

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

**CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS FOLIARES E MORFOLÓGICAS DE  
QUATRO ESPÉCIES DE GRAMAS SOB APLICAÇÃO DE TRINEXAPAC-ETHYL**

**NEUMÁRCIO VILANOVA DA COSTA**

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

**BOTUCATU - SP**

**Junho - 2007**

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

**CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS FOLIARES E MORFOLÓGICAS DE  
QUATRO ESPÉCIES DE GRAMAS SOB APLICAÇÃO DE TRINEXAPAC-ETHYL**

**NEUMÁRCIO VILANOVA DA COSTA**  
**Engenheiro Agrônomo**

Orientador: Prof. Dr. Dagoberto Martins  
Co-Orientador: Prof. Dr. Roberto Antonio Rodella

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

**BOTUCATU - SP**  
**Junho - 2007**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO  
UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

C837c Costa, Neumárcio Vilanova da, 1978-  
Características anatômicas foliares e morfológicas de quatro espécies de gramas sob aplicação de trinexapac-ethyl / Neumárcio Vilanova da Costa. - Botucatu : [s.n.], 2007.  
vi, 117 f. : il. color., gráfs., tabs.

Tese (Doutorado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2007  
Orientador: Dagoberto Martins  
Co-orientador: Roberto Antonio Rodella

Inclui bibliografia

1. Reguladores de crescimento. 2. Gramas. 3. Anatomia vegetal. 4. Morfologia vegetal. 5. Análise multivariada. I. Martins, Dagoberto. II. Rodella, Roberto Antonio. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

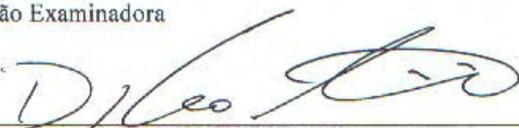
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU  
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS FOLIARES E MORFOLÓGICAS  
DE QUATRO ESPÉCIES DE GRAMAS SOB APLICAÇÃO DE  
TRINEXAPAC-ETHYL"

ALUNO: NEUMÁRCIO VILANOVA DA COSTA

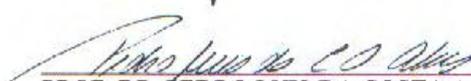
ORIENTADOR: PROF. DR. DAGOBERTO MARTINS

Aprovado pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. DAGOBERTO MARTINS

  
\_\_\_\_\_  
PROFª DRª DENISE LASCHI

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. JOÃO DOMINGOS RODRIGUES

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. PEDRO LUIS DA COSTA AGUIAR ALVES

  
\_\_\_\_\_  
DRª DALVA CASSIE ROCHA

Data da Realização: 29 de junho de 2007.

Dedico este trabalho às pessoas que estiveram sempre ao meu lado: Meus pais, Manoel e Deusanira, ao meu irmão e minhas irmãs, especialmente à minha tia Iraci (*in memoriam*), à minha namorada Andréia Cristina, pelo amor, carinho e apoio. 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 me apoiaram e incentivaram a concluir mais uma etapa importante da minha vida.

Aos meus tios Joel e Fátima, pelo acolhimento, dedicação e carinho desde a época da minha graduação.

A minha namorada Andréia Cristina, pelo carinho, amizade, ajuda e incentivo para a execução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Eduardo Andréa Lemus Erasmo, responsável pelos meus primeiros passos na ciência das plantas daninhas.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Dagoberto Martins e Prof. Dr. Roberto Antonio Rodella, 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.

Ao colega de república, Laerte Marques, meu muito obrigado pelo apoio e companheirismo.

Aos funcionários do Departamento de Agricultura: Célio (Técnico de Campo), Valeria Cristina R. Giondoni (Laboratório de Sementes), Dorival de Arruda Pires (Laboratório

Relação Solo-Planta), Vera Lúcia Rossi e Lana (Secretarias), pelo auxílio, amizade e a boa convivência.

A todos os amigos que participaram diretamente deste trabalho: Marcelo A. Terra, Sidnei R. de Marchi, Vanessa D. Domingues, Livia Duarte, Luciana Rodrigues, Leonildo A. Cardoso (Guiné), Sérgio Iraide e Teresa Cristina.

Aos amigos Gustavo M. Pavan, João Renato, José Iran, José Carlos Feltran, Marcelo e Elza Correa, Eduardo Negrisoni, Guto Costa, Beto, Marcelo, Guilherme, Caio Rossi, Maria Renata, Nara Fonseca, Douglas, Marina Serra e todos os colegas de Pós Graduação por todos os momentos de alegrias.

A Faculdade de Ciências Agrônomicas/UNESP pela oportunidade de poder realizar o curso de Mestrado e Doutorado.

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

<b>1. RESUMO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. SUMMARY.....</b>	<b>3</b>
<b>3. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>5</b>
<b>4. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>8</b>
<b>4.1 Características anatômicas da folha.....</b>	<b>8</b>
<b>4.2 Características morfológicas das gramas.....</b>	<b>15</b>
<b>4.3 Regulador vegetal.....</b>	<b>20</b>
<b>5. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>26</b>
<b>5.1 Instalação e condução do experimento.....</b>	<b>26</b>
<b>5.2 Avaliação das características anatômicas do limbo foliar.....</b>	<b>29</b>
<b>5.3 Análise micromorfológica da epiderme foliar.....</b>	<b>30</b>
<b>5.4 Avaliação das características morfológicas.....</b>	<b>31</b>
<b>5.5 Análises estatísticas.....</b>	<b>31</b>
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>33</b>
<b>6.1 Características anatômicas do limbo foliar.....</b>	<b>33</b>
<b>6.1.1 <i>Axonopus compressus</i> (Gramma São Carlos).....</b>	<b>33</b>
<b>6.1.2 <i>Paspalum notatum</i> (Gramma Batatais).....</b>	<b>35</b>
<b>6.1.3 <i>Stenotaphrum secundatum</i> (Gramma Santo Agostinho).....</b>	<b>37</b>
<b>6.1.4 <i>Zoysia japonica</i> (Gramma Esmeralda).....</b>	<b>38</b>

<b>6.2 Caracteres anatômicos quantitativos do limbo foliar.....</b>	<b>45</b>
<b>6.3 Análise micromorfológica da epiderme foliar.....</b>	<b>57</b>
<b>6.3.1 <i>Axonopus compressus</i> (Grama São Carlos).....</b>	<b>57</b>
<b>6.3.2 <i>Paspalum notatum</i> (Grama Batatais).....</b>	<b>58</b>
<b>6.3.3 <i>Stenotaphrum secundatum</i> (Grama Santo Agostinho).....</b>	<b>59</b>
<b>6.3.4 <i>Zoysia japonica</i> (Grama Esmeralda).....</b>	<b>59</b>
<b>6.4 Caracteres quantitativos da morfologia da planta.....</b>	<b>73</b>
<b>6.5 Análise multivariada dos caracteres anatômicos quantitativos do limbo foliar e     dos caracteres quantitativos da morfologia da planta.....</b>	<b>88</b>
<b>7. CONCLUSÕES.....</b>	<b>104</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>106</b>

## 1. RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos da aplicação seqüencial de duas doses de trinexapac-ethyl sobre a anatomia foliar e a morfologia da planta das espécies de gramas São Carlos (*Axonopus compressus*), Batatais (*Paspalum notatum*), Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum*) e Esmeralda (*Zoysia japonica*). Os tratamentos utilizados foram constituídos de duas aplicações seqüenciais de trinexapac-ethyl na dose de 56,5+56,5 e 113,0+113,0 g ha<sup>-1</sup>, além de uma testemunha sem aplicação, para cada espécie avaliada. Os gramados foram cortados com auxílio de um aparador de grama motorizado à altura de 3 cm e em seguida foram realizadas as aplicações dos tratamentos. Após 20 dias da primeira aplicação dos tratamentos, as parcelas foram novamente aparadas à altura de 3 cm e foi realizada a segunda aplicação dos tratamentos. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. A redução de crescimento foi avaliada através da medição direta da altura das plantas com régua graduada em centímetros. O número e altura de inflorescências emitidas foram avaliados por amostragem realizada em 0,25 m<sup>2</sup> no centro das parcelas, semanalmente. Também foi amostrada a massa seca total produzida pelos tratamentos durante todo o período de condução do experimento. Aos 110 dias após a segunda

aplicação dos tratamentos foram realizadas as amostragens do material foliar, para as quatro 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 espessura foliar. Foi também determinado, na região internervural, o número de feixes vasculares presentes na estrutura foliar, bem como realizada a contagem do número de estômatos das faces adaxial e abaxial da epiderme. Os dados dos caracteres anatômicos e morfológicos quantitativos, utilizados na diferenciação das espécies de grama estudadas, foram submetidos aos testes estatísticos multivariados de Análise de Agrupamento e Análise de Componentes Principais. A Análise de Componentes Principais resultou na dispersão gráfica das espécies de gramas, evidenciando que os caracteres estruturais da anatomia foliar foram determinantes no agrupamento das espécies estudadas em grupos distintos. Os caracteres estruturais quantitativos do limbo foliar possuem poder discriminatório, sendo possível, separar os tratamentos com trinexapac-ethyl aplicados sobre as quatro espécies de gramas em três e quatro grupos principais, para os caracteres da região da nervura central e os caracteres da região internervural do limbo foliar, respectivamente. A aplicação do trinexapac-ethyl sobre as quatro espécies de gramas avaliadas demonstrou ser promissora em relação ao retardamento do crescimento vegetativo e da emissão das inflorescências, contribuindo, dessa maneira no manejo desses gramados com a redução da necessidade de cortes por período de até 110 dias após a aplicação do regulador vegetal. A aplicação do trinexapac-ethyl sobre as quatro espécies de gramas avaliadas não promoveu efeito deletério no aspecto visual dos gramados.

**Palavras-chave:** regulador vegetal, gramado, morfo-anatomia foliar e análise multivariada.

## 2. SUMMARY

**LEAF ANATOMICAL CHARACTERISTICS AND MORPHOLOGICAL OF FOUR SPECIES OF TURFGRASSES UNDER TRINEXAPAC-ETHYL APPLICATION. BOTUCATU, 2007. 117p. Tese (Doutorado em Agronomia/Área de concentração em Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.**

**Author: Neumárcio Vilanova da Costa**

**Adviser: Dagoberto Martins**

**Co-adviser: Roberto Antonio Rodella**

The aim of this research was to evaluate the effect of sequential application in two rates of trinexapac-ethyl in leaf anatomy and plant morphology of the following turfgrass species: Broadleaf Carpetgrass (*Axonopus compressus*), Bahiagrass (*Paspalum notatum*), St. Augustinegrass (*Stenotaphrum secundatum*) and Korean Lawngrass (*Zoysia japonica*). The treatments used were trinexapac-ethyl with two sprays applied with 20 days interval in two different rates (56,5+56,5 and 113,0+113,0 g ha<sup>-1</sup>) and a control without spraying, for each evaluated species. The turfgrasses were cut off with a motorized cutter of

grass to the 3 cm height, and after the treatments were sprayed. 20 days after the first treatments application, the plots were cut again and the second application of treatments was made. The experimental design was completely randomized blocks with four replications. The growth reduction was evaluated through the direct measurement of the height of plants with a ruler graduated in centimeters. The number and height of emitted flowers had been evaluated by sampling carried through in 0,25 m<sup>2</sup> in the plots center, weekly. The total dry matter produced by the treatments during the experimental period conduction was sampled. Samples of the foliar material from the four studied species were made at 110 days after second application. For anatomy characterizations were studied anatomic structure presented at leaf blade and the following structures were quantitative evaluated: adaxial and abaxial epidermal faces, vascular bundles (= endoderm), esclerenchyma, parenchyma and leaf thickness. Also the vascular beam number was determined in the internervural region presented in the leaf structure, as well as carried through the counting of the number of stomata of the faces adaxial and abaxial of the epidermis. The data of leaf anatomical characters and quantitative morphological characters were used to the differentiation of turfgrass species and were submitted to multivariate analysis. The growth of the evaluated species of turfgrass were influenced by the rates of trinexapac-ethyl. The Main Components Analyses of leaf quantitative anatomy characters of the turfgrasses were responsible for grouping the species in distinct groups. The quantitative structural characters of the leaf blade possess to be able discriminatory, being possible, to separate the trinexapac-ethyl treatments applied on the four species of turfgrass in three and four main groups, for characters of the central and internervural regions of the leaf blade, respectively. The trinexapac-ethyl application on the four species of evaluated turfgrass, was demonstrated promising, in relation to the retardation of the vegetative growth and the emission of the flowers, contributing, in this way, in the handling of these turfgrasses with the reduction of the necessity of cuts for a period of up to 110 days after the application. The trinexapac-ethyl application on the four species of evaluated turfgrasses did not promote deleterious effect in the visual aspect.

**Key words:** Growth regulator, grasses, leaf morpho-anatomy and multivariate analysis.

### 3. INTRODUÇÃO

O mercado anual brasileiro de grama movimentada cerca de 155 milhões de reais, com uma produção de aproximadamente 170 milhões de metros quadrados, sendo 70% de gramas nativas e o restante 30% de gramas cultivadas. Quanto à comercialização, o preço médio das gramas nativas no Brasil gira em torno de R\$ 0,80 m<sup>-2</sup> e das gramas cultivadas é de aproximadamente R\$ 1,20 m<sup>-2</sup> (ZANOM, 2003).

As espécies de gramas de clima quente são as que mais se adaptam ao clima do Brasil, e caracterizam-se por possuírem capacidade de se desenvolverem em altas temperaturas, sendo que algumas variedades toleram geadas esporádicas e outras espécies toleram baixas temperaturas, mas sempre acima de zero (GURGEL, 2003). Dentre as gramas de clima quente em produção no Brasil, destacam-se as espécies de gramas São Carlos (*Axonopus compressus*), Batatais ou Bahia (*Paspalum notatum*), Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum*) e Esmeralda (*Zoysia japonica*) (PIMENTA, 2003).

Estas espécies podem ser utilizadas em obras públicas (rodovias, praças, prédios públicos, etc.), parques industriais (taludes e encostas), áreas esportivas (campos de futebol, golfe, beisebol, pólo, tênis, etc.), assim como, em áreas residenciais (jardins). Contudo, em todas essas utilizações o corte destaca-se como o principal fator do custo de

manutenção para manter a altura adequada dos gramados (RODRIGUES et al., 2004; MACIEL et. al., 2006).

Unruh (2004) cita que uma forma de estresse pode ser o corte das folhas do gramado, o qual promove a perda de água, o desenvolvimento de doenças, a redução do armazenamento de carboidratos, o aumento da densidade de brotação e a diminuição do crescimento de raízes e rizomas.

Nas rodovias, o corte não é tão freqüente quanto nos campos de futebol e, principalmente, nos campos de golfe em que as áreas ocupadas são extensas, sendo interessante a utilização de novas técnicas, como a aplicação de reguladores vegetais, que possibilitem a redução de custos da manutenção destes gramados (RODRIGUES et al., 2004).

Assim, a aplicação de reguladores vegetais, além de possibilitar a redução da freqüência de corte e os custos de manutenção dos gramados, pode funcionar como uma ferramenta alternativa e menos agressiva para o manejo da altura dos gramados de diferentes propósitos (FERRELL et al., 2003; MACIEL et al., 2006). Dentre os reguladores vegetais com grande potencial em utilização para gramados, destaca-se o trinexapac-ethyl.

A aplicação de reguladores de crescimento vegetal no Brasil ainda é considerada baixa, sendo utilizados apenas em algumas culturas, como algodão, cana-de-açúcar, certas frutíferas e na produção de flores. Mais insignificante ainda é a sua utilização para o manejo de gramados, quer seja em áreas esportivas, residenciais, industriais, lazer ou margens de rodovias (VELINI, 2003).

As características morfológicas das plantas destacam-se como variáveis importantes na eficácia no uso dos reguladores vegetal, 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 produto aplicado sobre a folha e que a utilização de adjuvantes pode reduzir a influência negativa apresentada por estes caracteres foliares.

O conhecimento da planta-alvo torna-se fundamental para o sucesso da pulverização agrícola. 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 (MENDONÇA, 2000). Da mesma forma, o desenvolvimento da planta está relacionado a vários fatores ambientais como luz, temperatura e absorção de nutrientes, bem como, com a concentração dos hormônios endógenos na planta, sendo que pequenas alterações na concentração desses hormônios podem causar modificações nos tecidos vegetais.

Desta maneira, vários compostos sintéticos podem ser utilizados para modificar o hábito de crescimento das plantas quando aplicados exogenamente (GROSSMANN et al., 1987). O trinexapac-ethyl tem demonstrado ser um potente inibidor da síntese de giberelina em grama; contudo, poucos estudos foram realizados para determinar os efeitos sobre a anatomia foliar e a morfologia das espécies de gramas cultivadas em clima tropical.

Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos da aplicação seqüencial de duas doses de trinexapac-ethyl sobre a anatomia foliar e na morfologia da planta das espécies de gramas São Carlos (*Axonopus compressus* (Sw.) Beauv.), Batatais (*Paspalum notatum* Flügge), Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntze) e Esmeralda (*Zoysia japonica* Steud.).

## **4. REVISÃO DE LITERATURA**

### **4.1 Características anatômicas da folha**

A morfologia das plantas, principalmente das folhas, influencia na quantidade do regulador de crescimento ou do herbicida interceptado e retido; porém é a anatomia das folhas que praticamente determina a facilidade com que esses produtos serão absorvidos (McDANIEL et al., 1990; PROCÓPIO et al., 2003; MONQUERO et al., 2005). Desta forma, o estudo da anatomia foliar das espécies de gramas destaca-se como uma técnica importante na identificação e descrição de estruturas anatômicas, que podem influenciar na absorção e no efeito dos reguladores de crescimento vegetal, 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 ou variedades.

A folha apresenta-se como um órgão 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. 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; 1984).

Os estômatos estruturas presentes na epiderme dos órgãos aéreos das plantas e estão relacionados com a entrada e saída de ar no interior dos órgãos em que se encontram. 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 são protuberâncias da epiderme, de formato, tamanho e funções variáveis, apresentam valor de diagnóstico para a taxonomia e podem ser classificados como glandulares, não glandulares ou tectores. Ocorrem em uma ou em ambas as superfícies foliares e o revestimento dos tricomas e as resinas secretadas por eles podem também refletir os raios solares, proteger a planta de animais herbívoros, além, de retardar a perda de água pelas folhas (RAVEN et al., 2001).

O mesofilo caracteriza-se como tecido fundamental foliar, 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. 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; RAVEN et al., 2001).

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., 2001).

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.

Do mesmo modo, a celulose constituinte da composição da parede celular apresentar-se como via importante na absorção de herbicidas, assim como de fungicidas e inseticidas. A celulose é constituída por numerosos monômeros de glicose unidas em microfibrilas. Estas microfibrilas se entrelaçam com moléculas de hemicelulose, pectinas e glicoproteínas formando uma estrutura que confere grande resistência às paredes celulares. Uma vez cessado o crescimento da célula, a parede celular primária inicia seu espessamento produzindo a parede secundária, composta principalmente por celulose e lignina, apresentando características hidrofóbicas em relação à parede primária (RAVEN et al., 2001).

As ceras epicuticulares podem ser amorfas ou apresentar várias formas físicas (camadas planas ou cristais de diferentes formas e tamanhos). Apresentam composição química distinta entre os diversos grupos filogenéticos, ocorrendo diferenças, também, dentro dos mesmos grupos, espécies ou nos diferentes estádios de desenvolvimento de um mesmo indivíduo (MONQUERO et al., 2005).

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) analisaram cortes transversais da folha de espécies de *Sansevieria* e 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.

Tuffi Santos et al. (2006) avaliaram as características da epiderme foliar de eucalipto e sua relação com a tolerância ao glyphosate e constataram alta correlação positiva entre a densidade de células epidérmicas da face adaxial das folhas com a porcentagem de intoxicação causada pelo glyphosate. O autor explica ainda que maior densidade de células epidérmicas implicaria em maior número de regiões propensas à penetração do herbicida.

Espécies que apresentam elevada densidade estomática em ambas as 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, uma vez que os estômatos apresentam reduzidas dimensões, ocupam insignificantes áreas das superfícies foliares (0,26 - 0,84%), além de se fecharem nos horários mais quentes do dia.

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 da água. Entretanto, propuseram que a redução da tensão superficial pela adição de surfatantes induziria o aumento da absorção estomática.

Fagerness e Penner (1998a) relataram aumento em mais de 50% da eficiência de absorção do trinexapac-ethyl em folhas de *Poa pratensis* com a adição do surfatante organossiliconado 'Sylgard 309' após 1h da aplicação.

Mendonça (2000) analisou as características ultra-estrutural da epiderme foliar da gramínea *Cynodon dactylon* e observou a presença de papilas que, segundo Metcalfe (1960), são projeções pontiagudas das paredes externas das células epidérmicas, servindo de proteção aos poros estomáticos. Os estômatos possuem células subsidiárias mais arredondadas, e estão presentes nos bordos e nas nervuras da folha. Quanto à densidade estomática nas superfícies adaxial e abaxial, *C. dactylon* apresentou médias, em torno de 383,9 e 328,5 estômatos mm<sup>-2</sup>, respectivamente. Também observa-se na epiderme foliar a presença

de tricomas tectores unicelulares angulares, além de ceras epicuticulares abundantes em ambas as superfícies foliares.

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*, por Rodella et al. (1982, 1983), sendo constatado maior número de estômatos na posição inferior que em folhas localizadas nas posições mediana e superior do colmo. Os autores concluíram que a frequência estomática foliar é muito variável em diferentes partes da mesma folha e em diferentes folhas da mesma planta.

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

Rapisarda (2001) analisou por meio de microscopia eletrônica de varredura flores e folhas de *Nepeta sibthorpii* e caracterizou o revestimento dos tricomas e as células epidérmicas, fornecendo elementos de diagnóstico úteis para a identificação da espécie. Segundo Wilson (1970), a forma, a posição, o tipo de superfície e a densidade de folhas, são características físicas das plantas, que se constituem em um dos principais fatores que afetam o controle de plantas daninhas, influenciando na retenção e absorção de herbicidas.

Avaliando as alterações morfo-anatômicas das folhas de milho submetidas à aplicação de nicosulfuron ( $80 \text{ g ha}^{-1}$ ), Moro e Damião Filho (1999) citaram que pela análise das superfícies foliares ao microscópio eletrônico de varredura, observou-se a perda de simetria bilateral do complexo estomático nas amostras de folhas das plantas que receberam a aplicação do hebicida, em relação às testemunhas. Essa deformação das células pode ser resultante das alterações no tamanho das células buliformes ou da supressão de células epidérmicas observadas nos cortes transversais da lâmina foliar. Foi verificado ainda na face adaxial da lâmina foliar o desaparecimento de células subsidiárias do complexo estomático.

O conhecimento sobre as barreiras à penetração dos herbicidas nos tecidos vegetais é fundamental para o sucesso do controle químico de plantas daninhas. Os herbicidas podem penetrar nas plantas através de órgãos aéreos (folhas, caules, flores e frutos) e subterrâneos (raízes, rizomas, estolões, turbérculos). Contudo, as folhas destacam-se como o principal órgão das plantas envolvido na penetração de herbicidas aplicados em pós-emergência (FERREIRA et al., 2002ab). Da mesma forma, abordagens ultra-estruturais podem contribuir com informações sobre a estrutura da cutícula e da parede celular que podem estar relacionadas com a penetração diferencial de produtos aplicados sobre as folhas das plantas (TUCCI SANTOS et al., 2006).

Estruturas epidérmicas como tricomas e estômatos e as características da cutícula e das ceras podem exercer grande influência na aderência e deposição das gotas de pulverização, assim como na absorção do ingrediente ativo de qualquer produto fitossanitário. Hess e Falk (1990) chamaram atenção sobre a diversidade morfológica 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. 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.

Segundo Sherman e Bread (1975) várias características fisiológicas, morfológicas e anatômicas da planta podem estar correlacionadas à tolerância e ao desgaste devido ao pisoteio em gramas. Essa tolerância pode ser influenciada pelo grau de hidratação dos tecidos da grama, pela quantidade e localização das fibras de esclerênquima, pelo conteúdo de lignina e pela densidade de ramos da grama.

De acordo com Montório (2001), a variação na composição química, características morfológicas e estruturais de cera epicuticular entre espécies de plantas daninhas, associados às condições ambientais, são fatores determinantes da seletividade e eficácia de herbicidas.

Segundo Santos et al. (2002) características anatômicas e morfológicas de *Commelina benghalensis* e *Commelina diffusa* podem estar envolvidas na eficiência do herbicida glyphosate. *C. benghalensis* apresenta na epiderme adaxial 10,66 pêlos  $\text{mm}^{-2}$ , o que

pode favorecer a absorção do herbicida, e produz rizomas e sementes subterrâneas, que são fortes drenos de fotoassimilados e podem favorecer a translocação do herbicida para a parte subterrânea da planta. *C. diffusa* apresenta na epiderme adaxial apenas 2,44 pêlos  $\text{mm}^{-2}$  e não produz rizomas e sementes subterrâneas, o que pode tornar mais lenta a translocação de herbicidas para o sistema radicular desta espécie em relação a *C. benghalensis*.

O estudo anatômico de folhas pode melhorar o entendimento sobre as barreiras que cada espécie impõe à penetração dos herbicidas e, assim, pode fornecer subsídios para a busca de estratégias que superem tais obstáculos (FERREIRA et al., 2002ab; PROCÓPIO et al., 2003). A absorção do regulador de crescimento paclobutrazol através da epiderme do caule durante a aplicação, pode ser influenciada pelos diferentes tipos de células presentes na região nodal basal (BARRET; BARTUSKA, 1982). King e Radosevich (1979) citam que ocorreu aumento da absorção de  $^{14}\text{C}$ -triclopyr em folhas de *Lithocarpus densiflorus* que apresentaram pequena quantidade de ceras epicuticulares, alta densidade estomática, membrana cuticular fina e alta densidade de tricomas.

De acordo com Ervin e Koski (2001) e Tan e Qian (2003), os efeitos do trinexapac-ethyl na composição anatômica e bioquímica da folha de espécies de grama, assim como suas implicações no manejo de espécies de grama, são poucos estudados. Desta forma, os autores revelam que a aplicação do regulador vegetal trinexapac-ethyl ( $0,27 \text{ kg ha}^{-1}$ ) sobre a grama *P. pratensis*, promoveu redução no comprimento de 19,6% e aumento da densidade das células do mesofilo do limbo foliar, assim como, na concentração da clorofila *b*, na ordem de 26,7% e 43,6%, respectivamente, em relação à testemunha, após quatro semanas da aplicação. Porém, o trinexapac-ethyl não afetou os carboidratos estruturais como celulose, hemicelulose e lignina. Assim, estes efeitos promovidos na anatomia das folhas dos gramados podem aumentar a tolerância de várias espécies de grama ao sombreamento e ao estresse hídrico. Segundo Qian et al. (1998), as aplicações seqüenciais de  $0,48 \text{ kg ha}^{-1}$  trinexapac-ethyl em *Zoysia matrella*, aumentou a qualidade do gramado, favorecendo os processos fisiológicos como a fotossíntese em condição de sombreamento.

O conhecimento das características botânicas das espécies de gramas pode apresentar grande utilidade, especialmente na diferenciação de variedades híbridas. Entretanto, estudos morfológicos, principalmente relacionados com a anatomia foliar das

espécies de gramas, bem como, com o efeito da aplicação de reguladores vegetais são escassos no Brasil.

#### 4.2 Características morfológicas das gramas

Gramas são plantas que formam uma cobertura sobre o solo mais ou menos homogênea que persistem sob corte e tráfego regulares; já gramado, refere-se à comunidade conectada das gramas e o solo aderido às raízes e outros órgãos subterrâneos (UNRUH, 2004).

A palavra GRAMA tem sua origem na denominação da família botânica das gramíneas (Gramineae = Poaceae), que engloba mais de 10.000 espécies dispersas pelo mundo, sendo que as mais importantes servem como alimentação humana, como o arroz, milho e o trigo, ou como alimentação animal como as braquiárias, havendo outras que são usadas até em construções, como os bambus. Menos de 50 espécies das gramíneas podem ser utilizadas na formação de gramados (WATSON; DALLWITZ, 1992; GURGEL, 2003).

As gramas possuem meristema subapical, localizado na base da planta, formado por um grupo de nós e entrenós compactados, que inclui o ápice da haste e cujas raízes adventícias estão iniciadas. Esta porção é conhecida como “coroa” e é a principal razão pela qual, as gramas podem ser cortadas continuamente, servindo como órgão de reserva de carboidratos para sustentar o crescimento de novos órgãos das plantas (UNRUH, 2004).

As variedades usadas como gramas ornamentais, como gramas destinadas à práticas esportivas ou como gramas com outras utilidades estéticas e ambientais, podem ser divididas em dois grupos: gramas de clima quente e gramas de clima frio (GURGEL, 2003). As espécies de gramas de clima quente são as que mais se adaptam ao clima do Brasil, e se caracterizam por não entrarem em dormência por longos invernos com temperatura abaixo de zero, e por se regenerar após este período. Dentre as espécies consideradas como as principais de clima quente, destacam-se: *Axonopus compressus* (São Carlos ou Curitiba), *Paspalum notatum* (Bahia ou Batatais), *Stenotaphrum secundatum* (Santo Agostinho), *Zoysia japonica* (Zoysia), além das espécies, *Cynodon* spp. (Bermuda),

*Eremochloa ophiuroides* (Centipede), *Pennisetum clandestinum* (Kikuiu), *Paspalum vaginatum* (Seashore paspalum) e *Buchloe dactyloids*.

As gramas consideradas de clima frio, apresentam propagação via semente com ótimo poder de germinação, e a maioria é utilizada especificamente em sistema de ‘overseeding’, semeadura sobre uma outra grama pré estabelecida. São pouco utilizadas no Brasil, a não ser em situações específicas, como em campos de golfe e outros gramados esportivos de regiões mais frias do sul do país. São amplamente utilizadas nas regiões mais frias dos EUA, onde existem mais de 560 variedades disponíveis no mercado, destacando-se as espécies *Poa pratensis* (Kentucky Bluegrass), *Lolium perenne* (Perennial Ryegrass), *Festuca arundinacea* (Tall fescue), *Festuca longifolia* (Fine Fescues) e *Agrostis palustris* (Creeping Bentgrass) (GURGEL, 2003).

As gramas de clima quente podem ser divididas em dois grupos, rizomatosas e estoloníferas, sendo esta classificação bastante importante, pois a partir dela é que se determinam quais espécies podem ou devem ser utilizadas em diferentes situações, forma de comercialização e manejo. As variedades rizomatosas possuem alta capacidade de regeneração, principalmente se a injúria for causada por tráfego excessivo. Isto ocorre, devido ao fato dos rizomas, que são a base do crescimento vegetativo, estarem enterrados em sub-superfície. Desta forma, os rizomas ficam protegidos de danos mecânicos diretos. Contudo, são variedades altamente exigentes em manutenção, desde adubação até poda, havendo situações específicas em que a poda deve ser diária (GURGEL, 2003; UNRUH, 2004; GODOY, 2005). São exemplos de gramas de clima quente rizomatosas, as variedades de Bermuda, de Zoysia e de Batatais.

Entretanto, as variedades estoloníferas não possuem boa capacidade de suportar tráfego intenso, uma vez que este tráfego pode danificar os estolões, que são superficiais. São gramas sensíveis ao pisoteio, não recomendadas para áreas de tráfego intensos e menos ainda em gramados esportivos. Desenvolvem-se bem em áreas sombreadas, devido às suas folhas serem geralmente mais largas, o que auxilia na interceptação da luz para a fotossíntese (GURGEL, 2003; UNRUH, 2004). Dentre as espécies do grupo estolonífero, destacam-se as gramas Santo Agostinho e a grama São Carlos.

No Brasil, as variedades de gramas São Carlos (*Axonopus compressus*), Batatais ou Bahia (*Paspalum notatum*), Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum*) e

Esmeralda (*Zoysia japonica*), destacam-se entre as mais produzidas (Pimenta, 2003). De acordo com Kissmann e Groth (1997) e Gurgel (2003), estas variedades de gramas apresentam as seguintes características:

- **Grama São Carlos (*A. compressus*):** existe um complexo de plantas relacionadas com *A. compressus*, que é heterogâmica e efetua polinizações cruzadas, inclusive hibridando com algumas outras espécies do gênero. Esses híbridos são estéreis, mas por multiplicação vegetativa tem sido implantada em diversas regiões. A espécie é originária da América do Sul. Foi introduzida nos Estados Unidos, África, Sudeste da Ásia, Índia, Filipinas, Austrália e ilhas do Pacífico. Nativa da região sul do Brasil, de onde vem uma de suas denominações “Curitibana”, apresenta baixa resistência ao pisoteio, má formação de tapetes, devido aos seus estolões susceptíveis ao apodrecimento, além de ser sensível a algumas doenças foliares e de solo. Aceita bem solos pobres, numa ampla faixa de pH, resiste bem a baixas temperaturas e na região sul do Brasil é umas das poucas gramíneas que permanecem verdes durante o inverno, advindo daí o nome de “sempre verde”. Planta herbácea com hábito de crescimento rizomatoso e estolonífero, folhas largas e pilosas, cor verde brilhante e propagação vegetativa por estolões, ‘plugs’ (pequenas mudas dispostas em bandejas) e tapetes, podendo reproduzir-se por sementes. Forma densa cobertura sobre o solo, geralmente com 15-30 cm de altura, excepcionalmente com 80 cm, com cortes frequentes a cobertura pode ser mantida com 5 cm ou menos.

- **Grama Batatais ou Bahia (*P. notatum*):** é muito polimorfa, ocorrendo diversas variedades naturais no Brasil, como: *P. notatum* var. *notatum*, muito freqüente no estado de São Paulo, sendo a típica “grama-batatais”, *P. notatum* var. *latiflorum*, conhecida em São Paulo como “grama-de-São Sebastião e em Minas Gerais como “grama-cuiabana”, *P. notatum* var. *erriorrhizon* e *P. notatum* var. *saurae*, havendo cultivares introduzidos. Espécie nativa no Continente Americano e apresentando variedades que se desenvolvem em regiões distintas. Planta herbácea, rasteira, perene, formando densa cobertura sobre o solo, bastante persistente, reproduzida por semente e multiplicada a partir de rizomas. A altura de poda ideal é de 3 a 6 cm. Desenvolve-se melhor em áreas de pleno sol, não se adapta à áreas com excesso de umidade e excessivamente adubadas, possui crescimento excessivo no verão, com alta produção de sementes, exigindo contínua manutenção de poda nesse período. Devido à sua

alta rusticidade e resistência à seca, aos solos ácidos e inférteis, pode ser utilizada em áreas de baixa manutenção como margens de rodovia e áreas industriais.

• **Gramma Santo Agostinho (*S. secundatum*):** também conhecida como grama inglesa, tem sua origem na Europa Central, apesar de algumas controvérsias que atribuem a grama como nativa das Américas. Planta herbácea, rasteira, perene, formando densa cobertura sobre o solo, bastante persistente, possui hábito de crescimento estolonífero, com reprodução predominantemente vegetativa. É uma grama muitíssimo utilizada no Sudoeste dos Estados Unidos, onde corresponde a mais de 80% dos gramados residenciais e ornamentais. Possui ótima adaptação a áreas sombreadas e a áreas salinas. Algumas variedades como Palmetto e Raleigh apresentam excelente resistência a baixas temperaturas, chegando a resistir a temperaturas de até -5 C°. Pode ser utilizada em gramados residenciais, parques e indústrias, porém não devem ser utilizadas em gramados esportivos, devido à sua baixa resistência ao pisoteio. Desenvolve-se bem em solos de média a alta fertilidade, com boa drenagem. Deve ser mantida com uma altura de poda de 2,5 a 6,0 cm, dependendo do local onde será utilizada.

• **Gramma Esmeralda (*Z. japonica*):** o gênero *Zoysia* engloba três espécies principais: *Z. japonica*, *Z. matrella* e *Z. tenuifolia*. A mais conhecida e utilizada no Brasil é a *Z. japonica*, também conhecida como Esmeralda. Existem também híbridos interespecíficos, resultantes do cruzamento de duas espécies distintas, como o caso da variedade “Emerald”, resultante do cruzamento de *Z. japonica* com *Z. tenuifolia*. A espécie *Z. japonica* é originária da Ásia, principalmente do Japão, foi introduzida nos Estados Unidos em 1895 onde, após a domesticação gerou diversas variedades melhoradas. No Brasil, foi introduzida no início da década de 80, pelo Sr. Minuro Ito, trazida dos Estados Unidos. Planta herbácea, rasteira, perene, formando densa cobertura sobre o solo, bastante persistente, possui hábito de crescimento rizomatoso, com reprodução predominantemente vegetativa. É uma grama de ampla adaptação às condições brasileiras, podendo ser utilizada de norte a sul do país. Devido a sua boa capacidade de resistência ao pisoteio, foi durante muitos anos a variedade dos principais gramados de futebol do Brasil, como Maracanã, Morumbi, Mineirão e outros. Adapta-se bem em diferentes tipos de solo, exceto os solos com baixa capacidade de drenagem. Desenvolve-se bem em áreas de plena insolação, tolerando sombreamento mínimo, sendo a altura de poda ideal entre 1,25 a 3,0 cm.

No mercado brasileiro a produção de grama dividi-se em duas categorias, a de gramas cultivadas e a de gramas nativas. Segundo Zanon (2003) e Pimenta (2003), as gramas cultivadas são produzidas em sistema peculiar, envolvendo máquinas e operações específicas, como compactação leve do gramado, roçadas freqüentes e colheita da grama, além dos tratos culturais tradicionais. São comercializadas, principalmente, em tapetes ou rolos e plugs (pequenas mudas dispostas em bandejas); entretanto, as não cultivadas ou nativas são apenas retiradas do local onde crescem naturalmente, em placas desuniformes, cortadas com enxadas e com presença de plantas daninhas. Como principais exemplos de gramas nativas, destacam-se a grama Batatais e a São Carlos, que apesar de serem cultivadas, também é extraída principalmente no Paraná.

O cultivo de gramas no Brasil começou por volta de 1974 e atualmente, a produção de grama concentra-se nos estados de São Paulo e Paraná, onde foram criadas recentemente associações de produtores, com área de 3.100 e 1.700 ha, respectivamente; outros estados também destacam-se como o Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul e Goiás e também outros no Nordeste do país (GODOY; VILLAS BOAS, 2005).

De acordo com Zanon (2003), no período de 1995 a 2003, a área de produção de grama no Brasil, evoluiu de 5.500 ha para 16.500 ha, representando crescimento de 66,7% na área plantada e de 67,9% na comercialização. O pesquisador cita ainda que a crescente demanda e maior exigência do mercado consumidor quanto à qualidade final dos gramados, são os principais fatores que impulsionaram as áreas produtoras, principalmente, aquelas próximas dos grandes pólos consumidores. Dentre outros fatores de expansão, destacam-se o desenvolvimento de novas variedades, o lançamento de produtos e máquinas específicas para a utilização em gramados, a adaptação e o aperfeiçoamento das técnicas de produção, implantação e manutenção de gramados.

### 4.3 Regulador vegetal

Hormônios vegetais são compostos orgânicos, produzidos nas plantas e que em baixas concentrações promovem, inibem ou modificam processos morfológicos e fisiológicos. Entretanto, os reguladores vegetais são substâncias sintetizadas que possuem ações similares aos grupos de hormônios vegetais conhecidos (ARTECA, 1995).

Os reguladores vegetais utilizados em gramas reduzem a estatura das plantas sem prejudicar a densidade ou causar dano visível ao gramado, como pontos necróticos de fitotoxicidade, descoloração ou afinamento, mantendo a alta qualidade da área tratada. Desta forma, podem diminuir o número de operações de corte (roçadas) que são realizadas durante o período de crescimento compreendido entre a primavera e o verão, atuando indiretamente como potencial componente na redução de custos com mão-de-obra, combustível e equipamentos (JOHNSON, 1992; JIANG; FRY, 1998; LICKFELDT et al., 2001; VELINI, 2003).

Segundo Davis e Curry (1991), apud Velini (2003), os reguladores de crescimento utilizados em gramados podem ser agrupados em três classes, de acordo com os efeitos nos mecanismos fisiológicos das plantas. Desta forma, alguns herbicidas podem ser utilizados como reguladores vegetais:

- Reguladores do Tipo I: são compostos capazes de inibir a mitose, ou seja, a divisão celular em folha, caule e raiz (ex. amidochlor, mefluidide e hidrazida maleica).
- Reguladores do Tipo II: são compostos que atuam inibindo a biossíntese de giberelinas e interrompendo o alongamento celular. As gramíneas continuam a emitir folhas, perfílios e inflorescências, porém ficam menores do que as plantas não tratadas (ex. ancymidol, flurprimidol, paclobutrazol, tetcyclacis, uniconazole e trinexapac-ethyl).
- Reguladores do Tipo III: são compostos que têm a função de inibir o desenvolvimento de estruturas reprodutivas e, conseqüentemente, a emissão de hastes florais (ex. mefluidide e amidochlor).

- Reguladores do Tipo IV: são herbicidas que quando aplicados em baixas doses ou sub-letais e na época correta, são capazes de interferir indiretamente em determinados mecanismos fisiológicos das plantas sem, contudo, causar injúrias visíveis (ex. 2,4-D, imazaquin, imazethapyr, glyphosate e metsulfuron-methyl).

A espécie vegetal, a época de aplicação e as condições ambientais são fatores importantes que interferem no desempenho fisiológico dos reguladores de crescimento vegetal (VELINI, 2003).

Os trabalhos realizados por Green et al. (1990), Jiang e Fry (1998), e Lickfeldt et al. (2001), destacam que a utilização dos reguladores vegetais pode diminuir a demanda de água pela planta e auxiliar no desempenho dos fungicidas aplicados nos gramados. Alguns desses resultados indicaram que a aplicação dos reguladores vegetais flurprimidol e mefluidide sobre grama *Stenotaphrum secundatum*, pode promover significativa redução na evapotranspiração e da superfície foliar na ordem de 18 e 83%, respectivamente (GREEN et al., 1990), proporcionando ao gramado, maior resistência ao déficit hídrico. Nelson et al. (1977) citam que o uso da água foi reduzido em torno de 20,5 e 23,1% pelas espécies *Festuca arundinacea* e *Cynodon dactylon*, respectivamente, após a aplicação de ancymidol.

Vários compostos como o ethephon, ancymidol, fenarimol, flurprimidol, hidrazida maleica, mefluidide, imazethapyr, imazaquin, clethodim, sethoxydim, sulfometuron, fluazasulfuron, trinexapac-ethyl, metsulfuron-methyl e o paclobutrazol, são utilizados como reguladores vegetais em gramados nos Estados Unidos (NELSON et al., 1977; GREEN et al., 1990; JOHNSON, 1990, 1992, 1993, 1994; BUSH et. al., 1998; FAGERNESS; PENNER, 1998abc; ERVIN; KOSKI, 2001; VELINI, 2003; MACIEL et al., 2006ab). Dentre estes produtos destaca-se o trinexapac-ethyl como um produto promissor para as condições brasileiras (FREITAS et al., 2002; MACIEL et al., 2006ab).

O regulador vegetal trinexapac-ethyl promove a inibição do crescimento, com uma eficiência de 4 a 6 semanas após o tratamento, em várias espécies de grama (JOHNSON, 1992, 1993, 1994; FAGERNESS; PENNER, 1998abc; ERVIN; KOSKI, 2001). Pertencente ao grupo químico das ciclohexanodionas, o trinexapac-ethyl apresenta estrutura similar aos herbicidas graminicidas sethoxydim e clethodim; contudo, seu

mecanismo de ação está relacionado com a inibição da biossíntese de giberelinas e ocorre na terceira fase da síntese das giberelinas, no citoplasma celular, reduzindo o nível de giberelinas ativas, principalmente GA<sub>1</sub> através da redução da atividade da enzima GA<sub>20</sub> 3β-hydroxilase. Assim, a inibição da atividade desta enzima provavelmente resulta da competição entre o regulador vegetal e o 2-oxoglutarato pelo co-substrato Fe<sup>+2</sup>/ascorbato-dependente dioxygenase (ADAMS et al., 1992; RODRIGUES et al., 2004). A inibição do crescimento da planta é decorrente da redução do alongamento celular e não da divisão celular (ERVIN; KOSKI, 2001).

Tan e Qian (2003) observaram que a aplicação de 0,1 kg ha<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl em *Poa pratensis* reduziu a concentração de GA<sub>1</sub> em 47% e aumentou a concentração de GA<sub>20</sub> em 146%, corroborando com a hipótese de que o trinexapac-ethyl inibe a biossíntese de GA<sub>1</sub> pelo bloqueio do processo de conversão de GA<sub>20</sub> para GA<sub>1</sub>.

De acordo com Johnson (1992) e Jiang e Fry (1998), os reguladores de crescimento podem suprimir o crescimento vegetativo dos gramados e reduzir o número de cortes. Desta forma, os resultados obtidos por Johnson (1994) demonstraram que a aplicação inicial de 0,2 kg ha<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl, em áreas com *Cynodon dactylon*, seguida de outra aplicação de 0,1 kg ha<sup>-1</sup> após 4 semanas da primeira aplicação, eliminou sete cortes durante 12 semanas. Segundo Lickfeldt et al., (2001), a aplicação periódica de trinexapac-ethyl pode reduzir em 41% o total de cortes a serem realizados anualmente em gramados de *Poa pratensis*, além de melhorar a qualidade do gramado durante o período de aplicação, reduzindo a incidência de doenças provocada por fungos como *Sclerotinia homeocarpa* F.T. Bennett.

Em áreas que exijam o emprego de alta tecnologia para manutenção, como as áreas de jardins ornamentais e campos esportivos, a necessidade de cortes é maior, a fim de uniformizar o crescimento e eliminar as inflorescências, que dão aspecto visual menos agradável aos gramados; entretanto, nas margens de rodovias ou em parques industriais, a necessidades de cortes é menos freqüente. Desta maneira, a utilização de reguladores vegetais está diretamente relacionada com o grau de tecnologia adotado no manejo e conservação do gramado (JOHNSON, 1994; FREITAS et al., 2002).

O trinexapac-ethyl pode ser utilizado para melhorar a densidade, a coloração e a performance de gramados utilizados em competições, como futebol americano, futebol e campos de golfe. Pode ser utilizado em áreas onde as operações de roçadas oferecem riscos de acidentes, como em terrenos com topografia acentuada, margens de rios e laterais de rodovias com tráfego intenso de veículos (DERNOEDEN, 1984; BUSH et al., 1998; LICKFELDT et al., 2001).

Nas plantas, o trinexapac-ethyl é absorvido predominantemente pelas folhas e gemas terminais, sendo a absorção radicular muito limitada. Com relação à translocação, apresenta-se relativamente rápida e os sintomas de inibição do crescimento podem ser observados em até 48h após a aplicação (FREITAS et al., 2002).

Fagerness e Penner (1998a) citam que a direção e a extensão da translocação do trinexapac-ethyl em plantas de gramas ainda não estão esclarecidos, porém, este comportamento pode ser dependente do sítio preferencial de absorção da planta. Em seus estudos com a grama *P. pratensis*, estes pesquisadores observaram que a bainha foliar e a coroa da planta absorveram 96% do  $^{14}\text{C}$ -trinexapac-ethyl, enquanto que a lâmina foliar absorveu 70% do  $^{14}\text{C}$ -trinexapac-ethyl aplicado após 24h. As raízes absorveram 2% do  $^{14}\text{C}$ -trinexapac-ethyl aplicado após 24h, sendo translocado acropetamente 50% do que foi absorvido. A lâmina foliar reteve em torno de 60% do  $^{14}\text{C}$  absorvido após 24h e cerca de 1% do  $^{14}\text{C}$  absorvido moveu-se acropetamente, enquanto 32% moveu-se basipetamente e acumulando-se em vários tecidos. As raízes e a coroa acumularam 5 e 11% do  $^{14}\text{C}$  absorvido pela a lâmina foliar, respectivamente.

O comportamento da translocação do  $^{14}\text{C}$  que foi absorvido pela lâmina foliar foi o seguinte: 36% foi translocado para outros órgãos foliares, 4% foi translocado para as raízes e 3% foi translocado para rizomas após 24h da aplicação. Os outros 57% permaneceram acumulados na própria lâmina foliar. Da mesma forma, o comportamento da translocação do  $^{14}\text{C}$  que foi absorvido pela bainha da folha e pela coroa foi o seguinte: 61% foi translocado acropetamente, 3% foi translocado para as raízes e 3% para os rizomas, após 24h da aplicação. Os outros 33% permaneceram em seus respectivos sítios de absorção (FAGERNESS; PENNER, 1998a).

De acordo com Freitas et al. (2002), para a grama *P. notatum*, a época de aplicação do trinexapac-ethyl pode ser realizada dentro do intervalo de dois a cinco dias

após o corte, sem maiores prejuízos para a resposta do regulador, o que permite maior flexibilidade na aplicação, tendo em vista as condições climáticas adversas e questões operacionais que venham a dificultar a aplicação em determinado período.

A aplicação de trinexapac-ethyl na dose de 0,287 kg ha<sup>-1</sup> para a grama *P. pratensis* e de 0,382 kg ha<sup>-1</sup> para *Lolium perene*, proporcionou reduções na emissão de inflorescência em ambas as espécies na ordem de 43 e 57%, respectivamente e os efeitos foram dissipados após quatro semanas da aplicação (FAGERNESS; PENNER, 1998b). Estes resultados corroboram com os obtidos para a espécie *P. pratensis* por Beasley et al. (2005), que também avaliaram a arquitetura do sistema radicular da planta e observaram que o trinexapac-ethyl na dose de 0,27 kg ha<sup>-1</sup> promoveu redução no comprimento total e da área da superfície da raiz, em torno de 48 e 46%, respectivamente, após uma semana da aplicação, seguida de um crescimento rápido entre a primeira e a quarta semana após a aplicação. Contudo, o regulador não promoveu efeito sobre o diâmetro da raiz.

Ferrell et al. (2003) avaliando a aplicação sequencial de trinexapac-ethyl em *Paspalum vaginatum*, observaram que as doses 0,09 e 0,38 kg ha<sup>-1</sup> proporcionaram reduções no crescimento vegetativo da grama num período de 10 semanas após a aplicação de 59 e 96%, respectivamente. Entretanto, a dose maior utilizada causou 28% de injúria na grama, enquanto que a dose menor ocasionou apenas 6%. Apesar dos danos causados à qualidade visual do gramado, o autor ressalta a importância do uso dos reguladores de crescimento no manejo de gramados, reduzindo a frequência de cortes.

Johnson (1994) cita que quando o híbrido ‘Tifway bermudagrass’ (*Cynodon transvaalensis* Burt-Davy X *C. dactylon* (L.) Pres.) foi tratado inicialmente com 0,2 kg ha<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl e após oito semanas, constatou-se que o crescimento vegetativo e a emissão de inflorescência foram suprimidas por doze semanas e o número de roçadas foi reduzido em cerca de 70%.

Em trabalhos realizados em condições brasileiras, destacam-se os realizados por Freitas et al. (2002) em grama *Paspalum notatum* e por Maciel et al. (2006) em grama *Cynodon dactylon*. Os resultados obtidos por estes pesquisadores evidenciaram relação direta entre o aumento das doses de trinexapac-ethyl e a redução dos parâmetros de crescimento vegetativo e reprodutivo, sem ocorrer descoloração das folhas dos gramados. A escolha da dose do regulador está condicionada em função do período em que se pretende

evitar os cortes no gramado. Assim, foi possível evitar cortes em *P. notatum*, pelo período de até doze semanas com a aplicação de 0,75 kg ha<sup>-1</sup>.

A aplicação de trinexapac-ethyl sob condição de baixa luminosidade, reduziu o número de cortes em torno de 35-50% em *Festuca ovina*, de 58-76% em *Festuca arundinacea* e de 55-80% em *Poa trivialis* (GARDNER; WHERLEY, 2005).

Bush et al. (1998) relataram que a dose de 0,48 kg ha<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl promoveu redução do crescimento vegetativo e da emissão de inflorescência da espécie de grama *Axonopus affinis* pelo período de seis semanas em 45 e 29%, respectivamente. Estes resultados diminuíram em 58% o número de cortes requeridos pelo gramado para manter a qualidade estética.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Instalação e condução do experimento

O experimento foi conduzido no Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia – NUPAM, do Departamento de Produção Vegetal, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu/UNESP, e no Departamento de Botânica, do Instituto de Biociências de Botucatu/UNESP. O local do experimento apresenta as seguintes coordenadas geográficas: latitude 22°07'56'' S, longitude 74°66'84'' W Gr. e altitude de 762 m.

Foram avaliadas as espécies de gramas São Carlos (*Axonopus compressus*), Batatais (*Paspalum notatum*), Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum*) e Esmeralda (*Zoysia japonica*). As quatro espécies de grama estavam com cerca de 26 meses de idade no momento da aplicação dos tratamentos. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de 2 m de largura por 2 m de comprimento, num total de 4 m<sup>2</sup>.

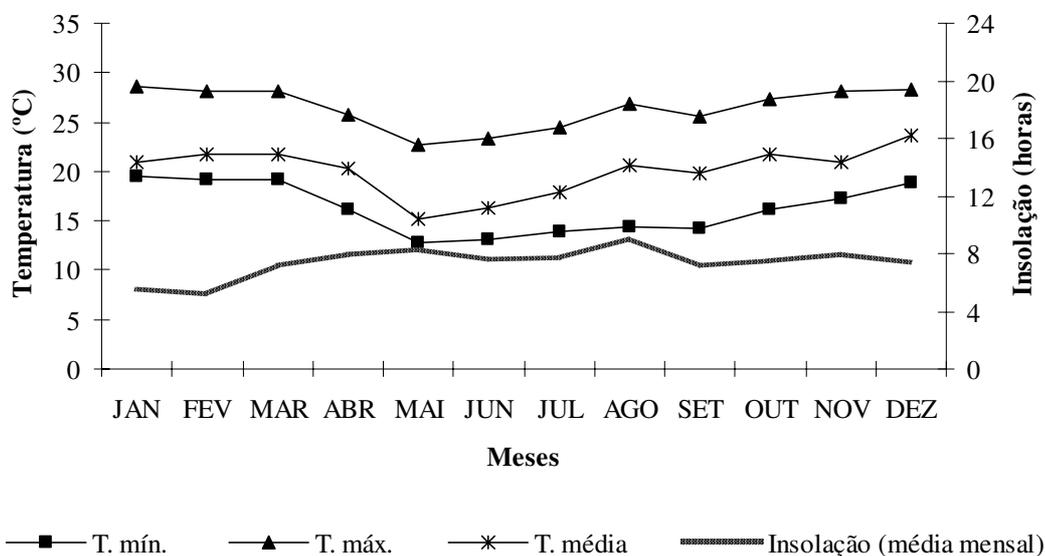
Os tratamentos utilizados foram aplicados no início do mês de fevereiro (03/02/2006) e o período de condução do experimento compreendeu os meses de fevereiro,

março, abril e maio. Foram realizadas duas aplicações sequenciais de trinexapac-ethyl (Primo Maxx<sup>TM</sup>, 113,0 g L<sup>-1</sup> – produto comercial) na dose de 56,5+56,5 e 113,0+113,0 g ha<sup>-1</sup>, além de uma testemunha sem aplicação para cada espécie avaliada, com intervalo de 20 dias entre as aplicações. Os gramados foram cortados com auxílio de um aparador de grama motorizado à altura de 3 cm e, em seguida, foram realizadas as aplicações dos tratamentos.

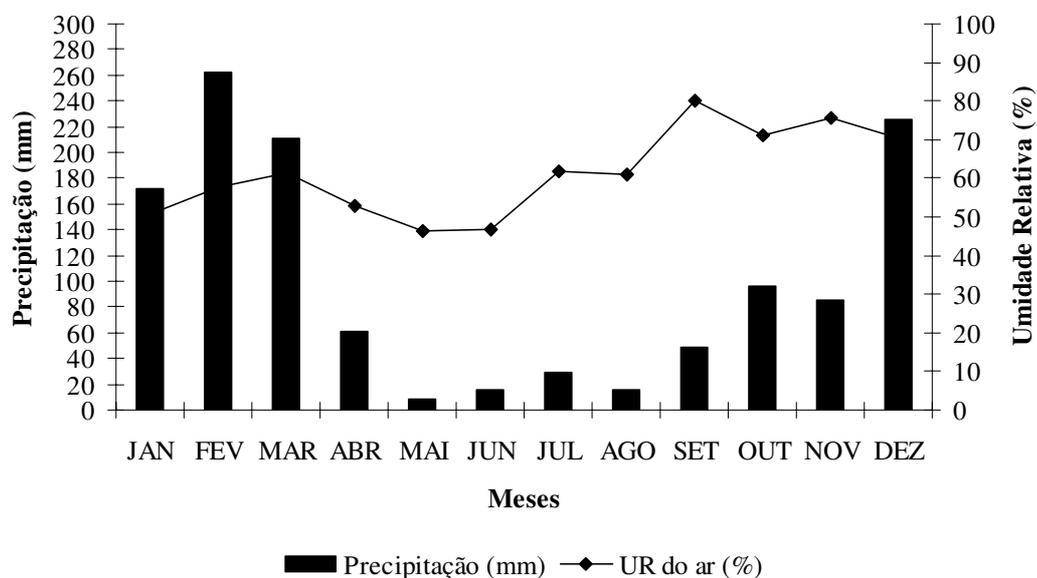
As aplicações foram realizadas no período da manhã em condições de temperatura de 24°C, solo úmido e umidade relativa do ar em torno de 80%. Foi utilizado um pulverizador costal, pressurizado a CO<sub>2</sub> e munido de barra com quatro pontas de jato plano XR 11002 VS, espaçados entre si de 50 cm, sendo o consumo de calda equivalente a 200L ha<sup>-1</sup>.

Durante a aplicação, as parcelas foram protegidas lateralmente com biombos de lona plástica com o objetivo de evitar deriva de calda pulverizada para as parcelas adjacentes. Aos 20 dias após a primeira aplicação dos tratamentos, as parcelas foram novamente aparadas à altura de 3 cm e realizou-se a segunda aplicação dos tratamentos.

Os dados climáticos (temperatura mínima, temperatura máxima, temperatura média, insolação, precipitação pluvial e umidade relativa do ar) encontram-se nas Figuras 1 e 2.



**Figura 1.** Médias mensais das temperatura mínima (T. mín.), máxima (T. máx.) e média (T. média), em °C, e da insolação (em horas), em Botucatu/SP, durante o ano de condução do experimento. Botucatu/SP, 2006.



**Figura 2.** Precipitações pluviais e as médias mensais da umidade relativa do ar, em Botucatu/SP, durante o ano de condução do experimento. Botucatu/SP, 2006.

## 5.2 Avaliação dos caracteres anatômicos do limbo foliar

Para se proceder à análise anatômica das quatro espécies de gramas estudadas, o material foliar foi amostrado ao acaso na parcela, coletando-se quando as folhas encontravam-se inteiramente expandidas aos 110 dias após a segunda aplicação dos tratamentos. 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), utilizando-se quatro repetições.

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 10 µm utilizando micrótomo rotatório, sendo os cortes submetidos à coloração com Azul de Toluidina 0,05% (O'BRIEN et al., 1964) e em seguida, 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: epiderme das faces adaxial e abaxial; feixe vascular, bainha do feixe vascular (=endoderme), esclerênquima, parênquima e espessura foliar. Foi também determinada na região internervural o número de feixes vasculares presentes na estrutura 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.

O número de estômatos por área da superfície foliar foi determinado nas faces adaxial e abaxial do limbo, utilizando-se a técnica de impressão da epiderme em adesivo a base de éster de cianoacrilato (SOUZA et al., 2005). Deste modo, uma gota do adesivo foi depositada na lâmina de vidro para microscopia, sendo pressionada sobre a 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, considerando-se 20 repetições por face epidérmica em cada espécie, sendo que cada repetição foi representada por uma impressão da epiderme foliar por face de cinco folhas. A média do número de estômatos em cada impressão da epiderme foliar foi originária da contagem de cinco campos de observação, tomados ao acaso no microscópio, totalizando 100 campos de amostragem por face, sendo os resultados obtidos ajustados para área de superfície foliar igual a 1mm<sup>2</sup>.

### **5.3 Análise micromorfológica da epiderme foliar**

A análise micromorfológica da epiderme foliar foi realizada com auxílio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), caracterizando as faces adaxial e abaxial da região mediana da lâmina foliar das espécies de gramas. O material foliar foi amostrado ao acaso na parcela, coletando-se quando as folhas encontravam-se inteiramente expandidas aos 110 dias após a segunda aplicação dos tratamentos.

As amostras foliares com dimensões aproximadas de 2 mm x 2 mm foram fixadas de acordo com a técnica descrita por Robards (1978), em solução de glutaraldeído 2,5% em tampão fosfato 0,1M pH 7,3 e pós-fixadas em tetróxido de ósmio a 1% em tampão fosfato 0,1M pH 7,3. Nas etapas seguintes, o material foliar foi desidratado em série alcoólica, submetido à secagem ao ponto crítico com a finalidade de retirar o álcool das amostras foliares pela substituição do álcool por CO<sub>2</sub> líquido, transformado para o estado gasoso. O ponto crítico foi realizado em equipamento da Marca Balzers Union, Modelo CPD 020 e, posteriormente, metalizado com ouro em equipamento da Marca Balzers Union, Modelo MED 010, sendo analisado e fotografado em microscópio eletrônico de varredura Phillips Quanta 200.

#### **5.4 Avaliação das características morfológicas**

Os caracteres morfológicos avaliados foram: altura de planta, número e comprimento de inflorescência e massa seca. A avaliação quantitativa da altura da planta e das inflorescências foram feitas semanalmente por amostragem, com auxílio de quadros de 0,25m<sup>2</sup> colocados no centro das parcelas, realizado-se a determinação do número e do comprimento das inflorescências. A altura da planta foi mensurada com auxílio de uma régua graduada em centímetros.

A massa seca total produzida pelos tratamentos foi determinada no final do período de condução do experimento, aos 110 dias após a segunda aplicação dos tratamentos. Coletando-se toda a massa vegetal produzida na parcela e após a secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, o material foi pesado em balança de precisão.

#### **5.5 Análises estatísticas**

Os dados obtidos dos sete caracteres estruturais quantitativos da região da nervura central e dos dez caracteres estruturais quantitativos da região internervural do limbo foliar, além dos quatro caracteres quantitativos da morfologia das plantas 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 dos 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 Distância 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 gramas, após a aplicação dos tratamentos, de acordo com seu grau de similaridade, sendo o resultado desta análise apresentado na forma de um dendrograma.

Os caracteres anatômicos quantitativos do limbo foliar, bem como os caracteres quantitativos da morfologia das plantas de gramas foram submetidos à análise de variância, e os dados originais expressos em porcentagem e em número foram transformados utilizando-se arco seno  $\sqrt{x}/100$  e  $\sqrt{x} + 0,5$ , respectivamente. Para os dados de número de estômatos  $\text{mm}^{-2}$ , foi utilizado o esquema em fatorial  $3 \times 2$  (3 tratamentos  $\times$  2 faces - adaxial e abaxial). Desta forma, todos os dados obtidos foram analisados estatisticamente empregando-se o teste de média 'LSD' ao nível de 5% de probabilidade.

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1 Características anatômicas do limbo foliar**

As Figuras de 3 a 6 ilustram as secções transversais do limbo foliar, aos 110 dias após a segunda aplicação das diferentes doses de trinexapac-ethyl, compreendendo o terço médio das regiões da nervura central e internervural, das quatro espécie de gramas estudadas.

#### **6.1.1 *Axonopus compressus* (Grama São Carlos)**

A região da nervura central, também chamada de quilha conforme Metcalfe (1960), em *A. compressus* (Figura 3 A, C, E) caracteriza-se por apresentar: quilha arredondada e saliente; epiderme unisseriada em ambas as faces e revestidas por cutícula, sendo esta mais espessada na face adaxial, e na face abaxial a parede das células da epiderme oposta ao mesofilo apresenta maior lignificação; células buliformes organizadas de várias

células na epiderme da face adaxial; calotas subepidérmicas de esclerênquima localizadas somente na porção abaxial dos feixes vasculares, principalmente, nos de maior tamanho; parênquima fundamental (incolor) formado por células arredondadas e desprovidas de cloroplastos, localizado na porção adaxial da nervura central; parênquima clorofiliano homogêneo, exibindo clorênquima radiado, com células mesofílicas dispostas em coroa ao redor de cada 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 descontínua de células lignificadas, constituindo o periciclo esclerificado, e uma bainha externa também descontínua na porção abaxial do feixe, formada de células parenquimáticas providas de cloroplastos, constituindo a endoderme, características estas descritas por Menezes et al. (2003).

A região internervural, também chamada de asa conforme Metcalfe (1960) ou região compreendida entre a nervura central e o bordo do limbo foliar, de *A. compressus* (Figura 3 B, D, F) caracteriza-se por apresentar: epiderme unisseriada revestida por cutícula em ambas as faces, sendo mais espessada na face adaxial; estômatos em ambas as faces, caracterizando a folha como anfiestomática; células buliformes organizadas em grupos de 3 a 4 células pouco evidentes na epiderme da face adaxial; calotas subepidérmicas de esclerênquima localizadas nas porções adaxial e abaxial dos feixes 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 descontínua de células lignificadas, constituindo o periciclo esclerificado, e uma bainha externa contínua nos feixes menores e médios, composta de células parenquimáticas providas de cloroplastos, constituindo a endoderme, características estas descritas por Menezes et al. (2003), porém descontínua nos feixes de maior tamanho.

Muitas das características anatômicas do limbo foliar observadas em *A. compressus* estão de acordo com os caracteres descritos pelos autores Monteiro e Pace (1984) e por Silva e Alquini (2003), para o diagnóstico do gênero e de outras espécies de *Axonopus*.

Contudo, os autores Silva e Alquini (2003) constataram ausência de células buliformes na epiderme da face adaxial da lâmina foliar da espécie *Axonopus scoparius*.

Pode-se observar nas regiões da nervura central e internervural de *A. compressus* (Figura 3 C, D, E, F), que a aplicação das doses de trinexapac-ethyl promoveram poucas alterações nos caracteres anatômicos, sendo as modificações mais evidentes, caracterizados pela suavização da quilha, tornando-a menos proeminente, bem como pelo o aumento do tamanho das células buliformes e redução do número de células do parênquima fundamental (incolor) na região da quilha.

As células buliformes são também denominadas de células motoras por participarem do mecanismo de enrolamento e desenrolamento das folhas sob mudanças no potencial hídrico, sendo importantes na manutenção da hidratação das folhas (RAVEN et al., 2001). Desta forma, possivelmente o aumento do tamanho destas células promovido pela aplicação do regulador vegetal trinexapac-ethyl pode melhorar capacidade da folha em armazenar água e contribuir com o aumento da tolerância da planta às condições de déficit hídrico. Este fato pode corroborar com os resultados obtidos por Green et al. (1990), Jiang e Fry (1998) e Lickfeldt et al. (2001), os quais verificaram que a utilização de reguladores vegetais em gramados pode diminuir a demanda de água pela planta.

### **6.1.2 *Paspalum notatum* (Grama Batatais)**

A região da nervura central ou quilha de *P. notatum* (Figura 4 A, C, E) caracteriza-se por apresentar: quilha pouco saliente; epiderme unisseriada em ambas as faces e revestidas por cutícula, sendo esta mais espessada na face adaxial. Na face abaxial a parede das células da epiderme oposta ao mesofilo apresenta maior lignificação; células buliformes organizadas em grupos de 5 a 6 células em forma de leque na epiderme da face adaxial; calotas subepidérmicas de esclerênquima localizadas nas porções adaxial e abaxial do feixe vascular central, apresentando maior número de camadas na porção abaxial do feixe, próximo ao floema; parênquima fundamental (incolor) formado por células arredondadas e desprovidas de cloroplastos, localizado na porção adaxial da nervura central (Figura 4A); parênquima clorofiliano homogêneo, exibindo clorênquima radiado, com células mesofílicas dispostas em

coroa ao redor de cada feixe vascular, caracterizando a estrutura “Kranz”; feixe vascular colateral fechado apresentando elementos de xilema e floema; bainha do feixe vascular simples e contínua, formada de células parenquimáticas providas de 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 *P. notatum* (Figura 4 B, D, F) caracteriza-se por apresentar: epiderme unisseriada revestida por cutícula em ambas as faces, sendo mais espessada na face adaxial. Na face abaxial a parede das células da epiderme oposta ao mesofilo apresenta maior lignificação; estômatos em ambas as faces, caracterizando a folha como anfiestomática; células buliformes organizadas em grupos de 3 a 6 células bem evidentes na epiderme da face adaxial; calotas subepidérmicas de esclerênquima localizadas nas porções adaxial e abaxial dos feixes vasculares de maior tamanho, próximas ao floema, sendo ausentes nos feixes de menor tamanho; 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 simples e contínua nos feixes menores e maiores, composta de células parenquimáticas providas de cloroplastos, caracterizando a endoderme, de acordo com Menezes et al. (2003).

Apesar da espécie *P. notatum* não estar relacionada no trabalho de Metcalfe (1960) que descreveu a anatomia de várias gramíneas, muitas das características anatômicas do limbo foliar observadas para esta espécie estão em conformidade com os caracteres anatômicos da folha descritos pelo autor para o diagnóstico do gênero e de outras espécies de *Paspalum*.

Pode-se observar nas regiões da nervura central e internervural de *P. notatum* (Figuras 4 C, D, E, F), que a aplicação das doses de trinexapac-ethyl promoveram alterações nos caracteres anatômicos, sendo as modificações mais evidentes, caracterizado pela planificação da quilha, assim como o aumento do tamanho e do número das células buliformes, além da ausência de células do parênquima fundamental (incolor) na região da quilha. Contudo, na região internervural a principal alteração observada é referente à diminuição do tamanho das células buliformes da epiderme da face adaxial, deixando as células mais arredondadas nas folhas tratadas com trinexapac-ethyl, o que promoveu leve

aumento do tecido clorenquimático, principalmente quando a maior dose do regulador vegetal foi aplicada (Figura 4 D, F).

Estes resultados podem indicar que a aplicação do regulador vegetal trinexapac-ethyl pode melhorar a tolerância de plantas de gramas às condições de sombreamento, devido ao aumento do tecido responsável pelo processo de fotossíntese e contribuir para o melhor entendimento dos resultados obtidos por outros pesquisadores a exemplo de Ervin e Koski (2001) e Tan e Qian (2003), que verificaram aumento da tolerância ao sombreamento no gramado de *P. pratensis* após a aplicação do trinexapac-ethyl.

### **6.1.3 *Stenotaphrum secundatum* (Grama Santo Agostinho)**

A região da nervura central ou quilha de *S. secundatum* (Figura 5 A, C, E) caracteriza-se por apresentar: quilha saliente e triangular; epiderme unisseriada em ambas as faces e revestidas por cutícula, sendo esta, mais espessada na face adaxial, e na face abaxial a apresenta maior lignificação na parede das células da epiderme oposta ao mesofilo; células buliformes organizadas em grupos de 10 a 15 células arredondadas na epiderme da face adaxial; calotas subepidérmicas de esclerênquima localizado somente na porção abaxial do feixe vascular, próximo ao floema; parênquima fundamental (incolor) formado por células arredondadas e desprovidas de cloroplastos, localizado na porção adaxial da nervura central, estendendo-se para a região internervural (Figura 5A); parênquima clorofiliano homogêneo, exibindo clorênquima radiado, com células mesofílicas dispostas em coroa ao redor de cada 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 também contínua, formada de células parenquimáticas providas com cloroplastos, constituindo a endoderme, características estas descritas por Menezes et al. (2003).

A região internervural ou asa de *S. secundatum* (Figura 5 B, D, F) caracteriza-se por apresentar: superfície sulcada na face adaxial; epiderme unisseriada apresentando papilas na face adaxial, revestida por cutícula em ambas as faces, sendo mais

espesada na face abaxial, além de apresentar a parede das células da epiderme oposta ao mesofilo maior lignificação; estômatos em ambas as faces, caracterizando a folha como anfiestomática; ausência de células buliformes; calotas subepidérmicas de esclerênquima localizado nas porções adaxial e abaxial dos feixes vasculares de maior tamanho, próximo ao floema, sendo ausentes nos feixes de menor tamanho; parênquima fundamental (incolor) formado por células grandes e arredondadas, desprovidas de cloroplastos, localizado na porção abaxial do mesofilo; 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 e maiores, composta de células parenquimáticas providas de cloroplastos, constituindo a endoderme, características estas descritas por Menezes et al. (2003).

Muitas das características anatômicas do limbo foliar observadas em *S. secundatum* estão de acordo com os caracteres descritos por Metcalfe (1960), para o diagnóstico do gênero e de outras espécies de *Stenotaphrum*.

Pode-se observar nas regiões da nervura central e internervural de *S. secundatum* (Figuras 5 C, D, E, F), que a aplicação das doses de trinexapac-ethyl promoveram alterações nos caracteres anatômicos, sendo as modificações mais evidentes, caracterizados pelo aumento do tamanho e do número das células do parênquima incolor na porção abaxial da região internervural nas folhas tratadas com trinexapac-ethyl o que promoveu leve aumento da espessura foliar, principalmente quando a maior dose do regulador vegetal foi aplicada (Figura 5 D, F).

#### **6.1.4 *Zoysia japonica* (Grama Esmeralda)**

A região da nervura central ou quilha de *Z. japonica* (Figura 6 A, C, E) caracteriza-se por apresentar: quilha pouco saliente, ou seja, não distinta; epiderme unisseriada, com papilas na face adaxial, revestida por cutícula mais espessada na face abaxial, bem como presença de células esclerificadas em ambas as faces; células buliformes presentes

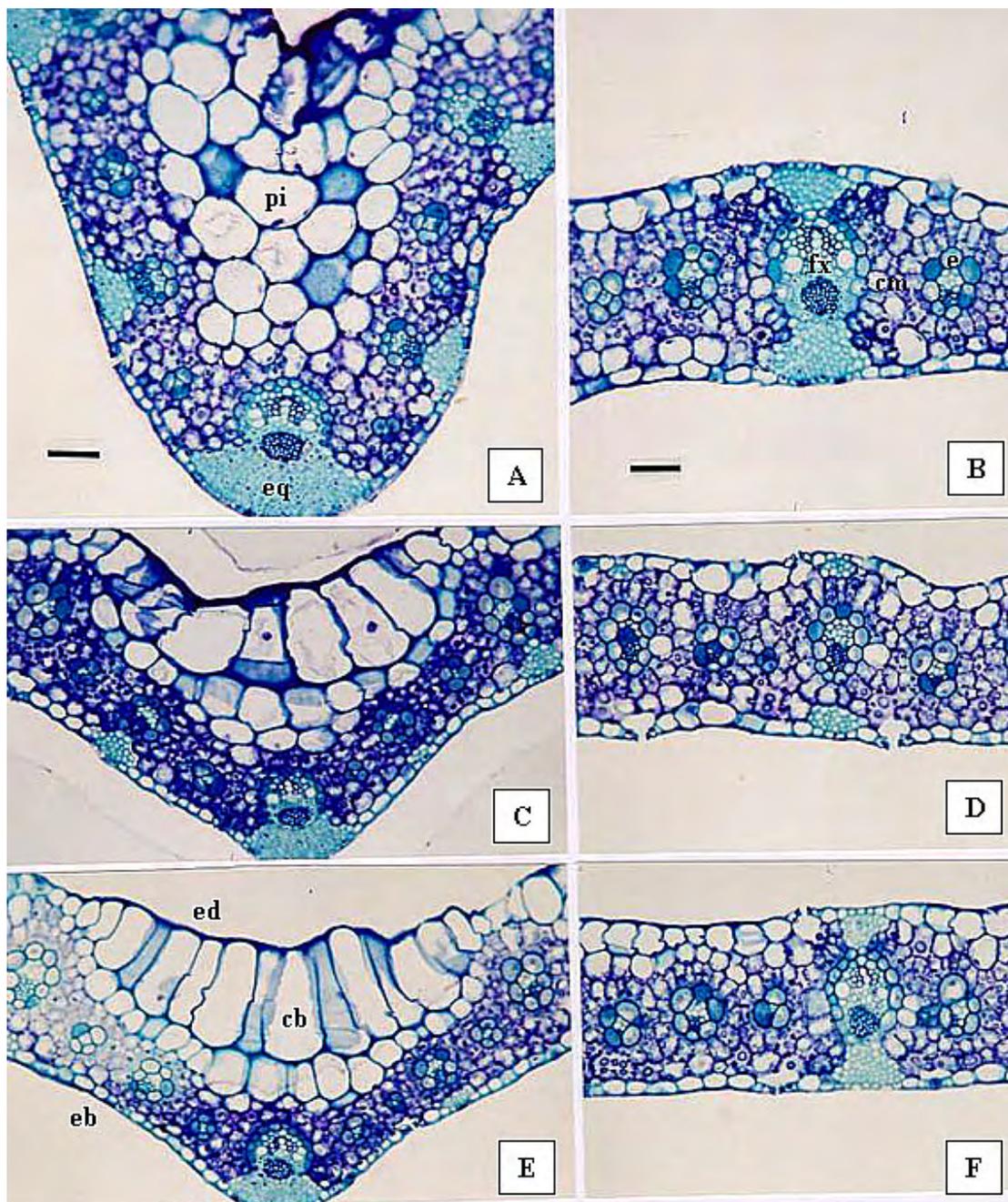
na epiderme da face adaxial organizadas em grupos de 7 a 9 células arredondadas e em forma de cunha que atravessam todo o mesofilo quase atingindo a epiderme abaxial; calotas subepidérmicas de esclerênquima localizadas nas porções adaxial e abaxial dos feixes vasculares, próximo ao floema; parênquima fundamental (incolor) ausente; parênquima clorofiliano homogêneo, exibindo clorênquima radiado, com células mesofílicas dispostas em coroa ao redor de cada 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, principalmente na porção abaxial do feixe central de maior tamanho, formada de células parenquimáticas providas com cloroplastos, constituindo a endoderme, características estas descritas por Menezes et al. (2003).

A região internervural ou asa de *Z. japonica* (Figura 6 B, D, F) caracteriza-se por apresentar: superfície sulcada na face adaxial; epiderme unisseriada com papilas na face adaxial, revestida por cutícula mais espessada na face abaxial, além de apresentar células esclerificadas em ambas as faces; estômatos em ambas as faces, caracterizando a folha como anfiestomática; células buliformes presentes na epiderme da face adaxial organizadas em grupos de 7 a 8 células arredondadas e em forma de cunha que atravessam todo o mesofilo quase atingindo a epiderme abaxial; calotas subepidérmicas de esclerênquima localizadas nas porções adaxial e abaxial dos feixes vasculares, próximas 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 nas porções adaxial e abaxial nos feixes de maior tamanho, sendo composta de células parenquimáticas providas de cloroplastos, constituindo a endoderme, características estas descritas por Menezes et al. (2003).

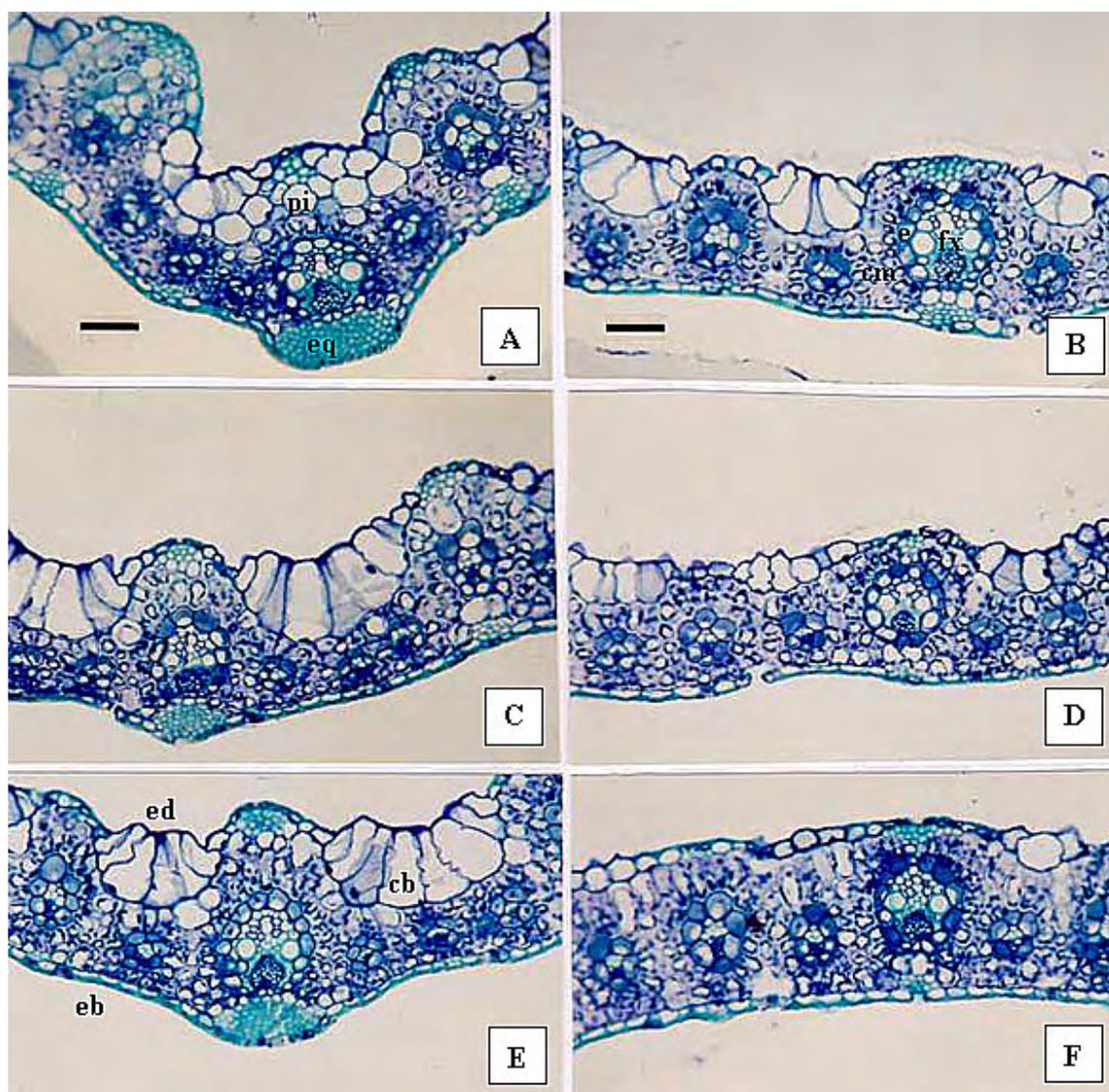
As características anatômicas do limbo foliar observadas em *Z. japonica* também foram relatadas por Metcalfe (1960) para o diagnóstico do gênero e de outras espécies de *Zoysia*.

Observar-se nas regiões da nervura central e internervural de *Z. japonica* (Figuras 6 C, D, E, F), que a aplicação das doses de trinexapac-ethyl promoveram alterações nos caracteres anatômicos, sendo as modificações mais evidentes, caracterizados pelo aumento do tamanho e do número das células buliformes na porção adaxial da região da nervura central, o que promoveu aumento da espessura foliar, principalmente quando a menor dose do regulador vegetal foi aplicada (Figura 6 D, F). Estas alterações na anatomia da folha podem aumentar a tolerância das plantas de *Z. japonica* às condições de sombreamento e de déficit hídrico, corroborando com os resultados obtidos por Ervin et al. (2002). Estes autores citam que a aplicação de trinexapac-ethyl sobre a grama de *Z. japonica* apresenta-se como uma prática eficiente para aumentar a tolerância da planta à ambientes com baixa luminosidade. Da mesma forma, Qian et al. (1998) e Qian e Engelke (1999) verificaram que a aplicação seqüencial de trinexapac-ethyl em *Zoysia matrella* (L.) Merr. aumentou significativamente a taxa fotossintética da planta, bem como a tolerância às condições de sombreamento.

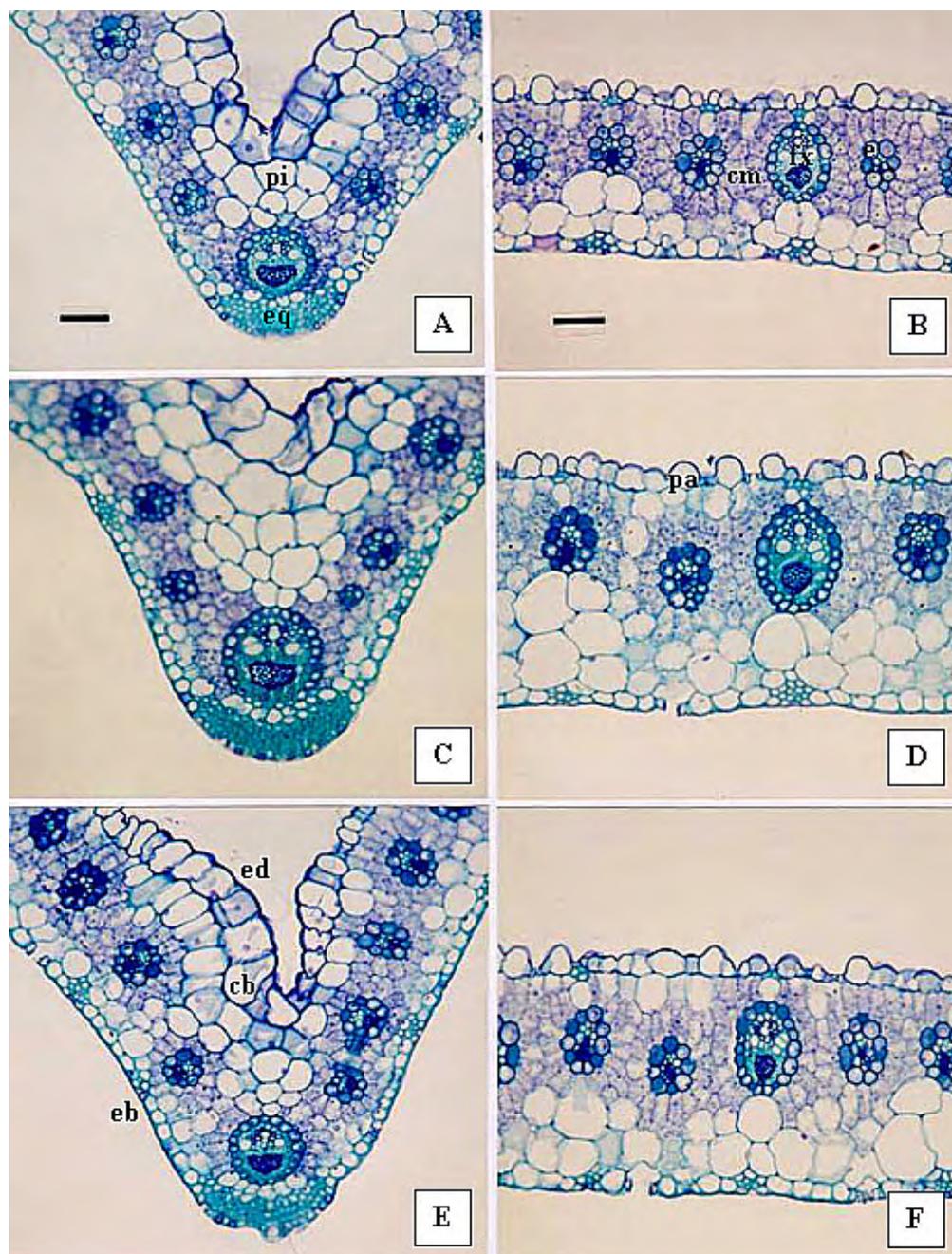
Ervin e Koski (2001) constaram em folhas de *P. pratensis* aumento na densidade de células do mesofilo após a aplicação do regulador vegetal trinexapac-ethyl. Segundo Freitas et al. (2004) o trinexapac-ethyl promoveu alterações anatômicas e morfológicas em *Brachiaria brizantha*, aumentando a área das células buliformes, da bainha e do mesofilo, bem como a espessura da lâmina foliar.



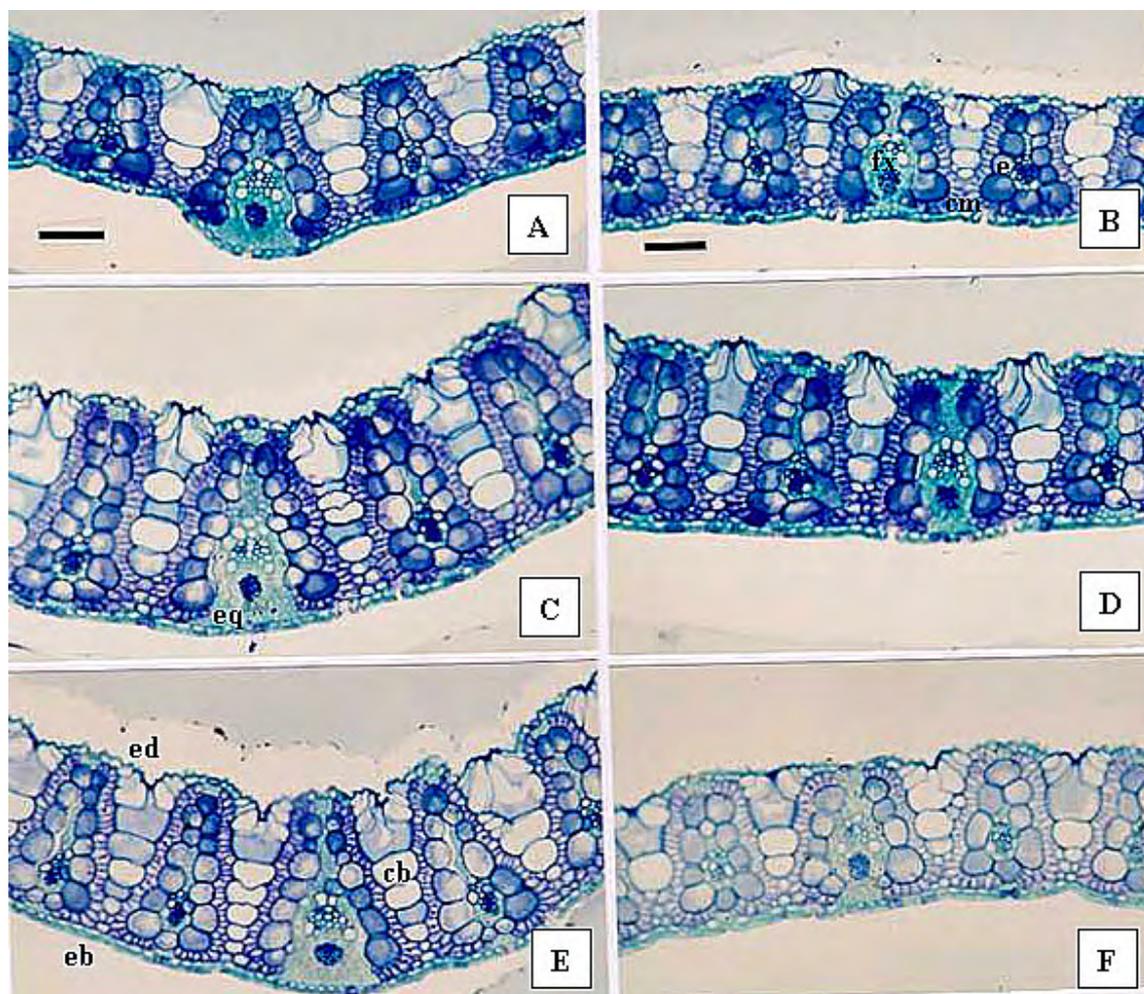
**Figura 3.** Seções transversais do limbo foliar de *Axonopus compressus* aos 110 dias após a segunda aplicação do trinexapac-ethyl. A, B = testemunha. C, D =  $56,5\text{g ha}^{-1}$ . E, F =  $113,0\text{g ha}^{-1}$ . A, C, E: seções transversais da região da nervura central. B, D, F: seções transversais 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. fx = feixe vascular. pi = parênquima incolor. Barra =  $46\ \mu\text{m}$ .



**Figura 4.** Seções transversais do limbo foliar de *Paspalum notatum* aos 110 dias após a segunda aplicação do trinexapac-ethyl. A, B = testemunha. C, D = 56,5g ha<sup>-1</sup>. E, F = 113,0g ha<sup>-1</sup>. A, C, E: seções transversais da região da nervura central. B, D, F: seções 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. fx = feixe vascular. pi = parênquima incolor. Barra = 46 µm.



**Figura 5.** Seções transversais do limbo foliar de *Stenotaphrum secundatum* aos 110 dias após a segunda aplicação do trinexapac-ethyl. A, B = testemunha. C, D = 56,5g ha<sup>-1</sup>. E, F = 113,0g ha<sup>-1</sup>. A, C, E: secções transversais da região da nervura central. B, D, F: 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. fx = feixe vascular. pa = papila. pi = parênquima incolor. Barra = 46 µm.



**Figura 6.** Seções transversais do limbo foliar de *Zoysia japonica* aos 110 dias após a segunda aplicação do trinexapac-ethyl. A, B = testemunha. C, D = 56,5g ha<sup>-1</sup>. E, F = 113,0g ha<sup>-1</sup>. A, C, E: seções transversais da região da nervura central. B, D, F: seções 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. fx = feixe vascular. pi = parênquima incolor. Barra = 46 µm.

## 6.2 Caracteres anatômicos quantitativos do limbo foliar

Os valores médios referentes aos sete caracteres anatômicos quantitativos da região da nervura central do limbo foliar das quatro espécies de grama, avaliados após 110 dias da segunda aplicação do regulador estão relacionados na Tabela 1.

Verificou-se que somente *A. compressus* apresentou diferenças estatísticas para a característica referente à porcentagem de epiderme adaxial, sendo maior em relação à testemunha em torno de 117,2 e 141,0% para as doses de 56,5 e 113,0 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl, respectivamente. Houve também diferença estatística para a porcentagem de epiderme abaxial, destacando-se a menor dose de trinexapac-ethyl, com aumento de 36,2% em relação à testemunha sem aplicação.

Para *Z. japonica* não houve diferença estatística entre os tratamentos para a porcentagem de epiderme adaxial e abaxial, ocorrendo apenas uma pequena tendência de redução quando se comparam as doses de trinexapac-ethyl utilizadas em relação à testemunha sem aplicação. Para *P. notatum* também não se verificou diferença significativa entre os tratamentos, havendo uma tendência em aumentar a porcentagem de epiderme adaxial de 69,4 e 64,2% para as doses de 56,5 e 113,0 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl, respectivamente, e uma tendência em reduzir a porcentagem de epiderme abaxial em 23,1 e 15,7% para as doses de 56,5 e 113,0 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl, respectivamente, em relação à testemunha, após 110 dias da segunda aplicação do regulador vegetal.

Na grama *S. secundatum* observou-se uma tendência de redução e aumento da porcentagem de epiderme adaxial, quando se utilizou a menor e a maior dose de trinexapac-ethyl, respectivamente, enquanto para a porcentagem de epiderme abaxial ambas as doses proporcionaram tendências de diminuição deste caráter.

**Tabela 1.** Valores médios de sete caracteres anatômicos quantitativos da região da nervura central do limbo foliar de quatro espécies de grama. Botucatu/SP – 2006.

<i>Axonopus compressus</i>							
Nº	Caracteres	Testemunha	56,5 g ha <sup>-1</sup>	113,0 g ha <sup>-1</sup>	F <sub>(Tratamentos)</sub>	D.M.S.	C.V. (%)
1.	% Epiderme Adaxial	12,37 b	26,87 a	29,81 a	11,272**	6,834	14,03
2.	% Epiderme Abaxial	4,94 b	6,73 a	4,30 b	7,535**	2,019	8,83
3.	% Endoderme	5,55 ab	6,61 a	4,96 b	6,225*	1,414	5,94
4.	% Feixe Vascular	5,25	5,62	4,09	2,689 <sup>ns</sup>	2,177	9,81
5.	% Esclerênquima	7,68 a	6,65 ab	5,05 b	6,037*	2,218	8,76
6.	% Parênquima	59,38 a	47,53 b	51,79 b	8,557*	5,956	7,23
7.	Espessura Foliar (µm)	383,83	261,14	280,42	3,230 <sup>ns</sup>	127,04	23,80
<i>Paspalum notatum</i>							
Nº	Caracteres	Testemunha	56,5 g ha <sup>-1</sup>	113,0 g ha <sup>-1</sup>	F <sub>(Tratamentos)</sub>	D.M.S.	C.V. (%)
1.	% Epiderme Adaxial	10,74	18,19	17,63	1,876 <sup>ns</sup>	8,263	20,92
2.	% Epiderme Abaxial	8,05	6,19	6,79	1,051 <sup>ns</sup>	3,387	12,81
3.	% Endoderme	10,79	10,90	11,25	0,108 <sup>ns</sup>	2,557	7,65
4.	% Feixe Vascular	9,93	8,05	9,41	1,279 <sup>ns</sup>	3,116	10,27
5.	% Esclerênquima	12,28	8,86	10,84	1,835 <sup>ns</sup>	4,118	12,56
6.	% Parênquima	48,21	47,82	44,07	0,211 <sup>ns</sup>	9,708	13,01
7.	Espessura Foliar (µm)	167,74	153,08	157,48	0,339 <sup>ns</sup>	44,708	16,21
<i>Stenotaphrum secundatum</i>							
Nº	Caracteres	Testemunha	56,5 g ha <sup>-1</sup>	113,0 g ha <sup>-1</sup>	F <sub>(Tratamentos)</sub>	D.M.S.	C.V. (%)
1.	% Epiderme Adaxial	15,02	10,27	16,56	3,151 <sup>ns</sup>	5,579	14,85
2.	% Epiderme Abaxial	11,88	10,31	10,20	0,996 <sup>ns</sup>	3,052	9,22
3.	% Endoderme	8,52	8,25	7,24	2,343 <sup>ns</sup>	1,609	5,67
4.	% Feixe Vascular	7,18 ab	8,48 a	6,19 b	7,915*	1,567	5,80
5.	% Esclerênquima	8,35	9,41	7,75	4,157 <sup>ns</sup>	1,457	4,97
6.	% Parênquima	49,04	53,28	52,06	4,019 <sup>ns</sup>	2,160	2,72
7.	Espessura Foliar (µm)	157,29	233,24	232,14	4,249 <sup>ns</sup>	73,085	20,35
<i>Zoysia japonica</i>							
Nº	Caracteres	Testemunha	56,5 g ha <sup>-1</sup>	113,0 g ha <sup>-1</sup>	F <sub>(Tratamentos)</sub>	D.M.S.	C.V. (%)
1.	% Epiderme Adaxial	22,50	21,68	21,53	2,432 <sup>ns</sup>	0,812	1,68
2.	% Epiderme Abaxial	6,87	6,28	6,35	1,719 <sup>ns</sup>	0,981	3,84
3.	% Endoderme	29,93	31,12	31,21	2,134 <sup>ns</sup>	1,043	1,79
4.	% Feixe Vascular	13,59 a	11,40 b	12,97 a	6,335*	1,332	3,70
5.	% Esclerênquima	5,57	4,39	4,71	2,391 <sup>ns</sup>	1,716	7,79
6.	% Parênquima	21,52	25,11	23,24	3,086 <sup>ns</sup>	2,419	4,85
7.	Espessura Foliar (µm)	122,68 b	148,93 a	146,34 a	4,885*	22,652	9,40

Os dados originais de porcentagem foram transformados em arco seno  $\sqrt{x/100}$ .

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste "LSD".

- \*\* significativo a 1% de probabilidade;
- \* significativo a 5% de probabilidade;
- <sup>ns</sup> não significativo.

Avaliando-se os caracteres relacionados com as estruturas de condução e distribuição de água e de solutos orgânicos na planta, verificou-se que para o caráter porcentagem de endoderme, apenas *A. compressus* apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos utilizados, destacando-se a maior dose de trinexapac-ethyl, que promoveu redução de 25,0% em relação a menor dose avaliada. Para as demais espécies, as doses de trinexapac-ethyl promoveram pequena redução da porcentagem de endoderme para *S. secundatum* e pequeno aumento para *P. notatum* e *Z. japonica*. Já para o tecido condutor propriamente dito, houve diferença estatística para a porcentagem de feixe vascular somente para as espécies *S. secundatum* e *Z. japonica*, sendo que, respectivamente, foi observada redução deste caráter para a maior e menor dose utilizada de trinexapac-ethyl.

Com relação ao tecido responsável pela sustentação na região da nervura central da folha, as doses de trinexapac-ethyl promoveram reduções na porcentagem de esclerênquima, exceto para *S. secundatum* na menor dose. Contudo, houve diferença estatística entre os tratamentos utilizados, apenas para *A. compressus*, destacando-se a maior dose do regulador, que reduziu em 34,2% este caráter em relação à testemunha.

Houve pequeno aumento da porcentagem de parênquima para as espécies *S. secundatum* e *Z. japonica*, sendo que para *P. notatum* e *A. compressus* ocorreram reduções deste caráter. Entretanto, somente a grama *A. compressus* apresentou diferenças estatísticas, com reduções do tecido parênquimático de 20,0 e 12,8%, respectivamente, para as doses de 56,5 e 113,0 g ha<sup>-1</sup>, após 110 dias da segunda aplicação de trinexapac-ethyl.

Observou-se para as espécies *S. secundatum* e *Z. japonica*, tendência em aumentar a espessura foliar em relação à testemunha sem aplicação, na ordem de 48,3-47,6% e 21,4-19,3%, respectivamente, após a aplicação das duas doses utilizadas de trinexapac-ethyl. Enquanto que, para *A. compressus* e *P. notatum*, ocorreu uma tendência de redução desta característica em relação à testemunha de 32,0-36,9% e 8,7-6,1%, respectivamente, para as duas doses utilizadas de trinexapac-ethyl em cada espécie, aos 110 dias após a segunda aplicação.

Somente a espécie *Z. japonica* apresentou diferença estatística entre os tratamentos utilizados para o caráter espessura foliar.

A região internervural do limbo foliar apresenta-se como um dos principais alvos para a deposição dos produtos fitossanitários, em pulverizações agrícolas.

Desta maneira, vários trabalhos destacam a importância dos estudos da anatomia foliar na influência sobre a interceptação, retenção e na absorção dos produtos aplicados sobre as folhas das plantas (McDANIEL et al., 1990; PROCÓPIO et al., 2003; MONQUERO et al., 2005).

Os valores médios referentes aos oito caracteres anatômicos quantitativos da região internervural do limbo foliar das quatro espécies de grama, avaliados após 110 dias da segunda aplicação do regulador, estão relacionados na Tabela 2.

A maior densidade de células epidérmicas pode implicar, em maior número de regiões propensas à penetração de soluções pulverizadas sobre as folhas (TUFFI SANTOS et al., 2006). Assim, analisando-se os dados obtidos, pode-se observar que para o caráter porcentagem de epiderme adaxial, não houve diferença estatística em nenhuma das espécies avaliadas. Entretanto, ocorreu pequena tendência em aumentar esse caráter com a aplicação de trinexapac-ethyl em todas as espécies avaliadas, exceto para *S. secundatum*. Da mesma forma, verificou-se que para o caráter porcentagem de epiderme abaxial, ocorreu diferença estatística entre os tratamentos somente para a espécie *P. notatum*, apresentando incremento em relação à testemunha na ordem de 21,7 e 14,6%, para as doses de 56,5 e 113,0 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl, respectivamente, após 110 dias da segunda aplicação. Já para as demais espécies avaliadas ocorreu tendência de decréscimo da porcentagem de epiderme abaxial, em relação à testemunha sem aplicação.

Ao contrário do que foi observado na região da nervura central do limbo foliar, o caráter porcentagem de endoderme da região internervural apresentou diferença estatística entre os tratamentos apenas para *P. notatum*, sendo que a maior dose de trinexapac-ethyl promoveu redução de 10,7% em relação à menor dose aplicada. Da mesma maneira, houve diferença estatística na porcentagem de feixe vascular somente para *A. compressus*, destacando-se a dose 56,5 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl que promoveu redução desse tecido condutor na ordem de 13,7% em relação à testemunha sem aplicação.

**Tabela 2.** Valores médios de oito caracteres anatômicos quantitativos da região internervural do limbo foliar de quatro espécies de grama. Botucatu/SP – 2006.

<i>Axonopus compressus</i>							
Nº	Caracteres	Testemunha	56,5 g ha <sup>-1</sup>	113,0 g ha <sup>-1</sup>	F <sub>(Tratamentos)</sub>	D.M.S.	C.V. (%)
1.	% Epiderme Adaxial	10,01	10,99	11,47	1,630 <sup>ns</sup>	1,899	5,72
2.	% Epiderme Abaxial	7,61	7,18	6,73	2,154 <sup>ns</sup>	1,114	4,15
3.	% Endoderme	12,78	13,17	13,21	0,347 <sup>ns</sup>	1,275	3,48
4.	% Feixe Vascular	9,93 a	8,57 b	9,08 ab	5,999*	0,954	3,13
5.	% Esclerênquima	10,16 a	7,27 b	6,97 b	8,718*	2,121	7,44
6.	% Parênquima	49,51 b	52,82 a	52,53 a	4,869*	1,653	2,08
7.	Espessura Foliar (µm)	163,08	152,24	160,20	0,224 <sup>ns</sup>	41,063	14,97
8.	Nº de feixes em 360µm linear	9,50	10,00	9,25	1,289 <sup>ns</sup>	0,185	3,36
<i>Paspalum notatum</i>							
Nº	Caracteres	Testemunha	56,5 g ha <sup>-1</sup>	113,0 g ha <sup>-1</sup>	F <sub>(Tratamentos)</sub>	D.M.S.	C.V. (%)
1.	% Epiderme Adaxial	9,25	12,08	11,35	1,706 <sup>ns</sup>	3,441	10,40
2.	% Epiderme Abaxial	6,30 b	7,67 a	7,22 a	23,249**	0,563	2,11
3.	% Endoderme	15,09 ab	15,53 a	13,87 b	5,040*	1,069	2,73
4.	% Feixe Vascular	11,57	9,39	10,18	2,125 <sup>ns</sup>	2,460	7,58
5.	% Esclerênquima	6,10 a	3,49 b	3,77 b	7,912*	2,383	11,43
6.	% Parênquima	51,69	51,84	53,61	0,804 <sup>ns</sup>	2,372	2,96
7.	Espessura Foliar (µm)	164,23	135,91	156,18	2,203 <sup>ns</sup>	34,015	12,92
8.	Nº de feixes em 360µm linear	7,75	9,00	9,00	1,649 <sup>ns</sup>	0,327	6,28
<i>Stenotaphrum secundatum</i>							
Nº	Caracteres	Testemunha	56,5 g ha <sup>-1</sup>	113,0 g ha <sup>-1</sup>	F <sub>(Tratamentos)</sub>	D.M.S.	C.V. (%)
1.	% Epiderme Adaxial	9,55	8,54	8,98	1,038 <sup>ns</sup>	1,756	5,81
2.	% Epiderme Abaxial	8,71	7,81	7,83	2,327 <sup>ns</sup>	1,243	4,35
3.	% Endoderme	12,01	11,25	11,62	0,654 <sup>ns</sup>	1,472	4,27
4.	% Feixe Vascular	7,06	8,04	7,05	3,885 <sup>ns</sup>	1,073	3,94
5.	% Esclerênquima	2,02 ab	2,58 a	1,32 b	8,755*	1,541	11,20
6.	% Parênquima	60,66	61,79	63,19	1,695 <sup>ns</sup>	1,979	2,21
7.	Espessura Foliar (µm)	174,48 b	204,70 a	206,74 a	4,838*	28,425	8,41
8.	Nº de feixes em 360µm linear	8,25	8,75	9,00	1,268 <sup>ns</sup>	0,195	3,72
<i>Zoysia japonica</i>							
Nº	Caracteres	Testemunha	56,5 g ha <sup>-1</sup>	113,0 g ha <sup>-1</sup>	F <sub>(Tratamentos)</sub>	D.M.S.	C.V. (%)
1.	% Epiderme Adaxial	24,45	25,23	25,50	0,308 <sup>ns</sup>	2,223	4,28
2.	% Epiderme Abaxial	7,22	6,88	6,76	0,691 <sup>ns</sup>	1,097	4,15
3.	% Endoderme	31,34	29,46	30,32	1,667 <sup>ns</sup>	1,574	2,72
4.	% Feixe Vascular	10,67	10,52	9,73	1,046 <sup>ns</sup>	1,618	5,00
5.	% Esclerênquima	3,16	3,03	4,84	0,782 <sup>ns</sup>	4,541	24,35
6.	% Parênquima	23,16	24,88	22,84	0,640 <sup>ns</sup>	3,302	6,57
7.	Espessura Foliar (µm)	105,11	123,04	122,45	1,476 <sup>ns</sup>	29,019	14,35
8.	Nº de feixes em 360µm linear	8,25	7,25	7,75	1,758 <sup>ns</sup>	0,224	4,52

Os dados originais expressos em porcentagem e em número foram transformados em arco seno  $\sqrt{x/100}$  e  $\sqrt{x + 0,5}$ , respectivamente. Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste "LSD".

- \*\* significativo a 1% de probabilidade;
- \* significativo a 5% de probabilidade;
- <sup>ns</sup> não significativo.

Também ocorreu redução da porcentagem de feixe vascular para as demais espécies avaliadas, exceto para *S. secundatum* na menor dose do regulador de crescimento.

Nas gramíneas, as fibras de esclerênquimas formam uma camada protetora de células ao redor dos feixes vasculares e nas células da epiderme. Desta maneira, essa característica pode ser associada à tolerância diferencial que várias espécies de gramas apresentam ao pisoteio (SHEARMAN; BEARD, 1975).

Para o tecido responsável pela sustentação na região internervural do limbo foliar, as doses de trinexapac-ethyl promoveram reduções significativas na porcentagem de esclerênquima, exceto para as espécies *S. secundatum* e *Z. japonica*. Verificou-se maior efeito sobre a redução da porcentagem de esclerênquima em *P. notatum*, com valores na ordem de 42,8 e 38,2% em relação à testemunha, para a menor e maior dose do regulador vegetal, respectivamente. Essa redução pode aumentar a suscetibilidade do gramado ao pisoteio, bem como a desidratação em condições de déficit hídrico.

De forma geral, houve uma tendência de redução da porcentagem de esclerênquima, tanto na região da nervura central quanto na região internervural da folha, após a aplicação de trinexapac-ethyl, para todas as espécies de gramas avaliadas.

Ocorreu aumento significativo da porcentagem de parênquima apenas em *A. compressus*, sendo esse aumento de 6,7 e 6,1%, respectivamente, para as doses de 56,5 e 113,0 g ha<sup>-1</sup>, após 110 dias da segunda aplicação de trinexapac-ethyl.

As demais espécies analisadas, independentemente da dose utilizada, exceto para a maior dose de trinexapac-ethyl aplicada em *Z. japonica*, apresentaram tendência em aumentar a porcentagem desse tecido.

Ervin e Koski (2001) avaliando a aplicação do regulador vegetal trinexapac-ethyl na dose de 0,27 kg ha<sup>-1</sup> sobre a grama *P. pratensis*, verificaram que houve redução no comprimento de 19,6% e aumento da densidade das células do mesofilo do limbo foliar, assim como na concentração da clorofila *b* de 26,7% e 43,6%, respectivamente, em relação à testemunha, após 4 semanas da aplicação. Estes pesquisadores sugerem que os efeitos sobre a densidade celular do mesofilo e na concentração de clorofila provocados pelo trinexapac-ethyl podem influenciar no aumento na resistência da tensão da lâmina foliar, bem

como na eficiência fotossintética e, desta forma, mais estudos devem ser realizados sobre o assunto.

Portanto, espécies  $C_3$  e  $C_4$  que possuem maior quantidade de tecido parenquimático e de endoderme, respectivamente, podem apresentar maior eficiência fotossintética, devido à maior concentração de clorofilas ativas nestas estruturas.

Aplicações seqüenciais de  $0,48 \text{ kg ha}^{-1}$  trinexapac-ethyl em *Zoysia matrella*, reduziu o crescimento vegetativo e aumentou a qualidade do gramado, favorecendo os processos fisiológicos como a fotossíntese e a concentração de carboidratos monoestruturais, em condição de baixa luminosidade (QIAN et al., 1998; TAN; QIAN, 2003). Desta maneira, o aumento da porcentagem de endoderme e a redução da porcentagem de feixe vascular, quando aplicou-se o regulador vegetal em *A. compressus*, bem como a redução do número de feixes observada em *Z. japonica*, podem aumentar a tolerância dos gramados a condições de sombreamento, assim como, a condições de estresse hídrico.

Da mesma forma, Han et al. (1998) citam que houve acumulação de carboidratos monoestruturais nas inflorescências durante as primeiras 2 a 3 semanas após a aplicação de  $0,28 \text{ kg ha}^{-1}$  de trinexapac-ethyl, em *Agrostis stolonifera* e supressão do crescimento vegetativo, porém não houve influencia do regulador sobre a atividade fotossintética da planta. Evidenciando, portanto, que a concentração total de carboidratos monoestrutural, provavelmente, pode ser mais influenciada por mudanças morfológicas ou por outra atividade metabólica particular do que pelos efeitos sobre os processos de respiração ou de fotossíntese da planta.

Com relação à espessura foliar da região internervural, constatou-se comportamento semelhante ao verificado na região da nervura central, sendo que para *S. secundatum* e *Z. japonica* ocorreu tendência de aumento em relação à testemunha de 17,3-18,5% e 17,1-16,5%, respectivamente, para as duas doses utilizadas de trinexapac-ethyl. Enquanto que para *A. compressus* e *P. notatum* ocorreu tendência de diminuir este caráter em relação à testemunha de 6,6-1,8% e 17,2-4,9%, respectivamente, para as duas doses utilizadas de trinexapac-ethyl, aos 110 dias após a segunda aplicação.

Somente *S. secundatum* apresentou diferença estatística entre os tratamentos utilizados para o caráter espessura foliar.

Em todas as espécies de gramas avaliadas não foi verificada diferença estatística entre os tratamentos utilizados de trinexapac-ethyl para o número de feixes. Entretanto, *S. secundatum* e *P. notatum* apresentaram pequena tendência de aumento desse caráter, enquanto em *Z. japonica* foi verificado redução independentemente da dose do regulador vegetal utilizada. *A. compressus* demonstrou comportamento variável em relação às doses aplicadas de trinexapac-ethyl.

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados do número de estômatos ( $n^{\circ} \text{mm}^{-2}$ ) nas faces adaxial e abaxial da folha das diferentes espécies de gramas avaliadas.

Foram observados estômatos em ambas as faces da folha, em todas as espécies de gramas estudadas. Portanto, as espécies possuem folhas anfiestomáticas. *S. secundatum*, *P. notatum* e *Z. japonica* apresentaram maior número de estômatos na face adaxial em relação à face abaxial, independente da aplicação do regulador de crescimento, enquanto *A. compressus* apresentou maior número na face abaxial do que na face adaxial.

Não houve interação estatística entre os tratamentos utilizados e as faces da folha para nenhuma das gramas avaliadas. Entretanto, *A. compressus* e *P. notatum* apresentaram diferença estatística no número de estômatos para as médias dos tratamentos e entre as médias das faces da folha. *S. secundatum* e *Z. japonica*, apresentaram diferença estatística apenas para as médias das faces da folha, destacando-se a face adaxial, com o maior número de estômatos em relação à face abaxial em ambas as espécies.

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 de 130,9-88,7; 150,7-119,7 e 156,8-114,1 estômatos  $\text{mm}^{-2}$ , respectivamente. Estes dados são similar aos encontrados nas testemunhas das gramas *S. secundatum*, *P. notatum* e *Z. japonica* que apresentaram número de estômatos para as faces adaxial e abaxial de 366,25-162,50; 200,00-146,25 e 516,25-330,00 estômatos  $\text{mm}^{-2}$ , respectivamente.

Rodella et al. (1982, 1983) constataram maior quantidade de estômatos na face abaxial em relação à face adaxial nas folhas de *Panicum maximum* e *Panicum coloratum*, apresentando médias de 235,7-244,8 e 121,6-126,7 respectivamente, discordando dos dados obtidos por Mendonça (2000) para *Panicum maximum*.

**Tabela 3.** Valores médios do número de estômatos das faces adaxial e abaxial da folha de quatro espécies de gramas. Botucatu/SP – 2006.

<i>Axonopus compressus</i>				
Caracteres	Testemunha	56,5 g ha <sup>-1</sup>	113,0 g ha <sup>-1</sup>	Média
Nº estômatos mm <sup>-2</sup> (Face Adaxial)	146,25	175,00	185,00	168,75 B
Nº estômatos mm <sup>-2</sup> (Face Abaxial)	182,50	198,75	205,00	195,42 A
Média	164,38 b	186,88 a	195,00 a	
F <sub>(Tratamentos)</sub>		6,877**		
F <sub>(Faces)</sub>		13,643**		
F <sub>(Tratamentos x Faces)</sub>		0,609 <sup>ns</sup>		
C.V. (%)		4,83		
<i>Paspalum notatum</i>				
Caracteres	Testemunha	56,5 g ha <sup>-1</sup>	113,0 g ha <sup>-1</sup>	Média
Nº estômatos mm <sup>-2</sup> (Face Adaxial)	200,00	226,25	226,25	217,50 A
Nº estômatos mm <sup>-2</sup> (Face Abaxial)	146,25	168,75	193,75	169,58 B
Média	173,13 b	197,50 a	210,00 a	
F <sub>(Tratamentos)</sub>		9,592**		
F <sub>(Faces)</sub>		45,015**		
F <sub>(Tratamentos x Faces)</sub>		1,464 <sup>ns</sup>		
C.V. (%)		4,55		
<i>Stenotaphrum secundatum</i>				
Caracteres	Testemunha	56,5 g ha <sup>-1</sup>	113,0 g ha <sup>-1</sup>	Média
Nº estômatos mm <sup>-2</sup> (Face Adaxial)	366,25	351,25	322,50	346,67 A
Nº estômatos mm <sup>-2</sup> (Face Abaxial)	162,50	171,25	172,50	168,75 B
Média	264,38	261,25	247,50	
F <sub>(Tratamentos)</sub>		0,219 <sup>ns</sup>		
F <sub>(Faces)</sub>		101,790**		
F <sub>(Tratamentos x Faces)</sub>		0,509 <sup>ns</sup>		
C.V. (%)		8,64		
<i>Zoysia japonica</i>				
Caracteres	Testemunha	56,5 g ha <sup>-1</sup>	113,0 g ha <sup>-1</sup>	Média
Nº estômatos mm <sup>-2</sup> (Face Adaxial)	516,25	567,50	512,50	532,08 A
Nº estômatos mm <sup>-2</sup> (Face Abaxial)	330,00	300,00	337,50	322,50 B
Média	423,13	433,75	425,00	
F <sub>(Tratamentos)</sub>		0,114 <sup>ns</sup>		
F <sub>(Faces)</sub>		211,975**		
F <sub>(Tratamentos x Faces)</sub>		3,227 <sup>ns</sup>		
C.V. (%)		4,27		

Os dados originais foram transformados em  $\sqrt{x + 0,5}$ . Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha e maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste “LSD”.

- \*\*significativo a 1% de probabilidade;
- <sup>ns</sup> não significativo.

Para a testemunha de *A. compressus* a menor quantidade de estômatos foi verificada na face adaxial (146,25 estômatos  $\text{mm}^{-2}$ ) em relação à face abaxial (182,50 estômatos  $\text{mm}^{-2}$ ).

A aplicação de trinexapac-ethyl promoveu aumento no número de estômatos nas faces adaxial e abaxial em *A. compressus* e *P. notatum* de 23,1-10,6% e 13,2-24,0%, respectivamente para as duas faces da folha em cada espécie. Enquanto que para *S. secundatum* ocorreu redução do número médio de estômatos na face adaxial e aumento na face abaxial após a aplicação do regulador vegetal. O contrario foi verificado para *Z. japonica*, exceto para a maior dose na face abaxial que promoveu aumento em relação à testemunha.

Apenas *A. compressus* apresentou relação de densidade estomática entre as faces adaxial e abaxial abaixo de 1, para as doses de 56,5 e 113,0g  $\text{ha}^{-1}$  de trinexapac-ethyl (0,91 e 0,92, respectivamente), evidenciando menor número de estômatos na superfície adaxial. As espécies *S. secundatum*, *P. notatum* e *Z. japonica* apresentaram relações de 2,11-2,04; 1,37-1,18 e 1,93-1,56, respectivamente para as doses de 56,5 e 113,0 g  $\text{ha}^{-1}$  de trinexapac-ethyl (Tabela 4).

**Tabela 4.** Razão do número de estômatos entre as faces adaxial e abaxial da folha de quatro espécies de gramas. Botucatu/SP – 2006.

Tratamentos	<i>Axonopus compressus</i>	<i>Paspalum notatum</i>	<i>Stenotaphrum secundatum</i>	<i>Zoysia japonica</i>
Testemunha	0,83	1,42	2,35	1,63
56,5 g $\text{ha}^{-1}$	0,91	1,37	2,11	1,93
113,0 g $\text{ha}^{-1}$	0,92	1,18	2,04	1,56
F <sub>(Tratamentos)</sub>	0,466 <sup>ns</sup>	2,912 <sup>ns</sup>	0,324 <sup>ns</sup>	2,484 <sup>ns</sup>
D.M.S.	0,247	0,258	0,983	0,433
C.V. (%)	16,13	11,27	26,24	14,64

As médias, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste “LSD”.

- <sup>ns</sup> não significativo.

Segundo Larcher (2000) e Narcizo (2000) a porosidade das folhas, a densidade estomática e a condutância são aspectos fundamentais para a caracterização da

resposta das plantas e das alterações para adaptação às condições ambientais, como em ambientes que apresentam baixa disponibilidade de água, além de contribuir com estudos relacionados à ecofisiologia das plantas. Desta forma, a razão da densidade estomática entre as faces adaxial e abaxial (ad/ab) pode ser um importante indicativo do potencial de adaptabilidade de espécies de gramas às condições de sombreamento, influenciando as trocas gasosas, assim como na eficiência no uso da água sob déficit hídrico.

O processo de fixação do CO<sub>2</sub> está associado à perda de água pela transpiração, uma vez que os dois processos compartilham a mesma via que são os estômatos. Segundo Nascimento (2006) existe correlação positiva entre a densidade estomática e a assimilação de CO<sub>2</sub>. Assim, o aumento na densidade de estômatos na folha pode ser vantajoso para a fotossíntese; contudo, pode resultar em uma excessiva transpiração da planta (PEARCY et al., 1987; SCHULZE et al., 1987).

A maior densidade estomática na face abaxial da folha em relação à face adaxial pode indicar efeito da adaptação da planta a ambientes que apresentam baixa disponibilidade de água, como o cerrado (NARCIZO, 2000). Desta maneira, apesar da aplicação de trinexapac-ethyl não ter influenciado estatisticamente a razão ad/ab em todas as espécies avaliadas, pode-se inferir que a grama *A. compressus* possivelmente demonstraria menor taxa evapotranspiratória e maior resistência a períodos de baixos índices pluviométricos em relação às demais espécies avaliadas, por apresentar baixa densidade estomática e razão ad/ab menor que 1. Enquanto que, *S. secundatum*, *P. notatum* e *Z. japonica* seriam fotossinteticamente mais eficientes sob condições de baixa luminosidade, pela maior capacidade de assimilar CO<sub>2</sub>; contudo, mais estudos devem ser realizados sobre o assunto.

Outro ponto importante que deve ser considerado principalmente em estudos de seletividade de herbicidas é que espécies que possuem elevada densidade estomática nas faces adaxial e abaxial da folha apresentariam provavelmente maior absorção dos produtos pulverizados sobre as folhas pela via estomática. De acordo com Buick et al. (1993) o poro estomático pode se destacar como uma das principais vias de penetração de herbicidas; porém, Velini e Trindade (1992) revelam que a absorção de herbicidas pela via estomática possui limitada importância prática, devido aos estômatos apresentarem reduzidas dimensões e 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.

Entretanto, King e Radosevich (1979), relataram que o aumento da absorção de <sup>14</sup>C-triclopyr verificado em folhas de *Lithocarpus densiflorus* pode estar relacionado à grande densidade estomática e de tricomas, devido à absorção preferencial pelas células guardas dos estômatos e pelas células da base dos tricomas. Contudo, 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.

De acordo com Field e Bishop (1988), o surfatante organossiliconado 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.

Fagerness e Penner (1998a) ressaltam que ainda não foi determinado um adjuvante ideal para aumentar a eficiência do trinexapac-ethyl. Porém, em estudos com *Poa pratensis*, estes autores verificaram que a lâmina foliar absorveu 4% de trinexapac-ethyl (0,191kg ha<sup>-1</sup>) imediatamente e 31% após 1h após a aplicação. A absorção aumentou consideravelmente após 24h da aplicação em cerca de 70%. Os autores citam ainda que a adição do surfatante organossiliconado 'Sylgard 309' reduziu o tempo de absorção do trinexapac-ethyl e aumentou a eficiência da absorção em mais de 50% em relação ao tratamento sem surfatante, considerando o período de 1h após a aplicação.

Em outro estudo, Fagerness e Penner (1998b) verificaram significativo aumento da eficiência do trinexapac-ethyl na dose de 0,095 kg ha<sup>-1</sup>, com a adição do surfatante 'Sylgard 309' mais 28% de uréia, nas espécies *Lolium perenne*, *Agrostis palustris* e *Festuca arundinacea* aos 14 dias após a aplicação.

### 6.3 Análise micromorfológica da epiderme foliar

A micromorfologia da superfície foliar pode ser mais importante em relação às outras características da folha em estudos taxonômicos por apresentar estruturas especializadas que se desenvolvem ou atingem a maturidade antes que outras estruturas da planta (METCALFE, 1960).

Assim, diversos autores vêm realizando trabalhos com a caracterização micromorfológica da superfície foliar, demonstrando a importância do maior conhecimento dessa caracterização entre diferentes espécies, para possível correlação entre os caracteres anatômicos do limbo foliar com as diferenças de absorção apresentada pelos compostos aplicados sobre as folhas, além da utilização da microscopia eletrônica de varredura como ferramenta para caracterização das espécies e de suas estruturas foliares. Neste sentido, destacam-se os trabalhos realizados por Mendonça (2000); Abert e Victoria Filho (2002); Santos et al. (2002); Procópio et al. (2003); Monquero et al. (2005) e Tuffi Santos et al. (2006).

As Figuras de 7 a 18 ilustram as características da superfície das faces adaxial e abaxial das folhas das quatro espécies de gramas avaliadas, aos 110 dias após a segunda aplicação das diferentes doses de trinexapac-ethyl, compreendendo o terço médio da região internervural.

#### 6.3.1 *Axonopus compressus* (Gramma São Carlos)

A epiderme foliar da face adaxial de *A. compressus* apresenta superfície irregular, tricomas tectores pluricelulares longos, curtos e na forma de ganchos, estômatos com célula subsidiária triangular pontiaguda e dispostos entre as nervuras ocorrendo em fileiras paralelas e separadas por células longas (Figura 7, A-F). Na região das nervuras encontram-se corpos de sílica em forma de cruz ou halteres e no bordo foliar ocorrem fileiras de tricomas tectores curtos na forma de ganchos e dispersos tectores longos, semelhante à descrição feita por Silva e Alquini (2003) para espécies do gênero *Axonopus*. A deposição das

ceras sobre as células epidérmicas ocorre em forma de uma fina camada contínua por toda a superfície foliar e por escassas plaquetas (BARTHLOTT et al., 1998).

As ceras epicuticulares podem ser amorfas ou depositadas em várias formas, como uma camada plana, achatada, prensadas na forma de lâminas ou cristais, com vasta extensão em termos de tamanho e forma, assim como, pode ser depositada em flocos grandes ou pequenos, em grânulos, hastes ou tubos. Contudo, os padrões de cera podem variar em diferentes espécies e dentro da mesma espécie, sob condições ambientais específicas (BAKER, 1982; ALBERT; VICTORIA FILHO, 2002).

A aplicação das doses de trinexapac-ethyl alterou a micromorfologia da superfície foliar adaxial e abaxial (Figuras 8 e 9). Assim, pode-se verificar que a face abaxial apresentou superfície menos irregular em relação à face adaxial, exceto quando a maior dose do trinexapac-ethyl foi aplicada.

### **6.3.2 *Paspalum notatum* (Gramma Batatais)**

A epiderme da face foliar adaxial de *P. notatum* apresenta superfície irregular, com presença de papilas. Segundo Metcalfe (1960), as papilas são projeções pontiagudas das paredes externas das células epidérmicas, servindo de proteção aos poros estomáticos. Apresenta tricomas tectores pluricelulares longos, curtos, estômatos com células subsidiárias alongadas e dispostas entre as nervuras, em fileiras paralelas e separadas por células longas (Figura 10, A-F). Na região das nervuras encontram-se corpos de silicosos em forma de cruz ou halteres e no bordo foliar ocorrem fileiras de tectores na forma de ganchos e dispersos tectores longos como os descritos por Metcalfe (1960), para várias espécies de gramíneas. A deposição das ceras sobre as células epidérmicas ocorre em forma de uma fina camada contínua por toda a superfície da região das nervuras e por dendrites ou flocos e plaquetas sobre a região entre as nervuras e papilas (BAKER, 1982).

A face abaxial apresentou superfície semelhante à face adaxial, exceto para ambas as doses do trinexapac-ethyl, promoveram suavização da topografia da epiderme da folha. Desta forma, a aplicação das doses de trinexapac-ethyl alterou a micromorfologia das

células da superfície foliar abaxial, deixando-a mais lisa em relação à testemunha (Figuras 11 e 12).

### **6.3.3 *Stenotaphrum secundatum* (Grama Santo Agostinho)**

A epiderme foliar da face adaxial de *S. secundatum* apresenta superfície irregular, com células grandes, arredondadas e papilosas. Apresenta tricomas tectores pluricelulares angulares, estômatos com célula subsidiária arredondada e dispostos entre as nervuras, em fileiras paralelas simples e, as vezes, duplas e separadas por células longas (Figura 13, A-F). O bordo foliar não apresenta fileira de tectores. A deposição das ceras sobre as células epidérmicas ocorre em forma dendrites ou flocos e plaquetas sobre toda a superfície foliar (BAKER, 1982).

A face abaxial apresentou estômatos com célula subsidiária triangular e pontiaguda, tricomas angulares e superfície mais lisa em relação à face adaxial, exceto para ambas as doses do trinexapac-ethyl, que promoveram superfície mais irregular ou rugosa. Assim, a aplicação das doses de trinexapac-ethyl alterou a morfologia das células da superfície foliar abaxial, deixando mais rugosa em relação à testemunha (Figuras 14 e 15).

### **6.3.4 *Zoysia japonica* (Grama Esmeralda)**

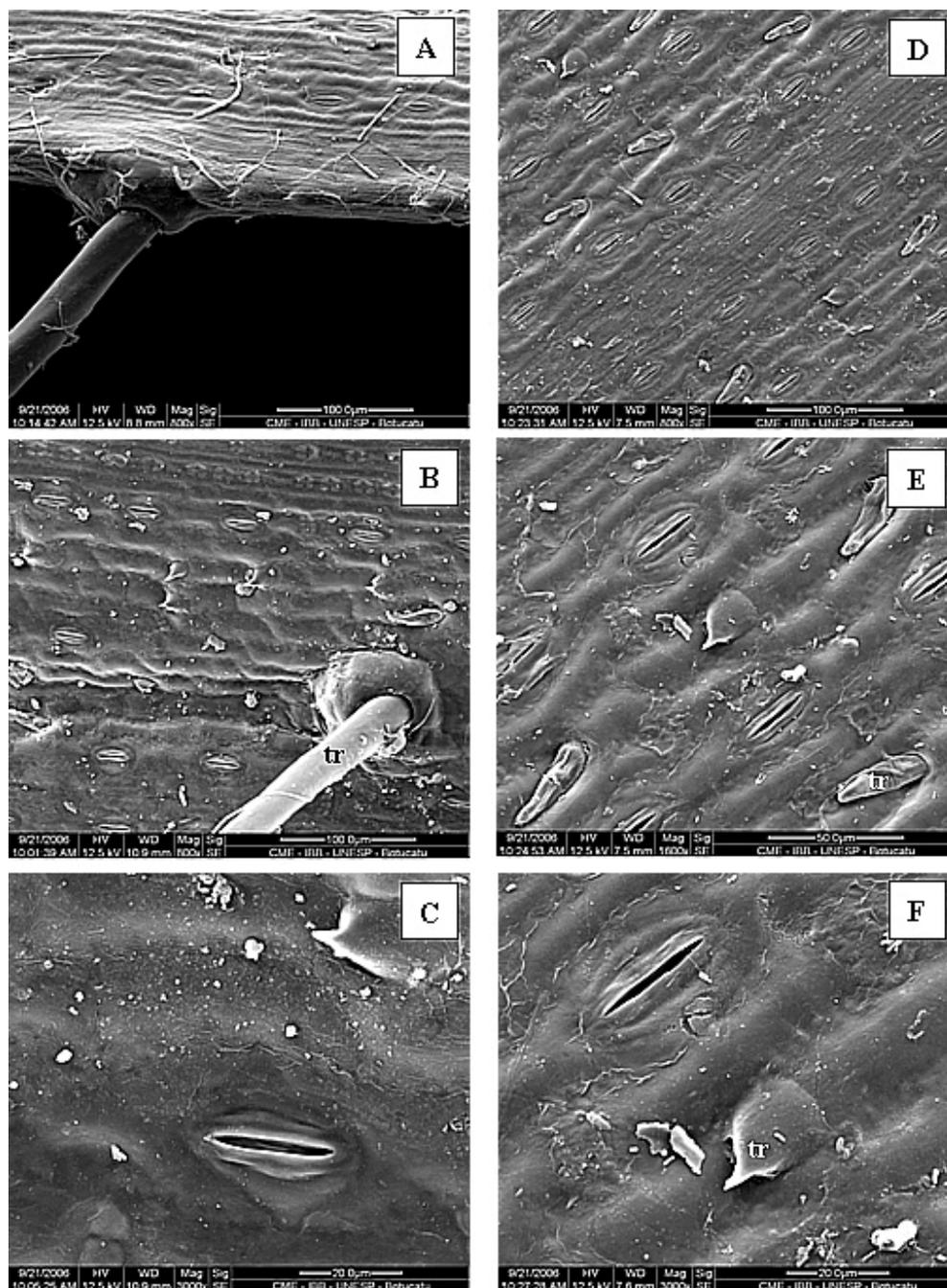
A epiderme foliar da face adaxial de *Z. japonica* apresenta superfície irregular, com presença de papilas. Apresenta tricomas tectores pluricelulares longos, curtos e tectores curtos com a terminação arredondada, estômatos com célula subsidiária alongada e dispostos entre as nervuras, em fileiras paralelas e separadas por células longas (Figura 16, A-F). No bordo foliar, ocorre fileira de tectores na forma de ganchos e a deposição das ceras sobre as células epidérmicas ocorre em forma de dendrites ou flocos e plaquetas sobre toda a superfície foliar (BAKER, 1982). Na face abaxial ocorrem tectores pontiagudos e arredondados, sendo a deposição das ceras sobre as células epidérmicas ocorre em forma de

uma fina camada contínua por toda a superfície foliar, apresentando superfície mais lisa em relação à face adaxial, em todos os tratamentos avaliados.

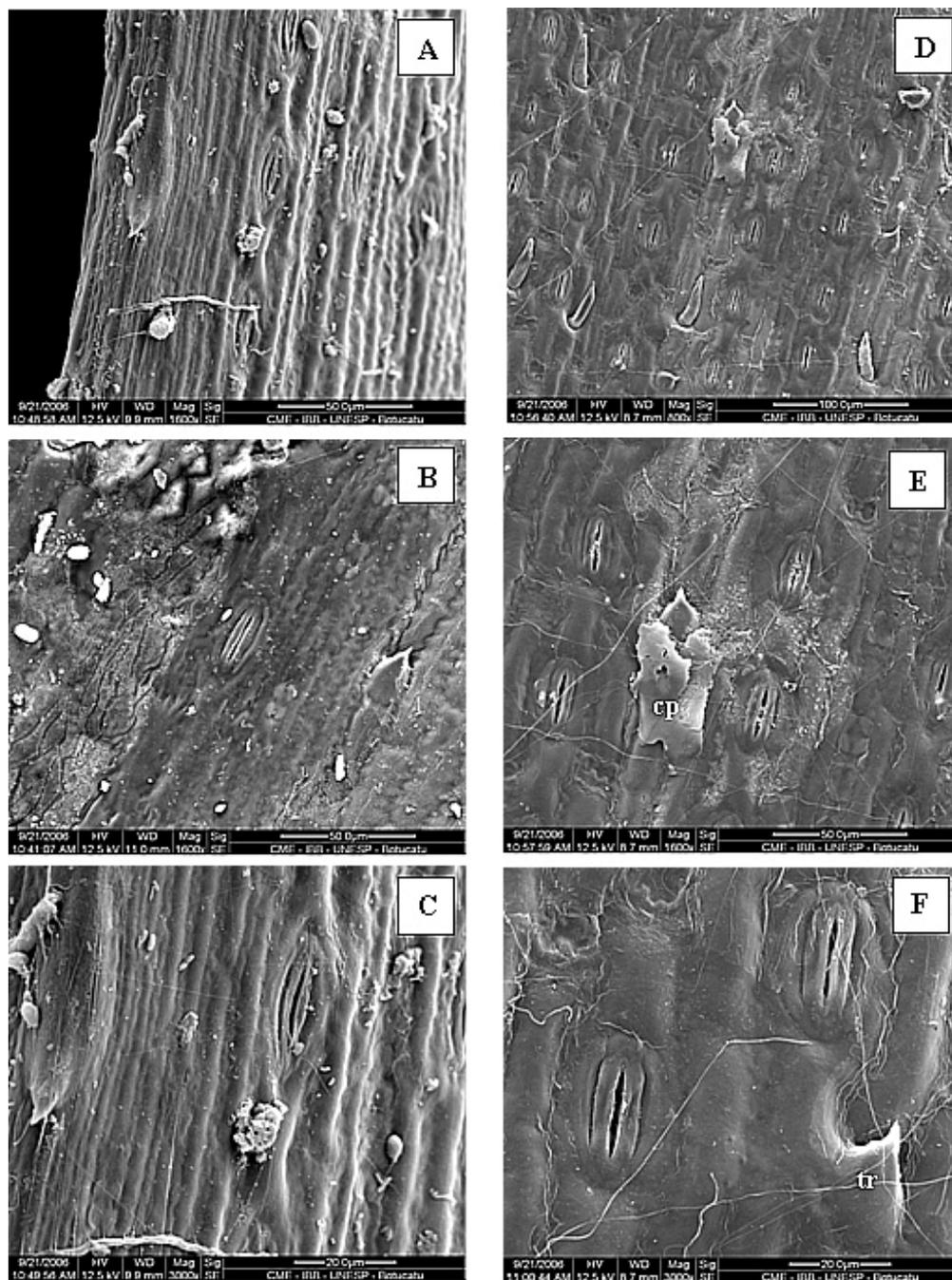
A aplicação das doses de trinexapac-ethyl não alterou a micromorfologia das células da superfície foliar adaxial e abaxial, quando se comparam as folhas submetidas à aplicação do regulador vegetal com as da testemunha (Figuras 17 e 18). Contudo, estudos mais apurados referentes à influência do regulador de crescimento sobre a composição e quantidade das ceras epicuticulares devem ser realizados, pois não existem trabalhos na literatura que comparam a composição e a quantidade das ceras entre espécies de gramas.

Em pulverizações agrícolas Bukovac e Petracek (1993) citam que a penetração foliar dos produtos começa quando a solução é retida pela superfície da planta. Esse é um processo contínuo, consistido de três etapas: sorção, difusão e desorção. A sorção consiste na distribuição do ingrediente ativo entre a solução aquosa da pulverização e a cutícula. O soluto é então difundido através da cutícula e, quando as moléculas atingem a interface da superfície cutícula/parede celular, elas são desorvidas da cutícula no apoplasto aquoso. Desta maneira, as ceras epicuticulares podem determinar a permeabilidade e a mobilidade dos produtos pulverizados sobre as superfícies da folha (SCHREIBER; SCHÖNHERR, 1992).

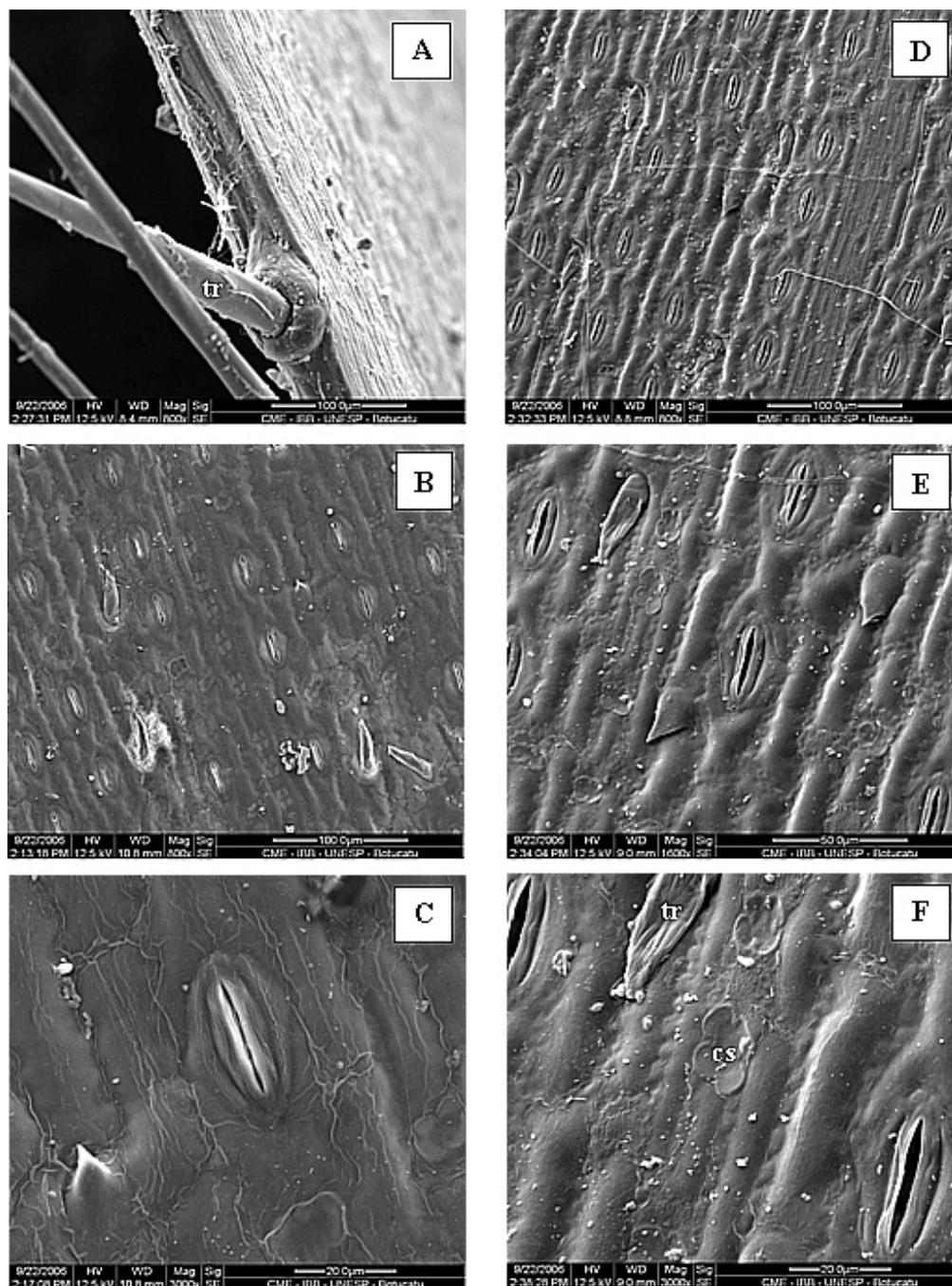
Segundo Rocha (2001), o acúmulo e o tipo de deposição das ceras epicuticulares podem ser responsáveis pela tolerância das plantas aos produtos pulverizados sobre as folhas como os herbicidas apresentando-se como barreira mais eficiente que os tricomas e estômatos para impedir a penetração dos herbicidas nas plantas.



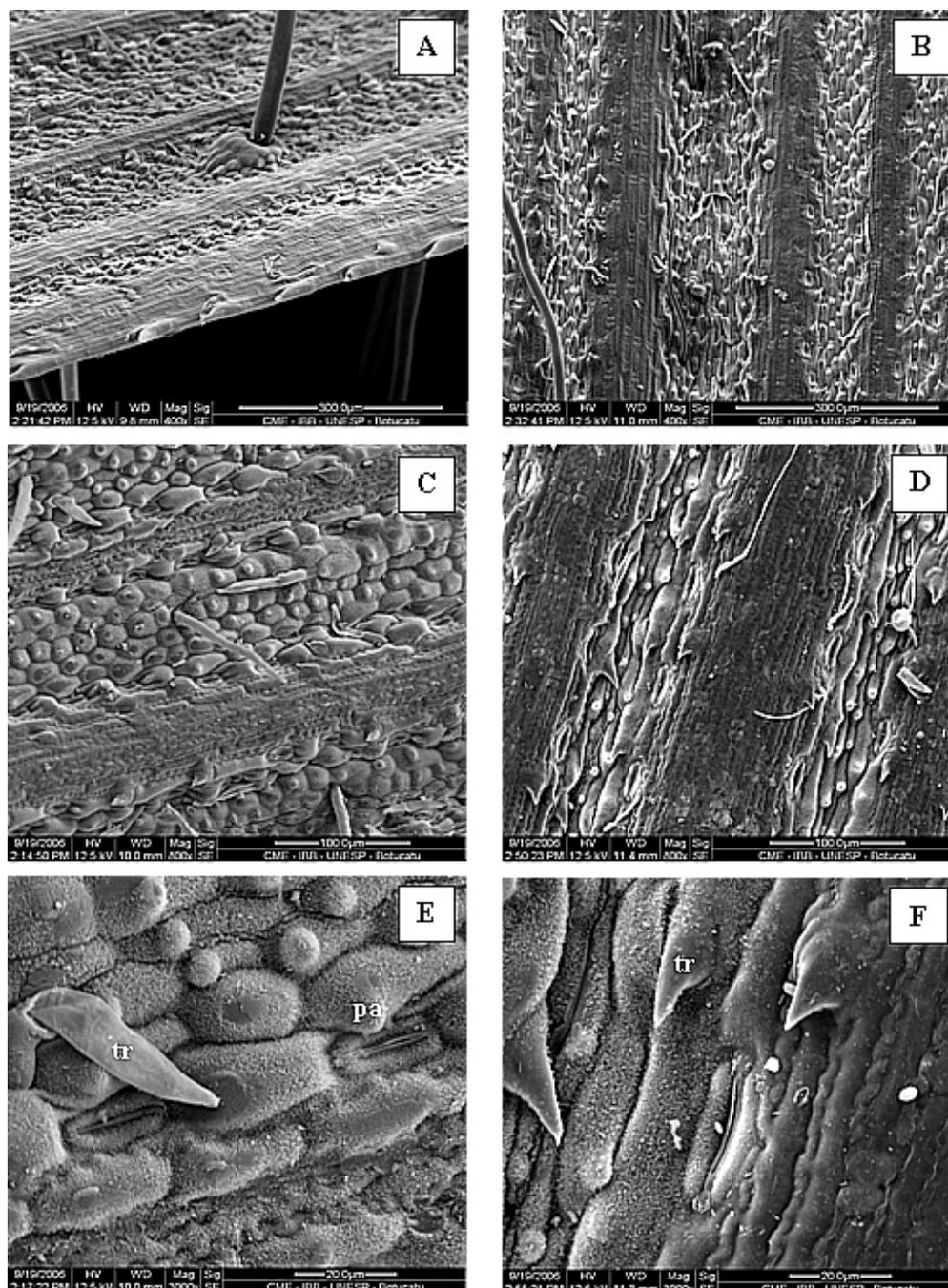
**Figura 7.** Superfície da folha da grama São Carlos (*Axonopus compressus*) sem aplicação de trinexapac-ethyl, aos 110 dias após a segunda aplicação. Face adaxial - A: Detalhe da margem. B: Epiderme com estômatos e tricoma longo. C: Detalhe do estômato e tricoma. Face abaxial - D: Detalhe geral da epiderme. E: Epiderme com estômatos e tricomas curtos. F: Detalhe do estômato recoberto por ceras epicuticulares, tricoma (tr) e ceras em camada contínua e em plaquetas.



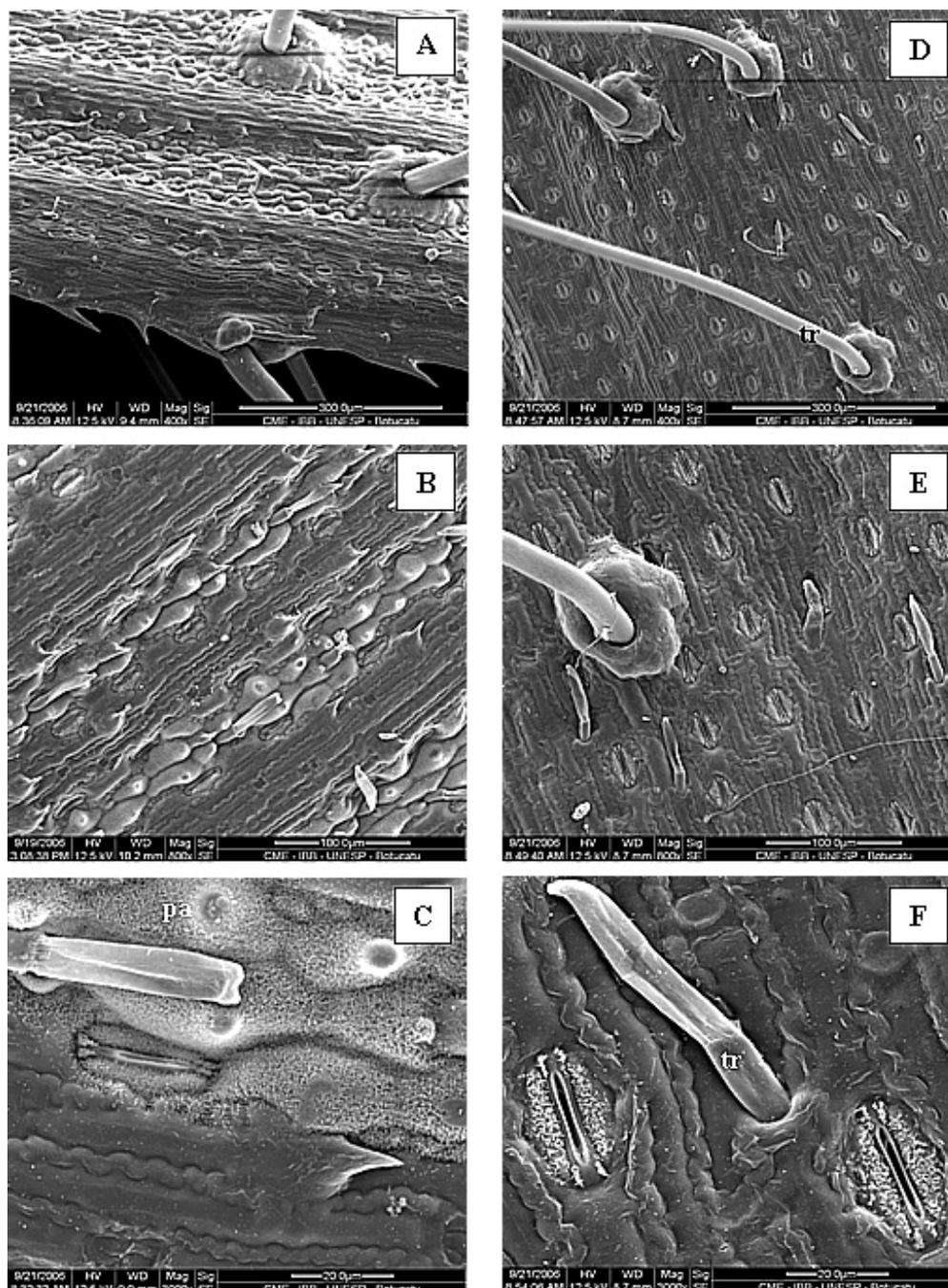
**Figura 8.** Superfície da folha da grama São Carlos (*Axonopus compressus*) com aplicação de  $56,5 \text{ g ha}^{-1}$  de trinexapac-ethyl, aos 110 dias após a segunda aplicação. Face adaxial - A: Detalhe da margem. B: Epiderme com estômatos e tricomas. C: Detalhe do estômato e tricoma. Face abaxial - D: Detalhe geral da epiderme. E: Epiderme com estômatos, tricomas e ceras em plaquetas (cp). F: Detalhe do estômato recoberto por ceras epicuticulares e do tricoma (tr).



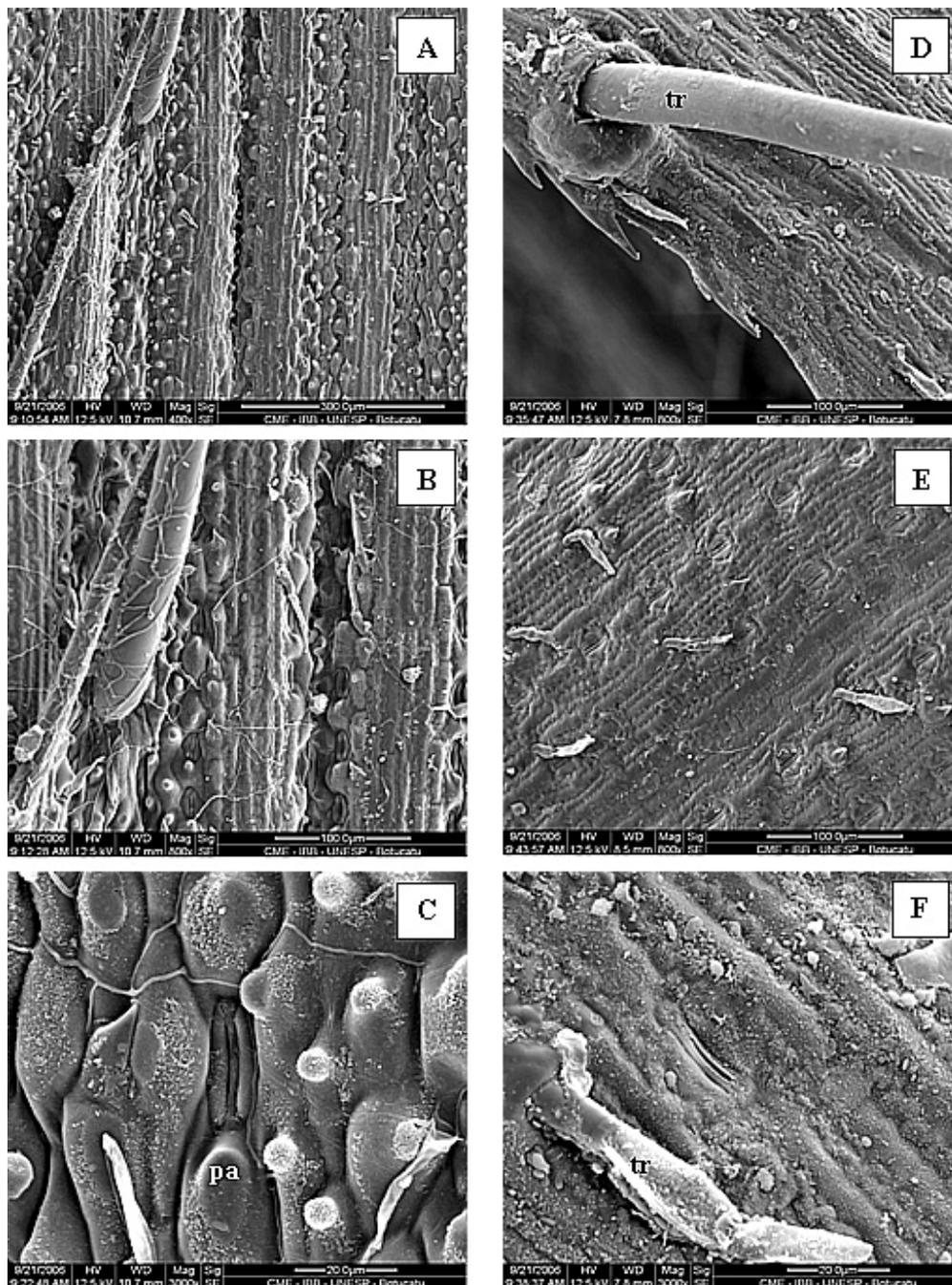
**Figura 9.** Superfície da folha da grama São Carlos (*Axonopus compressus*) com aplicação de  $113,0 \text{ g ha}^{-1}$  de trinexapac-ethyl, aos 110 dias após a segunda aplicação. Face adaxial - A: Detalhe da margem com tricoma longo (tr). B: Epiderme com estômatos e tricomas. C: Detalhe do estômato e tricoma. Face abaxial - D: Detalhe geral da epiderme. E: Epiderme com estômatos e tricomas. F: Detalhe do estômato, do tricoma curto (tr) e de célula cruciforme silicificada (cs).



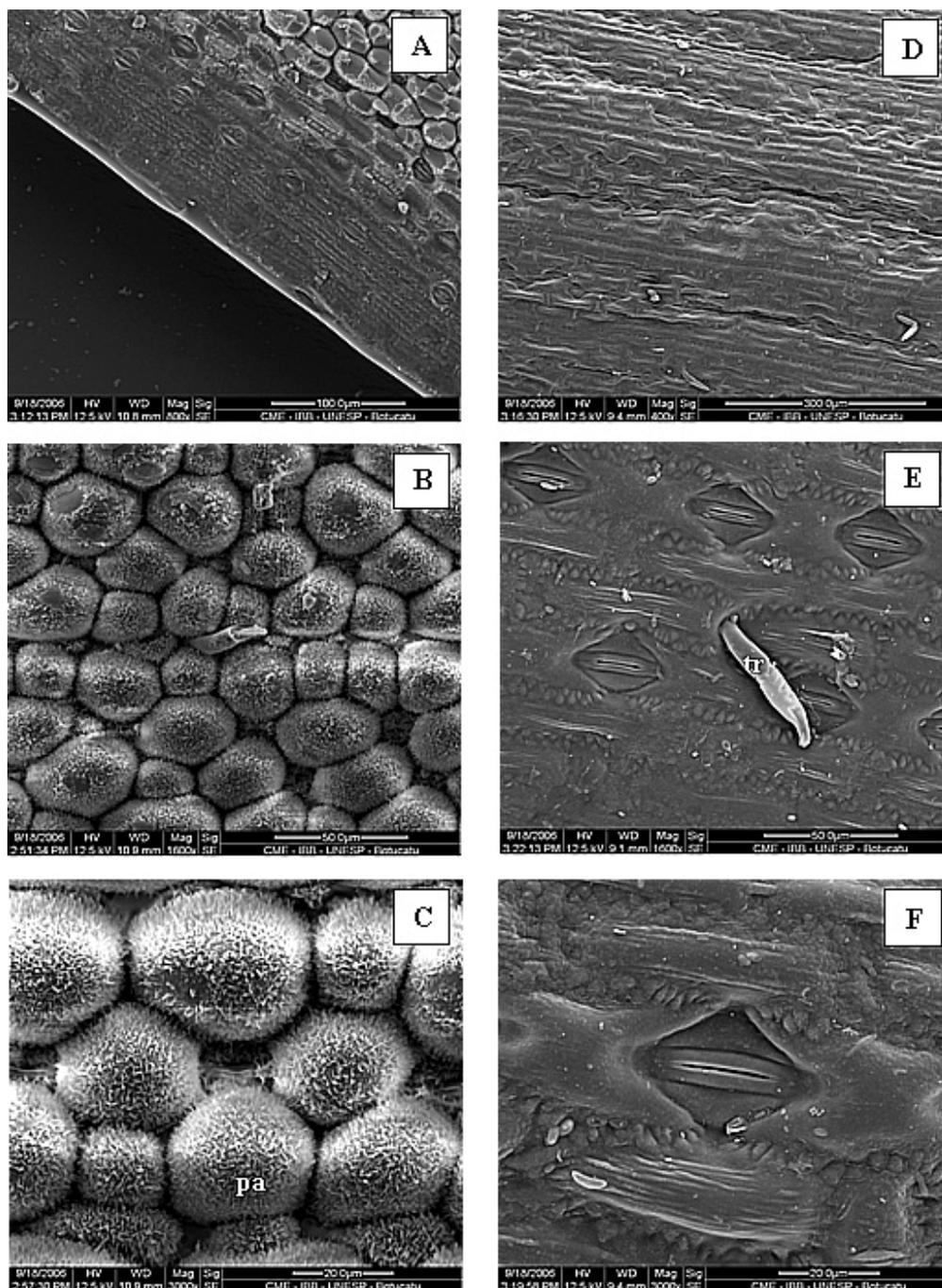
**Figura 10.** Superfície da folha da grama Batatais (*Paspalum notatum*) sem aplicação de trinexapac-ethyl, aos 110 dias após a segunda aplicação. Face adaxial - A: Detalhe da margem. B: Epiderme com estômatos e tricoma. C: Detalhe do estômato, tricoma e das ceras. Face abaxial - D: Detalhe geral da epiderme. E: Epiderme com estômatos, tricoma curto bicelular (tr), papilas (pa) e ceras em forma de dendrites ou flocos. F: Detalhe do estômato, do tricoma (tr).



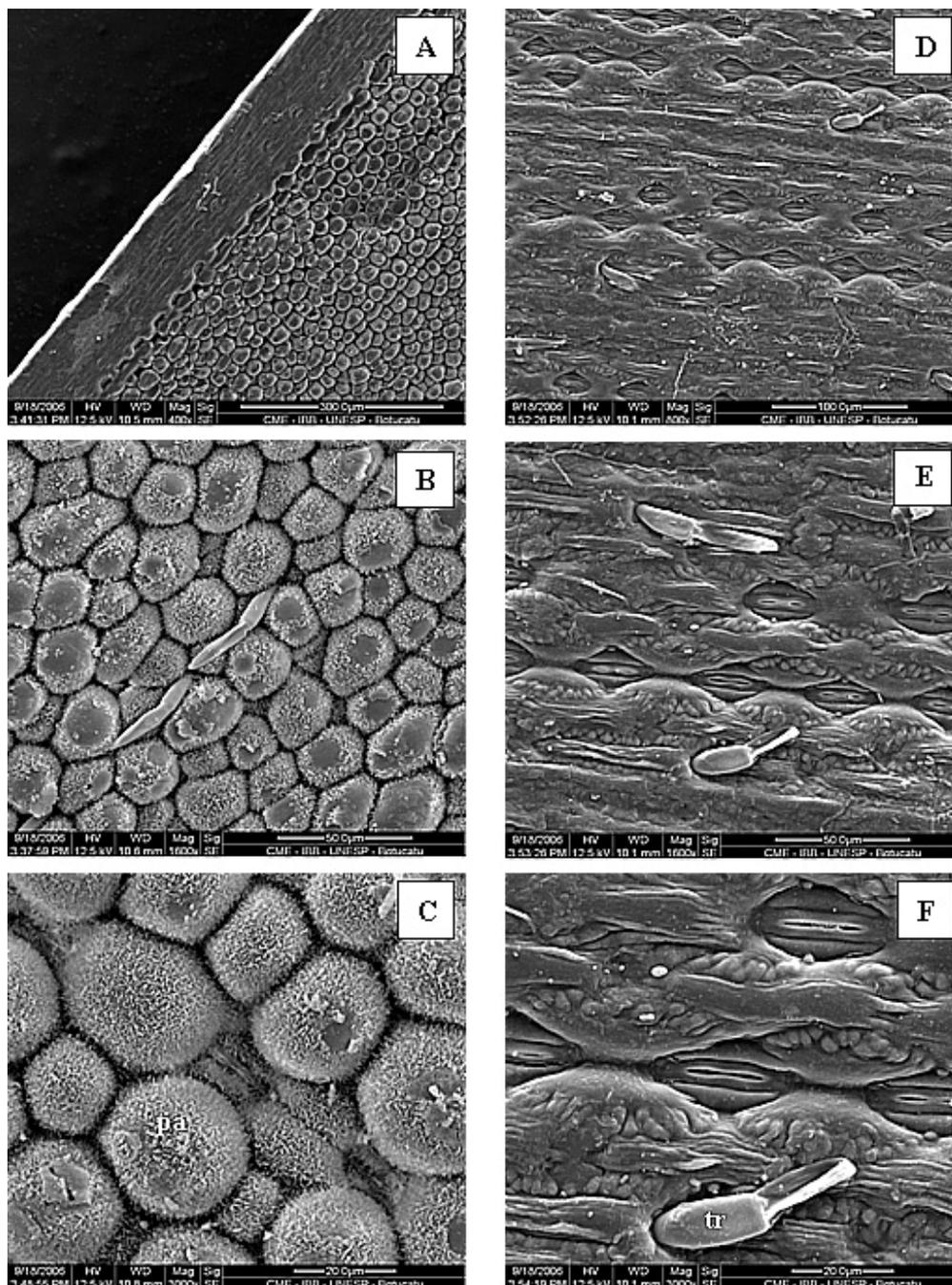
**Figura 11.** Superfície da folha da grama Batatais (*Paspalum notatum*) com aplicação de  $56,5 \text{ g ha}^{-1}$  de trinexapac-ethyl, aos 110 dias após a segunda aplicação. Face adaxial - A: Detalhe da margem. B: Epiderme com estômatos e tricoma. C: Detalhe do estômato, papila (pa), tricoma e das ceras em forma de dendrites ou flocos. Face abaxial - D: Detalhe geral da epiderme com tricomas longos (tr). E: Epiderme com estômatos e tricomas. F: Detalhe do estômato recoberto por ceras epicuticulares e tricoma curto bicelular (tr).



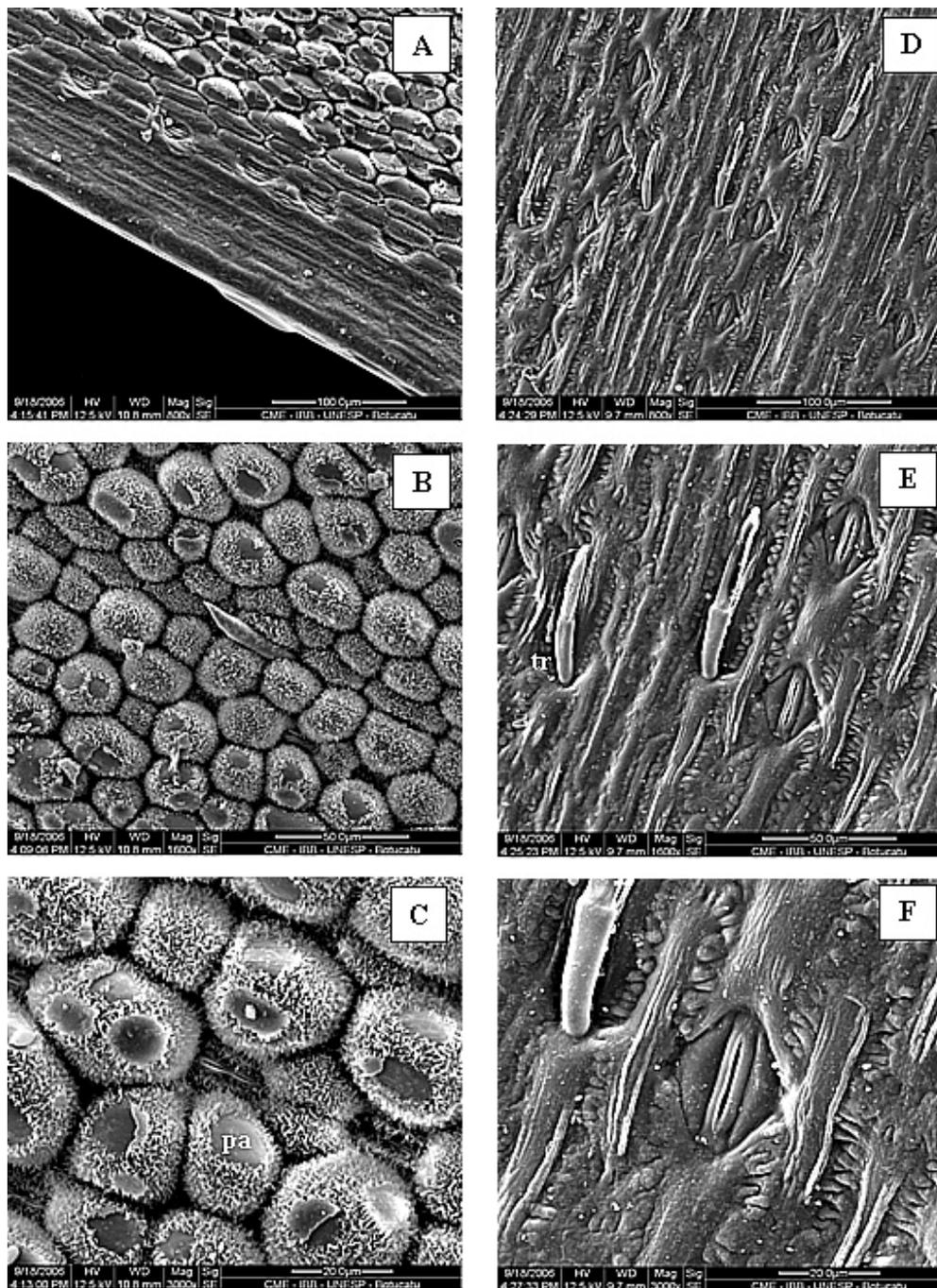
**Figura 12.** Superfície da folha da grama Batatais (*Paspalum notatum*) com aplicação de  $113,0 \text{ g ha}^{-1}$  de trinexapac-ethyl, aos 110 dias após a segunda aplicação. Face adaxial - A: Detalhe geral da epiderme. B: Epiderme com estômatos e tricoma. C: Detalhe do estômato, papilas (pa) e das ceras em forma de dendrites ou flocos. Face abaxial - D: Detalhe da margem com tricoma longo (tr). E: Epiderme com estômatos e tricomas. F: Detalhe do estômato, tricoma curto bicelular (tr) e das ceras epicuticulares.



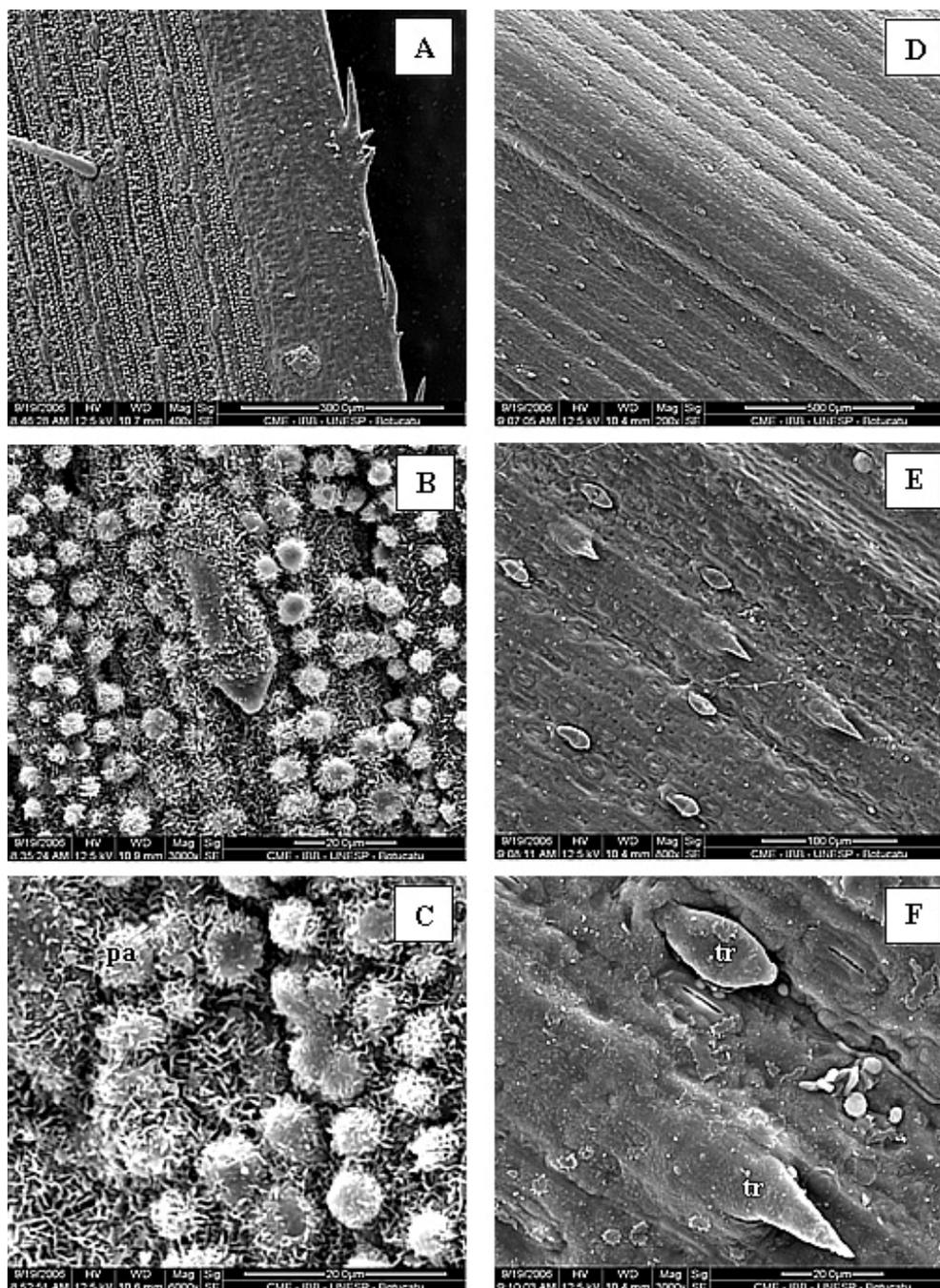
**Figura 13.** Superfície da folha da grama Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum*) sem aplicação de trinexapac-ethyl, aos 110 dias após a segunda aplicação. Face adaxial - A: Detalhe da margem. B: Epiderme com estômatos e tricomas. C: Detalhe do estômato, das papilas (pa) e das ceras em forma de dendrites ou flocos. Face abaxial - D: Detalhe geral da epiderme. E: Epiderme com estômatos e tricoma curto bicelular (tr). F: Detalhe do estômato.



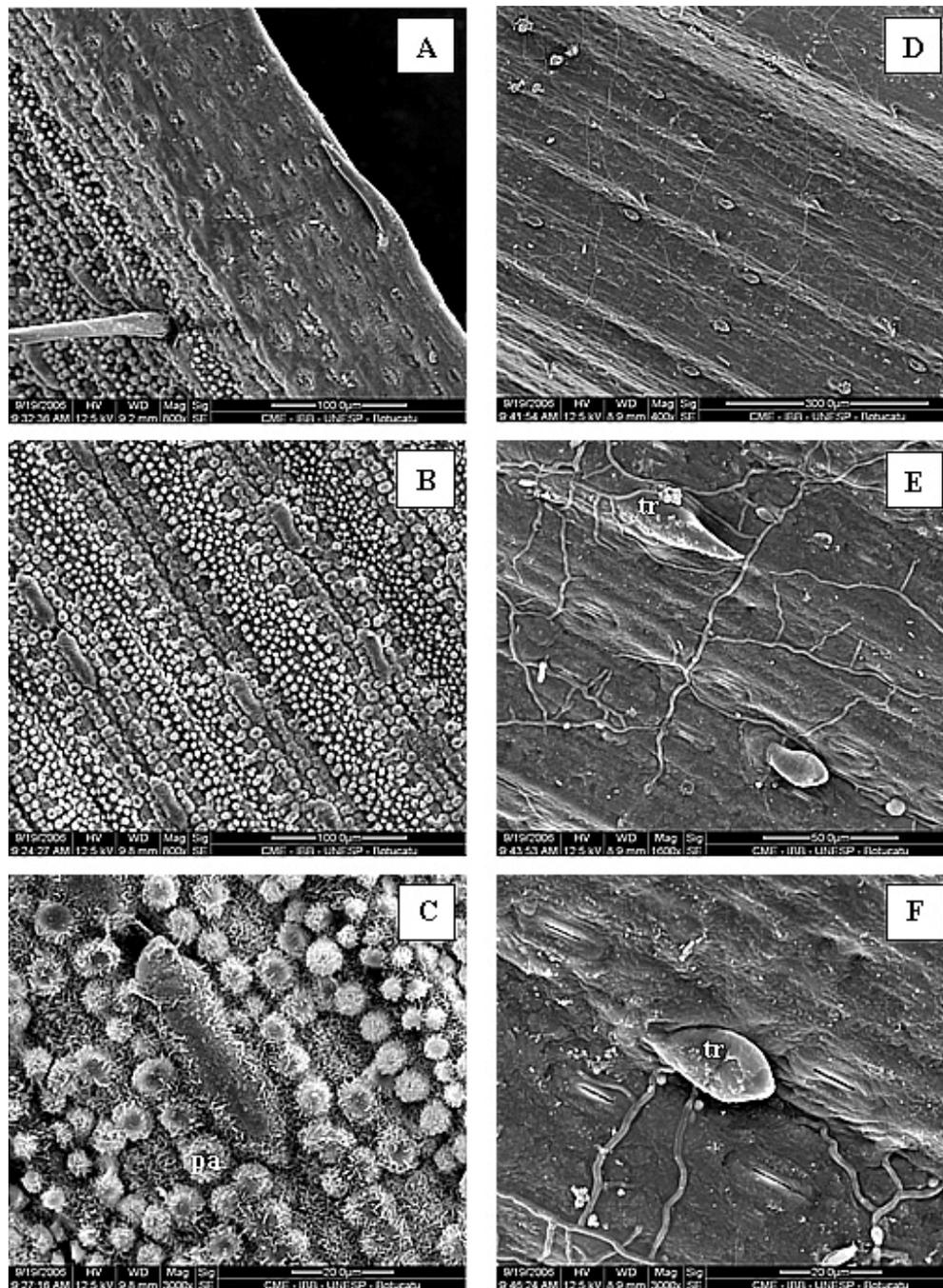
**Figura 14.** Superfície da folha da grama Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum*) com aplicação de  $56,5 \text{ g ha}^{-1}$  de trinexapac-ethyl, aos 110 dias após a segunda aplicação. Face adaxial - A: Detalhe da margem. B: Epiderme com estômatos, tricomas e ceras epicuticulares. C: Detalhe do estômato e das ceras em forma de dendrites e plaquetas. Face abaxial - D: Detalhe geral da epiderme e papilas (pa). E: Epiderme com estômatos e tricomas. F: Detalhe do estômato e tricoma curto bicelular (tr).



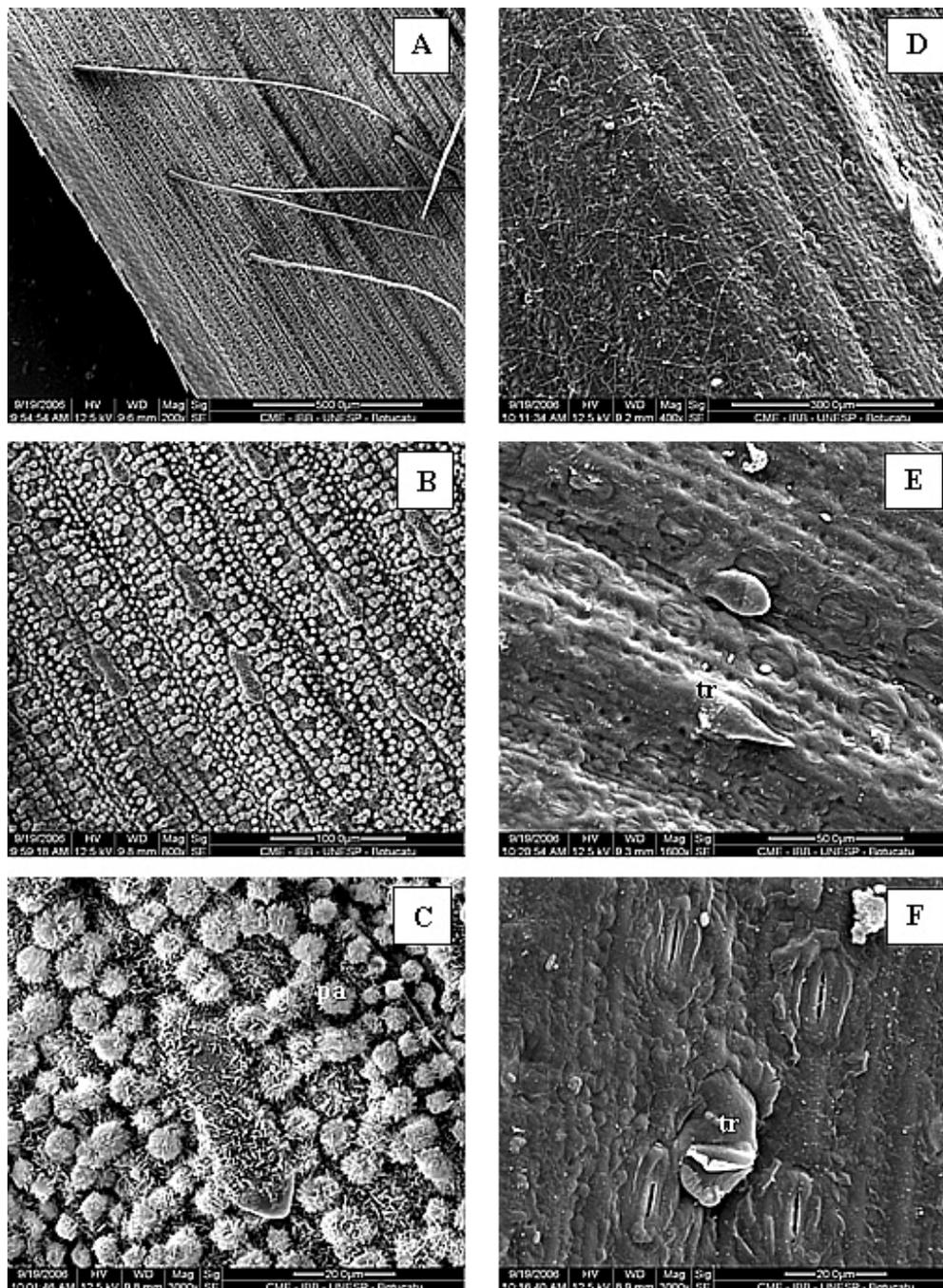
**Figura 15.** Superfície da folha da grama Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum*) com aplicação de  $113,0 \text{ g ha}^{-1}$  de trinexapac-ethyl, aos 110 dias após a segunda aplicação. Face adaxial - A: Detalhe da margem. B: Epiderme com estômatos, tricoma e ceras epicuticulares. C: Detalhe do estômato, papilas (pa) e das ceras em forma de dendrites e plaquetas. Face abaxial - D: Detalhe geral da epiderme. E: Epiderme com estômatos e tricoma curto bicelular (tr). F: Detalhe do estômato e tricoma.



**Figura 16.** Superfície da folha da grama Esmeralda (*Zoysia japonica*) sem aplicação de trinexapac-ethyl, aos 110 dias após a segunda aplicação. Face adaxial - A: Detalhe da margem. B: Epiderme com estômatos, tricoma e ceras epicuticulares. C: Detalhe do estômato, papilas (pa) e das ceras em forma de dendrites ou flocos. Face abaxial - D: Detalhe geral da epiderme. E: Epiderme com estômatos e tricomas. F: Detalhe do estômato, tricoma curtos e arredondados (tr).



**Figura 17.** Superfície da folha da grama Esmeralda (*Zoysia japonica*) com aplicação de  $56,5 \text{ g ha}^{-1}$  de trinexapac-ethyl, aos 110 dias após a segunda aplicação. Face adaxial - A: Detalhe da margem. B: Epiderme com estômatos e tricoma. C: Detalhe do estômato, papilas (pa) e das ceras epicuticulares em forma de dendrites ou flocos. Face abaxial - D: Detalhe geral da epiderme. E: Epiderme com estômatos e tricoma curto (tr). F: Detalhe do estômato, tricoma curto arredondado (tr).



**Figura 18.** Superfície da folha da grama Esmeralda (*Zoysia japonica*) com aplicação de  $113,0 \text{ g ha}^{-1}$  de trinexapac-ethyl, aos 110 dias após a segunda aplicação. Face adaxial - A: Detalhe da margem. B: Epiderme com estômatos e tricoma. C: Detalhe do estômato, papilas (pa) e das ceras epicuticulares em forma de dendrites ou flocos. Face abaxial - D: Detalhe geral da epiderme. E: Epiderme com estômatos e tricoma curto (tr). F: Detalhe do estômato, tricoma curto arredondado (tr) e ceras em camada contínua.

## 6.4 Caracteres quantitativos da morfologia da planta

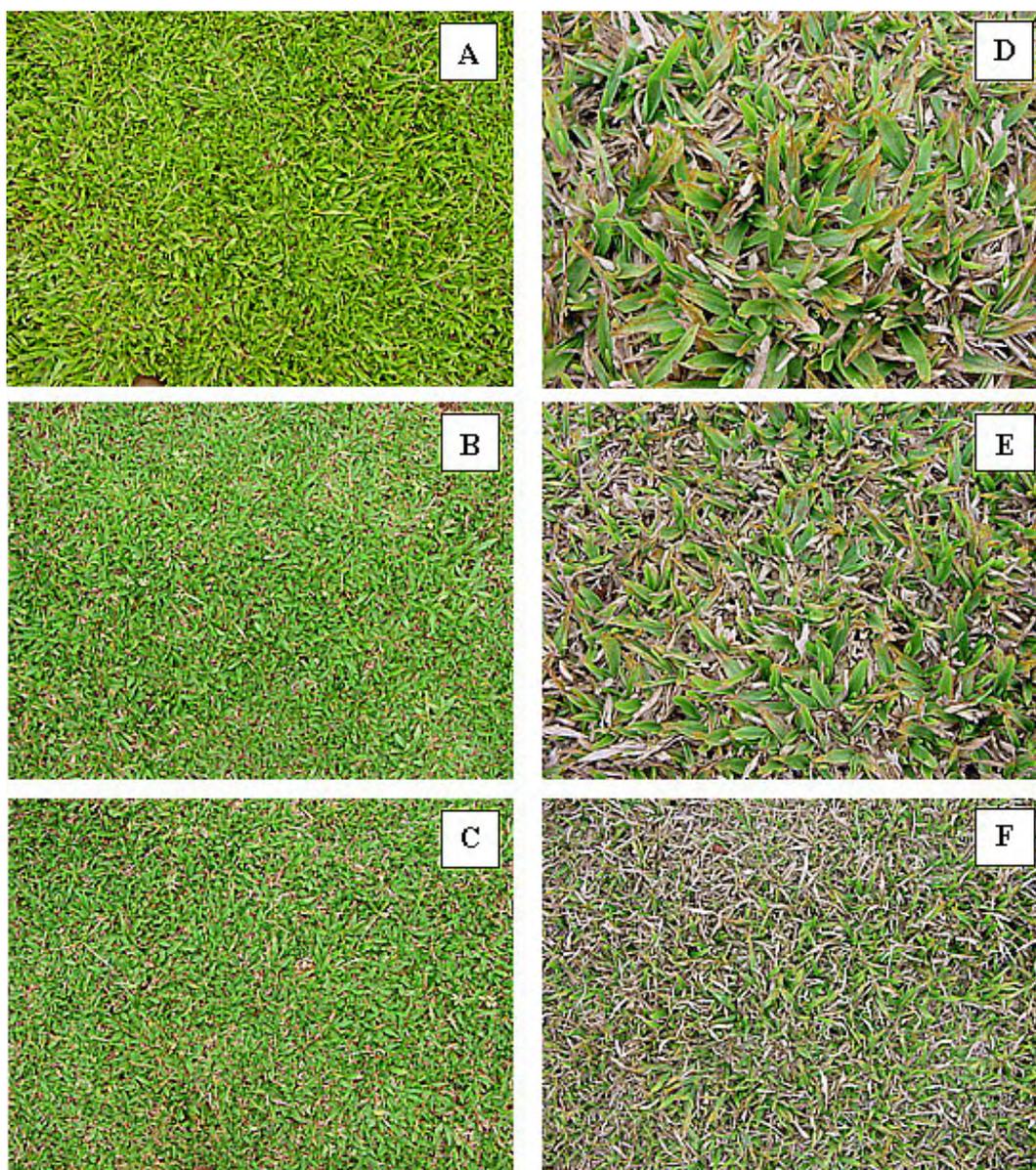
As Figuras de 19 a 22 destacam o aspecto visual dos gramados, aos 30 e aos 110 dias após a segunda aplicação das diferentes doses de trinexapac-ethyl. Pode-se verificar que a aplicação do regulador vegetal trinexapac-ethyl contribuiu para a melhoria da qualidade visual de todas as espécies de gramas avaliadas, até o período de início de emissão de inflorescência, bem como o da senescência das folhas, que coincidiu entre os 14 e 28 dias após a segunda aplicação, corroborando com os resultados obtidos por vários autores (NELSON, et al., 1977; BUSH et al. 1998; FREITAS et al., 2002). Contudo, a senescência das folhas, bem como a emissão de inflorescência influenciaram principalmente na qualidade das gramas *A. compressus* e *P. notatum*, independente da dose de trinexapac-ethyl, a partir dos 30 dias após a segunda aplicação do regulador vegetal (Figura 19 e 20), sendo assim, necessária a realização de uma roçada para a manutenção da qualidade visual dos gramados.

O trinexapac-ethyl é um novo regulador vegetal que está sendo avaliado para o manejo de gramados, contudo, possui baixa eficiência na supressão das inflorescências (JOHNSON, 1994). Este fato pode ser explicado devido ao trinexapac-ethyl pertencer aos reguladores do Tipo II, que interferem na biossíntese de giberelina e na redução da elongação celular e não na divisão celular, a exemplo dos reguladores do Tipo I como amidochlor, mefluidide e hidrazida maleica (DAVIS; CURRY, 1991 apud VELINI, 2003).

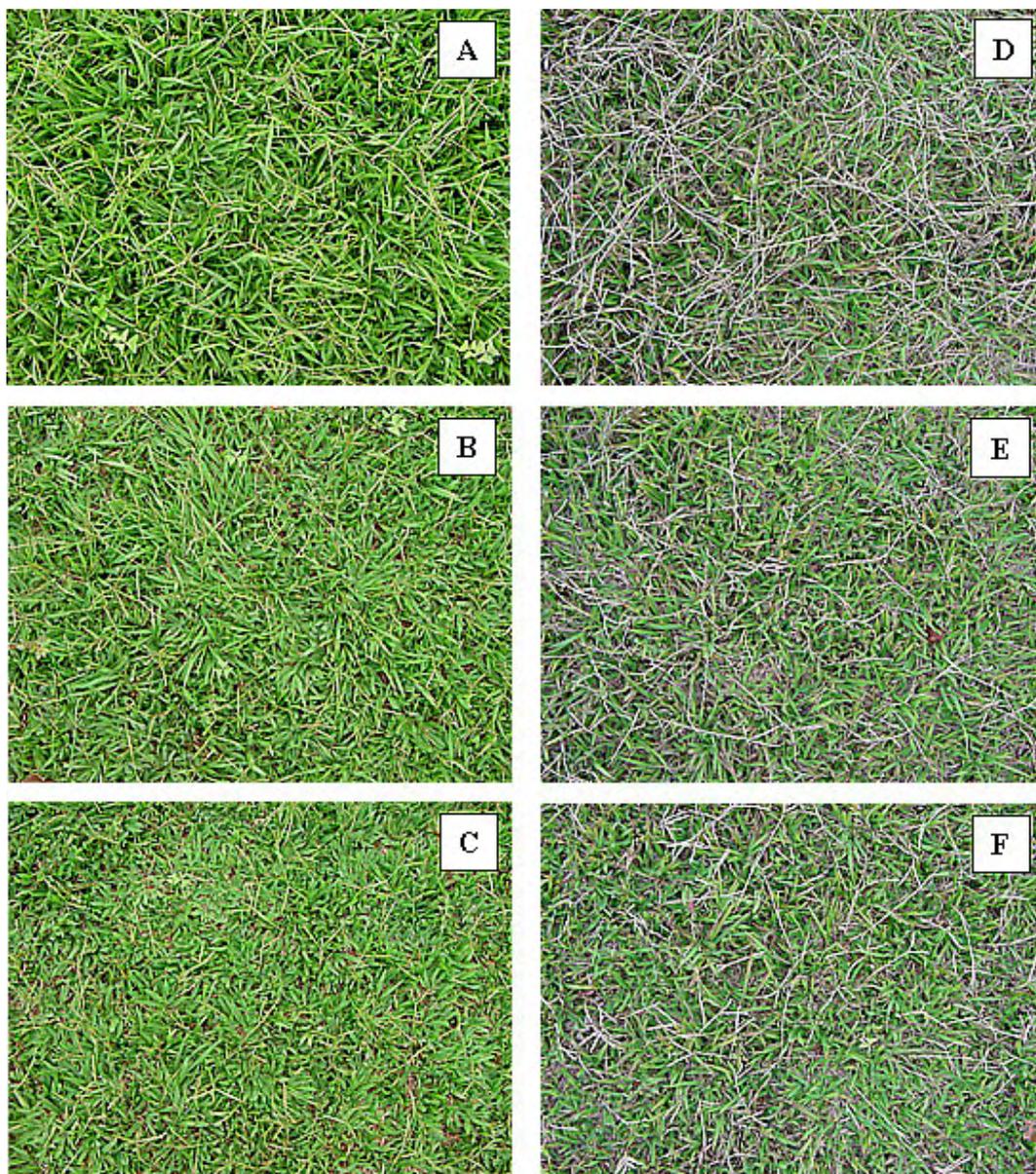
O número de inflorescência não apresentou diferenças estatísticas para as espécies avaliadas; no entanto, a aplicação do regulador de crescimento demonstrou tendência para promover reduções dessa variável acima de 15% nos gramados, exceto para a grama *S. secundatum* que apresentou redução inferior a 8%, independente da dose utilizada (Tabela 4 e Figura 23-B).

Segundo Bush et al. (1998), a dose de 0,48 kg ha<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl, reduziu a emissão de inflorescência em *Axonopus affinis* pelo período de seis semanas, em 29%. A aplicação de trinexapac-ethyl na dose de 0,287 kg ha<sup>-1</sup> para a grama *Poa pratensis* e de 0,382 kg ha<sup>-1</sup> para *Lolium perene*, proporcionou reduções na emissão de inflorescência em ambas as espécies de 43 e 57%, respectivamente, tendo seus efeitos dissipados após 4 semanas da aplicação (FAGERNESS; PENNER, 1998b).

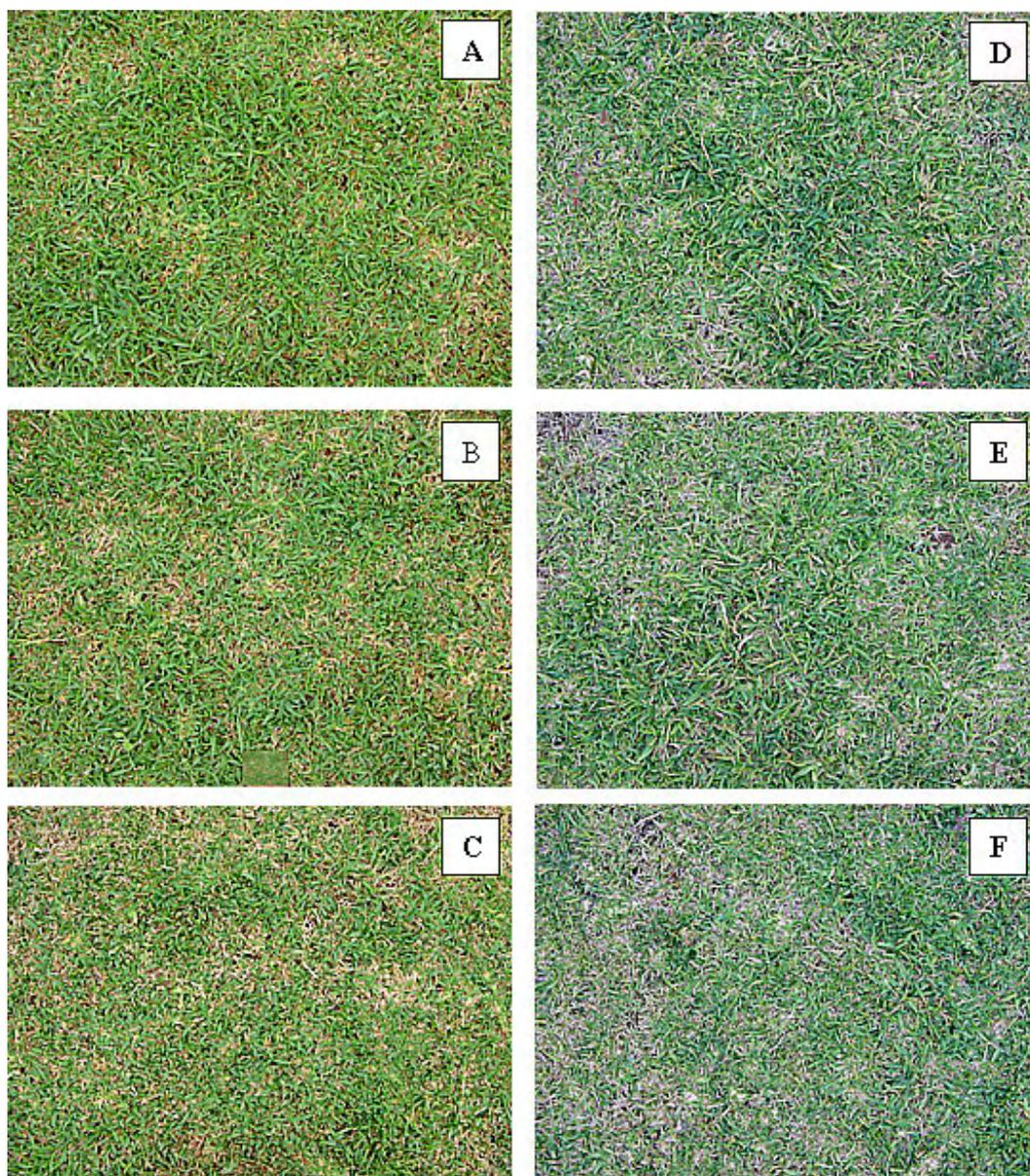
Com relação ao comprimento da inflorescência não houve diferença estatística apenas para *Z. japonica* (Tabela 5). As espécies *S. secundatum*, *P. notatum* e *Z. japonica* apresentaram diminuição do comprimento da inflorescência acima de 40% em relação à testemunha não aplicada. Na grama *A. compressus* foi observado reduções inferiores a 25% do comprimento da inflorescência para ambas as doses de trinexapac-ethyl (Figura 23-A).



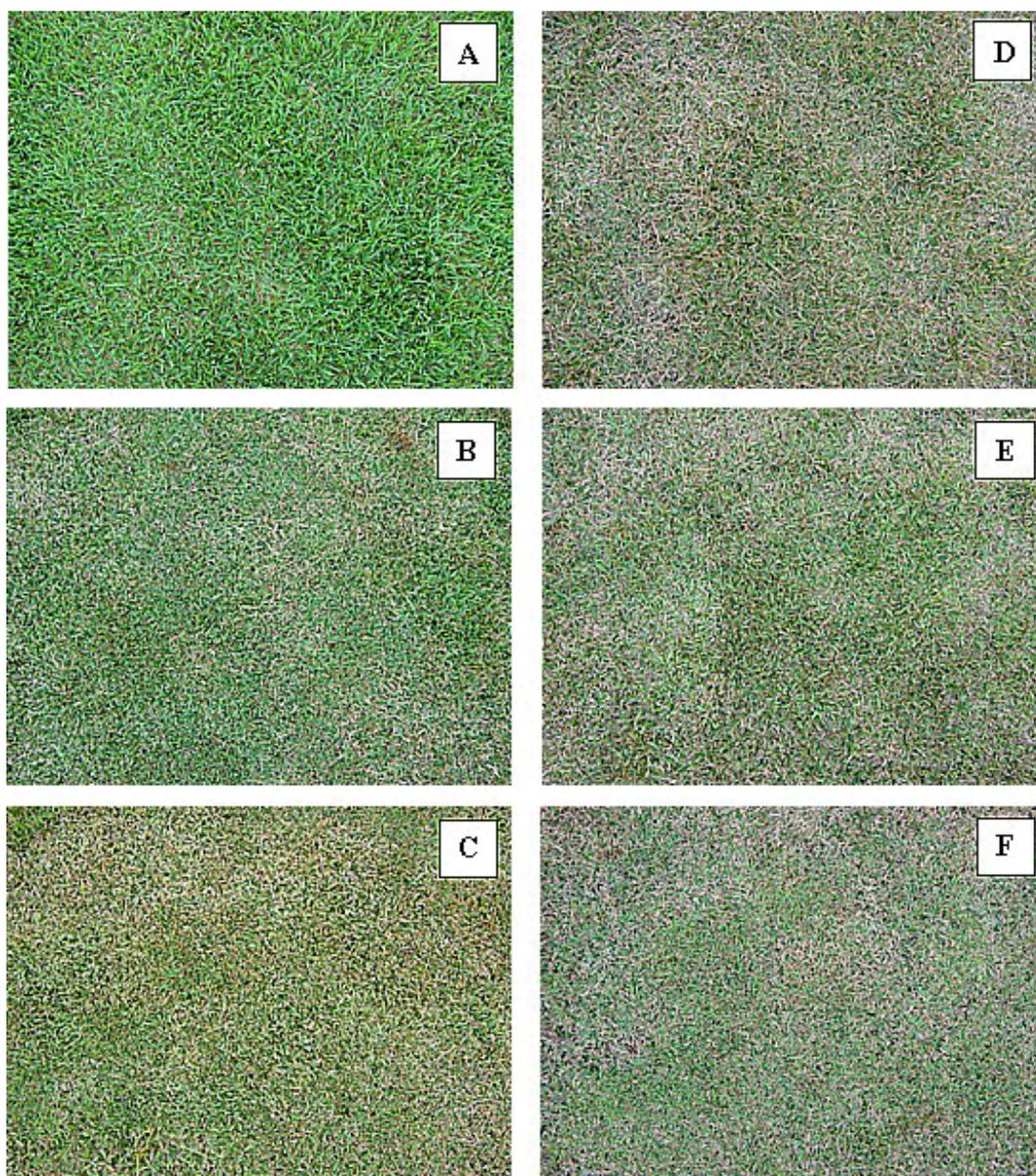
**Figura 19.** Efeitos dos tratamentos de trinexapac-ethyl na grama São Carlos (*Axonopus compressus*) após a segunda aplicação. Botucatu/SP – 2006. A: Testemunha sem aplicação (30 DAA). B: 56,5 g ha<sup>-1</sup> (30 DAA). C: 113,0 g ha<sup>-1</sup> (30DAA). D: Testemunha sem aplicação (110 DAA). E: 56,5 g ha<sup>-1</sup> (110DAA). F: 113,0 g ha<sup>-1</sup> (110DAA).



**Figura 20.** Efeitos dos tratamentos de trinexapac-ethyl na grama Batatais (*Paspalum notatum*) após a segunda aplicação. Botucatu/SP – 2006. A: Testemunha sem aplicação (30DAA). B: 56,5g ha<sup>-1</sup> (30 DAA). C: 113,0g ha<sup>-1</sup> (30 DAA). D: Testemunha sem aplicação (110DAA). E: 56,5g ha<sup>-1</sup> (110DAA). F: 113,0g ha<sup>-1</sup> (110DAA).



**Figura 21.** Efeitos dos tratamentos de trinexapac-ethyl na grama Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum*) após a segunda aplicação. Botucatu/SP – 2006. A: Testemunha sem aplicação (30 DAA). B: 56,5 g ha<sup>-1</sup> (30 DAA). C: 113,0 g ha<sup>-1</sup> (30 DAA). D: Testemunha sem aplicação (110 DAA). E: 56,5 g ha<sup>-1</sup> (110 DAA). F: 113,0 g ha<sup>-1</sup> (110 DAA).



**Figura 22.** Efeitos dos tratamentos de trinexapac-ethyl na grama Esmeralda (*Zoysia japonica*) após a segunda aplicação. Botucatu/SP – 2006. A: Testemunha sem aplicação (30 DAA). B: 56,5 g ha<sup>-1</sup> (30 DAA). C: 113,0 g ha<sup>-1</sup> (30 DAA). D: Testemunha sem aplicação (110 DAA). E: 56,5 g ha<sup>-1</sup> (110 DAA). F: 113,0 g ha<sup>-1</sup> (110 DAA).

**Tabela 5.** Valores médios de quatro caracteres quantitativos da morfologia das plantas de quatro espécies de gramas, após a aplicação de trinexapac-ethyl. Botucatu/SP – 2006.

<i>Axonopus compressus</i>							
Nº	Caracteres	Testemunha	56,5 g ha <sup>-1</sup>	113,0 g ha <sup>-1</sup>	F <sub>(Tratamentos)</sub>	D.M.S.	C.V. (%)
1.	Número de inflorescência (n m <sup>-2</sup> ) <sup>1,2</sup>	141,00	115,00	97,00	0,955 <sup>ns</sup>	2,164	23,50
2.	Comprimento da inflorescência (cm) <sup>1</sup>	9,88 a	7,88 b	7,50 b	6,306*	2,019	13,59
3.	Altura da planta (cm) <sup>3</sup>	6,50 a	4,00 b	3,88 b	54,600**	0,645	7,58
4.	Massa seca (kg ha <sup>-1</sup> ) <sup>3</sup>	611,25 a	386,25 ab	233,75 b	5,300*	285,45	40,20
<i>Paspalum notatum</i>							
Nº	Caracteres	Testemunha	56,5 g ha <sup>-1</sup>	113,0 g ha <sup>-1</sup>	F <sub>(Tratamentos)</sub>	D.M.S.	C.V. (%)
1.	Número de inflorescência (n m <sup>-2</sup> ) <sup>1,2</sup>	340,00	286,00	243,00	3,089 <sup>ns</sup>	1,454	9,91
2.	Comprimento da inflorescência (cm) <sup>2</sup>	23,38 a	12,25 b	7,25 c	140,493**	2,430	9,80
3.	Altura da planta (cm) <sup>3</sup>	15,00 a	10,75 a	5,88 b	13,090**	4,306	23,52
4.	Massa seca (kg ha <sup>-1</sup> ) <sup>3</sup>	2136,25 a	1101,25 b	668,75 b	13,980**	714,74	31,73
<i>Stenotaphrum secundatum</i>							
Nº	Caracteres	Testemunha	56,5 g ha <sup>-1</sup>	113,0 g ha <sup>-1</sup>	F <sub>(Tratamentos)</sub>	D.M.S.	C.V. (%)
1.	Número de inflorescência (n m <sup>-2</sup> ) <sup>1,2</sup>	26,00	25,00	24,00	0,277 <sup>ns</sup>	1,040	24,44
2.	Comprimento da inflorescência (cm) <sup>1</sup>	11,25 a	3,50 b	5,00 ab	5,016*	6,351	55,75
3.	Altura da planta (cm) <sup>3</sup>	5,25 a	3,75 b	3,25 b	23,400**	0,645	8,77
4.	Massa seca (kg ha <sup>-1</sup> ) <sup>3</sup>	453,75	263,75	253,75	4,389 <sup>ns</sup>	186,2	33,23
<i>Zoysia japonica</i>							
Nº	Caracteres	Testemunha	56,5 g ha <sup>-1</sup>	113,0 g ha <sup>-1</sup>	F <sub>(Tratamentos)</sub>	D.M.S.	C.V. (%)
1.	Número de inflorescência (n m <sup>-2</sup> ) <sup>1,2</sup>	38,00	26,00	12,00	3,516 <sup>ns</sup>	1,251	29,12
2.	Comprimento da inflorescência (cm) <sup>1</sup>	6,25	3,75	2,38	3,500 <sup>ns</sup>	3,738	49,85
3.	Altura da planta (cm) <sup>3</sup>	7,88 a	4,00 b	3,50 c	100,500**	0,816	8,84
4.	Massa seca (kg ha <sup>-1</sup> ) <sup>3</sup>	1921,25 a	656,25 b	646,25 b	15,747**	639,44	34,39

<sup>1</sup> avaliação realizada aos 28 dias após a segunda aplicação do regulador de crescimento.

<sup>2</sup> dados originais transformados em  $\sqrt{x + 0,5}$ .

<sup>3</sup> avaliação realizada aos 110 dias após a segunda aplicação do regulador de crescimento.

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste “LSD”.

- \*\* significativo a 1% de probabilidade;
- \* significativo a 5% de probabilidade;
- <sup>ns</sup> não significativo.

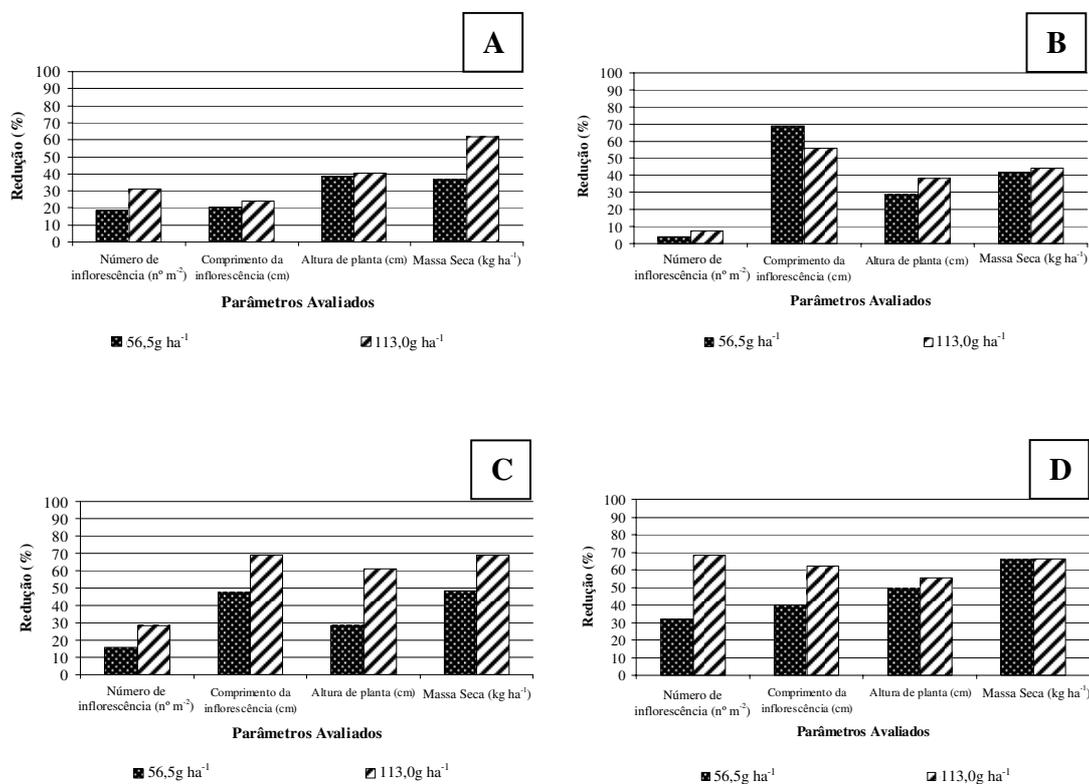
A altura da planta apresentou diferença estatística para as quatro espécies de gramas, evidenciando reduções de 38,5-40,3%; 28,6-38,1%; 28,3-60,8% e 49,2-55,6% para as doses de 56,5 e 113,0 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl aplicadas nas espécies *A. compressus*, *S. secundatum*, *P. notatum* e *Z. japonica*, respectivamente (Tabela 5 e Figura 23). As reduções da altura da planta verificadas para *Z. japonica* corroboram com os dados obtidos

por Ervin et al. (2002), que relataram à aplicação de trinexapac-ethyl em *Z. japonica* como uma efetiva prática de manejo em áreas de baixa condição de luminosidade.

Shearman e Beard (1975) citam que a altura de corte do gramado a 3,8 cm por quatro semanas pode reduzir significativamente a tolerância do gramado ao pisoteio quando comparado com a altura de corte de 5 cm. Feldhake et al. (1983) observaram aumento de 15% no uso da água de irrigação por *Poa pratensis* mantida a altura de 5 cm comparada à altura de 2 cm. Shearman e Beard (1973) citam que *Agrostis palustris* utilizou 50% mais água quando mantida a altura de 2,5 cm em comparação com a altura de 0,7 cm. Green et al. (1990) relataram que a aplicação dos reguladores vegetal flurprimidol e mefluidide sobre *S. secundatum* pode promover significativa redução na evapotranspiração e da superfície foliar na ordem de 18 e 83%, respectivamente, proporcionando ao gramado, maior resistência ao déficit hídrico.

Desta forma, estudos referentes ao efeito da aplicação de trinexapac-ethyl à tolerância ao pisoteio, bem como à eficiência de utilização da água de irrigação, por diferentes espécies de grama em condições de clima tropical, são bastante escassos no Brasil, destacando-se a importância da realização de mais estudos nesta área.

Os dados obtidos da massa seca evidenciaram as maiores reduções para *P. notatum* e *Z. japonica*, com valores de 48,5-68,7% e 65,8-66,4% para as doses de 56,5 e 113,0 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl, respectivamente em relação à testemunha. Da mesma forma, *A. compressus* apresentou reduções da massa seca de 36,8 e 61,8% para a menor e maior dose utilizada do regulador vegetal, respectivamente. Somente a espécie *S. secundatum* não apresentou diferenças estatísticas após a aplicação do regulador vegetal para a massa seca, porém, apresentou tendência em promover diminuição acima de 40% em relação à testemunha sem aplicação (Tabela 5 e Figura 23).



**Figura 23.** Porcentagem de redução do número e comprimento de inflorescências, aos 28 dias após a segunda aplicação e de altura e massa seca de plantas, aos 110 dias após a segunda aplicação do trinexapac-ethyl para as espécies *Axonopus compressus* (A), *Stenotaphrum secundatum* (B), *Paspalum notatum* (C) e *Zoysia japonica* (D). Botucatu/SP – 2006.

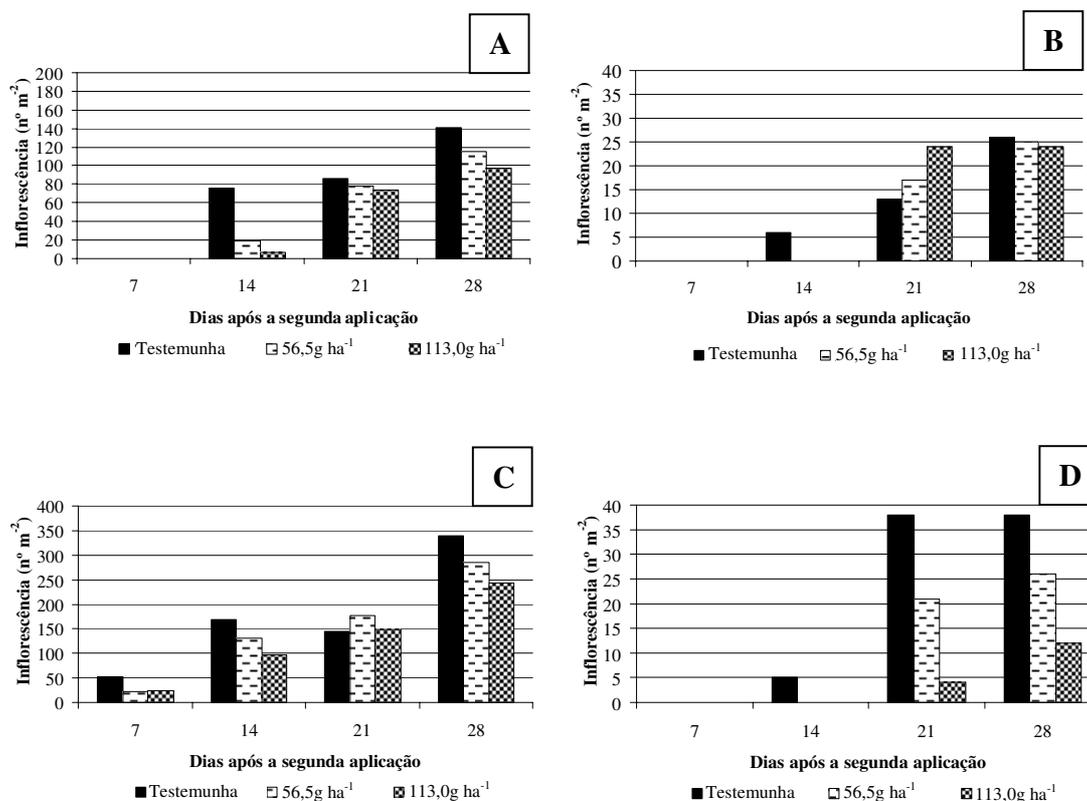
O período de condução do experimento (fevereiro a maio) coincidiu com o verão e parte do outono, sendo caracterizado por temperaturas variando de 22 a 28°C e boas condições de luminosidade, além da ocorrência de precipitações regulares (Figuras 1 e 2). Estas condições proporcionaram excelente desenvolvimento do crescimento vegetativo para todas as espécies avaliadas, sendo que a partir do mês de maio, ou seja, no final do outono e início do inverno, as temperaturas e as precipitações começaram a diminuir (Figuras 1 e 2), promovendo condição estressante e acarretando a paralisação do crescimento dos gramados, o que caracteriza o início do período de dormência apresentados pelos gramados, finalizando a partir dos meses de agosto ou setembro.

Harivandi et al. (1999) citam que gramas de clima quente geralmente perdem a coloração verde e entram em dormência no inverno, quando a temperatura fica em torno de 10 a 15°C, sendo que pode ocorrer a morte da planta quando exposta a baixas temperaturas por um longo período.

Nelson et al. (1977) citam ainda que o comportamento das espécies de gramas pode ser afetado pela utilização de reguladores vegetais em períodos de estresse hídrico. Estes pesquisadores observaram em gramados de *Festuca arundinacea* e *Cynodon dactylon* reduções de 20,5 e 23,1%, respectivamente, no uso da água por um período de 32 dias após a aplicação do ancymidol, além de decréscimo do crescimento vegetativo de ambas as espécies acima de 50%. Do mesmo modo, a aplicação de trinexapac-ethyl em *Poa pratensis* apresentou efeitos importantes na redução da necessidade de irrigação, devido ao decréscimo da taxa de evapotranspiração da grama (ERVIN; KOSKI, 2001).

No período do ano em que os gramados apresentam o máximo desenvolvimento vegetativo, a emissão de inflorescência pode prejudicar o aspecto visual, proporcionando uma coloração amarela escurecida, devido à maturação das panículas.

Assim, vários autores ressaltam que a aplicação de trinexapac-ethyl pode retardar e/ou reduzir a emissão das inflorescências e prolongar o aspecto visual do gramado, sem que haja a necessidade de uma nova roçada (NELSON, et al., 1977; BUSH et al., 1998; FAGERNESS; PENNER, 1998abc; FREITAS et al., 2002). Desta forma, pode-se observar na Figura 24, o comportamento apresentado pelas quatro espécies de gramas avaliadas, em função da aplicação de trinexapac-ethyl, após a segunda aplicação dos tratamentos.



**Figura 24.** Número de inflorescência, em diferentes épocas após a segunda aplicação do trinexapac-ethyl para as espécies *Axonopus compressus* (A), *Stenotaphrum secundatum* (B), *Paspalum notatum* (C) e *Zoysia japonica* (D). Botucatu/SP – 2006.

Verificou-se que as testemunhas de *A. compressus*, *S. secundatum* e *Z. japonica* iniciaram a emissão das inflorescências a partir dos 14 dias após a segunda aplicação do regulador vegetal, exceto a testemunha da grama *P. notatum*, que emitiu as inflorescências a partir dos 7 dias após a segunda aplicação do regulador vegetal. No entanto, ambas as doses de trinexapac-ethyl retardaram a emissão das inflorescências por um período de 14, 21 e 21 dias após a segunda aplicação do regulador vegetal em *A. compressus*, *S. secundatum* e *Z. japonica*, respectivamente.

Para *P. notatum*, a partir de 7 dias após a segunda aplicação de trinexapac-ethyl, já haveria a necessidade da realização de uma roçada para a eliminação das

inflorescências, a fim de melhorar o aspecto visual do gramado. Beard (1973) apud Goatley Jr. et al. (1996) cita a alta capacidade de emissão de inflorescência de *P. notatum* como sendo um dos principais problemas no manejo de gramados formados com essa espécie.

A partir dos 28 dias após a segunda aplicação do regulador vegetal, todas as inflorescências das quatro gramas avaliadas começaram o processo de senescência.

Na Figura 25 estão demonstrados os comportamentos do crescimento da planta das quatro espécies de grama avaliadas, em função da aplicação dos tratamentos com trinexapac-ethyl, durante todo o período da avaliação do experimento. Pode-se observar para *A. compressus* que a testemunha e a menor dose de trinexapac-ethyl iniciaram o crescimento vegetativo aos sete dias após a segunda aplicação do regulador vegetal, enquanto que, na maior dose, o crescimento vegetativo iniciou-se aos 21 dias. Entretanto, o crescimento foi inferior a 1 cm durante todo o período de avaliação do experimento.

Da mesma maneira, para *S. secundatum*, a testemunha e a menor dose de trinexapac-ethyl iniciaram o crescimento vegetativo aos 14 dias após a segunda aplicação do regulador vegetal; contudo, a altura na menor dose do regulador vegetal foi inferior a 1 cm durante todo o período de avaliação, enquanto que, na maior dose não houve crescimento do gramado, permanecendo na altura do corte até o fim do experimento.

Já para *Z. japonica*, a testemunha iniciou o crescimento vegetativo aos sete dias após a segunda aplicação de trinexapac-ethyl. Contudo, as doses de 56,5 e 113,0 g ha<sup>-1</sup> do regulador vegetal retardaram o crescimento do gramado em aproximadamente 55 e 110 dias após a segunda aplicação, respectivamente. O trinexapac-ethyl foi menos eficiente no retardamento do crescimento vegetativo da espécie *P. notatum*; no entanto, a maior dose do regulador vegetal proporcionou a maior redução da altura da grama em relação a menor dose utilizada.

Freitas et al. (2002) destacam a falta de informações detalhadas para a determinação dos níveis ideais de controle referentes às características morfológicas em gramados. Em razão disto, o autor estabeleceu para a grama batatais (*P. notatum*), como satisfatória, redução igual ou superior a 30% para número de inflorescência e massa seca total, e de 60% para o comprimento da inflorescência, em relação à testemunha.

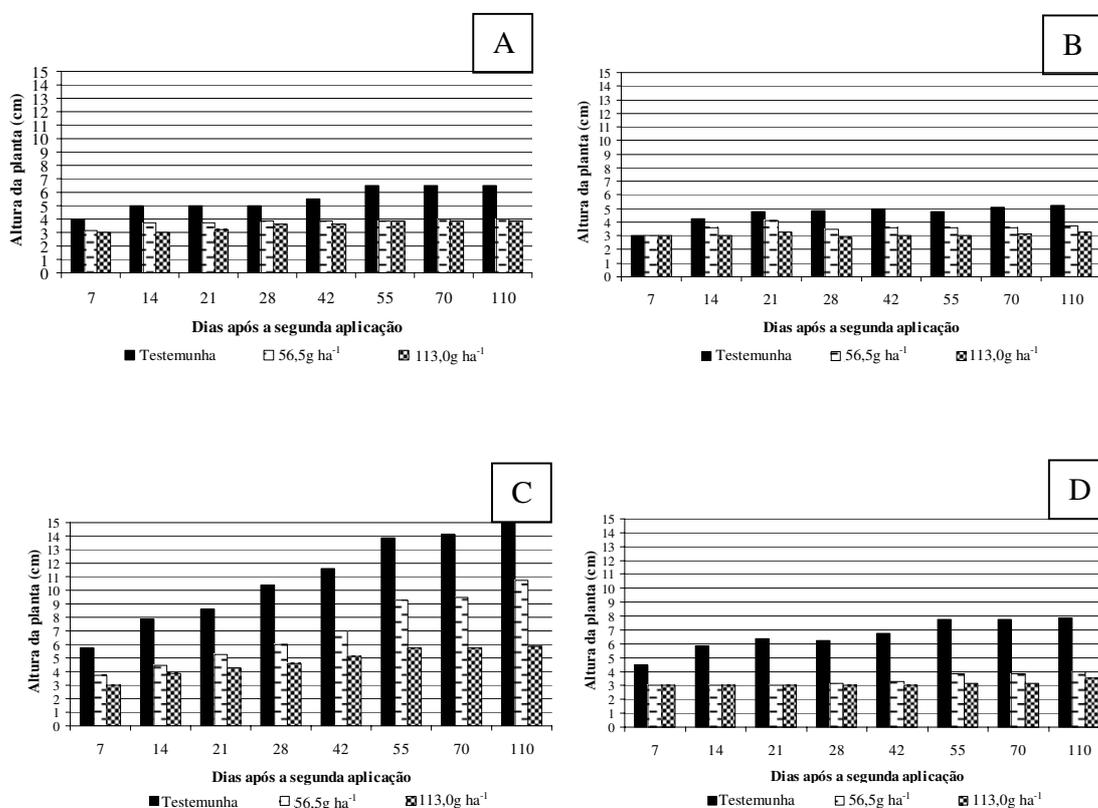
Com base nos níveis de controle determinados por Freitas et al. (2002), pode-se verificar no presente trabalho que a aplicação de trinexapac-ethyl foi eficiente na

redução do comprimento da inflorescência e da massa seca de *P. notatum*, com valores acima de 40% para a menor dose, chegando acima de 60% para a maior dose utilizada do regulador vegetal. Entretanto, o número de inflorescência ficou abaixo dos níveis ideais em ambas as doses avaliadas (Figura 24-C).

Do mesmo modo, Johnson (1994) determinou em gramados de *C. dactylon* que haveria necessidade da realização de um corte, quando a mesma atingisse 33,3% acima da altura de corte (3 cm), bem como menos de 70% de redução de emissão de inflorescência. Para a determinação da necessidade de corte para as quatro espécies de gramas avaliadas no presente trabalho, Johnson (1994) considerou a necessidade da realização de uma roçada à medida que o gramado cresce a cada 1 cm após o início do manejo, podendo-se estimar desta maneira, com base no crescimento vegetativo das testemunhas, que para a grama *A. compressus*, o trinexapac-ethyl reduziu cerca de três e cinco operações de cortes no gramado nas doses de 56,5 e 113,0 g ha<sup>-1</sup>, respectivamente, uma vez que a testemunha atingiria a altura de corte a cada sete dias após cada roçada. Pode-se observar, ainda, que ambas as doses do regulador vegetal paralisaram o crescimento do gramado em menos de 1 cm de altura por todo o período de avaliação (110 dias após a segunda aplicação de trinexapac-ethyl) (Figura 25-A).

Para *Axonopus affinis*, Bush et al. (1998) relatam que a dose de 0,48 kg ha<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl promoveu redução do crescimento vegetativo em 45%, pelo período de seis semanas. Estes resultados diminuíram em 58% o número de cortes requeridos pelo gramado para manter a qualidade estética.

Em *S. secundatum*, o trinexapac-ethyl reduziu em torno de quatro operações de corte no gramado durante o período da avaliação do experimento, uma vez que a testemunha atingiria a altura de corte (4 cm) a cada 14 dias após cada roçada, além de que as doses de trinexapac-ethyl mantiveram o crescimento vegetativo da grama em menos de 1 cm de altura, abaixo da necessidade de corte (Figura 25-B).



**Figura 25.** Altura de plantas após da aplicação do trinexapac-ethyl, em diferentes períodos de avaliação, para as espécies *Axonopus compressus* (A), *Stenotaphrum secundatum* (B), *Paspalum notatum* (C) e *Zoysia japonica* (D). Botucatu/SP – 2006.

Para o gramado formado com *P. notatum*, a necessidade de realização de corte da grama pode chegar em até duas operações por semana, considerando todo o período do experimento, este número pode chegar em até 16 operações de corte (Figura 25-C). Entretanto, a menor e a maior dose de trinexapac-ethyl reduziram por até 14 dias após a segunda aplicação do regulador vegetal a necessidade de roçada do gramado até a altura de corte de 4 cm, totalizando economia de aproximadamente de quatro operações de corte neste período. A testemunha de *Z. japonica*, apresentou altura de corte já na primeira semana após a segunda aplicação do regulador vegetal; desta maneira, haveria a necessidade de uma

operação de corte do gramado ao término desse período, ou seja, um corte por semana. Contudo, as doses 56,5 e 113,0 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl reduziram em cerca de cinco e oito operações de corte do gramado, respectivamente, entretanto, ambas as doses paralisaram o crescimento do grama em menos de 1 cm de altura por todo o período de avaliação (110 dias após a segunda aplicação de trinexapac-ethyl) (Figura 25-D).

Em termos percentuais as doses 56,5 e 113,0 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl reduziram o número de cortes nas gramas *A. compressus*, *S. secundatum*, *P. notatum* e *Z. japonica* na média de 37,5-62,5%; 100-100%; 12,5-12,5% e 62,5-100%, respectivamente, para cada espécie.

Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram com os resultados verificados por Freitas et al. (2002) em grama *P. notatum*, que evidenciaram relação direta entre o aumento das doses de trinexapac-ethyl e a redução dos parâmetros de crescimento vegetativo e reprodutivo, sem ocorrer descoloração das folhas do gramado. Sendo possível evitar cortes em *P. notatum* por período de até doze semanas com a aplicação de 0,75 kg ha<sup>-1</sup>. Além de promover reduções no comprimento e no número de inflorescências na ordem de 51,9 e 70,4%, respectivamente, no mesmo período de avaliação.

Resultados semelhantes foram obtidos por Ferrell et al. (2003), que avaliaram a aplicação sequencial de trinexapac-ethyl em *Paspalum vaginatum*, e verificaram que as doses 0,09 e 0,38 kg ha<sup>-1</sup>, proporcionaram reduções no crescimento vegetativo da grama de 59 e 96%, respectivamente, por um período de 10 semanas após a aplicação. Contudo, a dose maior utilizada causou 28% de injúria na grama, enquanto que a dose menor ocasionou apenas 6% de injúria. Apesar dos danos causados a qualidade visual do gramado, o autor ressalta a importância do uso dos reguladores vegetal no manejo de gramados, reduzindo a frequência de cortes.

### **6.5 Análise multivariada dos caracteres anatômicos quantitativos do limbo foliar e dos caracteres quantitativos da morfologia da planta**

Na análise de agrupamento foi possível agrupar os tratamentos de trinexapac-ethyl utilizados nas diferentes espécies de gramas de forma que aqueles pertencentes a um mesmo grupo apresentassem maior similaridade que os de grupos diferentes.

Os valores da Tabela 6 referem-se aos coeficientes de correlação entre os sete caracteres estruturais quantitativos da região da nervura central do limbo foliar e os dois primeiros componentes principais ( $Y_1$  e  $Y_2$ ). No geral, estes componentes foram responsáveis por 86,63% da informação acumulada pelos caracteres avaliados, evidenciando que eles são indicadores eficientes de dissimilaridade, ou seja, apresentam-se como caracteres diferenciadores entre as espécies de gramas, mesmo após a aplicação do regulador vegetal trinexapac-ethyl. A intensidade da contribuição destes caracteres quantitativos, para a discriminação das espécies e das doses de trinexapac-ethyl, está relacionada à ocorrência de maiores valores absolutos em  $Y_1$  e  $Y_2$ , os quais se caracterizam por apresentar maior poder discriminatório.

Na Tabela 6 pode-se verificar para o primeiro componente principal ( $Y_1$ ) que os caracteres que mais contribuíram para a discriminação dos tratamentos de trinexapac-ethyl entre as espécies de gramas foram: porcentagens de parênquima, de endoderme, de feixe vascular e a espessura foliar. O componente  $Y_1$  apresentou 62,98% de informação retida, a qual é considerada satisfatória para explicar a contribuição dos caracteres analisados na formação dos agrupamentos dos tratamentos aplicados sobre as quatro espécies de gramas avaliadas. Os caracteres relacionados com as porcentagens de epiderme adaxial e abaxial e de esclerênquima evidenciaram baixo poder discriminatório.

**Tabela 6.** Coeficientes de correlação entre os sete caracteres anatômicos quantitativos da região da nervura central do limbo foliar de quatro espécies de grama e os dois primeiros componentes principais. Botucatu/SP – 2006.

Caracteres	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>
% Epiderme Adaxial	0,324498	0,573698
% Epiderme Abaxial	-0,188264	-0,470944
% Endoderme	0,988589	-0,024451
% Feixe Vascular	0,895927	-0,301195
% Esclerênquima	-0,529295	-0,500104
% Parênquima	-0,994524	-0,025579
Espessura Foliar (µm)	-0,702783	0,327120
% Informação Retida	62,98	23,65
% Informação Acumulada	62,98	86,63

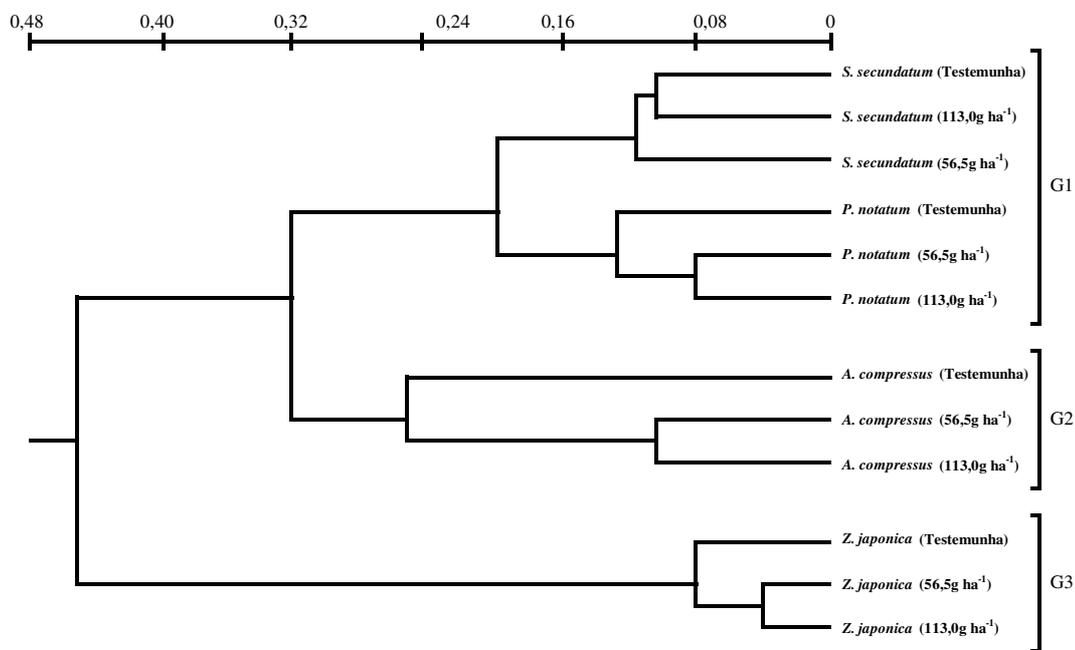
Para o segundo componente principal (Y<sub>2</sub>), pode-se constatar que a informação retida foi de 23,65%, cujo valor é considerado baixo, bem como nenhum dos caracteres anatômicos avaliados contribuiu para discriminar os tratamentos de trinexapac-ethyl aplicados sobre as quatro espécies de grama avaliadas.

O dendrograma resultante da Análise de Agrupamento (Figura 26) e a dispersão gráfica referente à Análise dos Componentes Principais (Figura 27), evidenciaram que os caracteres anatômicos quantitativos com maior poder discriminatório foram os responsáveis pelos agrupamentos formados entre as espécies e os tratamentos com o trinexapac-ethyl, constituindo, desta forma, três grupos principais, que apresentaram valor próximo de 0,26 na escala de distância de similaridade. O primeiro grupo foi formado pelos tratamentos aplicados em *S. secundatum* e *P. notatum* com suas respectivas testemunhas, composto de dois subgrupos, sendo um subgrupo para cada espécie. Da mesma forma, o segundo e o terceiro grupos foram constituídos pelos tratamentos aplicados em *A. compressus* e *Z. japonica*, respectivamente.

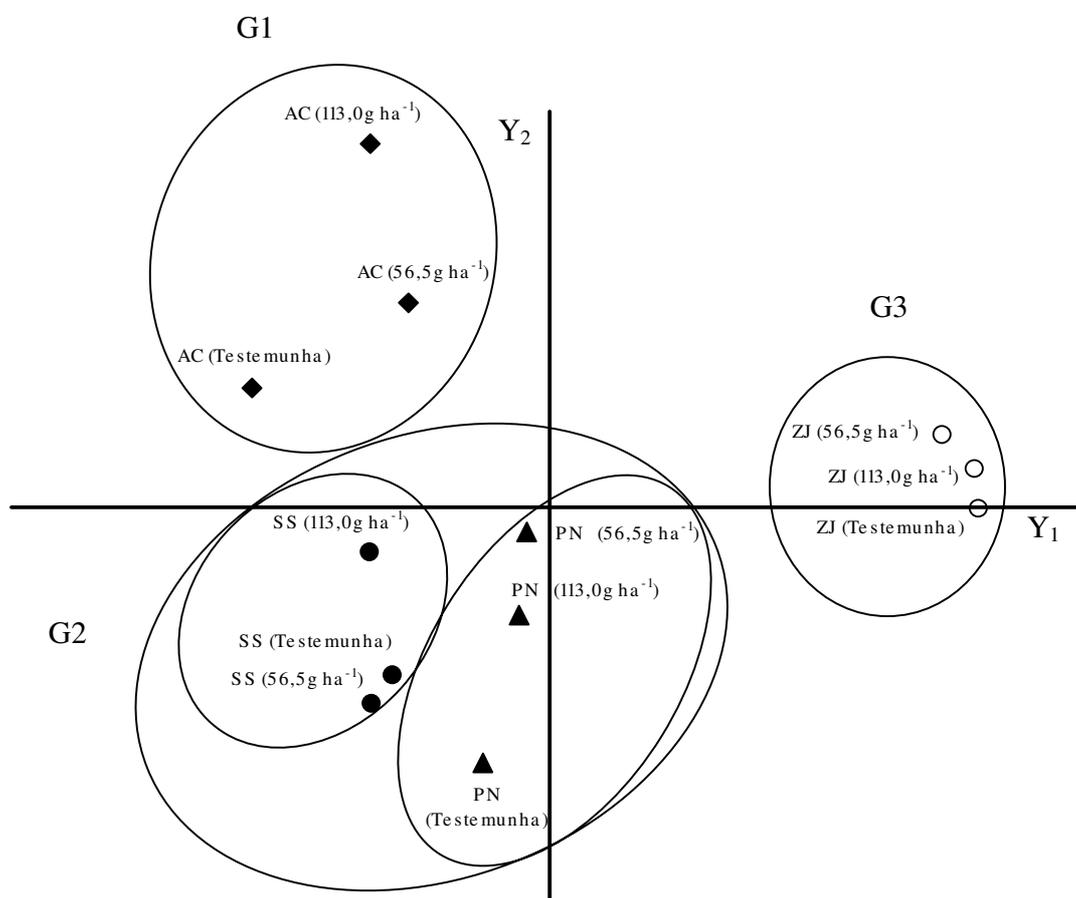
Assim, as espécies do grupo 1 e as dos grupos 2 e 3 apresentaram alto grau de dissimilaridade entre si; contudo, em relação às espécies do grupo 1 (*S. secundatum* e *P. notatum*), estas apresentaram características similares, com base nos caracteres anatômicos quantitativos avaliados.

Observando os valores de  $Y_1$  na Tabela 6, associados à dispersão gráfica (Figura 27), pode-se constatar que as espécies *S. secundatum* e *P. notatum*, constituintes do grupo 1, e a espécie *A. compressus*, constituinte do grupo 2, apresentaram os menores valores dos caracteres relativos à endoderme e ao feixe vascular e os maiores valores de parênquima e espessura foliar. O grupo 3 (*Z. japonica*) apresentou os maiores valores dos caracteres relativos à endoderme e ao feixe vascular, bem como os menores valores dos caracteres referentes ao parênquima e espessura foliar.

Com relação aos valores do  $Y_2$  (Tabela 6) e à dispersão gráfica dos tratamentos de trinexapac-ethyl em cada espécie estudada (Figura 27), verificou-se que as espécies *S. secundatum* e *P. notatum* pertencentes ao grupo 1, apresentaram menores valores referente à porcentagem de epiderme adaxial; este fato, pode explicar a alta similaridade existente entre as espécies deste grupo, bem como a alta dissimilaridade que ocorreu entre os demais grupos obtidos.



**Figura 26.** Dendrograma resultante da Análise de Agrupamento dos caracteres anatômicos quantitativos da região da nervura central do limbo foliar, utilizando-se a Distância Euclidiana Média entre as quatro espécies de grama e os tratamentos com trinexapac-ethyl. Botucatu/SP – 2006. G1 = grupo 1, G2 = grupo 2 e G3 = grupo 3.



**Figura 27.** Dispersão gráfica das quatro espécies de grama e dos tratamentos com trinexapacetyl, utilizando-se os dois primeiros componentes principais (Y<sub>1</sub> e Y<sub>2</sub>), para o conjunto dos sete caracteres anatômicos quantitativos da região da nervura central do limbo foliar. Botucatu/SP – 2006. AC = *A. compressus*, SS = *S. secundatum*, PN = *P. notatum* e ZJ = *Z. japonica*. G1 = grupo 1, G2 = grupo 2 e G3 = grupo 3

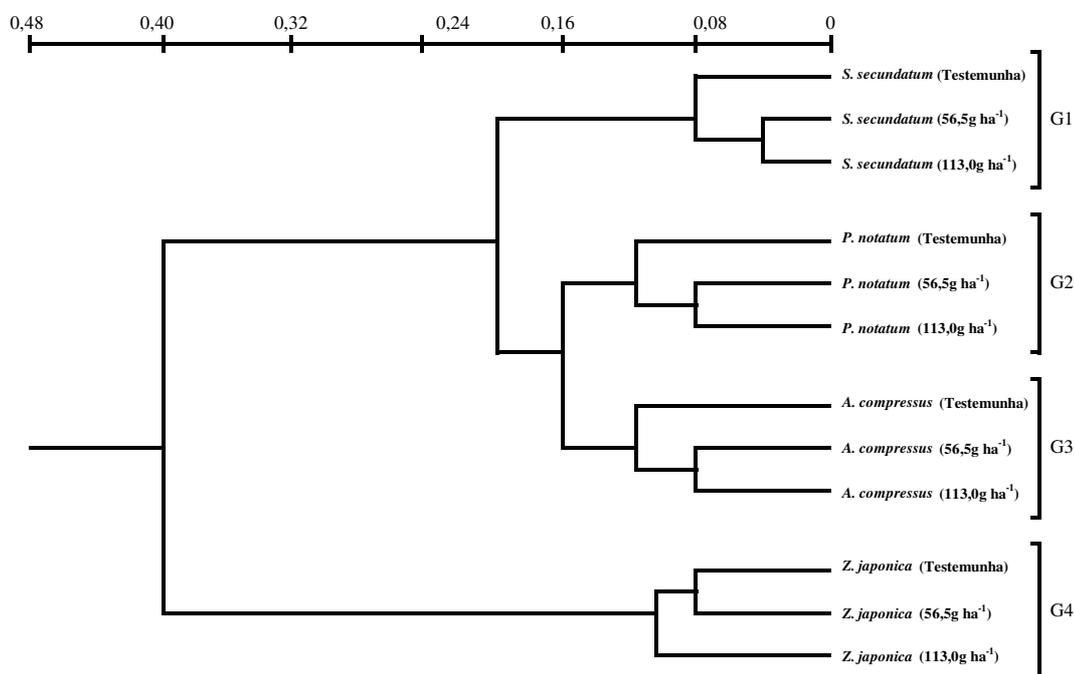
Na Tabela 7 estão demonstrados os coeficientes de correlação entre os dez caracteres anatômicos quantitativos da região da internervural do limbo foliar, bem como os dois primeiros componentes principais ( $Y_1$  e  $Y_2$ ). No conjunto, estes componentes foram responsáveis por 93,59% da informação acumulada pelos caracteres avaliados, evidenciando que eles são indicadores eficientes de dissimilaridade entre os tratamentos do regulador vegetal trinexapac-ethyl aplicados sobre as espécies de gramas estudadas.

Para o primeiro componente principal ( $Y_1$ ), os caracteres que mais contribuíram para a discriminação dos tratamentos de trinexapac-ethyl entre as espécies de gramas foram: porcentagens de epiderme adaxial, de endoderme e de parênquima, a espessura foliar, além do número de estômatos das faces adaxial e abaxial. O componente  $Y_1$ , apresentou 71,87% de informação retida, a qual é considerada satisfatória para explicar a contribuição dos caracteres quantitativos analisados, na formação dos agrupamentos dos tratamentos aplicados sobre as quatro espécies de gramas avaliadas. Os caracteres referentes às porcentagens de epiderme abaxial, de feixe vascular, de esclerênquima e o número de feixes, apresentaram baixo poder discriminatório. Para o segundo componente principal ( $Y_2$ ), pode-se verificar que a informação retida foi de 21,72%, cujo valor é considerado baixo; desta maneira, somente o caráter relacionado com a porcentagem de esclerênquima, apresentou poder de discriminação satisfatório, sendo que os demais caracteres avaliados não contribuíram para discriminar os tratamentos de trinexapac-ethyl aplicados sobre as quatro espécies de grama avaliadas.

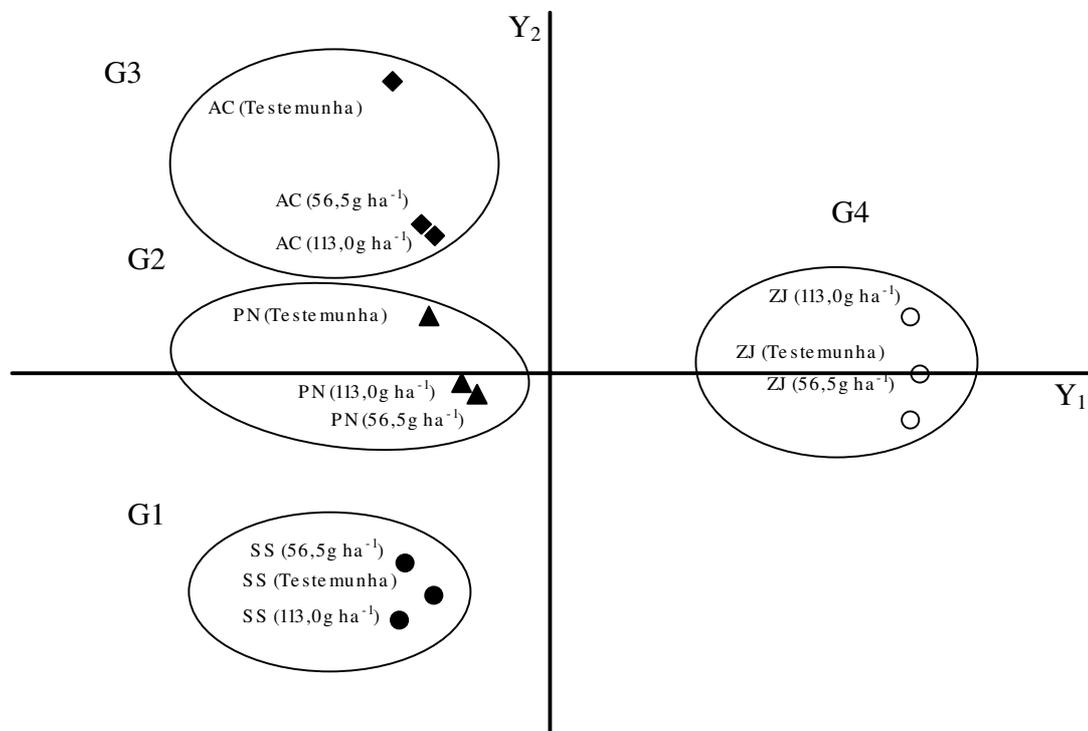
Observando o dendrograma resultante da Análise de Agrupamento (Figura 28) e a dispersão gráfica referente à Análise dos Componentes Principais (Figura 29), pode-se verificar que os caracteres estruturais quantitativos da região da internervural do limbo foliar que apresentaram maior poder discriminatório foram os responsáveis pelos agrupamentos formados entre as espécies e os tratamentos com o trinexapac-ethyl, constituindo desta forma, quatro grupos principais, que apresentaram valor próximo de 0,14 na escala de distância de similaridade. O primeiro grupo foi formado pelos tratamentos aplicados nas espécies *S. secundatum* e o segundo grupo foi formado pela espécie *P. notatum* com suas respectivas testemunhas. Da mesma maneira, o terceiro e o quarto grupos foram constituídos pelos tratamentos aplicados nas espécies *A. compressus* e *Z. japonica*, respectivamente.

**Tabela 7.** Coeficientes de correlação entre os dez caracteres anatômicos quantitativos da região da internervural do limbo foliar de quatro espécies de grama e os dois primeiros componentes principais. Botucatu/SP – 2006.

<b>Caracteres</b>	<b>Y<sub>1</sub></b>	<b>Y<sub>2</sub></b>
% Epiderme Adaxial	0,993187	0,076346
% Epiderme Abaxial	-0,355395	-0,586171
% Endoderme	0,992864	0,082958
% Feixe Vascular	0,446733	0,609059
% Esclerenquima	-0,230985	0,949004
% Parenquima	-0,960516	-0,275286
Espessura Foliar (µm)	-0,797202	-0,407821
Número de feixes	-0,673540	0,290874
Nº estômatos mm <sup>-2</sup> (Face Adaxial)	0,868800	-0,451710
Nº estômatos mm <sup>-2</sup> (Face Abaxial)	0,959266	0,108842
% Informação Retida	71,87	21,72
% Informação Acumulada	71,87	93,59



**Figura 28.** Dendrograma resultante da Análise de Agrupamento dos caracteres anatômicos quantitativos da região da internervural do limbo foliar, utilizando-se a Distância Euclidiana Média entre as quatro espécies de grama e os tratamentos com trinexapac-ethyl. Botucatu/SP – 2006. G1 = grupo 1, G2 = grupo 2, G3 = grupo 3 e G4 = grupo 4.



**Figura 29.** Dispersão gráfica das quatro espécies de grama e dos tratamentos com trinexapacetyl, utilizando-se os dois primeiros componentes principais ( $Y_1$  e  $Y_2$ ), para o conjunto dos dez caracteres anatômicos quantitativos da região da internervural do limbo foliar. Botucatu/SP – 2006. AC = *Axonopus compressus*, SS = *Stenotaphrum secundatum*, PN = *Paspalum notatum* e ZJ = *Zoysia japonica*. G1 = grupo 1, G2 = grupo 2, G3 = grupo 3 e G4 = grupo 4.

As quatro espécies de gramas constituíram grupos independentes, uma vez que, apresentaram alto grau de dissimilaridade entre si, bem como, as doses de trinexapac-ethyl referente para cada espécie agruparam-se com suas respectivas testemunhas, com base nos caracteres anatômicos quantitativos da região da internervural do limbo foliar avaliados.

Comparando-se os valores de  $Y_1$  na Tabela 7 aos da dispersão gráfica (Figura 29), pode-se constatar que *S. secundatum*, *P. notatum* e *A. compressus*, com seus tratamentos correspondentes, constituintes dos grupos 1, 2 e 3, respectivamente, apresentaram os menores valores dos caracteres relativos à epiderme adaxial, à endoderme e para o número de estômatos nas faces adaxial e abaxial, bem como os maiores valores dos caracteres relativos ao parênquima e espessura foliar. O grupo 4 (*Z. japonica*) apresentou os maiores valores dos caracteres relativos à epiderme adaxial, à endoderme e ao número de estômatos nas faces adaxial e abaxial, bem como os menores valores dos caracteres referentes ao parênquima, espessura foliar e ao número de feixes.

Com relação aos valores de  $Y_2$  (Tabela 7) e a dispersão gráfica dos tratamentos de trinexapac-ethyl em cada espécie estudada (Figura 29), verificou-se que as espécies *S. secundatum* e *P. notatum* pertencentes aos grupos 1 e 2, respectivamente, apresentaram menores valores referente a porcentagem de esclerênquima quando comparadas com as espécies dos grupos 3 e 4. Este fato pode explicar a maior similaridade existente entre as espécies dos grupos 1 e 2, bem como a alta dissimilaridade que ocorreu entre os demais grupos obtidos.

Assim, os resultados obtidos na análise multivariada dos caracteres anatômicos quantitativos da região internervural apresentaram comportamento bastante semelhantes aos verificados para a região da nervural central do limbo foliar, porém com valores diferentes na escala de distância de similaridade. Entretanto, verificou-se em cada espécie estudada que as doses utilizadas do regulador vegetal trinexapac-ethyl apresentaram maior similaridade entre si do que em relação à testemunha, exceto para *S. secundatum* na região da nervura central e para *Z. japonica* na região internervural do limbo foliar (Figuras 26 e 28). Desta forma, estes resultados demonstram que a aplicação do trinexapac-ethyl alterou os caracteres anatômicos quantitativos do limbo foliar dos gramados avaliados.

Considerando a análise univariada dos caracteres anatômicos quantitativos do limbo foliar (Tabela 1 e 2) pode-se observar que os resultados demonstraram

ampla variação após a aplicação do trinexapac-ethyl, apesar de apresentar coeficiente de variação relativamente baixo (> 25%) (Tabelas 1 e 2). Deste modo, torna-se extremamente difícil fazer inferências das informações obtidas sobre os caracteres anatômicos foliares com relação à absorção e translocação de compostos aplicados sobre as folhas, bem como sobre a resistência ao pisoteio, resistência ao estresse hídrico, eficiência de utilização da água de irrigação e diminuição da taxa de evapotranspiração. Portanto, com base nos resultados obtidos no presente trabalho, torna-se importante a realização de mais estudos que abordem estes assuntos.

As estruturas anatômicas da folha relativas 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 aos produtos fitossanitários.

Considerando os resultados obtidos para a região internervural do limbo foliar para as quatro espécies de gramíneas avaliadas, pode-se inferir que *P. notatum*, *A. compressus* e *Z. japonica* (grupos 2, 3 e 4) podem demonstrar menor resistência à penetração ou à absorção de compostos na folha por apresentarem maior porcentagem de epiderme adaxial após a aplicação do regulador vegetal trinexapac-ethyl em relação a *S. secudatum* (grupo 1). Contudo, estes resultados não diferiram estatisticamente em cada espécie (Tabela 2). A espécie *Z. japonica* (grupo 4), além de apresentar aumento da porcentagem da epiderme adaxial, também apresentou redução do número e da porcentagem de feixe vascular após a aplicação de trinexapac-ethyl. Este fato pode indicar que provavelmente esta espécie pode apresentar facilidade para a penetração de compostos aplicados sobre as folhas, assim como, apresentar resistência na translocação destes compostos após a absorção.

A redução no número e da porcentagem de feixe vascular após a aplicação de trinexapac-ethyl, pode ainda conferir para esta espécie maior resistência ao estresse hídrico, eficiência de utilização da água de irrigação e diminuição da taxa de evapotranspiração, em comparação às demais espécies estudadas.

Dentre as poucas informações obtidas na literatura, que relacionam os caracteres quantitativos da lâmina foliar com a absorção e translocação de compostos

aplicados sobre as folhas, destacam-se os trabalhos de King e Radosevich (1979), Rocha et al. (2000), Rocha (2001), Vega et al. (2000), Ferreira et al. (2002ab), Procópio et al. (2003) e Tuffi Santos et al. (2006).

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 tricomática, baixa densidade estomática e grande espessura da epiderme adaxial, como sendo as principais barreiras potenciais à penetração de herbicidas em folhas de plantas daninhas. Este trabalho corrobora com os dados obtidos por King e Radosevich (1979) que verificaram aumento da absorção de  $^{14}\text{C}$ -triclopyr em *Lithocarpus densiflorus*, quando a superfície foliar apresentou baixa quantidade de ceras epicuticulares, alta densidade de estômatos, fina membrana cuticular e alta densidade de tricomas.

A maior densidade de células epidérmicas pode implicar num maior número de regiões mais propensas à penetração do herbicida, fato observado por Tuffi Santos et al. (2006), que avaliaram as características da epiderme foliar de eucalipto e sua relação com a tolerância ao glyphosate, constatando alta correlação positiva entre a densidade de células epidérmicas e com células epidérmicas totais da face adaxial das folhas com a porcentagem de intoxicação causada pelo glyphosate.

Com relação aos caracteres quantitativos da morfologia da planta, a Tabela 8, demonstra os coeficientes de correlação entre os quatro caracteres avaliados e os dois primeiros componentes principais ( $Y_1$  e  $Y_2$ ). De forma geral, estes componentes foram

responsáveis por 95,02% da informação acumulada pelos caracteres avaliados, destacando-se como indicadores eficientes de dissimilaridade entre as espécies de gramas e os tratamentos do regulador vegetal trinexapac-ethyl aplicados.

Assim, pode-se verificar para o primeiro componente principal ( $Y_1$ ), que todos os caracteres avaliados contribuíram para a discriminação dos tratamentos de trinexapac-ethyl entre as espécies de gramas, destacando-se a altura da planta como o caráter de maior poder discriminatório. O componente  $Y_1$ , apresentou 79,33% de informação retida, sendo este valor considerado satisfatório para explicar a contribuição dos caracteres morfológicos analisados, na formação dos agrupamentos dos tratamentos aplicados sobre as quatro espécies de gramas avaliadas.

Para o segundo componente principal ( $Y_2$ ), pode-se constatar que a informação retida foi de 15,69%, cujo valor é considerado baixo, o que explica o fato de nenhum dos caracteres morfológicos avaliados ter contribuído para discriminar os tratamentos de trinexapac-ethyl aplicados sobre as quatro espécies de grama avaliadas.

Analisando-se o dendrograma resultante da Análise de Agrupamento (Figura 30) e a dispersão gráfica referente à Análise dos Componentes Principais (Figura 31) pode-se constatar que os caracteres quantitativos da morfologia da planta apresentaram alto poder discriminatório, sendo responsáveis pelos agrupamentos formados entre as espécies e os tratamentos com o trinexapac-ethyl, constituindo deste modo quatro grupos principais, que apresentaram valor próximo de 0,24 na escala de distância de similaridade. O primeiro grupo foi formado pelos tratamentos aplicados nas espécies *S. secundatum*, *A. compressus* e *Z. japonica*, apresentando três subgrupos (subgrupo 1 = *S. secundatum* (testemunha), *A. compressus* (testemunha), *A. compressus* (56,5 g ha<sup>-1</sup>) e *A. compressus* (113,0 g ha<sup>-1</sup>); subgrupo 2 = *S. secundatum* (56,5 g ha<sup>-1</sup>) e *S. secundatum* (113,0 g ha<sup>-1</sup>) e Subgrupo 3 = *Z. japonica* (56,5 g ha<sup>-1</sup>) e *Z. japonica* (113,0 g ha<sup>-1</sup>). O segundo grupo foi formado pelos tratamentos aplicados na espécie *P. notatum*. Enquanto que, as testemunhas das espécies *Z. japonica* e *P. notatum*, constituíram dois grupos monoespecífico, sendo representados pelos grupos 3 e 4, respectivamente.

Comparando-se os valores de  $Y_1$  na Tabela 8 com os da dispersão gráfica (Figura 31) pode-se verificar que as espécies constituintes do grupo 1 (*S. secundatum*, *A. compressus* e *Z. japonica*), com seus tratamentos correspondentes, apresentaram os

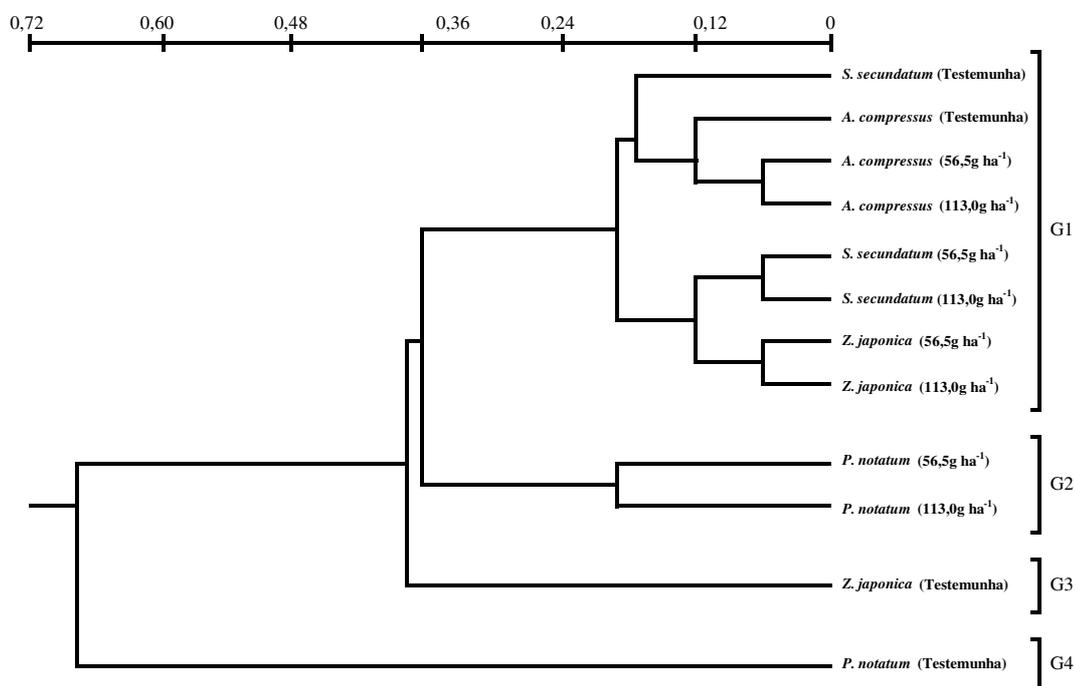
menores valores dos caracteres relativos à altura da planta, número de inflorescência, comprimento da inflorescência e massa seca.

Os grupos 3 e 4 apresentaram os maiores valores dos caracteres morfológicos avaliados. O grupo 2 constituído pelos tratamentos aplicados sobre a espécie *P. notatum*, apresentou valores desses caracteres intermediários aos obtidos pelos grupos 1, 3 e 4. Entretanto, analisando-se os valores de  $Y_2$  (Tabela 8) pode-se verificar que os coeficientes de correlação dos caracteres morfológicos avaliados apresentaram valores baixos, o que não permitiu contribuir na discriminação dos tratamentos de trinexapac-ethyl aplicados sobre as quatro espécies de grama avaliadas.

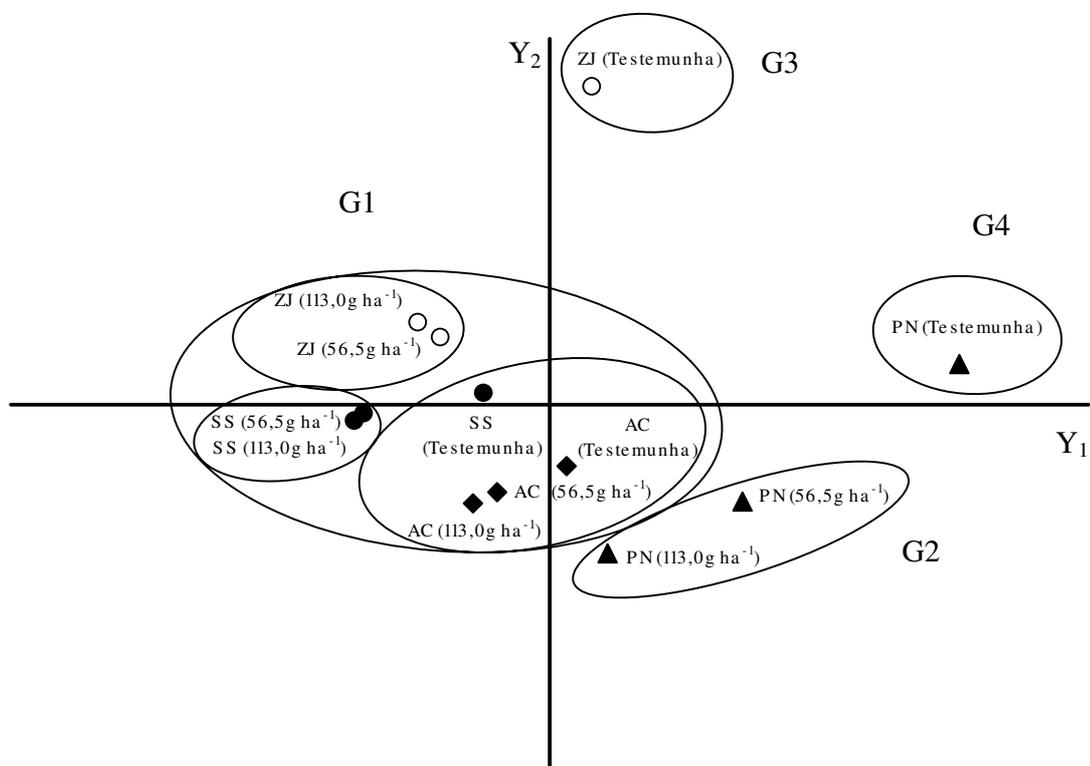
Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que assim como a análise de variância, a análise multivariada, compreendendo a Análise de Agrupamento e Análise de Componentes Principais evidenciou o efeito da aplicação do trinexapac-ethyl sobre a morfologia da planta das gramas avaliadas e que os caracteres originais quantitativos da morfologia da planta possuem capacidade discriminatória no processo de formação dos agrupamentos principais. Assim a análise multivariada apresenta-se como uma importante ferramenta para estudos desta natureza.

**Tabela 8.** Coeficientes de correlação entre os quatro caracteres quantitativos da morfologia das plantas de quatro espécies de grama e os dois primeiros componentes principais. Botucatu/SP – 2006.

Caracteres	$Y_1$	$Y_2$
Altura da planta (cm)	0,980804	0,125630
Número de inflorescência ( $n\ m^{-2}$ )	0,898041	-0,406425
Comprimento da inflorescência	0,901347	-0,115367
Massa Seca ( $kg\ ha^{-1}$ )	0,809826	0,575208
% Informação Retida	79,33	15,69
% Informação Acumulada	79,33	95,02



**Figura 30.** Dendrograma resultante da Análise de Agrupamento dos caracteres quantitativos da morfologia das plantas de quatro espécies de grama, utilizando-se a Distância Euclidiana Média entre as quatro espécies de grama e os tratamentos com trinexapac-ethyl. Botucatu/SP – 2006. G1 = grupo 1, G2 = grupo 2, G3 = grupo 3 e G4 = grupo 4.



**Figura 31.** Dispersão gráfica das quatro espécies de grama e dos tratamentos com trinexapacetyl, utilizando-se os dois primeiros componentes principais ( $Y_1$  e  $Y_2$ ), para o conjunto dos quatro caracteres quantitativos da morfologia das plantas. Botucatu/SP – 2006. G1 = grupo 1, G2 = grupo 2, G3 = grupo 3 e G4 = grupo 4.

## 7. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado o presente trabalho e com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- Os caracteres anatômicos quantitativos do limbo foliar possuem poder discriminatório, sendo possível, separar os tratamentos com trinexapac-ethyl aplicados sobre as quatro espécies de gramas em três e quatro grupos principais, para os caracteres da região da nervura central e os caracteres da região internervural do limbo foliar, respectivamente.
- A aplicação das doses de trinexapac-ethyl alterou algumas estruturas anatômicas da região da nervura central e internervural do limbo foliar das espécies avaliadas; assim como, a morfologia das células da superfície foliar, principalmente na face abaxial.
- De modo geral, os dados referentes aos caracteres anatômicos quantitativos do limbo foliar demonstraram ampla variação após a aplicação do trinexapac-ethyl, o que tornou

extremamente difícil fazer inferências das informações obtidas com relação à absorção e translocação de compostos aplicados sobre as folhas, bem como sobre a resistência ao pisoteio, resistência ao estresse hídrico, eficiência de utilização da água de irrigação e diminuição da taxa de evapotranspiração. Portanto, destaca-se a importância da realização de mais estudos que abordem estes assuntos.

- Os caracteres quantitativos da morfologia da planta dos gramados possuem poder discriminatório, porém a separação dos tratamentos com trinexapac-ethyl aplicados sobre as quatro espécies demonstrou ampla variação na formação dos grupos principais.
- A aplicação do trinexapac-ethyl sobre as quatro espécies de gramas avaliadas demonstrou-se promissora, em relação ao retardamento do crescimento vegetativo e da emissão das inflorescências, contribuindo dessa maneira no manejo desses gramados com a redução da necessidade de cortes por um período de até 110 dias após a aplicação do regulador vegetal.
- A aplicação do trinexapac-ethyl sobre as quatro espécies de gramas avaliadas, não promoveu efeito deletério no aspecto visual dos gramados.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS\*

ADAMS, R.; KERBER, E.; PFISTER, K.; WEILER, E. W. Studies on the action of the new growth retardant CGA 163935 (cimectacarb). In: KARSEN, C. M.; VAN LOON, L. C.; VREUGDENHIL, D. (eds). Progress in plant growth regulation. Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands, p. 818-827. 1992.

ALBERT, L. H. B.; VICTORIA FILHO, R. Micromorfologia foliar de espécies de *Sida* spp. (guanxumas). **Planta Daninha**. v.20, n.3, p.337-342, 2002.

BAKER, E. A. Chemistry and morphology of epicuticular waxes. In: CUTLER, D. F.; ALVIN, K. L. PRICE, C. E. **The plant cuticle**. London: Academic Press, p. 139-165, 1982.

---

\*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.

BARRETT, J. E.; BARTUSKA, C. A. PP333 effects on stem elongation dependent on site of application. **Hortscience**. v. 17, p. 737-738, 1982.

BARTHLOTT, W.; NEINHUS, C.; CUTLER, D.; DITSCH, F. MEUSEL, I.; THEISEN, I.; WILHELMI, H. Classification and terminology of plant epicuticular waxes. **Botanical Journal Linnean Society**, v. 126, p. 237-260, 1998.

BEASLEY, J. S.; BRANHAM, B. E.; ORTIZ-RIBBING, L. M. Trinexapac-ethyl affects Kentucky bluegrass root architecture. **Hortscience**. v. 40, n. 5, p. 1539-1542, 2005.

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

BUSH, E. W.; PORTER, W. C.; SHEPARD, D. P.; McCRIMMON, J. N. Controlling growth of common carpetgrass using selected plant growth regulators. **Hortscience**. v. 33, n. 4, p. 704-706, 1998.

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

DERNOEDEN, P. H. Four-year response of a Kentucky bluegrass-red fescue turf to plant growth retardants. **Agronomy Journal**. v. 76, p. 807-813, 1984.

ERVIN, E. H.; KOSKI, A. J. Trinexapac-ethyl increases Kentucky Bluegrass leaf cell density and chlorophyll concentration. **Hortscience**. v. 36, n. 4, p. 787-789. 2001.

ERVIN, E. H.; OK, C. H.; FRESENBURG, B. S.; DUNN, J. H. Trinexapac-ethyl restricts shoot growth and prolongs stand density of 'Meyer' zoysiagrass fairway under shade. **Hortscience**. v. 37, n. 3, p. 502-505. 2002.

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

FAGERNESS, M. J.; PENNER, D.  $^{14}\text{C}$ -trinexapac-ethyl absorption and translocation in Kentucky Bluegrass. **Crop Science**. v. 38, p. 1023-1027. 1998a.

FAGERNESS, M. J.; PENNER, D. Evaluation of V-10029 and trinexapac-ethyl for annual bluegrass seedhead suppression and growth regulation of five cool-season turfgrass species. **Crop Science**. v. 12, n. 3, p. 436-440. 1998c.

FAGERNESS, M. J.; PENNER, D. Spray application parameters that influence the growth inhibiting effects of trinexapac-ethyl. **Crop Science**. v. 38, p. 1028-1035. 1998b.

FELDHAKE, C. M.; DANIELSON, R. E. BUTLER, J. D. Turfgrass evapotranspiração. I. Factors influencing rate in urban environments. **Agronomy Journal**. v.75, p.824-830. 1983.

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.

FERRELL, J. A.; MURPHY, T. R.; DUNCAN, R. R.; VENCILL, W. K. Seashore paspalum response to trinexapac-ethyl and paclobutrazol. **Hortsciense**. v. 38, n. 4, p. 605-606, 2003.

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.

FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. A.; BARBOSA, J. G.; MIRANDA, G. V. Efeitos do trinexapac-ethyl sobre o crescimento e florescimento da grama-batatais. **Planta Daninha**. v. 20, n. 3, p. 477-486, 2002.

FREITAS, F. C. L.; SILVA, F. M.; FERREIRA, E. A.; FREITAS, F. A.; CASTRO SILVA, M. C.; SANTOS, J. B.; WERLANG, R. C.; VENTRELLA, M. C. Caracteres morfo-anatômicos de *Brachiaria brizantha* submetida à aplicação de trinexapac-ethyl. **Boletim Informativo – SBPCPD**. v. 10, p. 83-84, 2004.

GARDNER, D. S.; WHERLEY, B. G. Growth response of three turfgrass species to nitrogen and trinexapac-ethyl in shade. **Hortscience**. v.40, n.6, p. 1911-1915, 2005.

GOATLEY Jr, J. M.; MADDOX, V. L.; WATKINS, R. M. Growth regulation of bahiagrass (*Paspalum notatum* Fluegge) with imazaquin and AC 263,222. **Hortscience**. v. 31, n. 3, p. 396-399, 1996.

GODOY, L. J. G. **Adubação nitrogenada para produção de tapetes de grama Santo Agostinho e Esmeralda**. 2005. 109f. Tese (Doutorado em Ciências Agrônômicas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual de Paulista, Botucatu.

GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L. **Produção e consumo de gramas crescem no Brasil**. In: *Agriannual – Anuário da Agricultura Brasileira*. 10 ed., São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformática, 2005, p.35-38.

GREEN, R. L.; KIM, K. S.; BEARD, J. B. Effects of flurprimidol, mefluidide, and soil moisture on St. Augustinegrass evapotranspiration rate. **Hortscience**. v. 25, n. 4, p. 469-441, 1990.

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.

GROSSMANN, K.; KWIATKOWSKI, J.; SIEBECKER, H.; JUNG, J. Regulation of plant morphology by growth retardants: effects on phytohormone levels in soybean seedlings determined by immunoassay. **Plant Physiology**. v.84, p.1018-1021, 1987.

GURGEL, R. G. A. Principais espécies e variedades de grama. In: I SIGRA – Simpósio Sobre Gramados – “Produção, Implantação e Manutenção”, 1, 2003, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FCA/Unesp, 2003. 23p. CD-ROM

HAN, S. W.; FERMANIAN, T. W.; JUVIK, J. A.; SPOMER, L. A. Growth retardant effects on visual quality and nonstructural carbohydrates of creeping bentgrass. **Hotscience**. v. 33, n. 7, p. 1197-1199, 1998.

HARIVANDI, M. A.; GIBEAULT, V. A.; HENRY, M. J.; WU, L.; GEISEL, P. M.; UNRUH, C. L. **Turfgrass selection for the home landscape**. 1999. Disponível em : <<http://anrcatalog.ucdavis.edu>>. Acesso em: 10 fev. 2007.

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

JIANG, H.; FRY, J. Drought responses of perennial ryegrass treated with plant growth regulators. **Hotscience**. v. 33, n. 2, p. 270-273, 1998.

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

JOHNSON, B. J. “Tifway” bermudagrass responses to plant growth regulator application dates. **Hotscience**. v. 27, n. 4, p. 436-438, 1990.

JOHNSON, B. J. Frequency of plant growth regulators and mowing treatments: effects on injury and suppression of centipedegrass. **Agronomy Journal**. v. 85, p. 276-280, 1993.

JOHNSON, B. J. Influence of plant growth regulators and mowing two bermudagrasses. **Agronomy Journal**. v. 86, p. 805-810, 1994.

JOHNSON, B. J. Responde of ‘Tifway’ bermudagrass to rate and frequency of flurprimidol and paclobutrazol application. **Hotscience**. v. 27, n. 3, p. 230-233, 1992.

KING, M. G.; RADOSEVICH, S. R. Tanoak (*Lithocarpus densiflorus*) leaf surface characteristics and absorption of triclopyr. **Weed Science**. v.27, n. 6, p.599-604, 1979.

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

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

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531p.

LICKFELDT, D. W.; GARDNER, D. S.; BRANHAM, B. E.; VOIGT, T. B. Implications of repeated trinexapac-ethyl applications on Kentucky Bluegrass. **Agronomy Journal**. v. 93, p. 1164-1168, 2001.

MACIEL, C. D. G.; POLINETE, J. P.; RAIMONDI, M. A.; RIBEIRO, R. B.; RODRIGUES, M.; MAIO, R. M. D. Efeito da aplicação de fitohormônios e herbicidas no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da grama bermuda. In: III SIGRA – Simpósio Sobre Gramados – “Atualidades & Perspectivas”, 3, 2006, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FCA/Unesp, 2006a. 4p. CD-ROM

MACIEL, C. D. G.; POLINETE, J. P.; SOUZA, E. L.; ALVES, L. S.; RIBEIRO, R. B.; RAIMONDI, M. A.; RODRIGUES, M. Comportamento vegetativo e reprodutivo da grama-batatais (*Paspalum notatum* Flüggé) submetida à aplicação de subdoses dos herbicidas clethodim e sethoxydim. In: III SIGRA – Simpósio Sobre Gramados – “Atualidades & Perspectivas”, 3, 2006, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FCA/Unesp, 2006b. 4p. CD-ROM

McDANIEL, G. L.; GRAHAM, E. T.; MALEUG, K. R. Alteration of poinsettia stem anatomy by growth-retarding chemicals. **Hortscience**. v.25, n. 4, p. 433-435, 1990.

MENDONÇA, C. G. **Algumas características da superfície foliar de diversas plantas daninhas monocotiledôneas**. 2000. 89f. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, 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. Apezzato-da-Glória & S. M. Carmello-Guerreiro). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. p. 303-325. 2003.

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

MONQUERO, P. A.; CURY, J. C.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Controle pelo glyphosate e caracterização geral da superfície foliar de *Commelina benghalensis*, *Ipomoea hederifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galinsoga parviflora*. **Planta Daninha**. v. 23, n. 1, p. 123-132, 2005.

MONTEIRO, M. C. C.; PACE, L. B. Anatomia foliar de *Axonopus compressus* (Sw.) Beauv. – GRAM. **Atas da Sociedade Botânica do Brasil**. v. 2, p. 37-44, 1984.

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.

MÔRO, F. V.; DAMIÃO FILHO, C. F. Alterações morfo-anatômicas das folhas de milho submetidas à aplicação de nicosulfuron. **Planta Daninha**. v. 17, n. 3, p. 331-337, 1999.

NARCIZO, G. R. Densidade estomática e porosidade foliar de vinte espécies lenhosas encontradas no cerrado. 2002. 61 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais/Ecofisiologia Vegetal), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

NASCIMENTO, E. A.; OLIVEIRA, L. E. M.; CASTRO, E. M.; FILHO, N. D.; MESQUITA, A. C.; VIEIRA, C. V. Alterações morfofisiológicas em folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) consorciado com seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). **Ciência Rural**. v. 36, n. 3, p. 852-857, 2006.

NELSON, C. J.; DUNN, J. H.; COUTTS, J. H. Growth responses of tall fescue and bermudagrass to leaf applications of ancymidol. **Agronomy Journal**. v. 69, p.61-64, 1977.

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

PEARCY, R. W.; BJORKMAN, D.; CALDWELL, M. M.; KEELEY, J. E.; MONSON, R. W.; STRAIN, B. R. Carbon gain by plants in natural environments. **Bioscience**. v. 37, n.1, p. 21-29, 1987.

PIMENTA, C. H. Produção de gramas. In: I SIGRA – Simpósio Sobre Gramados – “Produção, Implantação e Manutenção”, 1, 2003, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FCA/Unesp, 2003. 7p. CD-ROM

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.

QIAN, Y. L.; ENGELKE, M. C.; FOSTER, M. J. V.; REYNOLDS, S. Trinexapac-ethyl restricts shoot growth and improves quality of “Diamond” zoysiagrass under shade. **Hortscience**. v. 33, n. 6, p. 1019-1022, 1998.

QIAN, Y. L.; ENGELKE, M. C. Influence of Trinexapac-ethyl on Diamond Zoysiagrass in shade environment. **Crop Science**. v. 39, p. 202-208, 1999.

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

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2001. 906p.

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

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.

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.

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.

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.

RODRIGUES, J. D.; GODOY, L. J. G.; ONO, E. O. Reguladores vegetais: bases e princípios para utilização em gramados. In: II SIGRA – Simpósio Sobre Gramados – “Manejo de Gramas na Produção e em Gramados Formados”, 2, 2004, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FCA/Unesp, 2004. 30p. CD-ROM

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

SANTOS, I. C.; MEIRA, R. M. S. A.; FERREIRA, F. A.; SANTOS, L. D. T.; MIRANDA, G. V. Caracteres anatômicos de duas espécies de trapoeraba e a eficiência do glyphosate. **Planta Daninha**. v. 20, n. 1, p. 1-8, 2002.

SCHREIBER, L.; SCHÖNHERR, J. Analysis of foliar uptake of pesticides in barley leaves: role of epicuticular waxes and compartmentation. **Pesticide Science**. v.36, p. 213-221, 1992.

SCHULZE, E. D.; TURNER, N. C.; GOLLAN, T.; SHACKER, K. A. Stomatal responses to air humidity and to soil drought. In: **Stomatal action**. ZEIGGER, G. D.; CONAN, I. R. eds. Standford Universities Press, Standford, L. A. 503p. 1987.

SHEARMAN, R. C.; BEARD J. B. Environment and cultural pre-conditioning effects on the water use rate of *Agrostis palustris* Huds cultivar ‘Penncross’. **Crop Science**. v. 13, p.424-427, 1973.

SHEARMAN, R. C.; BEARD J. B. Turfgrass wear tolerance mechanisms: III. Physiological, morphological, and anatomical characteristics associated with turfgrass wear tolerance.

**Agronomy Journal**. v. 67, p.215-218, 1975.

SILVA, L. M.; ALQUINI, Y. Anatomia comparativa de folhas e caules de *Axonopus scoparius* (Flügge) Kuhl. e *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kuhl. (Poaceae). **Revista Brasileira de Botânica**. v. 26, n. 2, p. 185-192, 2003.

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

SOUZA, L. A. et al. Morfología e anatomia vegetal: técnicas e práticas. Ponta Grossa: UEPG, 2005. 194p.

TAN, Z. G.; QIAN, Y. L. Light intensity affects gibberellic acid content in Kentucky bluegrass. **Hortscience**. v. 38, n. 1, p. 113-116, 2003.

TUFFI SANTOS, L. D.; IAREMA, L.; THADEO, M.; FERREIRA, F. A.; MEIRA, R. M. S. A. Características da epiderme foliar de eucalipto e seu envolvimento com a tolerância ao glyphosate. **Planta Daninha**. v. 24, n. 3, p. 513-520, 2006.

UNRUH, J. B. Biologia de gramas de estão quente. In: II SIGRA – Simpósio Sobre Gramados – “Manejo de Gramas na Produção e em Gramados Formados”, 2, 2004, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FCA/Unesp, 2004. 31p. CD-ROM

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 transgênica. **Planta Daninha**. v.18, n.1, p.51-56, 2000.

VELINI, E. D. Utilização de fitoreguladores em gramados. In: I SIGRA – Simpósio Sobre Gramados – “Produção, Implantação e Manutenção”, 1, 2003, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FCA/Unesp, 2003. 15p. CD-ROM

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.

WATSON, L.; DALLWITZ, M. F. **The grass genera of the world**. United Kingdom: CAB International: Wallingford, U. K., 223-986 p. 1992.

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

ZANON, M. E. O mercado de gramas no Brasil, cadeia produtiva, situação atual e perspectivas. In: I SIGRA – Simpósio Sobre Gramados – “Produção, Implantação e Manutenção”, 1, 2003, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FCA/Unesp, 2003. 12p. CD-ROM