiro). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2003. p. 109-127.

SCHUSSLER, E. E. & LONGSTRETH, D. J. Aerenchyma develops by cell lysis in roots and cell separation in leaf petioles in *Sagittaria lancifolia* (Alismataceae). **American Journal of Botany**, 83 (10): 1266-1273. 1996.

SHEFFIELD, C. W. Eutrophication and aquatic weeds. **Hyacinth Control Journal**. v.8, n.2, p.26-28, 1970.

SHILLING, D. G.; HALLER, W. T.; WILLARD, T. R.; MOSSLER, M. A. Influence of surfactants and additives on phytotoxicity of glyphosate to torpedograss. **Journal of Aquatic Management**. v.28, p.23-27, 1990.

SILVA, J. R. V. **Controle químico e deposição da calda de pulverização em dois estágios de desenvolvimento de plantas de *Typha subulata* Crespo & Peres-Moreau f.** 2003. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrônômicas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual de Paulista, Botucatu.

SMITH, B. E.; LANGELAND, K. A.; HANLON, C. G. Influence of foliar exposure, adjuvants, and rain-free period on the efficacy of glyphosate for torpedograss control. **Journal of Aquatic Plant Management**. v.37, p.13-16, 1999.

SNEATH, P. H. A.; SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy**. San Francisco: W. H. Freeman, 1973. 530p.

SPRECHER, S. L.; STEWART, A. B. Triclopyr effects on peroxidase activity in target and non-target aquatic plants. **Journal of Aquatic Plant Management**. v.33, p.43-48, 1995.

STANDLEY, L. A. Variation of stomatal distribution in *Carex aquatilis* (Cyperaceae). **American Journal of botany**. v.73, n.10, p.1393-1399, 1986.

STOCK, D.; HOLLOWAY, P. J. Possible mechanisms for surfactant-induced foliar uptake of agrochemicals. **Pesticide Science**. v.38, p.165-177, 1993.

TANAKA, R. H. **Eficácia de fluoridone para o controle de Egeria ssp. em caixas d'água e em represa de pequeno porte sem fluxo de água**. 2001. 157f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrônomicas) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual de Paulista, Botucatu.

TANAKA, R. H.; VELINI, E. D.; MARTINS, D.; BRONHARA, A. A.; SILVA, M. A. S.; CAVENAGHI, A. L.; TOMAZELA, M. S. Avaliação de herbicidas para o controle de egeria em laboratório, caixa d'água e represa sem fluxo de água. **Planta Daninha**, v. 20, p. 73-81, 2002. Edição especial

TANAKA, R. H.; CARDOSO, L. R.; MARTINS, D.; MARCONDES, D. A. S.; MUSTAFÁ, A. L. Ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios da Companhia Energética de São Paulo. **Planta Daninha**, v.20, p.101-111, 2002. Edição especial

THOMAZ, S. M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. **Planta Daninha**, v.20, p.21-33, 2002. Edição especial

VAN, T. K.; VANDIVER, Jr. V. V.; CONANT, Jr. R. D. Effect of herbicide rate and carrier volume on glyphosate phytotoxicity. **Journal aquatic Management**. v.24, p.66-69, 1986.

VEGA, M. H.; LEMIR, A. H. M.; GARCIA, A. E.; PACE, R.; ACEÑOLAZA, M. Control de *Commelina erecta* L. Con herbicidas postemergentes con el objetivo de uso en cultivos de soja transgénica. **Planta Daninha**. v.18, n.1, p.51-56, 2000.

VELINI, E. D. & TRINDADE, M. L. B. Comportamento de herbicidas na planta. Épocas de aplicação de herbicidas. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE MANEJO INTEGRADO DE PLANTAS DANINHAS EM HORTALIÇAS, 1992, Botucatu/SP. **Anais...** Botucatu: F.C.A.-UNESP, 1992. p.65-86.

VELINI, E. D. Controle de plantas daninhas aquáticas. In: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 2000, Foz do Iguaçu/PR. **Palestra...** Foz do Iguaçu/PR: SBCPD, p. 137-147, 2000.

WALKER, C. R. Problems in clearance and registration of herbicides for aquatic areas. **Hyacinth Control Journal**. v.9, n.1, p.5-17, 1971.

WILSON, F. L. Mechanics of spray application. **Hyacinth Control Journal**. v.8, n.2, p.29-30, 1970.

ZABKIEWICZ, L. A. Adjuvants and herbicidal efficacy – present status and future prospects. **Weed Research**. v.40. p.139-149, 2000.