

LENIR MARISTELA SILVA LIMA

**Caracterização anatômica, anatomia quantitativa e análise da
degradação ruminal de caules e folhas de cultivares das
espécies *Axonopus scoparius* (Flügge) Kuhl. e
Axonopus fissifolius (Raddi) Kuhl. (POACEAE)**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre. Curso de Pós-Graduação em Botânica, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Yedo Alquini

CURITIBA

1998

LENIR MARISTELA SILVA LIMA

**Caracterização anatômica, anatomia quantitativa e análise da
degradação ruminal de caules e folhas de cultivares das
espécies *Axonopus scoparius* (Flügge) Kuhl. e
Axonopus fissifolius (Raddi) Kuhl. (POACEAE)**

Dissertação apresentada como requisito
parcial à obtenção do grau de Mestre.
Curso de Pós-Graduação em Botânica,
Setor de Ciências Biológicas, Universidade
Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Yedo Alquini

CURITIBA

1998



Ministério da Educação e do Desporto
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA

“Caracterização anatômica, anatomia quantitativa e análise da degradação ruminal de caules e folhas de cultivares das espécies *Axonopus scoparius* (Flügge) Kuhl. e *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kuhl. (POACEAE)”.

por

LENIR MARISTELA SILVA LIMA

Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de mestre no Curso de Pós-Graduação em Botânica, pela Comissão formada pelos Professores:

Orientador:


Prof. Dr. Yedo Alquini (Orientador)


Prof. Dr. Beatriz Appezzato da Glória (Titular)


Prof. Dr. Francisco Carlos Deschamps (Titular)

Curitiba, 13 de fevereiro de 1998

**"...e toda ciência seria supérflua, se a
forma de manifestação e a essência das
coisas coincidissem imediatamente."**

Karl Marx

**Ao meu adorável filho Arlei
Junior, expressão de amor, ternura e
cumplicidade, por me ensinar o
verdadeiro exercício da vida,
dedico.**

AGRADECIMENTOS

Este momento de agradecer é muito especial, principalmente, porque nos conduz a uma retomada histórica de todo o processo que culminou nesta parcela de contribuição à produção do conhecimento no Brasil. Isso mostra, que esse trabalho, na verdade, é fruto de várias "mãos" e também que é mais um filete que entrelaça a imensa "teia" de pesquisas pertinentes a esta área do conhecimento, confirmando assim, o quanto a produção científica é sempre resultado de um processo coletivo.

Aos que cooperaram neste trabalho, expresso aqui meus sinceros agradecimentos:

- aos meus pais ZENO JOSÉ DA SILVA e LÍRIA LORENZ DA SILVA, pelo amor dedicado e incentivo a um constante crescimento intelectual e profissional;
- à minha irmã SUELI DA SILVA FONTOLAN, por estar ao meu lado nos principais momentos de minha vida;
- à NEIVA BADIN, MÔNICA A. DA SILVA, LÚCIA PÉREGO GRUPO e REGINA CAMARGO DE SOUSA, amigas cujo caráter admirável levaram a uma cumplicidade, pelo carinho, ombro, incentivo intelectual e em específico a REGINA pela realização dos traços de nanquim nos diagramas esquemáticos, apoio nas coletas, fotografias em campo e disponibilidade ilimitada;
- ao Professor, Dr. YEDO ALQUINI; como orientador: pelas dicas exigentes advindas de experiências, dedicação e responsabilidade com o ensino e a pesquisa, como Coordenador do Curso de Pós-graduação em Botânica da UFPR: por ter oportunizado condições de operacionalização e estudo, expressando competência e profissionalismo;
- ao Dr. FRANCISCO CARLOS DESCHAMPS, pesquisador idealista e dedicado da EPAGRI, de Itajaí-SC, por ter formado parceria, pelas sugestões bem fundamentadas e pela realização das análises químicas e digestibilidade;
- a todos os pesquisadores que tiveram suas obras por mim consultadas;
- à ELIZABETH FRANÇA, amiga e secretária do Curso de Pós-graduação em Botânica, pela atenção e eficiência;
- à amiga LORACI H. TONUS, pela esmerada revisão da língua portuguesa;

- aos professores do curso, por terem oportunizado o aprofundamento em Botânica, especialmente aos Profs. OLAVO GUIMARÃES e ARMANDO CARLOS CERVI, pelo companheirismo e pelas sugestões em Taxionomia;
- aos professores e funcionários do departamento de Botânica da UFPR que de alguma forma contribuíram;
- ao NILSON BELÉM FILHO, profissional competente e atencioso, pela disponibilidade e auxílio no laboratório de Microtécnica Vegetal;
- ao Dr. TARCISO FILGUEIRAS, do IBGE de Brasília, pela identificação das espécies;
- ao colega CLÁUDIO ALVES DE BRITO, pelo auxílio na 1ª coleta, pela socialização de bibliografia e técnicas;
- aos colegas de curso SÔNIA FRANCINE B. LUZ, LEILA MARANHO, DÊNIS CARRIÃO (*in memoriam*), pela troca de experiências e apoio;
- ao Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET) - Unidade de Pato Branco PR (UNED/PB), pela licença concedida;
- à CAPES - programa PICDT, pela concessão de bolsa de estudos;
- à Universidade Federal do Paraná - Departamento de Botânica, por ter disponível o Curso de Pós-graduação em Botânica;
- ao Centro de Microscopia Eletrônica da UFPR, por ter proporcionado a realização das eletromicrografias;
- à EPAGRI - Empresa de Pesquisa e Difusão de Tecnologia em Itajaí-SC., pela parceria estabelecida;
- ao Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFPR, pela realização das análises bromatológicas.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTAS DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUÇÃO.....	13
REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DA FAMÍLIA POACEAE BARNHART (1895) (GRAMINEAE).....	15
2.2 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS ESPÉCIES.....	16
2.2.1 - <i>Axonopus scoparius</i> (Flügge) Kuhl.	16
2.2.2 - <i>Axonopus fissifolius</i> (Raddi) Kuhl. var. <i>fissifolius</i>	17
2.3 - A AÇÃO DE MICROORGANISMOS RUMINAIS SOBRE TECIDOS VEGETAIS DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS.....	18
2.3.1 - <i>O potencial de digestão dos tecidos vegetais de gramíneas forrageiras..</i>	19
MATERIAL E MÉTODOS.....	25
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1 - ASPECTOS DA MORFOLOGIA DE FOLHAS E CAULES NAS DISTINTAS ÉPOCAS DE COLETA.....	34
4.2 - CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DE AXONOPUS SCOPARIUS (FLÜGGE) KUHL.	35
4.2.1 - <i>Folha: Lâmina foliar</i>	35
4.2.2 - <i>Folha: Bainha foliar</i>	39
4.2.3 - <i>Caule</i>	41
4.3 - CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DE AXONOPUS FISSIFOLIUS (RADDI) KUHL.	42
4.4 - CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DISTINTIVAS ENTRE AXONOPUS SCOPARIUS E AXONOPUS FISSIFOLIUS.....	44
4.5 - DEGRADAÇÃO RUMINAL DOS TECIDOS VEGETAIS DOS CULTIVARES DE AXONOPUS SCOPARIUS (FLÜEGGE) KUHL. E AXONOPUS FISSIFOLIUS (RADDI) KUHL.	52
4.5.1 - <i>Degradação dos cultivares "roxo" e "verde" de Axonopus scoparius</i>	53
4.5.2 - <i>Degradação dos cultivares "roxo" e "verde" de Axonopus fissifolius</i>	56
4.6 - ANATOMIA QUANTITATIVA DOS CULTIVARES "VERDE" E "ROXO" DE AXONOPUS SCOPARIUS.....	64
4.6.1 - <i>Folha - Lâmina foliar</i>	64
4.6.2 - <i>Folha - Bainha foliar</i>	66
4.6.3 - <i>Caule</i>	67
4.7 - ANATOMIA QUANTITATIVA DOS CULTIVARES "VERDE" E "ROXO" DE AXONOPUS FISSIFOLIUS.....	69

<i>4.7.1 - Folha - Lâmina foliar</i>	69
<i>4.7.2 - Folha - Bainha foliar</i>	71
<i>4.7.3 - Caule</i>	72
4.8 - ANÁLISE BROMATOLÓGICA DA MATÉRIA SECA E CINÉTICA DA DIGESTÃO RUMINAL	75
CONCLUSÕES	79
ANEXO 01 - DADOS CLIMÁTICOS	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01- Cultivares estabelecidos nas parcelas da estação experimental da EPAGRI, com seis semanas de desenvolvimento.....	32
FIGURA 02- Parâmetros de mensuração das áreas presentes nos órgãos vegetais em secção transversal.....	33
FIGURA 03- Lâmina foliar de <i>Axonopus scoparius</i>	45
FIGURA 04- Bainha foliar de <i>Axonopus scoparius</i>	46
FIGURA 05- Caule de <i>Axonopus scoparius</i>	47
FIGURA 06- Lâmina foliar de <i>Axonopus fissifolius</i>	48
FIGURA 07- Bainha foliar de <i>Axonopus fissifolius</i>	49
FIGURA 08- Caule de <i>Axonopus fissifolius</i>	50
FIGURA 09- Representação esquemática dos órgãos das espécies em secções transversais.....	51
FIGURA 10- Lâmina foliar dos cultivares de <i>Axonopus scoparius</i> submetidos a 48h. de incubação em líquido ruminal	58
FIGURA 11- Bainha foliar dos cultivares de <i>Axonopus scoparius</i> submetidos a 48h. de incubação em líquido ruminal	59
FIGURA 12- Caule dos cultivares de <i>Axonopus scoparius</i> submetidos a 48h. de incubação em líquido ruminal.....	60
FIGURA 13- Lâmina foliar dos cultivares de <i>Axonopus fissifolius</i> submetidos a 48h. de incubação em líquido ruminal	61
FIGURA 14- Bainha foliar dos cultivares de <i>Axonopus fissifolius</i> submetidos a 48h. de incubação em líquido ruminal.....	62
FIGURA 15- Caule dos cultivares de <i>Axonopus fissifolius</i> submetidos a 48h. de incubação em líquido ruminal.....	63
FIGURA 16- Porcentagem média de tecido vascular lignificado + esclerênquima presente nos órgãos dos cultivares de <i>Axonopus scoparius</i> em duas épocas distintas de coletas.....	69
FIGURA 17- Porcentagem média de tecido vascular lignificado + esclerênquima presente nos órgãos dos cultivares de <i>Axonopus fissifolius</i> em duas épocas distintas de coletas.....	73

LISTA DE TABELAS

TABELA 01- Comprimento médio (cm) dos órgãos nas duas épocas de coletas.....	34
TABELA 02- Comparação distintiva das características anatômicas de <i>Axonopus scoparius</i> e <i>Axonopus fissifolius</i>	44
TABELA 03- Porcentagem média e desvio padrão dos diferentes tecidos presentes na região do limbo foliar, em secção transversal, dos cultivares de <i>Axonopus scoparius</i> em dois estádios de desenvolvimento.....	64
TABELA 04- Porcentagem média e desvio padrão dos diferentes tecidos presentes na região da quilha foliar, em secção transversal, dos cultivares de <i>Axonopus scoparius</i> em dois estádios de desenvolvimento.....	65
TABELA 05- Porcentagem média e desvio padrão dos diferentes tecidos presentes na região da bainha foliar, em secção transversal, dos cultivares de <i>Axonopus scoparius</i> em dois estádios de desenvolvimento.....	66
TABELA 06- Porcentagem média e desvio padrão dos diferentes tecidos presentes na região do caule, em secção transversal, dos cultivares de <i>Axonopus scoparius</i> em dois estádios de desenvolvimento.....	68
TABELA 07- Porcentagem média e desvio padrão dos diferentes tecidos presentes na região do limbo foliar, em secção transversal, dos cultivares de <i>Axonopus fissifolius</i> em dois estádios de desenvolvimento.....	70
TABELA 08- Porcentagem média e desvio padrão dos diferentes tecidos presentes na região da quilha foliar, em secção transversal, dos cultivares de <i>Axonopus fissifolius</i> em dois estádios de desenvolvimento.....	70
TABELA 09- Porcentagem média e desvio padrão dos diferentes tecidos presentes na região da bainha foliar, em secção transversal, dos cultivares de <i>Axonopus fissifolius</i> em dois estádios de desenvolvimento.....	71
TABELA 10- Porcentagem média e desvio padrão dos diferentes tecidos presentes na região do caule, em secção transversal, dos cultivares de <i>Axonopus fissifolius</i> em dois estádios de desenvolvimento.....	72
TABELA 11- Composição média (% na matéria seca) dos materiais estudados, em termos de proteína bruta (PB) e constituintes da parede celular - fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina.....	77
TABELA 12- Valores calculados para os parâmetros “a”, “b” e “c” oriundos da cinética de digestão ruminal da matéria seca das amostras de <i>Axonopus</i> coletadas com dois períodos de crescimento.....	77

RESUMO

No presente trabalho foram descritas as características estruturais de folhas e caules (colmos) de cultivares das espécies *Axonopus scoparius* (Flüegge) Kuhlm e *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kuhlm, além da determinação quantitativa dos tecidos presentes nestes órgãos e a análise da degradação sob um período de 48h. de incubação em líquido ruminal (*in situ*), em duas épocas distintas de coletas. Para o confrontamento dos dados utilizou-se a análise bromatológica e o acompanhamento da cinética da digestão ruminal. As amostras foram coletadas na Estação Experimental de EPAGRI-Empresa de Pesquisa e Difusão de Tecnologia em Itajai-SC. Na lâmina foliar de ambas as espécies evidenciam-se características da síndrome Kranz, confirmando o processo fotossintético C₄. Como resultados principais observou-se que as espécies distinguem-se anatomicamente, destacando-se principalmente a presença de células buliformes na epiderme da face adaxial da lâmina foliar de *Axonopus fissifolius* e a presença de tricomas longos, unicelulares na epiderme da face adaxial da lâmina foliar de *Axonopus scoparius*. A anatomia quantitativa demonstrou, significativamente, que as proporções de tecidos no caule sofrem acréscimos com o envelhecimento, principalmente na proporção de tecidos vasculares lignificados + esclerênquima. A espécie *A. scoparius* demonstrou maior proporção de tecidos vasculares lignificados + esclerênquima no caule comparada a espécie *A. fissifolius*, num mesmo período de desenvolvimento. Comparativamente, o cultivar "verde" de *Axonopus scoparius*, com quatro semanas de desenvolvimento, apresentou maior suscetibilidade à degradação ruminal, do que o cultivar "roxo", enquanto que os cultivares da espécie *Axonopus fissifolius* apresentaram resultados bastante similares.

PALAVRAS CHAVES: Anatomia de gramíneas; degradação de tecidos; anatomia quantitativa; *Axonopus scoparius*; *Axonopus fissifolius*; análise bromatológica.

ABSTRACT

Several species in the genus *Axonopus* are commonly used as forage milk cattle to feed in southern Brazil. However, little is known about the digestibility of these plants in the bovine rumen. In this work, the structural features of leaves and stems of two cultivars of two species of *Axonopus*, *Axonopus scoparius* (Flüegge) Kuhl. and *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kuhl. are described the tissue distribution and the bromatological characteristics of the leaves and stems, and the digestibility kinetics of these organs in the bovine rumen are also analyzed. Samples of leaves and stems, were harvested at two different times, early and late in the crop cycle. The Kranz syndrome was found in all cultivars in both species. *A. scoparius* could be distinguished from *A. fissifolius* by two features: 1- the presence of bulliform cells in the leaf-blade upper epidermis of *A. fissifolius* and the absence of these cells in *A. scoparius*. 2- the presence of unicellular macrohairs in the leaf-blade upper epidermis of *A. scoparius* and the absence of these cells in *A. fissifolius*. Increase in the amount of lignified vessels, and sclerenchymatous cells, was associated with aging, especially in the stems, being this trend more evident in *A. scoparius*. Cultivars in the species *A. scoparius* presented different levels of susceptibility to chemical degradation into the bovine rumen, while no differences regarding susceptibility to chemical degradation was found for *A. fissifolius* cultivars.

KEY WORDS: *Axonopus scoparius*; *Axonopus fissifolius*; bromatology analysis; .grass anatomy; quantitative anatomy; tissue degradation.

INTRODUÇÃO

O gênero *Axonopus* Beauvois é explorado representativamente na região do Vale do Itajaí. As espécies *Axonopus scoparius* (Flügge) Kuhlm. (capim imperial) e *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kuhlm. (grama missioneira) são gramíneas tropicais utilizadas como forrageiras para a bovinocultura de leite.

Poucos trabalhos com enfoque anatômico abordam espécies do gênero *Axonopus*. A clássica obra de METCALFE (1960) que trata de anatomia de gramíneas não inclui a descrição desse gênero. ANTON (1986) descreve algumas características das lâminas foliares de *Axonopus scoparius* (Flügge) Kuhlm e *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kuhlm.

Dentre os alimentos disponíveis para os ruminantes destacam-se as forragens, por serem alimentos baratos e abundantes. Infelizmente, as forragens tropicais geralmente apresentam limitações nutricionais, que se refletem nos baixos índices produtivos das regiões tropicais (Van Soest, 1982; Thiago e Gill, 1990 **apud** DESCHAMPS, 1994).

DESCHAMPS (1994),concluiu que a espécie *Axonopus scoparius* apresenta boa qualidade em função dos elevados valores de digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), estando estes resultados relacionados com a organização estrutural da espécie. Estudos de anatomia vegetal aplicados a área de nutrição animal, têm demonstrado o quanto eles podem ser úteis na solução de problemas.

RODELLA **et al.** (1984) estabeleceram comparações anatômicas quantitativas entre gramíneas forrageiras e concluíram que as características anatômicas da folha podem fornecer uma série de indicativos sobre o potencial de digestibilidade da celulose. AKIN (1979) afirmou que o uso de técnicas microscópicas para avaliar a digestibilidade das forragens é um excelente meio para ajudar na elucidação dos fatores que afetam a degradação das forragens pelos microorganismos do rúmen.

Diversos trabalhos sobre a verificação do potencial de degradação de forragens vêm sendo desenvolvidos, porém a maioria trata do estudo de gramíneas temperadas, destacando-se os trabalhos de: HANNA **et al.** (1973); AKIN **et al.** (1974); AKIN E BURDICK, (1975); HACKER e MINSON, (1981); ENGELS e SCHUURMANS, (1992); WILSON, (1993); MAGAI **et al.** 1994; ALVES DE BRITO (1997).

Diante do exposto, a realização deste estudo tem como objetivos:

- Descrever as características anatômicas de folhas e caules de *Axonopus scoparius* (Flügge) Kuhlm. e de *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kuhlm.;
- Comparar quantitativamente e qualitativamente a organização estrutural de caules e folhas dos cultivares "verde" e "roxo" das espécies supramencionadas em estado natural, em dois períodos diferentes de desenvolvimento da planta;
- Analisar a degradação ruminal (48h) de folhas e caules dos cultivares;
- Estabelecer implicações entre anatomia quantitativa, análise bromatológica e cinética da digestão ruminal, como ferramenta para melhor compreensão do complexo processo de digestão nos ruminantes.

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Características gerais da família POACEAE Barnhart (1895) (Gramineae)

A família POACEAE é uma das maiores famílias das fanerógamas, com cerca de 500 gêneros e 8000 espécies, de distribuição cosmopolita, porém abundante em regiões semi-áridas tropicais e temperadas com chuvas sazonais. (CRONQUIST, 1981). Essa família é de grande complexidade do ponto de vista morfológico. Adquiriu uma terminologia peculiar, merecendo referências mais pormenorizadas do que outras famílias (LAWRENCE, 1951). São plantas anuais ou perenes, herbáceas ou, mais raramente, lenhosas (bambu), caracterizadas principalmente por apresentarem flores com redução dos elementos florais e reunidas em inflorescências básicas - as espiguetas (METCALFE, 1960; CRONQUIST, 1981; DALGREEN.; CLIFFORD e YEO, 1985).

Classificação Taxionômica:

(segundo CRONQUIST, 1981):

Divisão: Magnoliophyta
Classe: Liliopsida
Sub-classe: Commelinidae
Ordem: Cyperales
Família: Poaceae

(segundo REYNA e DAVILA, 1995)

Tribo: Paniceae
Subtribo: Setarinae
Gênero: *Axonopus* Palisot de Beauvois
Espécie: *Axonopus scoparius* (Flügge) Kuhlmann.
Espécie *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kuhlmann.

2.2 - Características gerais das espécies

2.2.1 - *Axonopus scoparius* (Flügge) Kuhlm.

Sinonímia científica segundo SMITH, et al. (1982):

Paspalum scoparium Flügge, 1810

Panicum columbiense Kuntze, 1898

Paspalum giganteum Kuntze

P. fornierianum var. *maximum* Theli, 1913

P. tripinnatum Mez, 1917

Planta perene de aproximadamente 1,5 m de altura, de origem exótica, natural de uma região da América que vai do México até a Bolívia, amplamente difundida pelo cultivo, principalmente em regiões tropicais (SMITH et al. 1982).

Os colmos são simples ou ramosos, de até 1 cm de espessura. As folhas possuem bainhas de 15-50 cm de comprimento e 1-3 cm de largura. As lâminas chegam até 5 dm de comprimento e 5-30 mm de largura, sendo pilosas na face adaxial. Entre a lâmina e a bainha está presente uma lígula ciliada (SMITH, et al. 1982).

Devido ao seu alto teor de umidade, é uma planta tenra e succulenta (OTERO, 1961).

Essa espécie é frequentemente cultivada como planta forrageira de corte na zona da floresta pluvial da encosta atlântica de Santa Catarina, sobretudo nas áreas de produção de leite, como é o caso do Vale do Itajaí. Raramente, pode ocorrer como subespontânea ou como fugitiva do cultivo, em roças abandonadas, nas capoeiras, bem como ao longo de estradas (SMITH, et al. 1982).

A utilização desta espécie para a bovinocultura de leite se justifica devido à boa qualidade e elevados índices de digestibilidade que apresenta (Seiffert, 1980 apud SALERNO et al. 1990; DESCHAMPS, 1994).

No Brasil, dentre a sinonímia popular destacam-se: capim teso, capim imperial, gramão, capim colombiano, capim venezuela, capim branco, palha branca, pasto imperial, capim touceira e gramão-venezuela (OTERO, 1961; SMITH et al. 1982; SALERNO et al. 1990).

2.2.2 - *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kuhl. var. *fissifolius*

Sinonímia científica segundo SMITH, et al. (1982)

Paspalum fissifolius Raddi, 1823

Paspalum platycaulon var. *gracilius* Doell, 1877

P. platycaulon var. *parviflorum* Doell

P. compressum var. *arenarium* Bertoni, 1918

P. flexile, Mez, 1921

P. purpusii Mez

Axonopus straguius Chase, 1922

A. purpusi (Mez) Chase, 1927

A. affinis Chase, 1938

A. flexilis (Mez) Henr., 1941

A. anomalus Swallen, 1949

A. compressus var. *affinis* (Chase) Henderson, 1954

A espécie *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kuhl. é perene, cespitosa, podendo ou não apresentar estolhos. Os colmos variam de 15 a 120 cm de altura sendo simples ou, às vezes, ramosos perto da base. As folhas são glabras. A bainha é comprimida, normalmente mais curta que os entrenós e a lígula é curto-ciliada. A lâmina é dobrada, linear com 1-30 cm de comprimento e 1,5-4 mm de largura (SMITH, et al. 1982).

É utilizada nas pastagens naturalizadas de toda a área da costa atlântica sul brasileira. Resiste bem ao pisoteio do gado, apresentando grande agressividade sobre solos recentemente revolvidos. É bastante resistente às geadas e apresenta alta

palatabilidade. Também é considerada como a forrageira mais importante e mais amplamente difundida no Sul do Brasil (SMITH et al. 1982).

Dentre a sinonímia popular destacam-se: grama jesuíta, grama tubarão, grama missioneira e grama tapete (SMITH, et al. 1982).

2.3 - A ação de microrganismos ruminais sobre tecidos vegetais de gramíneas forrageiras

O processo de digestão das forragens nos ruminantes resulta, principalmente, da interação entre microrganismos ruminais e a estrutura da parede celular.

O tubo digestivo dos ruminantes é bastante diferenciado do de outros mamíferos. O estômago glandular (obomaso) é precedido por três cavidades denominadas rúmen, retículo e omaso, onde o alimento é parcialmente digerido pelos microrganismos (FRANDSON, 1979).

O rúmen e o retículo funcionam como verdadeiras câmaras de fermentação para a ação dos microrganismos sobre os alimentos fibrosos. Os principais microrganismos do rúmen são bactérias e protozoários, encontrando-se ocasionalmente quantidades apreciáveis de fungos (DESCHAMPS, 1995). O modo de ação desses microrganismos é distinto: enquanto alguns agem firmemente ligados às partículas dos alimentos, outros agem no interior das partículas (Akin e Amos, 1975 apud DESCHAMPS, 1995).

Durante o período de incubação das forragens no rúmen, os microrganismos produzem as enzimas necessárias à degradação, principalmente da celulose (PELCZAR, et al. 1981).

2.3.1 - O potencial de digestão dos tecidos vegetais de gramíneas forrageiras

A anatomia vegetal é de grande valia quando se pretende comparar espécies forrageiras (RODELLA et al. 1982; RODELLA e ANDRADE, 1983; RODELLA et al. 1984). Há uma estreita relação entre a anatomia e o valor nutritivo dessas plantas. DESCHAMPS (1995) comenta que, antes das interações moleculares no processo de degradação dos polissacarídeos, estruturas macromoleculares expressas na anatomia do vegetal podem representar importante barreira. Isso porque o processo de degradação envolve a interação de microorganismos com uma partícula de alimento de considerável tamanho.

O uso de técnicas microscópicas para avaliar a degradação dos tecidos vegetais de forragens tem sido freqüente. Segundo AKIN (1979), é um excelente meio para ajudar na elucidação dos fatores que afetam a degradação das forragens pelos microorganismos do rúmen. WILKINS (1972) e WILSON (1976), verificaram a possibilidade de se associar a quantidade de tecidos esclerenquimáticos e vasculares com a qualidade das forragens.

Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos na tentativa de explicar os padrões de degradação ruminal, porém a maioria deles referindo-se a gramíneas de regiões temperadas.

Gramíneas de regiões tropicais diferem de gramíneas de regiões temperadas em aspectos fisiológicos e anatômicos (quanto à estrutura foliar), devido, principalmente, às condições climáticas em que se desenvolvem. Gramíneas tropicais, de modo geral, têm maior capacidade de utilização de luz e de água e, por conseqüência, de fixação de CO_2 , caracterizando o processo fotossintético C_4 (Slack e Hatch, 1967, Downes, 1970 apud OLIVEIRA et al. 1973).

Gramíneas tropicais C_4 possuem grande quantidade de tecidos menos digeríveis (tecido vascular, epiderme e bainha parenquimática do feixe) e uma quantidade relativamente pequena de tecidos mais digeríveis (mesofilo e floema) do que gramíneas temperadas C_3 (HANNA et al. 1973; AKIN e BURDICK; 1975; HACKER, e MINSON, 1981; WILSON, et al. 1983; MAGAI, et al. 1994). O mesofilo em espécies C_3 é mais "frouxo" do que em espécies C_4 (WILSON, et al. 1983).

Segundo Minson e Mcled, 1970 **apud** WILSON, **et al.** (1983) gramíneas tropicais têm cerca de 13% menos de digestibilidade do que gramíneas temperadas.

Entre as diversas gramíneas há diferenças anatômicas consideráveis entre lâmina foliar, bainha foliar e caule. Essas diferenças, segundo WILSON (1993), estão associadas com a relativa proporção dos tecidos em cada órgão e com a digestibilidade ou indigestibilidade da parede celular.

Os tecidos vegetais diferem quanto à composição química das paredes celulares de suas células. Tal composição está diretamente relacionada com a facilidade ou dificuldade de degradação da parede celular. A presença de lignina e o espessamento das paredes celulares causam a maioria dos problemas de aproveitamento de energia disponível nas forragens tropicais.

Além da composição química da parede celular, a organização estrutural dos tecidos vegetais também interfere no processo de degradação. Conseqüentemente, os tecidos vegetais diferem no grau e na extensão em que são degradados. Bruckner e Hanna, 1990 **apud** MAGAI **et al.** (1994) descreveram um padrão geral de degradação de tecidos em forragens: mesofilo e floema (rapidamente degradados) > epiderme e bainha parenquimática do feixe (lentamente degradadas) > esclerênquima (lentamente degradado e não degradado) > cutícula e tecido vascular lignificado (não degradados).

Estudos com *Cynodon dactylon* (L.) Pers. demonstraram que a inter-relação dos microorganismos do rúmen com a parede celular vegetal varia de acordo com as características do tecido (AKIN, **et al.** 1974). As bactérias degradam porções de paredes delgadas das células do mesofilo e do floema sem antes fixar-se na célula vegetal. Inversamente, bactérias do rúmen fixam-se nas paredes das células da epiderme e da bainha do feixe, antes da degradação desses tecidos. Enzimas livres podem degradar parcialmente a parede primária das células do mesofilo e do floema mas não a parede espessa das células de outros tecidos. Esse fato contribui para explicar por que o mesofilo e o floema são os primeiros tecidos a serem degradados (HANNA, **et al.** 1973; AKIN **et al.** 1974; AKIN e BURDICK, 1975; HACKER e MINSON, 1981; MAGAI **et al.** 1994; AKIN, 1989; WILSON, 1993).

HANNA **et al.** (1973), atribuem a fácil degradação do mesofilo à delgada parede não lignificada das células e aos espaços intercelulares que facilitam a penetração dos microorganismos. Já o floema, apesar da parede delgada de suas

células, apresenta um arranjo muito compacto, dificultando o acesso dos microorganismos e tornando a digestão mais lenta que a do mesofilo. Isso foi demonstrado também por Grabber e Allinson **apud** MAGAI, **et al.** (1994) que ao comparar folhas das espécies *Phalaris arundinacea* L. e *Lolium perene* L. constataram que a primeira teve digestibilidade mais lenta pois apresentava tecidos com arranjo mais compacto.

Sleper e Rougman (1984) **apud** MAGAI **et al.** (1994), ao compararem a digestibilidade das lâminas foliares de *Phleum pratense* L., *Festuca arundinacea* Schreb e *Agrostis tenuis* Sibth. em solução de celulase, comprovaram também que espaços intercelulares nos tecidos da folha proporcionam digestibilidade mais rápida.

ALVES DE BRITO (1997) relacionou a maior degradação da bainha foliar (em estágio mais avançado de desenvolvimento) de *Pennisetum purpureum* Schum. à presença de aerênquima, que facilitou o deslocamento e início do ataque da biota ruminal. WILKINS (1972) relatou a presença de aerênquimas em bainhas foliares em estádios iniciais e tardios de desenvolvimento, porém chama atenção para uma frequência maior em estádios tardios.

Trabalhando com *Andropogon gerardii* Vitmar., *Sorghastrum nutans* (L.) Nash. e *Panicum virgatum* L. MAGAI **et al.** (1994), constataram que áreas de mesofilo e floema foram digeridas em cerca de 80% após 24h de incubação. Isso foi observado igualmente para a degradação das paredes, ora anticlinais externas, ora periclinais externas das células da bainha parenquimática do feixe vascular e paredes internas das células da epiderme. Os autores constataram também que, durante 72h de incubação, a epiderme adaxial das três espécies analisadas foi digerida em similar extensão. Os resíduos não digeridos de cada espécie foram encontrados apenas em áreas adjacentes ao maior feixe, enquanto que a epiderme abaxial não foi digerida.

Essa dificuldade de digestão da superfície externa da epiderme é devido a sua impenetrabilidade (Monson **et al.**, 1972 **apud** WILSON, 1993). A impenetrabilidade é causada principalmente pela presença da cutícula protetora, que não é degradada (HACKER e MINSON, 1981, AKIN e ROBINSON, 1982).

Além desse fato WILSON (1993), cita outras características da epiderme de gramíneas tropicais que interferem no processo de degradação: a presença de corpos silicosos recobrimdo os feixes vasculares e a alta sinuosidade das paredes das células

longas, que proporcionam uma forte ligação entre as células adjacentes. HACKER e MINSON, (1981) mencionam a resistência das células-guarda à degradação, possivelmente devido à impregnação com cutina e sílica.

A participação dos estômatos como facilitadores do acesso dos microorganismos ao mesofilo foi mencionada por ALVES DE BRITO (1997). Segundo ele, os microorganismos utilizam o poro estomático como forma de transpor a epiderme e iniciam a degradação pela câmara sub-estomática.

Na seqüência do processo de degradação encontra-se a bainha parenquimática do feixe, constituída por um grupo altamente especializado de células contendo grandes cloroplastos e com disposição radiada em torno dos feixes vasculares em folhas de gramíneas C_4 , comumente referida como bainha Kranz. Essa bainha, segundo WILSON, (1993) contém grande proporção de proteína e amido e, conseqüentemente, é uma fonte significativa de constituintes digeríveis em gramíneas C_4 .

A parede celular das células da bainha parenquimática em gramíneas C_4 é diferente das demais células do mesofilo. Elas mostram espessamento secundário, são quase cinco vezes mais espessas do que as paredes das células do mesofilo e são fracamente lignificadas. A aparente lignificação, contudo, não inibe totalmente a digestão, mas pode freqüentemente torná-la incompleta e lenta, levando de 48 a 72 horas ou mais tempo (WILSON, 1993).

AKIN e BURDICK, (1975) trabalhando com digestibilidade em folhas de gramíneas, comprovaram que as células da bainha parenquimática diferem em degradação entre tipos de gramíneas, espécies e cultivares. MAGAI et al. (1994) constataram diferenças no grau de degradação da bainha parenquimática entre as folhas das espécies *Andropogon gerardii* Vitmar., *Sorghastrum nutans* (L.) Nash. e *Panicum virgatum* L.

Finalmente, o tecido esclerenquimático e xilema, por terem elevada lignificação, principalmente em um estágio mais avançado de desenvolvimento do vegetal, são resistentes à degradação (HANNA et al. 1973; AKIN et al. 1974; WILSON et al. 1983; Twidwell et al. 1990 apud MAGAI et al. 1994). Contudo, tecidos lignificados variam em digestibilidade. O esclerênquima da folha geralmente compreende uma grande parte do resíduo da forragem e é parcialmente degradado periféricamente com colonização por bactérias do rúmen. Em contraste, a epiderme e o anel

esclerenquímico, em caule e xilema de folhas e caules, são mais resistentes à colonização microbiana e à degradação ruminal, formando uma barreira inerte à digestão (AKIN, 1989). Grabber *et al.* (1982) *apud* VENTRELLA (1995), estudando paredes celulares isoladas de esclerênquima, concluíram que a taxa e a extensão da digestibilidade do tecido esclerenquímico está mais relacionada a sua organização estrutural do que à composição química da parede celular. MAGAI *et al.* (1994), em estudo com folhas de *Andropogon gerardii* Vitmar., *Sorghastrum nutans* (L.) Nash. e *Panicum virgatum* L., relataram que a extensão da degradação de tecido esclerenquímico foi significativamente menor na lâmina foliar em *Andropogon* do que nas outras espécies e que o grau de lignificação pode afetar a digestibilidade do tecido esclerenquímico. Barton e Akin, (1977) *apud* MAGAI *et al.* (1994) submeteram Bermudagrass Coastal a um tratamento com permanganato de potássio, o que resultou em um aumento de digestibilidade *in vitro* de tecido esclerenquímico em cerca de 32% após 72h de incubação. Contudo, muito desse incremento foi decorrente do esclerênquima adjacente ao feixe vascular. Woodward *et al.* (1989) *apud* MAGAI *et al.* (1994) submeteram dois híbridos de Bermudagrass à digestão em fluido ruminal em uma solução preparada de celulase e constataram que o esclerênquima, xilema e células da bainha parenquimática dos grandes feixes vasculares foram muito resistentes à digestão, mas concluíram que um pré-tratamento com pepsina ácida facilitou a degradação do esclerênquima por celulase.

A qualidade da forragem diminui com a maturidade. Esse fato se deve fundamentalmente às mudanças que ocorrem nos caules (Terry e Tilley, 1964 *apud* AKIN, 1979; HANNA *et al.* 1976), principalmente com acréscimo no teor de lignificação. Considera-se que em estádios iniciais de desenvolvimento, os caules podem apresentar qualidade igual ou superior à das folhas (HANNA, *et al.* 1976). Entretanto, WILKINS (1972) menciona, também, aumento no teor de lignificação em lâminas e bainhas com a maturidade.

A bainha pode constituir uma significativa proporção da forragem (Johnston e Waite, 1965 *apud* WILSON, 1993), mas pouco tem sido estudado com relação a sua anatomia quantitativa.

WILSON (1976); RODELLA *et al.* (1982) apontam diferenças na proporção de tecidos de acordo com o nível de inserção das folhas. Segundo os autores, o maior

efeito é um aumento progressivo na proporção de tecido vascular e esclerênquima em folhas de nível de inserção superior. WILSON (1976) menciona que a bainha foliar tem mais alta proporção de tecidos lignificados e cutícula do que a lâmina foliar, o que vem a explicar a menor digestibilidade daquela quando comparada a esta.

Diante do exposto, pode-se perceber que, apesar de se conhecer a seqüência geral da degradação dos tecidos, ela pode variar em diversos aspectos entre espécies e cultivares. Trabalhos que venham a contribuir com a análise da ação de microorganismos ruminais sobre tecidos vegetais em gramíneas forrageiras tropicais podem indicar importantes aspectos qualitativos dessas plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

Entendendo que parcerias podem facilitar e fortalecer a pesquisa e a produção do conhecimento, o presente trabalho é resultado da associação entre o Curso de Pós-graduação em Botânica da UFPR e a Empresa Catarinense de Pesquisa e Extensão Agropecuária - EPAGRI, representada pelo pesquisador Dr. Francisco Carlos Deschamps, a qual proporcionou as coletas das espécies em estudo, bem como o desenvolvimento das técnicas relacionadas com as análises químicas e com a digestibilidade.

A identificação das espécies foi realizada pelo Dr. Tarciso Filgueiras, especialista na família POACEAE, do IBGE de Brasília. As exsicatas encontram-se registradas no herbário UPCB da Universidade Federal do Paraná - Setor de Ciências Biológicas, sob os números: 30313, 30314, 30315, 30316, 30317 e 30318.

As espécies se encontravam estabelecidas em parcelas homogêneas de 10 x 25m na Estação experimental de ITAJAÍ - EPAGRI, em Itajaí-SC. Inicialmente, foi realizado um corte de emparelhamento em 25/11/1996, quando as parcelas sofreram adubação de cobertura à base de nitrogênio (uréia) e fósforo (superfosfato triplo), correspondente a 1 x ROLAS (Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos), equivalente a 150Kg/ha de N, 110 Kg/ha de P₂O₅ e 140Kg/ha de K₂O. O solo inicialmente apresentava pH (smp)= 5,2, P= 2,2 ppm e K= 30,0 ppm. Os dados climáticos se encontram no anexo 01.

Objetivando evidenciar as alterações histológicas sofridas pelo vegetal com a maturidade, o material botânico foi coletado em 06/01/1997 (Fig. 1-A, B, C e D) e em 11/04/1997.

De cada parcela foram selecionadas aleatoriamente cinco touceiras, cortadas rente ao solo, sendo que de cada touceira foi retirada uma planta para estudo botânico e de degradação ruminal, enquanto que o restante foi destinado à análise bromatológica.

A coleta para o estudo botânico e da degradação ruminal obedeceu ao padrão semelhante ao descrito por ALVES DE BRITO (1997), conforme relacionado abaixo:

- Para lâminas e bainhas: na primeira coleta foram retiradas amostras da porção mediana da terceira folha, contando a partir da folha bandeira. Para a segunda coleta, foram retiradas amostras da quinta folha.
- Para caules foram retiradas amostras da porção mediana do entrenó localizado imediatamente acima da inserção das folhas supra-mencionadas. As amostras destinadas ao estudo botânico foram fixadas em F.A.A. 70% por aproximadamente 48h e posteriormente armazenadas em álcool 70% (JOHANSEN, 1940). As amostras destinadas à degradação ruminal foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer (-17C°).

Foram confeccionadas lâminas semi-permanentes e permanentes para o estudo da organização estrutural.

No preparo de lâminas semi-permanentes foram realizadas secções transversais da porção mediana da lâmina foliar e da bainha com lâmina de barbear e com uso de isopor como suporte (QUINTAS, 1963). As secções foram estocadas em água destilada e submetidas à clarificação plena em hipoclorito de sódio a 20%. Foram então lavadas em água destilada duas vezes, mergulhadas em água acidulada para neutralizar o pH e facilitar a fixação do corante e lavadas novamente em água destilada. Para a coloração foram utilizados azul de astra e fucsina básica a 0,5% em solução aquosa (ROESER, 1972). A montagem em lâmina foi feita com glicerina 50% (BERLYN e MIRSKE, 1976). A lutagem foi feita com esmalte incolor.

Para a microscopia eletrônica de varredura as amostras de lâmina foliar, bainha e caule, após a fixação já mencionada, passaram por desidratação em série alcoólica etílica (álcool 90 %,uma hora; álcool 100%, duas horas; álcool 100%, duas horas). As amostras foram desidratadas via ponto crítico em aparelho Balzers CPC 010 (SILVEIRA, 1989), coladas com esmalte incolor e grafite em suporte próprio. A metalização em ouro foi efetuada em equipamento Balzers Sputtering SCD 030.

As fotomicrografias foram realizadas por fotomicroscópio ZEISS. As escalas foram projetadas nas mesmas condições ópticas. As eletromicrografias foram realizadas por microscópio eletrônico de varredura SEM 505 Philips.

Os diagramas esquemáticos foram realizados através de microscópio fotônico OLYMPUS CBB acoplado com câmara clara.

Lâminas Permanentes

Para evidenciar a epiderme nas superfícies abaxial e adaxial da lâmina foliar e da bainha, foi realizada a técnica de dissociação de tecidos (FRANKLIN, 1946), modificada. Foram selecionadas amostras da porção mediana da lâmina foliar e da bainha, estocadas em solução de ácido acético glacial + água oxigenada 30V e deixadas em estufa a 60° C durante dois dias. Após esse período, o material foi lavado em água corrente. Fragmentos das superfícies abaxial e adaxial foram separados e passados por água acidulada para neutralizar o pH, depois lavados em água destilada e submetidos à série alcoólica etílica 10%, 30%, 50%, 70%, 90%, 100% por uma hora em cada concentração, depois em álcool-xilol, nas proporções (3:1), (1:1), (1:3), e em xilol puro, também por uma hora em cada concentração. Os corantes utilizados foram: azul de astra 0,5 % em álcool 50%, Fast green 0,5% em álcool 90%. Os corantes foram utilizados de acordo com a concentração correspondente. A montagem das lâminas foi feita com permount.

Também foram confeccionadas lâmina permanentes, com secções transversais, utilizando-se o emblocamento em glicol metacrilato (GMA) JB4 (Polysciences. Inc.) de acordo com as especificações do fabricante e de FELDER e O'BRIEN (1968). Os blocos foram seccionados em micrótomo rotativo 820 SPENCER, com espessura de 5 a 8 micrômetros. A coloração foi realizada com azul de toluidina em tampão acetato pH 4. As lâminas foram montadas com permount.

Anatomia Quantitativa

O estudo da proporção dos tecidos contou com cinco repetições e foi precedido por desenhos das áreas presentes na lâmina foliar (limbo e quilha), na bainha foliar e no caule, dos quatro cultivares, nas duas épocas de coletas em folhas de papel A3, através da projeção das lâminas permanentes em microscópio BIOTEC/NIKON, totalizando 160 desenhos. Os diagramas esquemáticos, com os parâmetros utilizados para delimitar as áreas de cada órgão, encontram-se na Fig. 2. Os tecidos considerados para a mensuração (semelhante ao de ALVES DE BRITO, 1997) foram selecionados de acordo com a natureza da parede celular:

Tecido epidérmico = células epidérmicas (exceto tricomas e células buliformes); **Tecido vascular lignificado e esclerênquima** = células com paredes celulares de natureza lignificada presentes nos feixes vasculares e calotas esclerenquimáticas; **Tecido vascular não lignificado** = células constituintes do floema; **Tecido parenquimático** = células parenquimáticas e células buliformes (devido à natureza de suas paredes). A mensuração foi realizada com mesa digitalizadora DIGICOM modelo 1812, acoplada a microcomputador, utilizando-se o sistema de planimetria SPLAN, desenvolvido pelo CINAG (Centro de Informática na Agricultura) da Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu (SP), conforme metodologia proposta por RODELLA *apud* ALVES DE BRITO (1997).

A lâmina foliar foi subdividida em quilha e limbo conforme METCALFE (1960). Os aerênquimas presentes na bainha foliar foram mensurados e subtraídos do tecido parenquimático.

Os dados foram submetidos à análise de variância e suas médias comparadas através do Teste de Duncan ao nível de 5%.

Degradação ruminal (*in situ*)

Para a análise da degradação ruminal, foram realizadas três repetições de cada órgão para cada cultivar. As amostras foram incubadas diretamente no rúmen de um bovino fistulado, por um período de 48 horas. As frações correspondentes a lâmina, bainha e caule, foram acondicionadas em um pequeno pedaço de tubo de silicone e envolto por um tecido de nylon que apresentava porosidade média de 45 μ . Esse conjunto foi acondicionado em um outro saquinho de nylon de tamanho 15 x 17 cm, o qual foi preso a uma haste plástica. Essa haste foi presa por um fio de nylon, de aproximadamente 50 cm, na borda da fístula ruminal. Essa forma de proteção foi utilizada para evitar que a pressão exercida pelos movimentos ruminais fragmentasse as amostras. Estudos anteriores, realizados por ALVES DE BRITO (1997), demonstraram que principalmente, o parênquima do caule, torna-se muito friável após a digestão *in vitro*, se o material não for devidamente protegido. Em muitos casos, o material fragmenta-se totalmente, impedindo sua utilização em estudos histológicos. As amostras foram deixadas para cumprir o período de

incubação ruminal. Ao final do tempo, o material foi removido, lavado em água corrente, imediatamente fixado em F.A.A. 70% por aproximadamente 48h e posteriormente armazenados em álcool 70%. Essa metodologia foi adaptada por F. C. DESCHAMPS (comunicação pessoal). Para montagem das lâminas permanentes utilizou-se o processo anteriormente descrito.

Análise Bromatológica

Folhas e caules destinados à análise bromatológica foram secos em estufa de ar forçado 55° C por 72 horas e moídas em moinho tipo Viley com peneira 2 mm. Foram separadas duas repetições de cada cultivar em cada época de coleta e analisadas usando-se a técnica do infra-vermelho (NIRS- Near Infra Red Spectroscopy) do laboratório de nutrição animal do Departamento de Zootecnia da UFPR.

Análise da parede celular¹

A fração denominada de Fibra em Detergente Neutro (FDN) representa o conteúdo de parede celular presente na amostra (GOERING & VAN SOEST, 1970). No método originalmente proposto pelos autores, FDN corresponde ao resíduo resultante da extração sob refluxo por uma hora, com detergente à base de sódio-dodecilsulfato (SDS) em pH 6,9. Esse tratamento remove as frações solúveis, deixando como componentes estruturais: celulose, hemicelulose, lignina não solúvel, sílica e outros minerais. No presente trabalho foi introduzida uma modificação, na qual a etapa de extração por refluxo por uma hora foi substituída por outra em que a digestão foi realizada em autoclave de bancada com ciclo de 40 minutos a 120 °C. Tal procedimento não compromete os resultados obtidos.

A fração Fibra em Detergente Ácido (FDA) corresponde ao resíduo resultante da extração sob refluxo por uma hora, com detergente à base de brometo de cetil-trimetil-amônio (CETAVLON ou CTAB) em meio ácido H₂SO₄

¹ Essa metodologia, juntamente com a da digestibilidade "in situ" foi gentilmente realizada pelo pesquisador Dr. Francisco Carlos Deschamps - EPAGRI/SC, a fim de possibilitar o confronto dos dados.

- 1N (GOERING e VAN SOEST, 1970). Esse tratamento remove as mesmas frações solúveis em detergente neutro e também a hemicelulose, deixando como componentes estruturais celulose, lignina não solúvel, sílica e outros minerais. No presente trabalho essa determinação, e também a quantificação do teor de proteína bruta, foi realizada por espectroscopia em infra-vermelho usando a técnica do NIRS (Near Infra-Red Spectroscopy).

Digestibilidade *in situ*

Para acompanhar a cinética de desaparecimento da matéria seca dos materiais em avaliação, foi utilizada a técnica do saco de nylon (ORSKOV e McDONALD, 1979; NOCEK, 1988). Por essa técnica, as amostras previamente secas (60 °C) e moídas (2mm) foram acondicionadas em saquinhos de nylon e introduzidas diretamente no rúmen de bovinos através de uma cânula adaptada cirurgicamente. Os sacos de nylon foram presos a uma haste de PVC perfurada que permitiu a fixação da amostra com a devida identificação. Essa haste, dotada de um contrapeso para facilitar a manutenção do conjunto para o saco ventral do rúmen, foi fixada na entrada da fistula por um fio também de nylon, medindo cerca de 50 cm.

Foram utilizados três animais adultos da raça Holandês, dotados de fistula ruminal, pesando em média 600 kg. A dieta basal era constituída de forragens (*Pennisetum purpureum*) à vontade, e concentrado (18 % de proteína bruta) na quantidade de 2 kg/animal/dia. Os animais eram alimentados duas vezes ao dia, às 7h30 min e 16h30 min, quando recebiam forragem *ad libitum* e 1 kg de ração.

Antes de ser colocado no rúmen, o material era umedecido em água a 39 °C. No caso dos ensaios de cinética de digestão ruminal, os tempos de incubação foram de: 0, 6, 24, e 72 horas. As amostras foram incubadas em duplicata para cada tempo por animal, com o procedimento se repetindo nos três animais ao mesmo tempo. Após o período de incubação, as amostras foram lavadas em água corrente e levadas para secar em estufa de ar forçado a uma temperatura de 60 °C, por um período de 48 horas. Após esse período, permaneceram por mais 24 horas em outra estufa comum a 60 °C, para a determinação da matéria seca.

O dados foram ajustados através de regressão não linear utilizando-se o método de Marquart (SAEG - Sistema para Análises Estatísticas - Universidade Federal de

Viçosa - MG, EUCLYDES, 1987). Para determinação da degradabilidade potencial foi utilizado o modelo proposto por ORSKOV e McDONALD (1979), de acordo com a fórmula $p = a + b(1 - e^{(-c*t)})$, onde "p" é a degradabilidade potencial, "a" fração prontamente solúvel, "b" fração insolúvel mas potencialmente degradável, "c" a taxa de degradação da fração "b", sendo "t" o respectivo tempo de incubação. A degradabilidade efetiva foi calculada pela fórmula $p = ((a + b*c)/(c + k))$, onde "k" é a taxa de passagem.



FIGURA 01- Cultivares estabelecidos nas parcelas da estação experimental da EPAGRI, com seis semanas de desenvolvimento (1ª coleta); **A-** *Axonopus scoparius* - cultivar "verde"; **B-** *Axonopus scoparius* - cultivar "roxo"; **C-** *Axonopus fissifolius* - cultivar "verde"; **D-** *Axonopus fissifolius* - cultivar "roxo".

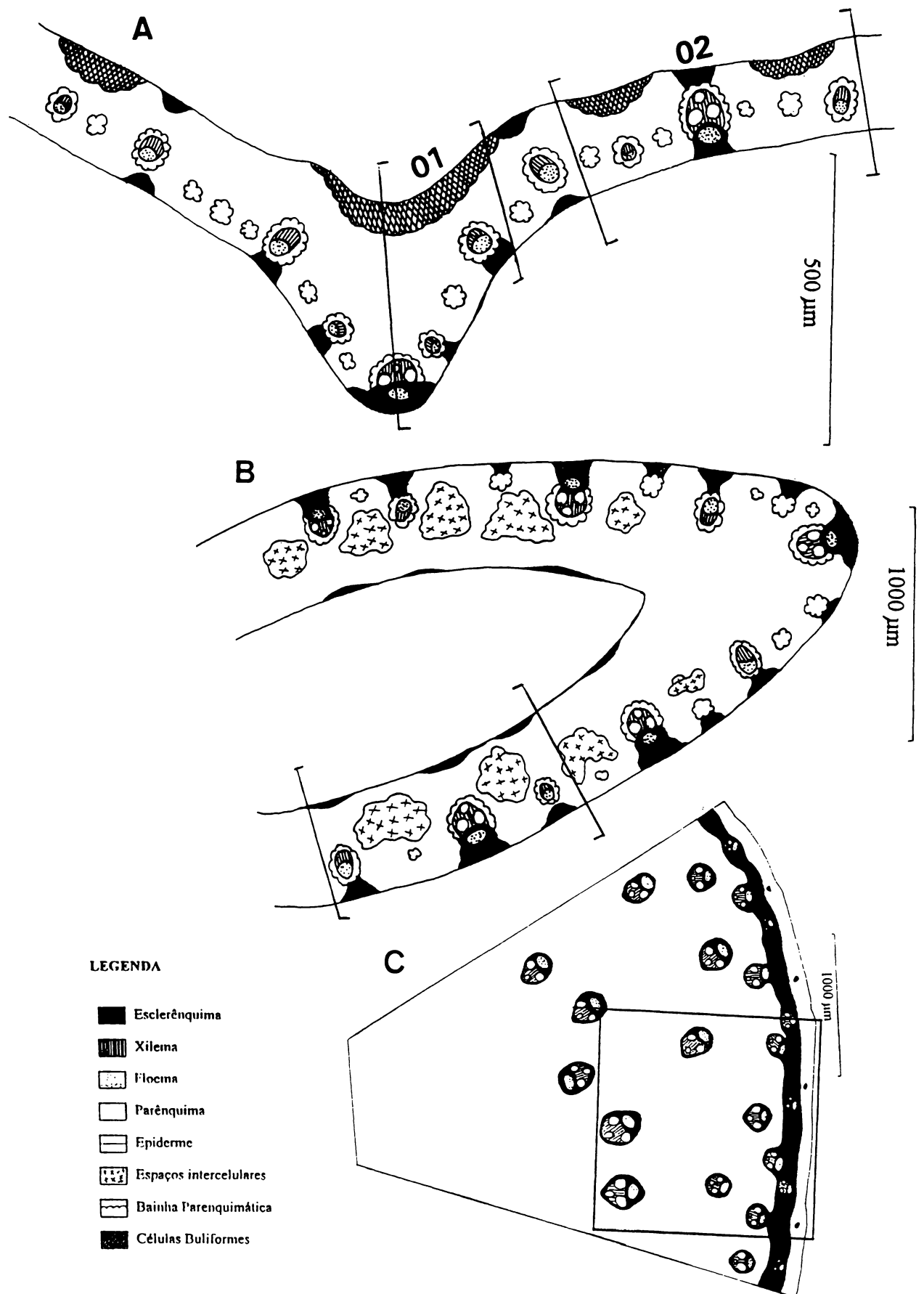


FIGURA 02- Parâmetros de mensuração das áreas presentes nos órgãos vegetais em seção transversal (os traços indicam os limites das áreas); A- Lâmina foliar - 01-Quilha foliar: área equivalente a 50%; 02-Limbo foliar: 1 feixe de grande porte e 3 feixes menores nas laterais; B- Bainha foliar: 1 feixe de grande porte, 1 feixe de médio porte nas laterais e eventualmente feixes de pequeno porte que estivessem presentes. C- Caule: área compreendida em um quadrado (20cm²).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Aspectos da morfologia de folhas e caules nas distintas épocas de coleta

TABELA 01 - Comprimento médio (cm) dos órgãos nas duas épocas de coletas.

ESPÉCIE/ CULTIVAR	Coleta	Altura total da planta	Bainha	Lâmina foliar	Entrenó do caule
<i>A. scoparius</i> cv. verde	1 ^a	72,2	17,5	40,4	5,4
	2 ^a	159,0	14,7	40,8	11,2
<i>A. scoparius</i> cv. roxo	1 ^a	81,6	17,8	46,9	3,7
	2 ^a	160,0	16,6	60,0	13,9
<i>A. fissifolius</i> cv. verde	1 ^a	30,2	5,6	11,6	3,3
	2 ^a	52,0	7,2	8,9	4,4
<i>A. fissifolius</i> cv. roxo	1 ^a	36,8	5,4	10,4	3,1
	2 ^a	72,0	8,9	18,9	6,4

Na Tabela 01 é possível observar que no período de três meses de desenvolvimento as espécies praticamente dobraram em altura.

O cultivar "roxo" de *A. fissifolius* apresentou um desenvolvimento superior da lâmina foliar quando comparado ao cultivar "verde". O mesmo aconteceu com a espécie *A. scoparius*.

Sendo a espécie *A. scoparius* uma forrageira preferencialmente indicada para corte, é perfeitamente aceitável que seu caule apresente proporcionalmente maior desenvolvimento comparado ao da espécie *A. fissifolius*.

4.2 - Características anatômicas de *Axonopus scoparius* (Flügge) Kuhl.

4.2.1 - Folha: Lâmina Foliar

As células da epiderme da lâmina foliar em vista frontal são organizadas em fileiras paralelas ao longo do eixo da folha, padrão típico de gramíneas (METCALFE, 1960; Prat, 1948 *apud* MILBY, 1971; ESAU, 1976; DAHLGREN, CLIFFORD e YEO, 1985).

Para a descrição da epiderme, adotamos a terminologia utilizada por METCALFE (1960) que separa a epiderme de ambas as faces em duas zonas: a zona costal, que recobre os feixes vasculares, e a zona intercostal, localizada entre os feixes vasculares. Essa terminologia foi também adotada por GOULD (1968).

A face adaxial em vista frontal (Fig. 03-A) tem a zona intercostal constituída principalmente de células longas, de formato retangular, com paredes anticliniais sinuosas, justapostas, alternando, às vezes, com células curtas que variam em comprimento e largura, normalmente contendo corpos silicosos em forma de cruz, semelhantes aos citados por METCALFE (1960); DAHLGREN, CLIFFORD e YEO (1985).

Na zona costal aparecem de uma a várias fileiras de células longas e curtas, dependendo do tamanho do feixe que elas recobrem. Nessa zona evidenciam-se muitas células curtas contendo corpos silicosos em forma de halteres, tal qual os descritos por METCALFE (1960); SILVA e LABORIAU (1970); DAHLGREN, CLIFFORD e YEO (1985); FAHN (1990). Essas células intercalam-se com células longas e uma ou mais células curtas que se assemelham às células suberosas descritas por METCALFE (1960) e também citadas por GOULD (1968); MONTEIRO e PACE (1984). Fileiras de células longas, mais estreitas do que as da zona intercostal, são evidenciadas podendo ocasionalmente estar intercaladas com células curtas contendo corpos silicosos em forma de cruz.

Os estômatos nessa face são raros, como citado por ANTON (1986), caracterizando a folha como anfihipoestomática. O complexo estomático é constituído

por duas células-guarda e por um par de células subsidiárias. As paredes celulares nas extremidades das células-guarda são delgadas, enquanto que na porção mediana são espessas revelando um lume bastante reduzido, proporcionando um formato de halteres às células-guarda (METCALFE, 1960; MILBY, 1971; ESAU, 1976; DAHLGREN, CLIFFORD e YEO (1985); FAHN, 1990). As células subsidiárias apresentam formato triangular, ou seja, diferente das demais células da epiderme, típico de gramíneas (METCALFE, 1960; MILBY, 1971; ESAU, 1976; FAHN, 1990).

Tomlinson, 1974 *apud* GIFFORD e FOSTER (1988), classifica os estômatos de gramíneas como tetracítico, porém preferimos adotar a classificação de METCALFE (1960), que utiliza os diferentes formatos das células subsidiárias para classificá-los. Na espécie em questão, os estômatos se enquadram no grupo com células subsidiárias triangulares. Essa forma de classificação foi também adotada por GOULD (1968) e MONTEIRO e PACE (1984).

Tricomas tectores, longos, (Fig. 03-A) aparecem distribuídos na zona intercostal tendo uma base constituída de células epidérmicas alargadas de forma irregular. Esses tricomas são unicelulares, retos, com paredes espessas e extremidade afilada (METCALFE, 1960; GOULD, 1968).

Em secção transversal, as células dessa face (Fig. 03-B) são maiores quando comparadas com as da face abaxial. Tal menção também é feita por ANTON (1986).

METCALFE (1960) divide a lâmina foliar, em secção transversal, em duas regiões: a região da nervura central, designada quilha foliar, e a região restante é designada limbo foliar (asas).

METCALFE (1960) e GOULD (1968) caracterizam o mesofilo como o tecido fundamental localizado entre as faces adaxial e abaxial da epiderme, constituído por clorênquima e, freqüentemente, por células desprovidas de pigmentos (translúcidas), que podem ser organizadas em diferentes padrões, dependendo da espécie. O mesofilo, na região do limbo foliar (Fig. 03-B) da espécie em questão, é composto por clorênquima e por um extrato de células desprovidas de pigmento, localizado próximo à face adaxial, sendo que as células que circundam os feixes vasculares apresentam disposição radiada.

As nervuras da lâmina foliar apresentam feixes vasculares colaterais de pequeno, médio (Fig. 03-B e C) e grande porte (Fig. 03- D e E). Em secção transversal, os feixes vasculares de grande porte contêm dois grandes elementos de

vaso do metaxilema sob cada lado do elemento de vaso do protoxilema. O floema acha-se circundado por fibras esclerenquimáticas. Uma bainha parenquimática circunda parcialmente o feixe, sendo interrompida por células esclerenquimáticas próximas ao floema, como mencionado por MONTEIRO e PACE (1984). Essa bainha é constituída por um único extrato de células, de paredes lignificadas, com lume amplo, contendo grandes cloroplastos em posição centrífuga. Segundo METCALFE (1960), essa bainha é do tipo simples por apresentar uma única camada de células. BROWN, 1975 afirma que freqüentemente gramíneas da subfamília Panicoideae têm a bainha do feixe simples. De acordo com DENGLER N. G.; DENGLER R. E. e HATTERSLEY (1985), essa bainha é conhecida como bainha do feixe, bainha Kranz ou bainha PCR (células de assimilação fotossintética do carbono).

Algumas células do mesofilo se dispõem radialmente em torno do feixe assim como a bainha parenquimática. Esse tipo de estrutura é considerada Kranz, como citado por OLIVEIRA et al. (1973).

Essa característica anatômica, síndrome Kranz, descrita também por HABERLANDT (1928); BROWN (1975); ESAU (1976); MAUSETH (1988); FAHN (1990), está associada freqüentemente ao processo fotossintético C₄. OLIVEIRA et al. (1973) afirmam que a espécie *Axonopus scoparius* apresenta via fotossintética C₄. Estando em concordância com as afirmações de Downton e Treguna, 1968, Hatch e Slack, 1970, Laetsch, 1971 **apud** CAROLIN et al. (1973) de que bainha do feixe tipo panicóide (bainha simples) ocorre em gramíneas com processo fotossintético C₄.

ANTON (1986) não inclui *A. scoparius* no grupo de espécies com processo fotossintético C₄, conseqüentemente, com anatomia Kranz. No entanto, nossos estudos demonstram que as características da anatomia Kranz, se fazem presentes na espécie (Fig. 03-B, C, D e E), estando estes caracteres citados por BROWN (1958); JOHNSON e BROWN (1973); DENGLER; DENGLER e HATTERSLEY (1986).

Ligados à bainha do feixe encontram-se cordões de esclerênquima em contato com ambas as faces da epiderme, como os citados por METCALFE (1960) e GOULD (1968). Esses cordões de esclerênquima têm sido designados por Wylie, 1952 **apud** BROWN (1975) e MAUSETH (1988) como extensão de bainha do feixe vascular.

Os feixes vasculares de médio porte (Fig. 03-B e C) não apresentam protoxilema e metaxilema distintos. Esses feixes são circundados totalmente por uma

bainha simples, com células fracamente lignificadas. A extensão de bainha aparece freqüentemente na face abaxial e, ocasionalmente, na face adaxial.

Os feixes vasculares de pequeno porte (Fig. 03-B) ocasionalmente apresentam floema e xilema distintos. Mais freqüentemente, pode-se distinguir apenas o xilema. Esses feixes também são circundados totalmente por uma bainha simples. Ocasionalmente podem apresentar extensão de bainha na face abaxial.

A epiderme da face abaxial em secção transversal é unisseriada. Essas células possuem parede periclinal externa lignificada, com lume bastante amplo (Fig. 03-B e C).

Em vista frontal a epiderme da face abaxial (Fig. 03-F) na zona intercostal revela células longas, retangulares, com paredes anticlinais marcadamente sinuosas, alternando freqüentemente com uma célula curta com paredes anticlinais sinuosas, contendo corpos silicosos em forma de cruz. Tricomas tectores, curtos, bicelulares (Fig. 03-G), cada qual com célula proximal menor que a distal, se fazem presentes. A célula distal é afilada no ápice, como constatado por METCALFE (1960); GOULD (1968); DAHLGREN; CLIFFORD e YEO (1985). Cada tricoma é encontrado sobre uma célula curta que intercala as células longas. A presença de tricomas curtos, bicelulares, também é característica marcante da subfamília Panicoideae, como citado por GOULD (1968).

Na zona costal há de uma ou mais fileiras de células curtas contendo corpos silicosos em forma de halteres (Fig. 03-F) ou em forma de cruz intercaladas com uma ou mais células curtas de paredes anticlinais sinuosas e células suberosas (Fig. 03-F). Essas fileiras, normalmente, intercalam-se com fileiras de células longas, cujas células são mais estreitas quando comparadas com as células da zona intercostal. Esporadicamente, alternando com essas células longas, podem ocorrer células curtas contendo corpos silicosos em forma de cruz.

Os estômatos com células subsidiárias triangulares (Fig. 03-F) nessa face são abundantes ocorrendo somente na zona intercostal.

A quilha foliar apresenta formato triangular quando vista em secção transversal (Fig. 09-A). Células desprovidas de pigmentos, com paredes delgadas, se encontram na região subepidérmica da face adaxial e preenchem o centro da quilha. Os feixes vasculares de pequeno, médio e grande portes, localizam-se próximo à face abaxial, juntamente às células clorenquimáticas. O feixe vascular central destaca-se por

apresentar a extensão de bainha esclerenquimática na face abaxial mais desenvolvida que a dos outros feixes vasculares.

ANTON (1986) afirma que a lâmina foliar da espécie em estudo apresenta enrugamentos em sua estrutura (mostra representação esquemática da quilha, com enrugamentos na face abaxial). Como a autora menciona ter analisado amostras provenientes de material herborizado, é possível que tal constatação decorra deste fato (dessecamento), não evidenciado nas amostras aqui analisadas, a partir de material fresco.

4.2.2 - Folha: Bainha foliar

As células epidérmicas em ambas as faces da bainha foliar, em vista frontal, são organizadas em fileiras paralelas ao longo do eixo da folha.

A zona intercostal da face adaxial da epiderme, em vista frontal, é constituída por fileiras de células longas com paredes anticlinais sinuosas (Fig. 04-A). Frequentemente alternam-se com células curtas contendo corpos silicosos em forma de cruz (Fig. 04-A) ou com tricomas tectores bicelulares semelhantes ao da lâmina foliar.

Na zona costal evidenciam-se fileiras de células longas mais estreitas que as da zona intercostal, alternando com fileiras de células curtas contendo corpos silicosos em forma de halteres (Fig. 04-A), células suberosas e células longas. O número de células contendo corpos silicosos nessa zona é extremamente maior que na zona intercostal e, o número de fileiras de células varia de acordo com a dimensão do feixe vascular que está sendo recoberto.

Os estômatos nessa face são encontrados somente na zona intercostal (Fig. 04-A) e ocorrem em menor número que os da face abaxial. Apresentam as mesmas características que os encontrados na lâmina foliar.

A epiderme da face adaxial, em secção transversal, (Fig. 04-B) revela uma camada unisseriada de células com paredes periclinais espessas de natureza celulósica. Nessa face, na direção dos feixes vasculares, evidenciam-se, subepidérmicamente, calotas de esclerênquima (Fig. 04-B).

O mesofilo consiste de células com paredes delgadas, sendo a maioria desprovida de pigmentos. Células clorenquimáticas encontram-se organizadas radialmente em torno dos feixes vasculares. Aerênquimas (Figs. 04-B e 09-C) são encontrados entre os feixes vasculares.

Diafragmas formados por células de aspecto estrelado (braciformes) (Fig. 04-C) semelhantes às descritas por HABERLANDT (1928); KAUL (1976); ESAU (1985); CUTTER (1986); FAHN (1990), contendo cloroplastos, ocorrem nestas lacunas, entre os feixes vasculares. Em geral, esses diafragmas dividem transversalmente os canais longitudinais que constituem as lacunas, como na bainha de *Musa rosacea* Jaq. (Musaceae) descrita por ALQUINI (1992), em folhas de *Aechmea ornata* Baker e *Aechmea nudicaulis* (L.) Griseb. (Bromeliaceae) descritas por KALIFE (1995) e em folhas de plantas aquáticas, como *Hydrocleis nymphoides* (Humb. E Bomp. ex. Willd) Buchenau (Limnocharitaceae) e *Limnobium laevigatum* (Humb. E Bomp. ex. Willd) Heine (Hydrocharitaceae), ambas descritas por BONA e ALQUINI, (1995a e 1995b). Na bainha de *Axonopus scoparius*, os diafragmas apresentam-se dividindo irregularmente os canais longitudinais, tornando-se difícil a visualização desses septos completos nas secções transversais.

MONTEIRO e PACE (1984), ao descreverem a bainha foliar de *Axonopus compressus* (SW.) Beauv., mencionam a presença de lacunas lisígenas, onde evidenciam-se células ramificadas de clorênquima, próximo às nervuras. Certamente trata-se da mesma característica observada em *A. scoparius*, supramencionada.

Os feixes vasculares são colaterais e variam entre pequeno, médio e grande porte (fig. 04-D e 09-C). Em secção transversal, os feixes de grande porte (Fig. 04-D e E) contêm dois elementos de vaso do metaxilema sob cada lado do elemento de vaso do protoxilema, que em alguns feixes apresenta uma lacuna. O floema acha-se incluso nas fibras esclerenquimáticas e se encontra voltado para a face abaxial. Esses feixes são circundados por uma bainha de células com paredes lignificadas com extensão que pode ir até a face abaxial ou ser interrompida por células constituintes do mesofilo e constituir calotas de esclerênquima na face abaxial. As células dessa bainha na região do xilema geralmente apresentam cloroplastos, porém em pequena quantidade.

Alguns feixes de médio porte apresentam protoxilema e metaxilema diferenciados. O floema acha-se incluso nas fibras esclerenquimáticas. Uma bainha

semelhante a dos feixes de grande porte é evidenciada, sendo interrompida junto ao floema. Fibras esclerenquimáticas formam extensão contínua ou descontínua.

Os feixes de pequeno porte se diferenciam dos anteriores por apresentarem floema e xilema em menor proporção; às vezes, só é possível identificar o xilema.

As células da epiderme na face abaxial, vistas em secção transversal, apresentam paredes periclinais externas lignificadas.

A face abaxial da epiderme na zona intercostal, em vista frontal, revela fileiras de células longas, de paredes anticlinais altamente sinuosas e mais espessas que as da face adaxial, alternando com células curtas de paredes anticlinais sinuosas contendo corpos silicosos em forma de cruz (Fig. 04-F) ou tricoma tector bicelular. É importante ressaltar que a sinuosidade das células da epiderme da bainha na face abaxial é mais expressiva do que na lâmina foliar.

A zona costal possui fileiras de células longas e estreitas, alternando com fileiras de células curtas suberosas, células longas e células curtas contendo corpos silicosos em forma de halteres (METCALFE, 1960; DAHLGREN, CLIFFORD e YEO, 1985). O número de células contendo corpos silicosos nessa zona é mais elevado do que na zona intercostal e o número de fileiras varia de acordo com o tamanho do feixe vascular.

Os estômatos nessa face são encontrados somente na zona intercostal.

A região da bainha foliar que compreende a nervura central apresenta proeminência (Fig. 09-C) na face abaxial. Internamente, é constituída principalmente por células de paredes delgadas, freqüentemente desprovidas de pigmentos. Próximo à face abaxial evidenciam-se feixes vasculares de grande, médio e pequeno portes. Entre alguns dos feixes vasculares ocorrem lacunas, tal qual na região do limbo foliar.

4.2.3 - Caule

Em secção transversal, o caule apresenta estrutura atactostélica (Figs. 05-A, B e 09-E) como citado por ESAU (1985); CUTTER (1986); GIFFORD e FOSTER (1988); MAUSETH (1988).

Em estágio precoce de desenvolvimento o caule de *A. scoparius*, em seção transversal (Fig. 05-A), revela células com paredes delgadas e núcleos grandes. A presença de lignificação é evidenciada somente na região do protoxilema.

O caule desenvolvido de *A. scoparius* em seção transversal (Fig. 05-B), revela um extrato unisseriado de células epidérmicas (Fig. 05-C), justapostas com paredes lignificadas em toda a extensão. Posteriormente, evidencia-se o clorênquima, que é constituído de aproximadamente oito estratos de células com paredes delgadas, ocasionalmente, evidenciam-se algumas células com paredes lignificadas. Pequenos espaços intercelulares e feixes vasculares de pequeno porte podem ser evidenciados nessa região. Esses feixes apresentam floema e xilema circundados por uma bainha de células com paredes lignificadas (Fig. 05-D).

Internamente ao clorênquima evidencia-se um anel de células com paredes intensamente lignificadas (Fig. 05-B, D e E), onde encontram-se inclusos feixes vasculares de médio e grande porte (Fig. 05-A, B e F). Ambos os feixes apresentam proto e metaxilema, porém nos feixes de grande porte, freqüentemente, os elementos do protoxilema aparecem desintegrados, constituindo uma lacuna ou canal do protoxilema, como citado por GOULD (1968); CUTTER (1986); FAHN (1990). Esses feixes são circundados por uma bainha de células com paredes lignificadas, semelhante à bainha esclerenquimática citada por METCALFE (1960); ESAU.(1985); CUTTER (1986); FAHN (1990).

O parênquima fundamental ocupa toda a região central do caule. Suas células possuem parede delgada, são desprovidas de pigmentos e apresentam entre si pequenos espaços intercelulares (Fig. 05-B). Feixes de grande porte podem ser evidenciados nessa região.

4.3 - Características anatômicas de *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kuhl.

Essa espécie, sendo do mesmo gênero que a espécie anteriormente descrita, apresenta grande parte das características similares.

A epiderme da face adaxial da lâmina foliar, em vista frontal (Fig. 06-A), revela tricomas tectores curtos, bicelulares. Os estômatos com células subsidiárias triangulares (Fig. 06-A e B), semelhantes aos da espécie *A. scoparius*, encontram-se em quantidade proporcionalmente similar aos da face abaxial (Fig. 06-F), caracterizando a lâmina foliar como anfiestomática.

A lâmina foliar, em secção transversal (Figs. 06-C,D,E e 09-B), revela feixes vasculares de pequeno, médio e grande portes.

As evidências anatômicas como: bainha parenquimática do feixe com grandes cloroplastos dispostos centrifugamente (Fig. 06-C, D e E) e células clorenquimáticas em disposição radial em torno dos feixes vasculares (Fig. 06-C, D e E), sugerem que *A. fissifolius* também apresente processo fotossintético C₄, tal qual menciona ANTON (1986).

Células buliformes (Fig. 06-E), maiores que as células típicas da epiderme e com paredes delgadas, como as citadas por METCALFE (1960); ESAU (1976); BUVAT (1989); MAUSETH (1988); FAHN (1990), podem ser evidenciadas na epiderme da face adaxial, formando faixas isoladas entre os feixes vasculares e, freqüentemente, ocupando toda a face adaxial na região da quilha (Fig. 09-B).

A epiderme da face abaxial (Fig. 06-F) da lâmina foliar, em vista frontal revela as mesmas características da adaxial.

A epiderme da face adaxial da bainha foliar em vista frontal na zona intercostal, (Fig. 07-A) apresenta número reduzido de estômatos, corpos silicosos em forma de cruz e tricomas tectores curtos, bicelulares.

Em secção transversal, a bainha foliar (Figs. 07-B e 09-D) apresenta, na epiderme adaxial, calotas esclerenquimáticas na região dos feixes vasculares (Fig. 07-C). Entre os feixes vasculares ocorrem lacunas constituídas por canais longitudinais contendo septos irregulares de células braciiformes (Fig. 07-D).

Os feixes vasculares variam entre pequeno, médio (Fig. 07-E) e grande portes (Fig. 07-F).

O aspecto marcadamente sinuoso das células longas da epiderme pode ser evidenciado na face abaxial da bainha foliar, em vista frontal (Fig. 07-G).

O caule, em secção transversal (Fig. 08-A e 09-F), revela uma epiderme (Fig. 08-B) unisseriada com células altamente lignificadas em toda a extensão. O anel esclerenquimático (Figs. 08-C, D e 09-F) situa-se a aproximadamente doze extratos

celulares da epiderme. Os feixes vasculares são de pequeno (Fig. 08-B), médio (Fig. 08-C e D) e grande portes (Fig. 08-E).

4.4 - Características anatômicas distintivas entre *Axonopus scoparius* e *Axonopus fissifolius*

TABELA 02 - Comparação distintiva das características anatômicas de *Axonopus scoparius* e *Axonopus fissifolius*.

ESTRUTURA	<i>Axonopus scoparius</i>	<i>Axonopus fissifolius</i>
Folha	Anfihipoestomática	Anfiestomática
Estômatos na epiderme da face adaxial da lâmina foliar	escasso	em maior número
Tricomas longos, unicelulares na epiderme da face adaxial da lâmina foliar	presente	ausente
Tricomas curtos, bicelulares na epiderme da face adaxial da lâmina foliar	ausente	presente
Células buliformes na epiderme da face adaxial da lâmina foliar	ausente	presente
Células desprovidas de pigmentos no mesofilo da lâmina foliar	presente em grande proporção	escasso
Anel esclerenquimático (localização)	periférica	mais internamente
Proximidade dos feixes vasculares no caule	menos próximos	mais próximos

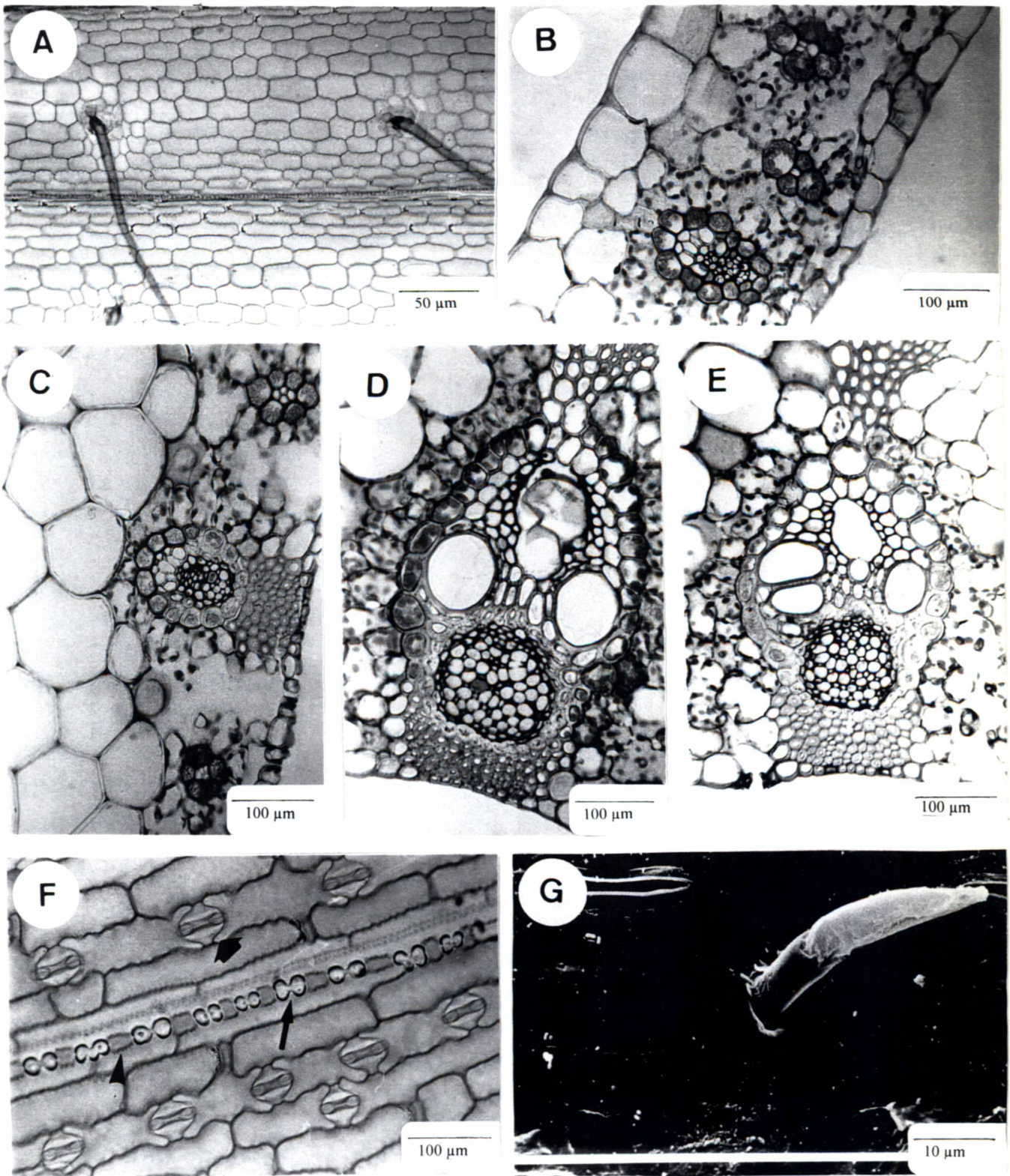


FIGURA 03- Lâmina foliar de *Axonopus scoparius*: **A-** Epiderme, vista frontal da face adaxial (MF); **B-** Região do limbo foliar em secção transversal (MF); **C-** Detalhe da face abaxial da quilha foliar em secção transversal (MF); **D-** Feixe de grande porte em secção transversal - 1ª coleta (MF); **E-** Idem a anterior - 2ª coleta (MF); **F-** Epiderme, vista frontal da face abaxial, com destaque para os estômatos (◆), corpos silicosos em forma de halteres (→) e células suberosas (▶) (MF). **G-** Epiderme, vista frontal da face abaxial, destacando tricoma tector bicelular (MEV).

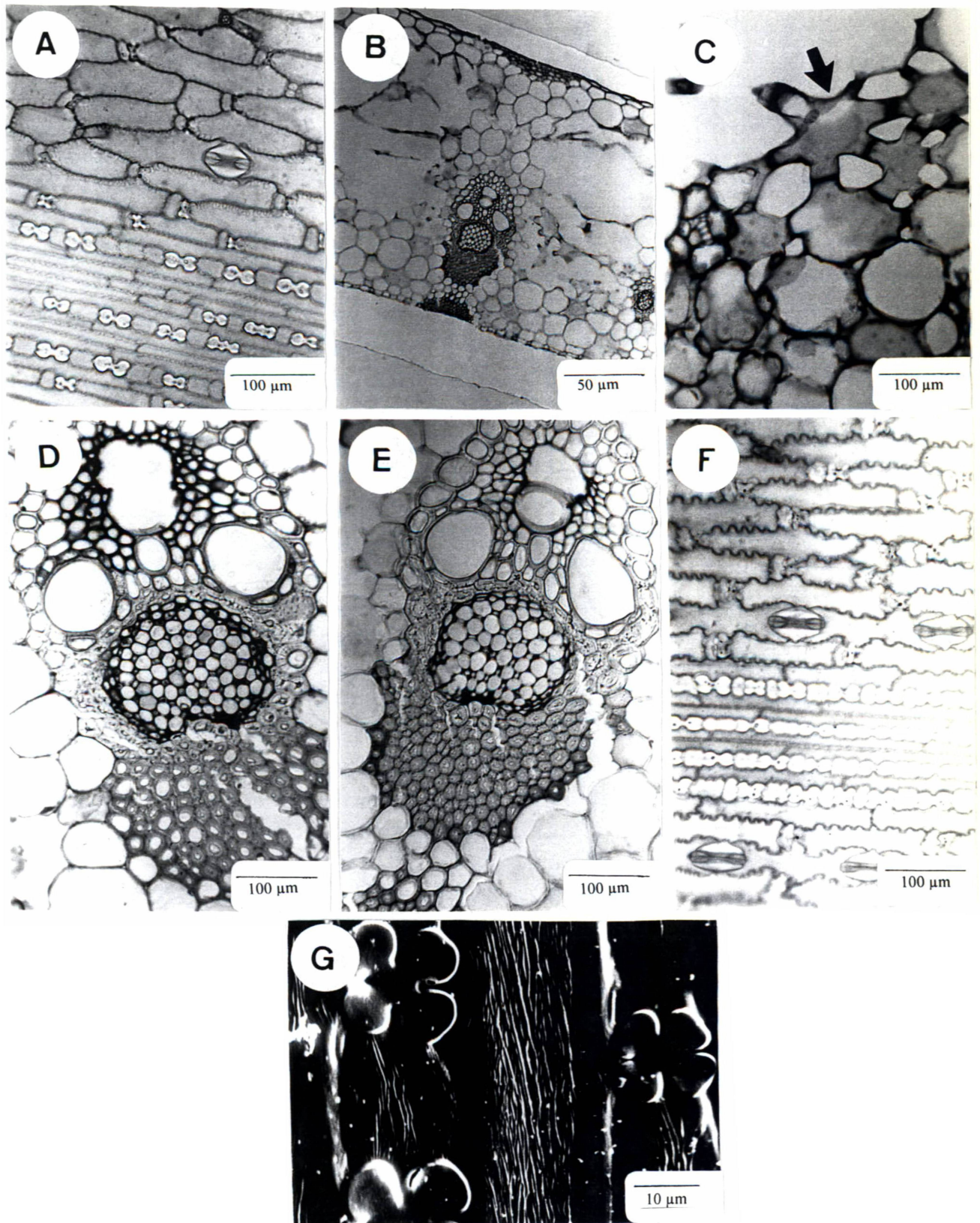


FIGURA 04- Bainha foliar de *Axonopus scoparius*; **A-** Epiderme, vista frontal da face adaxial (MF); **B-** Vista geral da bainha em secção transversal (MF); **C-** Detalhe da foto anterior, destacando as células braciiformes do diafragma (➡); **D-** Feixe vascular de grande porte em secção transversal - 1ª coleta (MF); **E-** Idem a anterior - 2ª coleta (MF); **F-** Epiderme, vista frontal da face abaxial (MF); **G-** Epiderme - vista frontal da face abaxial, destacando os corpos silicosos em forma de cruz (MEV).

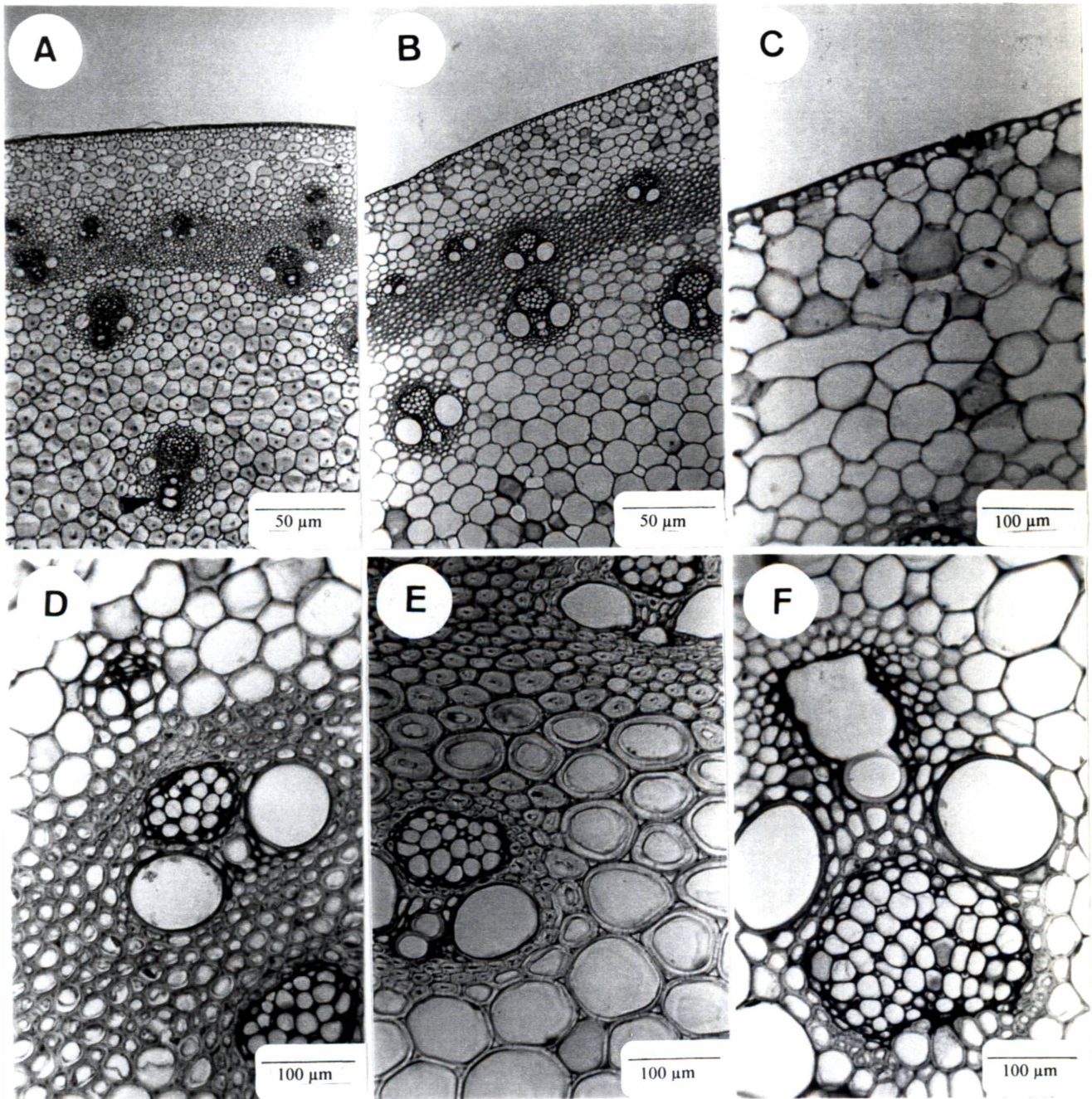


FIGURA 05- Caule de *Axonopus scoparius* em secção transversal (MF); **A-** Em estágio precoce de desenvolvimento (6 semanas - 3º internó) - evidencia-se lignificação somente na região do protoxilema (►); **B-** Em estágio desenvolvido (6 semanas - 3º internó); **C-** Detalhe da foto anterior, destacando a epiderme; **D-** Detalhe da foto B, anel esclerenquimático - 1ª coleta; **E-** Idem a anterior - 2ª coleta; **F-** Feixe vascular de grande porte.

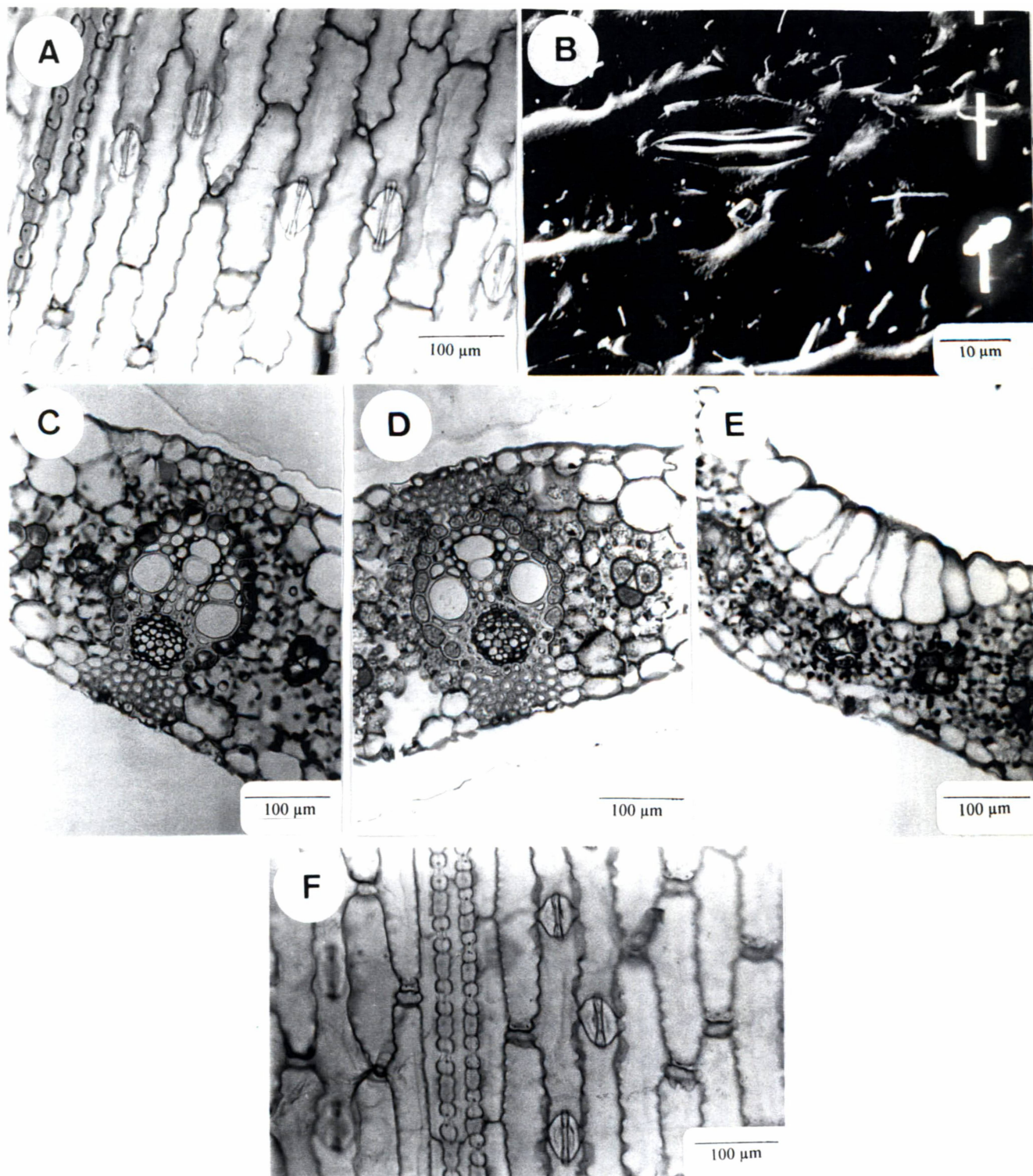


FIGURA 06- Lâmina foliar de *Axonopus fissifolius*; **A-** Epiderme, vista frontal da face adaxial (MF); **B-** Detalhe da epiderme anterior, destacando o estômato (MEV); **C-** Feixe vascular de grande porte em secção transversal - 1ª coleta (MF); **D-** Idem a anterior - 2ª coleta (MF); **E-** Região do limbo foliar em secção transversal, destacando as células buliformes (MF); **F-** Epiderme, vista frontal da face abaxial (MF).

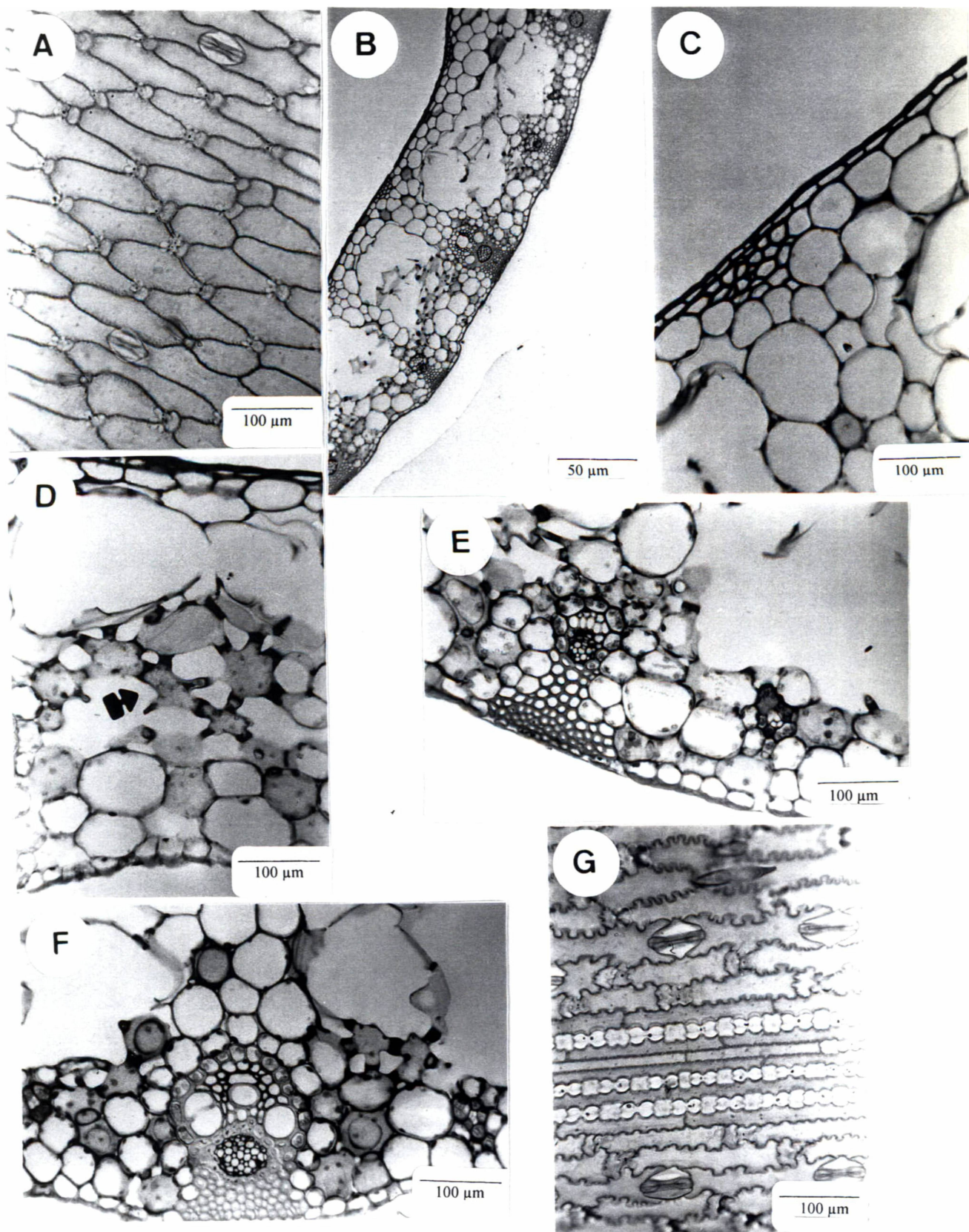


FIGURA 07- Bainha foliar de *Axonopus fissifolius* (MF); **A-** Epiderme, vista frontal da face adaxial; **B-** Vista geral da bainha em secção transversal; **C-** Detalhe da foto anterior, destacando a calota esclerenquimática abaixo da epiderme adaxial; **D-** Idem, destacando células braciformes (**W**); **E-** Idem, destacando feixes de médio e pequeno portes - 1ª coleta; **F-** Idem, destacando feixe de grande porte - 2ª coleta; **G-** Epiderme, vista frontal da face abaxial.

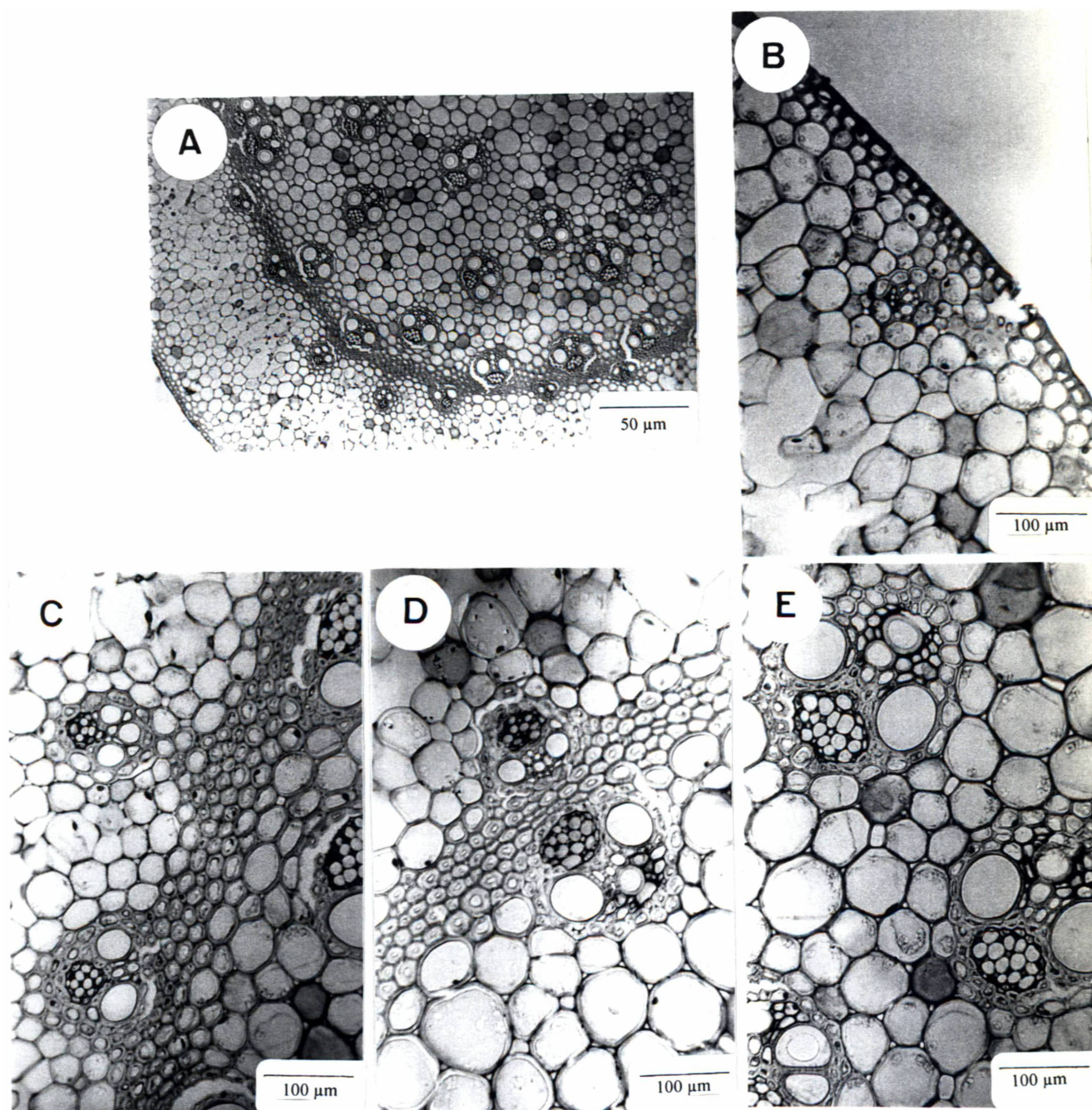


FIGURA 08- Caule de *Axonopus fissifolius* em secções transversais (MF); A- Vista geral; B- Detalhe da foto anterior, destacando a epiderme; C- Idem, destacando o anel esclerenquimático - 1ª coleta; D- Idem - 2ª coleta; E- Feixe vascular de grande porte.

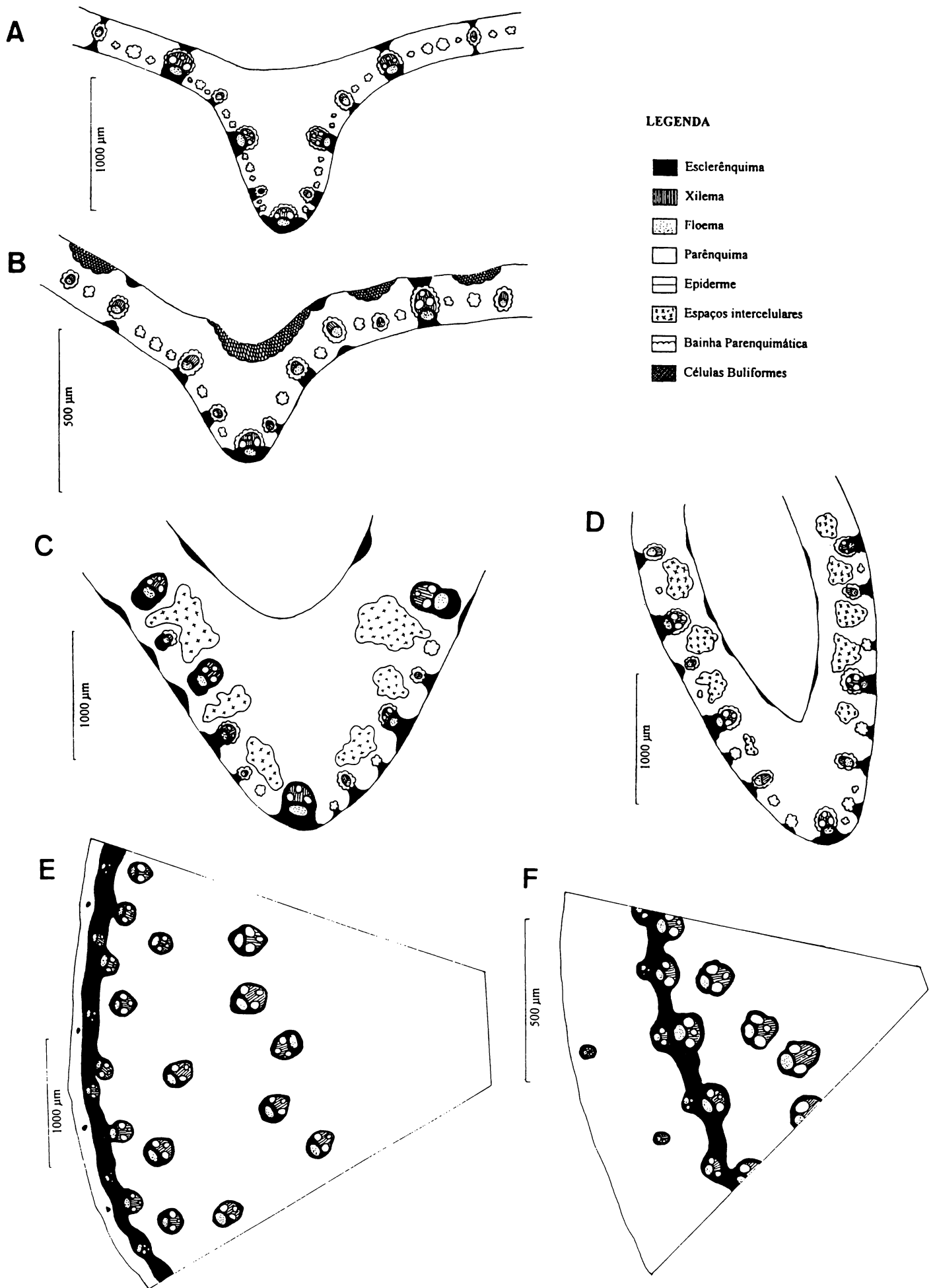


FIGURA 09- Representação esquemática em secções transversais; A- Lâmina foliar de *Axonopus scoparius*; B- Lâmina foliar de *Axonopus fissifolius*; C- Bainha foliar de *Axonopus scoparius*; D- Bainha foliar de *Axonopus fissifolius*; E- Caule de *Axonopus scoparius*; F- Caule de *Axonopus fissifolius*.

4.5 - Degradação ruminal dos tecidos vegetais dos cultivares de *Axonopus scoparius* (Flüegge) Kuhl. e *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kuhl.

De modo geral, foi constatado que nas espécies *Axonopus scoparius* e *Axonopus fissifolius* os tecidos parenquimático e vascular não lignificado (floema) foram facilmente degradados. Acreditamos que essa facilidade à degradação seja atribuída principalmente, a parede primária e de natureza celulósica das células componentes desses tecidos. A intensidade de degradação desses tecidos é típica, já que também foi descrita para outras espécies de gramíneas como em: HANNA et al. (1973); AKIN (1974); AKIN e BURDICK (1975); HACKER e MINSON (1981); AKIN et al. (1984); WILSON (1983); AKIN (1989); MAGAI et al. (1994); ALVES DE BRITO et al. (1997a). De acordo com ENGELS e SCHUURMANS (1992) as paredes primárias (parenquimáticas) das células são digeríveis, enquanto, que as paredes secundárias (lignificadas) geralmente são resistentes à degradação.

A epiderme adaxial da lâmina e da bainha foliar foi degradada em maior extensão do que a epiderme abaxial. Nessa última, predominantemente, somente as paredes periclinais internas e anticlinais foram degradadas. A resistência das paredes periclinais externas já foi discutida por HACKER e MINSON (1981); AKIN e ROBINSON, (1982), WILSON (1993), que relacionaram a presença de lignina, cutícula e ceras, como as principais barreiras à digestão. Essas características, também identificadas nas espécies em questão, certamente dificultaram a degradação. Observou-se, também, que a cutícula e as células lignificadas que recobrem as nervuras permaneceram intactas.

A bainha parenquimática do feixe vascular teve baixo nível de degradação na maioria dos cultivares. Frequentemente houve degradação da parede tangencial externa de algumas células presentes na bainha dos feixes de pequeno porte. A resistência da bainha parenquimática à degradação se deve às paredes espessas e lignificadas de suas células (WILSON, 1993). ALVES DE BRITO (1997) observou ligeira degradação da bainha parenquimática nos feixes de pequeno porte após 48h de incubação. A constatação de diferenças no grau de degradação da bainha parenquimática entre espécies e cultivares foi mencionada por AKIN e BURDICK (1975); AKIN (1979);

MAGAI et al. (1994). Segundo AKIN et al. (1989), a grande proporção e baixa degradação da bainha parenquimática em muitas gramíneas tropicais C_4 , parece ser um dos principais fatores limitantes na digestibilidade de forragens. Isso porque, com o envelhecimento, as paredes celulares das células que compõem a bainha, tornam-se lignificadas.

Como já descreveram HANNA et al. (1973); AKIN (1974); WILSON et al. (1983); Twidwell et al. (1990) apud MAGAI et al. (1994), os tecidos lignificados são resistentes à degradação. A lignina é considerada uma barreira química para os microrganismos do rúmen (WILSON, 1993).

Notou-se uma ligeira degradação da parede tangencial externa de um número reduzido de células da bainha esclerenquimática dos feixes vasculares no caule do cultivar "roxo" de *A. fissifolius*, na primeira coleta. AKIN et al. (1984) e AKIN (1989), mencionam que células de esclerênquima na folha são parcialmente degradadas na região periférica do tecido. AKIN (1974) comentam que esse tecido pode ser mais digerível do que a cutícula e o xilema.

A epiderme do caule, por ter alto teor de lignificação, presença de cera e cutícula, não foi degradada, tal qual menciona AKIN (1989).

4.5.1 - Degradação dos cultivares "roxo" e "verde" de *Axonopus scoparius*

Sob o ponto de vista comparativo, apesar de não ter sido possível mensurar as áreas de tecidos digeridos devido à desestruturação dos órgãos após a incubação, foi possível constatar uma maior suscetibilidade à degradação para o cultivar "verde" de *A. scoparius* em relação ao cultivar "roxo". O cultivar "verde" na primeira coleta, mostrou-se friável quando as amostras foram retiradas da incubação e, durante o processo de emblocamento algumas amostras foram perdidas. As amostras que resistiram ao emblocamento revelaram um bom desempenho à degradação ruminal.

No limbo foliar do cultivar "verde", na primeira coleta, foram degradados mesofilo, floema, parênquima da região do elemento de vaso do protoxilema, epiderme

adaxial (permanecendo a cutícula e as células lignificadas que recobrem os feixes), paredes periclinais internas e anticlinais das células da epiderme abaxial, células da bainha parenquimática dos feixes de pequeno porte, praticamente na totalidade, e, nos feixes de médio e grande portes, as células da região do protoxilema (Fig. 10-A).

Já na lâmina foliar do cultivar "roxo" a bainha parenquimática foi degradada em menor proporção (Fig. 10-B), ou seja, freqüentemente foram digeridas somente as paredes tangenciais externas de algumas células da bainha dos pequenos feixes. Também na epiderme foram constatadas diferenças para esse cultivar. As paredes periclinais internas, para ambas as faces, foram totalmente degradadas, enquanto que as anticlinais foram parcialmente degradadas (Fig. 10-B). Essa maior facilidade à degradação das paredes periclinais internas, provavelmente, esteja relacionada ao fato destas estarem em contato com as células componentes do clorênquima que contém espaços intercelulares.

Na quilha de ambos os cultivares (Fig. 10-C e D) pode-se observar uma extensa degradação das células parenquimáticas, tanto na primeira quanto na segunda coleta. É importante ressaltar que as células parenquimáticas desprovidas de pigmentos, que ocupam a maior proporção na região da quilha, mostram-se com maior facilidade à degradação do que as células clorênquimáticas, tal qual descreveram HANNA *et al.* (1973); MAGAI *et al.* (1994); ALVES DE BRITO (1997). Provavelmente, isso se deva ao fato de as primeiras serem maiores e não conterem feixes vasculares próximos, facilitando o deslocamento dos microorganismos. Comparando-se ao limbo, a epiderme abaxial da quilha teve menor degradação, ou seja, somente as paredes periclinais interna foram degradadas.

Com o envelhecimento cultivar "verde" (Fig. 10-E), mostrou-se mais resistente, fato esse evidenciado principalmente no emblocamento, pois apresentou-se menos friável. Notou-se, também, maior resistência à degradação para as paredes periclinais externas e anticlinais e degradação parcial das células da bainha parenquimática dos feixes de pequeno e médio portes (Fig. 10-F). Certamente, essa resistência, em ambos os comentários acima, relaciona-se ao maior espessamento das paredes das células lignificadas, observado na segunda coleta. Isto também foi observado no cultivar "roxo" (Fig. 10-G).

Na bainha foliar de ambos os cultivares, na primeira coleta (Fig. 11-A e B), foram degradados: mesofilo, floema e as paredes periclinais internas e anticlinais das

células da epiderme adaxial, exceto as células na região das calotas esclerênquimáticas e cutícula. A epiderme abaxial da bainha permaneceu intacta. Comparando-se com a degradação da lâmina foliar, a epiderme abaxial da bainha foliar foi mais resistente. Observando a epiderme abaxial da lâmina foliar (Fig. 03-F) e da bainha foliar (Fig. 04-F), em vista frontal, nota-se que na bainha foliar a sinuosidade das células longas é muito mais acentuada do que na lâmina e a incidência de corpos silicosos é maior. Em secção transversal, as células da epiderme da face abaxial (Fig. 11-C) apresentam paredes celulares lignificadas, o que também corrobora para a não degradação desse tecido. WILSON (1993) menciona essas características, típicas de gramíneas de regiões tropicais, como redutoras do potencial digerível. ALVES DE BRITO (1997) menciona a degradação parcial da epiderme abaxial da bainha foliar após 48h de incubação, restando somente as paredes periclinais externas das células epidérmicas e a cutícula.

Não foram constatadas diferenças no grau de degradação da bainha foliar para ambos os cultivares, na segunda coleta (Fig. 11-D, E e F), quando comparada a primeira coleta (Fig. 11-A, B e C).

No caule na primeira coleta houve degradação do tecido parenquimático fundamental, do clorênquima subepidérmico, do floema e do parênquima da região do elemento de vaso do protoxilema, sendo que o cultivar "verde" obteve degradação do parênquima fundamental em maior extensão (Fig. 12-A e B) do que o cultivar "roxo" (Fig. 12-C). Não foi possível analisar a degradação do tecido epidérmico na primeira coleta pois, devido à fragilidade das amostras, houve perdas no emblocamento e, por se tratar de um tecido que apresenta alto teor de lignificação, não é possível levantarmos dados conclusivos.

Foi bem mais evidente no caule do que na folha o declínio de degradação, para ambos os cultivares, com o envelhecimento (Fig. 12-D, E e F), já que o caule além de sofrer um expressivo acréscimo na espessura de suas paredes celulares lignificadas (Fig.05-D e E e Fig. 08-C e D), também apresenta lignificação de células componentes do parênquima fundamental. Terry e Tilley (1964) *apud* AKIN (1979); HANNA *et al.* (1976); ALVES DE BRITO (1997), também constataram declínio na degradação do caule com o envelhecimento, sugerindo a diminuição da qualidade das forragens.

Houve degradação parcial do parênquima fundamental do caule, principalmente nas regiões com espaços intercelulares. Comprova-se assim, o efeito positivo dessa característica para a degradação ruminal.

4.5.2 - Degradação dos cultivares "roxo" e "verde" de *Axonopus fissifolius*

Entre os cultivares "verde" e "roxo" de *A. fissifolius* não houve, aparentemente, distinção quanto ao grau de degradação.

No limbo foliar em ambas as coletas (Fig. 13-A, B e D), houve degradação de mesofilo, floema, paredes periclinais internas e anticlinais das células da epiderme adaxial e abaxial (remanescendo as paredes periclinais externas, a cutícula e as células lignificadas), células buliformes, parênquima da região do elemento de vaso do protoxilema e a parede tangencial externa da bainha parenquimática de alguns feixes vasculares de pequeno porte. As células desprovidas de pigmentos da região do mesofilo foram mais facilmente degradadas do que as células clorênquimáticas, tal qual na espécie anteriormente analisada e discutida.

Na região da quilha foliar, na primeira e segunda coletas (Fig. 13-C e E) o parênquima desprovido de pigmentos e as células buliformes foram amplamente degradados, enquanto que o clorênquima foi degradado parcialmente. Provavelmente isto decorra devido a presença de feixes vasculares na região do clorênquima, o que dificulta a mobilidade dos microrganismos.

Na bainha foliar (Fig. 14-A, B, C e D) houve degradação de mesofilo, floema, paredes periclinais internas e anticlinais das células da epiderme adaxial, paredes periclinais internas da face abaxial e o parênquima da região do elemento de vaso do protoxilema.

Com o envelhecimento as amostras de folha apresentaram-se mais resistentes ao emblocamento. Esse fato relaciona-se com o acréscimo na espessura das paredes lignificadas, que pode ser constatado nas Figuras 06-A e B; 07-E e F.

No caule, na primeira coleta (Fig. 15-A, B e C), foram digeridos parênquima fundamental, clorênquima, floema e o parênquima da região do elemento de vaso do

protoxilema. Notou-se também uma ligeira degradação das paredes tangenciais externas de algumas células da bainha esclerenquimática dos feixes vasculares na região do protoxilema.

Tal qual na espécie anteriormente analisada, foi muito expressivo o decréscimo de degradação do caule com a maturidade (Fig. 15-E, F, G e H). Praticamente, as amostras de ambos os cultivares permaneceram intactas, com exceção de algumas áreas de parênquima fundamental, provavelmente devido a espaços intercelulares existentes nessa região (Fig. 15-E, F, G e H).

É importante ressaltar que esta análise de degradação dos tecidos tem teor qualitativo. Como foram realizadas três repetições de cada órgão, consideramos para a análise sempre o ocorrido em maior parte, ou seja, em pelo menos duas repetições.

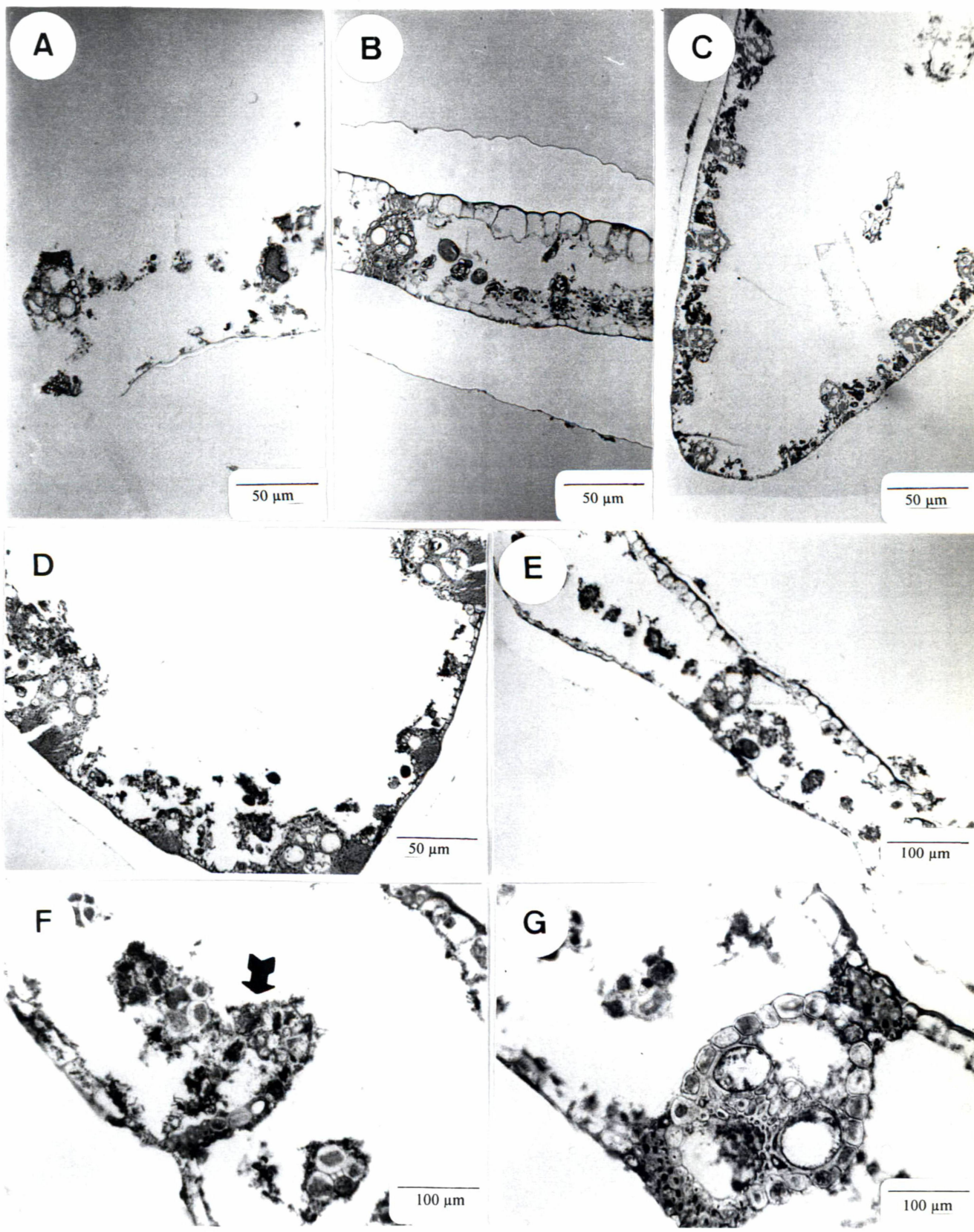


FIGURA 10- Lâmina foliar dos cultivares de *Axonopus scoparius* submetidos a 48h. de incubação em líquido ruminal em secções transversais (MF); **A-** Limbo foliar do cultivar "verde" - 1ª coleta (amostra praticamente desintegrada, evidenciam-se apenas, partes de feixes vasculares e cutícula); **B-** Limbo foliar do cultivar "roxo" - 1ª coleta; **C-** Quilha foliar do cultivar "verde" - 2ª coleta (evidenciam-se a epiderme abaxial e os feixes vasculares); **D-** Quilha foliar do cultivar "roxo" - 2ª coleta; **E-** Limbo foliar do cultivar "verde" - 2ª coleta; **F-** Detalhe da foto anterior, destacando feixes vasculares de médio e pequeno portes - nota-se a digestão de algumas células da bainha parenquimática (➡); **G-** Limbo foliar do cultivar "roxo" - 2ª coleta, destacando feixe vascular de grande porte.

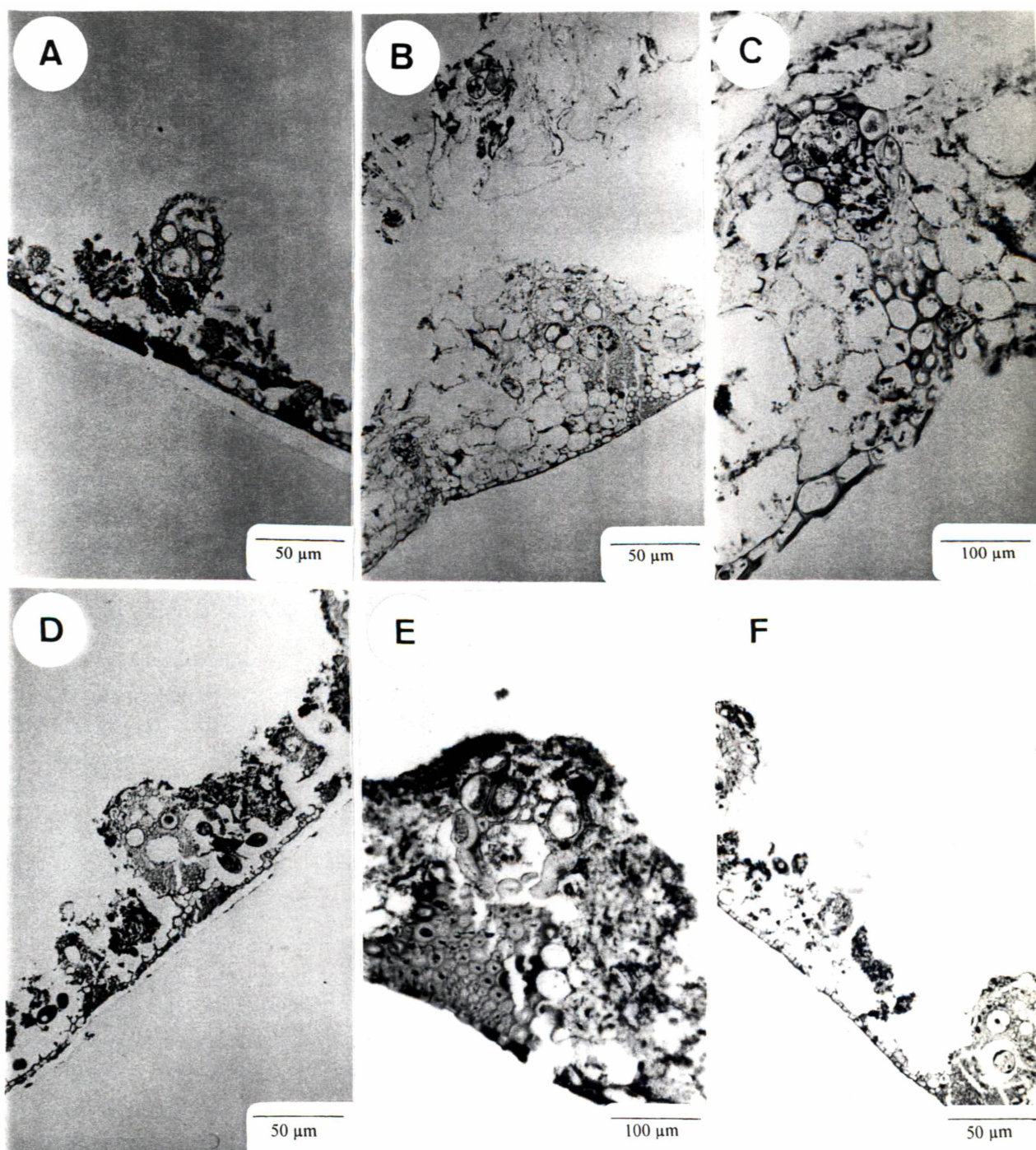


FIGURA 11- Bainha foliar dos cultivares de *Axonopus scoparius* submetidos a 48h. de incubação em líquido ruminal em secções transversais (MF); **A-** Cultivar "verde"- 1ª coleta (evidenciam-se a epiderme abaxial, feixe vascular de grande porte e feixes de pequeno porte); **B-** Cultivar "roxo"- 1ª coleta; **C-** Detalhe da foto anterior, destacando feixe vascular de médio porte; **D-** Cultivar "verde"- 2ª coleta; **E-** Detalhe da foto anterior, destacando feixe vascular de médio porte; **F-** Cultivar "roxo"- 2ª coleta.

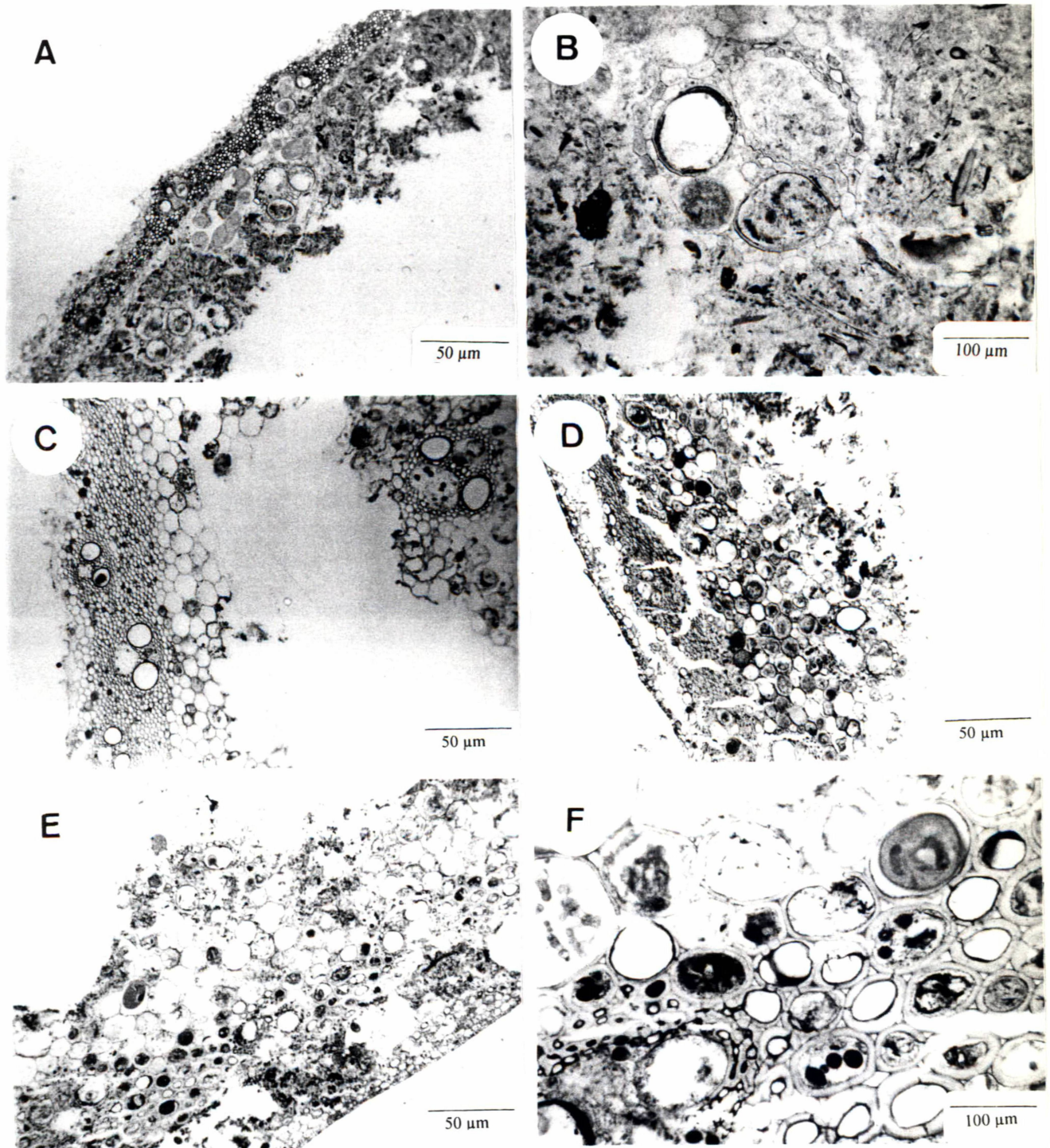


FIGURA 12- Caule dos cultivares de *Axonopus scoparius* submetidos a 48h. de incubação em líquido ruminal em secções transversais (MF); **A-** Cultivar "verde"- 1ª coleta (evidenciam-se anel esclerenquimático e feixes vasculares); **B-** Detalhe da foto anterior, destacando feixe vascular de grande porte; **C-** Cultivar "roxo"- 1ª coleta (evidenciam-se anel esclerenquimático, feixes vasculares e algumas células parenquimáticas remanescentes); **D-** Cultivar "verde"- 2ª coleta (evidenciam-se a epiderme, feixes vasculares e parênquima remanescente, próximo aos feixes); **E-** Cultivar "roxo"- 2ª coleta; **F-** Detalhe da foto anterior, destacando as paredes secundárias lignificadas do anel esclerenquimático.

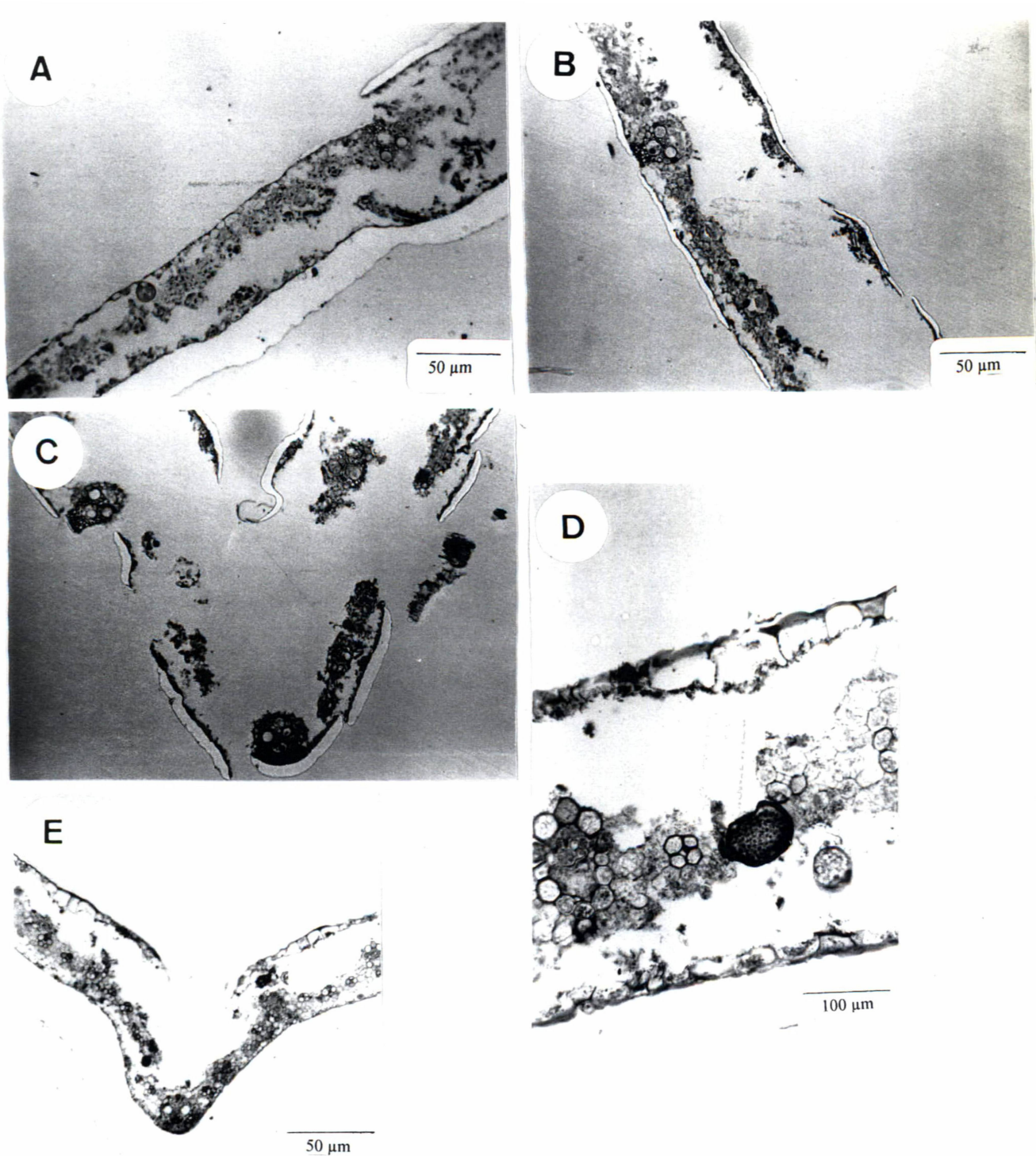


FIGURA 13- Lâmina foliar dos cultivares de *Axonopus fissifolius* submetidos a 48h. de incubação em líquido ruminal em secções transversais (MF); **A-** Limbo foliar do cultivar "verde" - 1ª coleta (evidenciam-se a epiderme de ambas as faces, parcialmente digerida e os feixes vasculares); **B-** Limbo foliar do cultivar "roxo" - 1ª coleta; **C-** Quilha foliar do cultivar "roxo" - 1ª coleta (nota-se que o tecido parenquimático foi totalmente degradado); **D-** Limbo foliar do cultivar "roxo" - 2ª coleta, destacando os feixes vasculares de médio e pequeno portes; **E-** Quilha foliar do cultivar "roxo" - 2ª coleta.

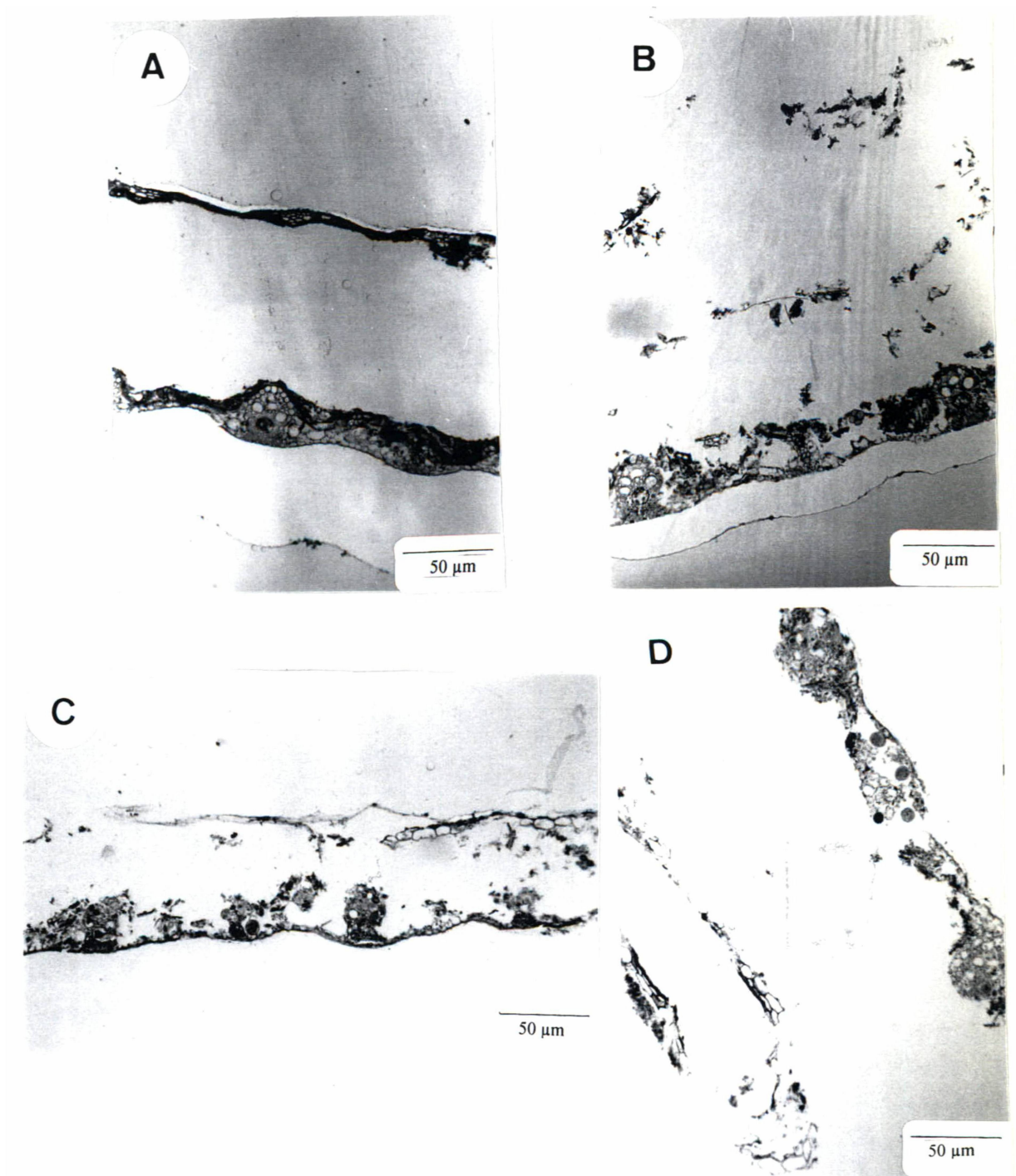


FIGURA 14- Bainha foliar dos cultivares de *Axonopus fissifolius* submetidos a 48h. de incubação em líquido ruminal em secções transversais (MF); **A-** Cultivar "verde"- 1ª coleta (evidenciam-se as faces da epiderme, calotas esclerenquimáticas e feixes vasculares); **B-** Cultivar "roxo"- 1ª coleta ; **C-** Cultivar "verde"- 2ª coleta; **D-** Cultivar "roxo"- 2ª coleta.

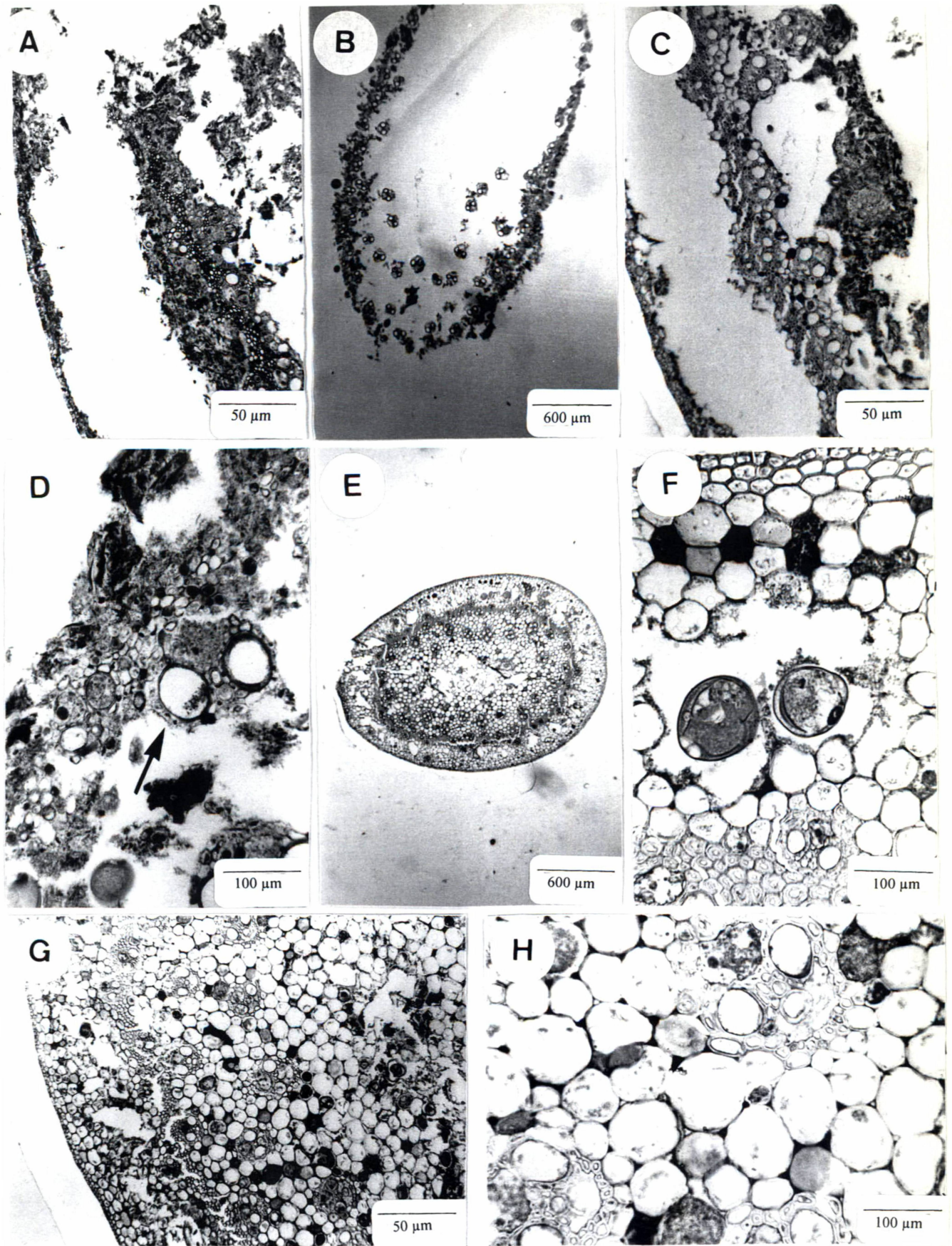


FIGURA 15- Caule dos cultivares de *Axonopus fissifolius* submetidos a 48h. de incubação em líquido ruminal em secções transversais (MF); **A-** Cultivar "verde"- 1ª coleta (evidenciam-se epiderme, anel esclerenquimático e feixes vasculares); **B-** Cultivar "roxo"- 1ª coleta; **C-** Idem; **D-** Detalhe da foto anterior, destacando bainha esclerenquimática do feixe vascular com degradação parcial de suas células (→); **E-** Cultivar "verde"- 2ª coleta; **F-** Detalhe da foto anterior, evidenciando região subepidêmica com microrganismos, no espaço intercelular; **G-** Cultivar "roxo"- 2ª coleta; **H-** Detalhe da foto anterior, destacando feixes vasculares.

4.6 - Anatomia Quantitativa dos cultivares "verde" e "roxo" de *Axonopus scoparius*

4.6.1 - Folha - Lâmina foliar

Em ambos os cultivares, na região do limbo foliar (Tab. 03) pode-se verificar, com o envelhecimento, um acréscimo ($p < 0,05$) de tecido vascular lignificado + esclerênquima; já para os tecidos epidérmico e parenquimático evidencia-se pequena redução ($p > 0,05$).

TABELA 03- Porcentagem média e desvio padrão dos diferentes tecidos presentes na região do limbo foliar, em secção transversal, dos cultivares de *Axonopus scoparius* em dois estádios de desenvolvimento.

ESPÉCIE/ CULTIVAR	COLETA	Tec. vascular lignificado + esclerênquima	Tecido epidérmico	Tecido floemático	Tecido parenquimático
<i>A. scoparius</i> cv. verde	1 ^a	17.1 ± 1.0b	24.1 ± 7.0a	1.6 ± 0.9a	57.2 ± 6.0a
	2 ^a	19.7 ± 1.6a	21.5 ± 2.5a	2.3 ± 0.3a	56.5 ± 5.3a
<i>A. scoparius</i> cv. roxo	1 ^a	16.4 ± 1.7b	25.3 ± 3.6a	2.3 ± 0.3a	56.0 ± 4.8a
	2 ^a	19.6 ± 2.8a	24.7 ± 1.3a	2.3 ± 0.3a	53.4 ± 4.1a

Médias seguidas de letras idênticas na mesma coluna não são diferentes significativamente ($P < 0,05$)

O tecido epidérmico da região da quilha (Tab. 04) demonstra acréscimo com o envelhecimento, para ambos os cultivares, sendo mais expressivo ($p < 0,05$) no cultivar "verde".

O tecido epidérmico é mais pronunciado quantitativamente na região do limbo do que na região da quilha foliar foliar, em concordância com os estudos de WILSON (1993).

TABELA 04- Porcentagem média e desvio padrão dos diferentes tecidos presentes na região da quilha foliar, em secção transversal, dos cultivares de *Axonopus scoparius* em dois estádios de desenvolvimento.

ESPÉCIE/ CULTIVAR	COLETA	Tec. vascular lignificado + esclerênquima	Tecido epidérmico	Tecido floemático	Tecido parenquimático
<i>A. scoparius</i> cv. verde	1 ^a	10.2 ± 1.0a	5.8 ± 3.2b	0.9 ± 0.2a	83.1 ± 4.8a
	2 ^a	12.0 ± 2.7a	10.4 ± 1.4a	0.9 ± 0.2a	76.7 ± 3.4a
<i>A. scoparius</i> cv. ROXO	1 ^a	10.3 ± 1.3a	5.7 ± 2.7b	1.1 ± 0.2a	82.9 ± 2.5a
	2 ^a	9.6 ± 1.4a	7.6 ± 2.8b	0.7 ± 0.2a	82.1 ± 3.3a

Médias seguidas de letras idênticas na mesma coluna não são diferentes significativamente (P<0,05)

A quantidade de tecidos vasculares lignificados + esclerênquima é superior no limbo, quando comparada à quilha (Fig. 16). Esse dado difere dos resultados de WILSON (1993) e ALVES DE BRITO (1997), cuja quilha apresentou maior quantidade de tecido lignificado do que o limbo. WILSON considerou todo o tecido vascular, enquanto ALVES DE BRITO considerou o tecido vascular lignificado + esclerênquima. Provavelmente essa diferença esteja relacionada ao fato de as espécies analisadas pelos pesquisadores acima apresentarem a quilha de formato diferente da espécie em questão, que apresenta formato triangular (Fig.09-A), bem como por apresentarem calotas esclerenquimáticas na face adaxial da epiderme, ausentes na espécie em questão. Já a proporção de tecido parenquimático é mais elevada na quilha do que no limbo, semelhante ao das espécies descritas pelos autores acima citados.

WILSON (1976); Cherner e Marten (1982) *apud* WILSON (1993) afirmam que a proporção dos tecidos da folha não apresenta alterações com o envelhecimento. No caso dos cultivares de *A. scoparius* é possível notar alterações, porém, de pequena proporção. Também um aumento na espessura das paredes das células lignificadas pode ser evidenciado ao compararmos primeira e segunda coletas (Fig. 03-D e E). Infelizmente, não foi possível mensurar esse acréscimo, já que se trata de espessura das paredes celulares, e o mecanismo por nós utilizado se adapta à mensuração de tecidos. Acreditamos que tal acréscimo de espessamento seja um fator redutor do potencial de degradação, principalmente da bainha parenquimática dos feixes de grande e médio portes.

4.6.2 - Folha - Bainha foliar

A anatomia quantitativa da bainha foliar (Tab. 05) demonstra um acréscimo significativo ($p < 0,05$) de tecido vascular lignificado + esclerênquima e tecido epidérmico da 1ª para a 2ª coleta, para ambos os cultivares. WILSON (1976); Cherney e Marten (1982) *apud* WILSON (1993) relatam que há um aumento significativo no espessamento das paredes celulares lignificadas da bainha e um decréscimo de digestibilidade. Também constatamos um aumento na espessura das paredes celulares lignificadas com o envelhecimento (Fig. 04-D e E). WILKINS (1972) menciona aumento no teor de lignificação em lâminas e bainhas foliares, com a maturidade.

TABELA 05- Porcentagem média e desvio padrão dos diferentes tecidos presentes na região da bainha foliar, em secção transversal, dos cultivares de *Axonopus scoparius* em dois estádios de desenvolvimento.¹

ESPÉCIE/ CULTIVAR	COLETA	Tec. vascular lignificado + esclerênquima	Tecido epidérmico	Tecido floemático	Tecido parenquimático
<i>A. scoparius</i> cv. verde	1ª	7.9 ± 1.2b	3.1 ± 0.7b	0.8 ± 0.1a	73.8 ± 8.9a
	2ª	9.2 ± 1.4a	4.5 ± 0.7a	0.8 ± 0.1a	54.8 ± 11.2b
<i>A. scoparius</i> cv. roxo	1ª	5.1 ± 0.7c	2.2 ± 0.5c	0.5 ± 0.6b	60.8 ± 7.9b
	2ª	7.2 ± 0.5b	3.6 ± 0.4b	0.7 ± 0.1a	53.6 ± 6.4b

Médias seguidas de letras idênticas na mesma coluna não são diferentes significativamente ($P < 0,05$)

¹ As regiões dos aerênquimas foram mensuradas e subtraídas do percentual de tecido parenquimático, resultando uma proporção total de tecidos inferior a 100%.

A redução de tecido parenquimático com o envelhecimento foi significativa ($p < 0,05$). Partindo da premissa de que os tecidos parenquimáticos são de fácil degradação, e de que os tecidos lignificados são resistentes à degradação (HANNA *et al.*, 1973; WILSON, 1983; AKIN, *et al.* 1984; AKIN, 1989; MAGAI *et al.*, 1994), é possível indicar um potencial negativo de degradação ruminal para a bainha foliar com o envelhecimento, principalmente se comparado ao potencial da lâmina foliar, que apresenta alterações menos significativas com a maturidade. Porém, comparando-se a proporção de tecidos lignificados + esclerênquima, independente do envelhecimento, a lâmina foliar apresenta maior proporção desses tecidos, por área, do que a bainha foliar, contrariamente ao comentário de WILSON (1993). Acreditamos que esse resultado possa estar relacionado ao fato de a bainha de *A. scoparius* assemelhar-se

mais à lâmina foliar do que ao caule. Segundo WILSON (1993) a bainha anatomicamente é intermediária entre lâmina foliar e caule, mais semelhante ao caule. A Figura 16 ilustra claramente esses dados.

Observando os resultados obtidos por ALVES DE BRITO (1997), evidenciamos também a mais alta proporção de tecidos lignificados na lâmina foliar comparada à bainha foliar, porém o autor não faz menção a esse fato.

O tecido floemático praticamente manteve-se estável na folha e, apesar de ser um tecido de fácil degradação (HANNA, et al. 1973; AKIN 1974; AKIN e BURDICK, 1975; HACKER e MINSON, 1981; MAGAI et al. 1984; AKIN, 1989; WILSON, 1993) ocupa freqüentemente apenas de 1 a 2% da área de tecidos em secção transversal (WILSON, 1993).

4.6.3 - Caule

Com o envelhecimento, nota-se um acréscimo significativo ($p < 0,05$) de tecido vascular lignificado + esclerênquima, no caule (Tab. 06), para ambos os cultivares. O acréscimo no percentual da área de tecidos lignificados no caule é bem mais expressivo do que em folhas devido à lignificação de grande parte das células do parênquima fundamental. Outros autores (Terry e Tilley, 1964 *apud* AKIN, 1979; HANNA et al., 1976; Cherney e Marten, 1982 *apud* WILSON, 1993; ALVES DE BRITO, 1997) mencionam o efeito da maturidade em caules de gramíneas com aumento no teor de lignificação e a conseqüente redução da qualidade das forragens. Esse fato está diretamente relacionado à baixa degradação obtida na segunda coleta para ambos os cultivares.

Houve acréscimo significativo ($p < 0,05$) de tecido epidérmico para ambos os cultivares. Isso, certamente, interfere no processo de degradação, já que esse tecido apresenta-se resistente à degradação (HACKER e MINSON, 1981; WILSON, 1993; MAGAI, 1994), devido principalmente à presença de cutícula, ceras e lignificação. Esse dado confere com a redução do potencial de degradação desse órgão, obtido na segunda coleta, para ambos os cultivares (Fig. 12-D e E). Em contrapartida, o tecido

parenquimático , cujas características refletem maior facilidade à degradação, sofreu redução significativa, conseqüentemente diminuindo a extensão de degradação na segunda coleta.

TABELA 06- Porcentagem média e desvio padrão dos diferentes tecidos presentes na região do caule, em secção transversal, dos cultivares de *Axonopus scoparius* em dois estádios de desenvolvimento.

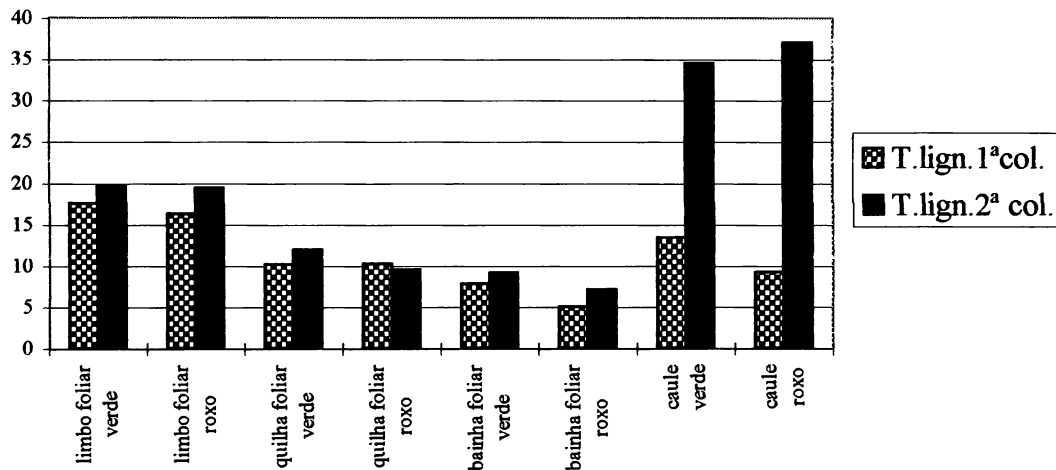
ESPÉCIE/ CULTIVAR	COLETA	Tec. vascular lignificado + esclerênquima	Tecido epidérmico	Tecido floemático	Tecido parenquimático
<i>A. scoparius</i> cv. verde	1 ^a	13.5 ± 11.6b ¹	1.2 ± 0.3b	2.0 ± 0.2b	83.3 ± 11.6a
	2 ^a	34.6 ± 3.4a	1.7 ± 0.2a	2.5 ± 0.7a	61.2 ± 3.5b
<i>A. scoparius</i> cv. roxo	1 ^a	9.3 ± 11.8b	1.0 ± 0.2b	2.0 ± 0.9b	87.7 ± 11.4a
	2 ^a	37.1 ± 2.8a	1.7 ± 0.1a	3.9 ± 3.0a	57.3 ± 2.9b

Médias seguidas de letras idênticas na mesma coluna não são diferentes significativamente (P<0,05)

¹O desvio padrão acentuado na 1^a coleta justifica-se devido a variação do grau de maturidade dos entrenós. Algumas repetições apresentaram reação à presença de lignina somente no protoxilema dos feixes vasculares (Fig. 05-A), outros já mostraram reação à lignina em maior amplitude (Fig. 05-B).

A anatomia quantitativa do caule confirma a pouca suscetibilidade desse órgão à degradação ruminal. No geral em ambos os cultivares da espécie *A. scoparius* foi possível observar em todos os órgãos acréscimo de tecido vascular lignificado + esclerênquima com o envelhecimento (Fig. 16), correspondente ao menor nível de degradação dos tecidos na segunda coleta. O cultivar "roxo" demonstrou maior proporção de tecidos lignificados + esclerênquima com o envelhecimento do que o cultivar "verde".

FIGURA 16- Porcentagem média de tecido vascular lignificado + esclerênquima presente nos órgãos dos cultivares de *Axonopus scoparius* em duas épocas distintas de coletas



Observando a Figura 16, é possível perceber, que comparado ao cultivar "verde" e excetuando-se a região da quilha foliar, o cultivar "roxo" com o envelhecimento apresenta maior formação de tecido lignificado+esclerênquima, num mesmo período de desenvolvimento.

4.7 - Anatomia quantitativa dos cultivares "verde" e "roxo" de *Axonopus fissifolius*

4.7.1 - Folha - Lâmina foliar

Nota-se, na região do limbo foliar (Tab. 07), que as variações na proporção dos tecidos não são significativas ($p > 0,05$) com o envelhecimento. Porém, nas células

lignificadas dos feixes vasculares evidencia-se um aumento na espessura das paredes celulares (Fig. 06 C e D).

TABELA 07- Porcentagem média e desvio padrão dos diferentes tecidos presentes na região do limbo foliar, em secção transversal, dos cultivares de *Axonopus fissifolius* em dois estádios de desenvolvimento.

ESPÉCIE/ CULTIVAR	COLETA	Tec. vascular lignificado + esclerênquima	Tecido epidérmico	Tecido floemático	Tecido parenquimático
<i>A. fissifolius</i> cv. verde	1 ^a	22.3 ± 1.8a	13.8 ± 1.7a	1.7 ± 0.2a	62.2 ± 6.4a
	2 ^a	21.7 ± 2.2a	17.9 ± 4.3a	1.1 ± 0.3b	59.3 ± 3.6a
<i>A. fissifolius</i> cv. roxo	1 ^a	20.9 ± 1.2a	16.7 ± 5.1a	1.4 ± 0.2a	61.0 ± 7.0a
	2 ^a	21.8 ± 1.1a	17.9 ± 3.0a	1.2 ± 0.2b	59.1 ± 3.1a

Médias seguidas de letras idênticas na mesma coluna não são diferentes significativamente (P<0,05)

TABELA 08- Porcentagem média e desvio padrão dos diferentes tecidos presentes na região da quilha foliar, em secção transversal, dos cultivares de *Axonopus fissifolius* em dois estádios de desenvolvimento.

ESPÉCIE/ CULTIVAR	COLETA	Tec. vascular lignificado + esclerênquima	Tecido epidérmico	Tecido floemático	Tecido parenquimático
<i>A. fissifolius</i> cv. verde	1 ^a	14.7 ± 4.4a	9.6 ± 4.2a	0.9 ± 0.2a	74.8 ± 7.3a
	2 ^a	16.2 ± 4.3a	7.2 ± 3.6a	0.8 ± 0.2a	75.8 ± 8.7a
<i>A. fissifolius</i> cv. roxo	1 ^a	13.2 ± 2.2a	5.9 ± 1.5a	0.9 ± 0.2a	80.0 ± 3.2a
	2 ^a	12.1 ± 2.1a	4.6 ± 1.3a	0.8 ± 0.2a	82.5 ± 2.1a

Médias seguidas de letras idênticas na mesma coluna não são diferentes significativamente (P<0,05)

Também na quilha (Tab. 08) as variações nas proporções dos tecidos não são significativas (p>0,05) com o envelhecimento.

A quilha desses cultivares apresenta-se em formato triangular (Fig. 09-B), podendo ocorrer quilhas com extremo mais afilado e outras menos afiladas, contendo grande quantidade de células parenquimáticas, resultando em maior proporção, por área, de tecido parenquimático do que a proporção conferida ao limbo. Em contrapartida a quantidade de tecidos lignificados e esclerênquima apresenta-se

superior no limbo (Fig.17). Percebe-se que esses dados são semelhantes aos apresentados pela espécie anteriormente analisada e discutida.

4.7.2 - Folha - Bainha foliar

Observando a Tabela 09, destaca-se um acréscimo significativo ($p < 0,05$) do tecido epidérmico e uma redução significativa ($p < 0,05$) do tecido parenquimático com o envelhecimento. Essa característica indica um potencial negativo de degradação dessa estrutura foliar com o envelhecimento. A redução expressiva de tecido parenquimático na bainha está diretamente relacionada com o aumento da área das lacunas lisígenas (aerênquimas), localizadas entre os feixes vasculares (Fig. 07-B). ALVES DE BRITO et al. (1997b) também fizeram essa constatação em cultivares de *Pennisetum purpureum* Schum. e relacionaram essa característica ao aumento de área degradada desse órgão com o envelhecimento.

TABELA 09- Porcentagem média e desvio padrão dos diferentes tecidos presentes na região da bainha foliar, em secção transversal, dos cultivares de *Axonopus fissifolius* em dois estádios de desenvolvimento.¹

ESPÉCIE/ CULTIVAR	COLETA	Tec. vascular lignificado + esclerênquima	Tecido epidérmico	Tecido floemático	Tecido parenquimático
<i>A. fissifolius</i> cv. verde	1 ^a	11.1 ± 1.7a	5.3 ± 0.7b	0.5 ± 0.4a	53.9 ± 3.3b
	2 ^a	11.5 ± 1.8a	8.3 ± 1.2a	0.6 ± 0.6a	45.5 ± 3.0c
<i>A. fissifolius</i> cv. roxo	1 ^a	11.2 ± 1.0a	5.8 ± 1.5b	0.6 ± 0.2a	61.9 ± 4.4a
	2 ^a	9.7 ± 1.5a	6.7 ± 1.6a	0.5 ± 0.1a	53.0 ± 2.5b

Médias seguidas de letras idênticas na mesma coluna não são diferentes significativamente ($P < 0,05$)

¹ As regiões dos aerênquimas foram mensuradas e subtraídas do percentual de tecido parênquimático, resultando uma proporção total de tecidos inferior a 100%.

O aumento na espessura das paredes das células lignificadas dos feixes vasculares também pode ser evidenciado na bainha de *A. fissifolius* (Fig. 07-E e F).

Como na espécie *A. scoparius*, a bainha de *A. fissifolius* apresentou menor proporção de tecidos lignificados do que a lâmina foliar (Fig.17).

4.7.3 - Caule

O caule de *A. fissifolius* (Tab. 10) demonstra, com o envelhecimento, maior incremento de tecido epidérmico ($p < 0,05$) enquanto que o tecido parenquimático mostra redução significativa ($p < 0,05$) para ambos os cultivares. Esses dados correspondem ao baixo nível de degradação obtido na 2ª coleta (Fig. 15-E, F, G e H). Também é evidente o aumento na espessura das paredes das células lignificadas (Fig. 08-C e D).

TABELA 10- Porcentagem média e desvio padrão dos diferentes tecidos presentes na região do caule, em secção transversal, dos cultivares de *Axonopus fissifolius* em dois estádios de desenvolvimento.

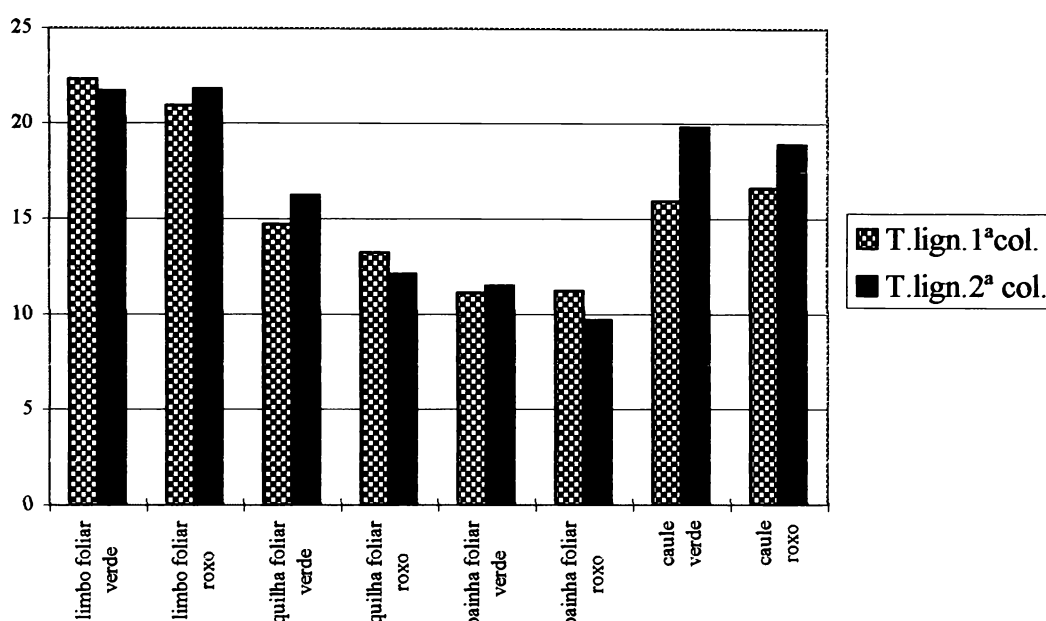
ESPÉCIE/ CULTIVAR	COLETA	Tec. vascular lignificado + esclerênquima	Tecido epidérmico	Tecido floemático	Tecido parenquimático
<i>A. fissifolius</i> cv. verde	1ª	15.9 ± 2.5a	1.0 ± 0.2b	0.9 ± 0.1a	82.2 ± 2.7a
	2ª	19.8 ± 5.1a	2.0 ± 0.1a	1.7 ± 0.6a	75.5 ± 5.9b
<i>A. fissifolius</i> cv. roxo	1ª	16.6 ± 3.2a	1.0 ± 0.4b	1.3 ± 0.5a	81.1 ± 5.2a
	2ª	18.9 ± 1.9a	1.9 ± 0.3a	1.3 ± 0.3a	76.9 ± 4.9b

Médias seguidas de letras idênticas na mesma coluna não são diferentes significativamente ($P < 0,05$)

Observando a Figura 17 é possível notar que, na maioria das vezes, o cultivar "verde" apresenta pequenas diferenças proporcionais de tecido vascular lignificado + esclerênquima quando comparado ao cultivar "roxo". Porém, essas diferenças não são

significativas estatisticamente, não servindo como indicativo para apontar o cultivar de melhor desempenho à degradação.

FIGURA 17- Porcentagem média de tecido vascular lignificado + esclerênquima presente nos órgãos dos cultivares de *Axonopus fissifolius* em duas épocas distintas de coletas.



Comparando as espécies *A. scoparius* e *A. fissifolius* é possível notar que na espécie *A. scoparius* o amadurecimento provoca um maior incremento de tecidos lignificados do que na espécie *A. fissifolius*, principalmente no caule. Porém, essa característica comparativa não serve para indicar a espécie de melhor desempenho à degradação, já que se trata respectivamente de uma forrageira de corte e outra de pastejo. Além disso, o caule da espécie *Axonopus fissifolius* é morfologicamente menor do que o da espécie *Axonopus scoparius*.

Os cultivares da espécie *Axonopus scoparius*, apesar de apresentarem proporcionalmente maior formação de tecidos lignificados + esclerênquima, num

mesmo período de desenvolvimento que os cultivares da espécie *Axonopus fissifolius*, tiveram seus caules mais extensivamente degradados na região parenquimática, como pode ser observado comparando-se as Figuras 12 e 15. É possível levantarmos a hipótese de que o fato de os feixes vasculares estarem mais próximos na espécie *A. fissifolius* possibilite uma maior compactação que dificulta o movimento dos microorganismos no parênquima fundamental, e proporciona assim, uma degradação menor. Porém para tal afirmação, seriam necessários estudos complementares tendo em vista essa perspectiva.

4.8 - Análise bromatológica da matéria seca e cinética da digestão ruminal

A digestibilidade de uma forrageira está estreitamente vinculada à sua composição histológica (HANNA *et al.* 1973) e bromatológica (Nascimento Jr. 1974 *apud* VENTRELLA, 1995).

Estudos anatômicos têm sido realizados, juntamente com análises bromatológicas, para auxiliar na determinação do valor nutricional de determinada forrageira, uma vez que análises bromatológicas isoladas podem se apresentar como indicadores pouco consistentes (VENTRELLA, 1995).

Comparando o resultado da análise da degradação ruminal ao resultado da análise bromatológica (Tab. 11), é possível estabelecer algumas relações. O cultivar "verde" de *A. scoparius* na primeira coleta expressou maior suscetibilidade à degradação do que o cultivar "roxo", demonstrando uma relação positiva com a análise bromatológica, ou seja, esse cultivar apresentou menor proporção FDA (Fibra em detergente Ácido), FDN (Fibra em Detergente Neutro) e lignina. A quantidade de FDN representa o conteúdo da parede celular presente na amostra (GOERING; VAN SOEST, 1970). A fração de FDA corresponde a celulose, lignina não solúvel, sílica e outros minerais (GOERING e VAN SOEST, 1970). Altos valores dessas variáveis, principalmente de FDA, indicam redução da digestibilidade. HANNA *et al.* (1976) comentam tal decréscimo de digestibilidade de caules com a maturidade e o relacionam, principalmente, ao aumento de FDA.

O resultado, mostrado no parágrafo anterior, serve de parâmetro para diferenciar esses cultivares em fase inicial de desenvolvimento, indicando ser o cultivar "verde" mais suscetível à degradação.

Com o envelhecimento, os cultivares de *A. scoparius* apresentam valores muito próximos de FDA e FDN, confirmando os dados referentes à anatomia quantitativa e análise da degradação ruminal.

A degradabilidade *in situ*, estimada pela incubação de alimentos em sacos de náilon no rúmen, tem sido objeto de trabalhos nacionais (AROEIRA, *et al.* 1995; Valadares *et al.* 1990, 1991 e 1992; Lorensi, *et al.* 1992; Queiroz *et al.* 1992; Aroeira

et al. 1993; Castilho et al. 1993; apud AROEIRA, et al. 1996; ROSSI JR. et al. 1997).

A degradabilidade ruminal da matéria seca, ou das diferentes frações que compõem essa matéria, é um dos parâmetros onde a expressão da diversidade e os arranjos químicos da parede celular dos tecidos vegetais pode ser mais facilmente comprovada (DESCHAMPS, 1994).

Sendo a degradabilidade potencial o máximo de degradação alcançada pelo alimento ao permanecer no rúmen por determinado período e a degradabilidade efetiva aquela que considera o percurso normal do alimento pelo trato gastrointestinal (AROEIRA, et al., 1996), os valores indicados na Tabela 12, demonstram uma relação positiva novamente para o cultivar "verde" de *Axonopus scoparius*, em ambas as coletas e mais expressivamente na primeira, confirmando assim os dados da análise da degradação e da análise bromatológica.

DESCHAMPS (1994) determinou a composição e a degradabilidade ruminal da matéria seca de *Axonopus scoparius*. Os dados obtidos pelo autor relacionados com a FDA (Fibra em detergente Ácido), PB (Proteína Bruta), degradabilidade potencial e degradabilidade efetiva, são bastante similares aos expostos nas Tabelas 11 e 12. O autor também indica a espécie, comparada a outras, como forrageira de boa qualidade.

Quanto aos cultivares da espécie *Axonopus fissifolius*, tal qual na análise da degradação e na anatomia quantitativa, demonstram, tanto na análise bromatológica (Tab. 11) quanto na cinética de digestão ruminal (Tab. 12), uma certa homogeneidade de comportamento. Na primeira coleta, apesar de pouco expressivos, os valores de FDN, FDA e lignina são inferiores para o cultivar "roxo", o que pode ser confirmado também na cinética da digestão, cujo cultivar apresentou valores superiores de degradabilidade comparado ao cultivar "verde". Comparando esses dados à anatomia quantitativa, notam-se pequenas diferenças na proporção de tecidos vasculares lignificado + esclerênquima, não significativas estatisticamente, porém em concordância com os dados acima citados. Já a análise da degradação ruminal dos tecidos não possibilitou diferenciar os cultivares, certamente porque as diferenças de composição de matéria seca também não são marcantes.

TABELA 11 - Composição média (% na matéria seca) dos materiais estudados, em termos de proteína bruta (PB) e constituintes da parede celular - fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina¹.

ESPÉCIE / CULTIVAR	COLETA	PB	FDN ^{1a}	FDA	LIGNINA ^{1b}
<i>A. fissifolius</i> cv. verde	1 ^a	10,4	68,6	41,3	14,8
	2 ^a	6,1	69,5	42,8	16,0
<i>A. fissifolius</i> cv. roxo	1 ^a	10,1	66,1	39,3	12,7
	2 ^a	6,4	69,7	44,0	14,0
<i>A. scoparius</i> cv. verde	1 ^a	13,0	63,7	35,6	12,5
	2 ^a	6,0	67,5	42,2	14,7
<i>A. scoparius</i> cv. roxo	1 ^a	11,8	66,4	41,0	13,4
	2 ^a	5,3	66,3	40,6	10,7

¹ Os desvios em relação às médias estiveram abaixo de 1,5 %. PB e FDA foram analisadas em duplicata usando-se a técnica do infra-vermelho (NIRS - Near Infra Red Spectroscopy).

^{1a} Amostra submetida à digestão em solução detergente neutro por 40 minutos em autoclave (120 °C).

^{1b} Denominada de lignina de Klason, contendo além da lignina alguns elementos minerais e sílica. Para essa determinação, as amostras, em triplicata, são submetidas a pré-hidrólise em ácido sulfúrico 12M durante 1 hora. Em seguida, o ácido é diluído para 0,4M e o material submetido a nova hidrólise em autoclave de bancada durante 60 minutos a 120 °C.

TABELA 12 - Valores calculados para os parâmetros “a”, “b” e “c” oriundos da cinética de digestão ruminal da matéria seca das amostras de *Axonopus* coletadas com dois períodos de crescimento¹.

ESPÉCIE / CULTIVAR	COLETA	a	b	c	r ²	De(%)	Dp/48(%)
<i>A. fissifolius</i> cv. verde	1 ^a	0,194	0,3695	0,0389	0,92	43,8	50,6
	2 ^a	0,195	0,4384	0,0279	0,98	45,1	51,9
<i>A. fissifolius</i> cv. roxo	1 ^a	0,186	0,4036	0,0503	0,94	47,4	55,2
	2 ^a	0,215	0,3394	0,0421	0,97	44,5	51,0
<i>A. scoparius</i> cv. verde	1 ^a	0,210	0,4800	0,0694	0,94	58,3	67,3
	2 ^a	0,237	0,3962	0,0467	0,95	51,4	59,1
<i>A. scoparius</i> cv. roxo	1 ^a	0,212	0,4585	0,0496	0,94	54,0	62,8
	2 ^a	0,199	0,4084	0,0574	0,99	50,2	58,1

¹ “a” = Fração imediatamente solúvel, “b” = fração insolúvel e potencialmente degradável, “c” = taxa de degradação da fração “b”. De(%) = Degradabilidade efetiva ajustada segundo o modelo $De = a + ((b * c)/(c + k))$, assumindo uma taxa de passagem (k) = 0,02 (ORSKOV e McDONALD, 1979). Dp/48(%) = Degradabilidade potencial ajustada segundo modelo $Dp = a + b(1 - e^{(-c * tempo)})$, fixando o tempo em 48 horas (ORSKOV e McDONALD, 1979).

Todos esses resultados indicam que o estabelecimento de diferenças entre os cultivares são mais evidentes quando se observa composição bromatológica, degradabilidade da matéria seca e degradação ruminal dos tecidos vegetais. Já com relação à anatomia quantitativa não há muita expressividade quando se comparam fases de desenvolvimento, devido, principalmente, ao fato desse método tratar da quantificação de área ocupada por tecidos, não levando em conta a espessura das paredes celulares. Com o envelhecimento, as alterações com relação à área ocupada pelos tecidos nas folhas são pouco representativas (WILSON, 1976; Cherney e Marten, 1982 *apud* WILSON, 1993). Porém, se compararmos as paredes celulares (Fig. 03-D e E, 04-D e E, 06-C e D, 07-E e F) evidenciam-se grandes alterações na sua espessura, o que com certeza contribui para o acréscimo de FDA, FDN e Lignina, demonstrados na análise bromatológica. Como consequência disto, evidencia-se a redução do potencial digestível desse órgão. Já o caule, com o envelhecimento, demonstra elevado acréscimo de tecidos lignificados, porque células componentes do parênquima fundamental tornam-se lignificadas com a maturidade, proporcionando acréscimo de área desses tecidos. Além disso, também demonstra aumento na espessura das paredes celulares lignificadas do anel esclerênquimático e dos feixes vasculares (Fig. 05-D e E, 08-C e D), o que colabora para indicá-lo como o órgão que mais sofre acréscimo de teor de lignificação com o envelhecimento (Terry e Tilley, 1964 *apud* AKIN, 1979; HANNA *et al.* 1976; Cherney e Marten, 1982 *apud* WILSON, 1993, ALVES DE BRITO, 1997a).

Também é possível evidenciar que, na fase jovem, os cultivares das espécies analisadas apresentaram maior distinção quanto à composição bromatológica e degradabilidade. Destaca-se nessa perspectiva o cultivar "verde" da espécie *Axonopus scoparius*, que também demonstrou maior degradação quando as amostras de tecidos foram submetidas à degradação ruminal.

CONCLUSÕES

- As espécies *Axonopus scoparius* e *Axonopus fissifolius*, diferem em alguns caracteres anatômicos (vide Tabela 02).
- Ambas as espécies supramencionadas apresentam características anatômicas da Síndrome Kranz, um dos parâmetros que caracterizam o processo fotossintético C₄.
- A verificação da anatomia quantitativa da folha, comparando-se fases de desenvolvimento é desaconselhável, já que este órgão não apresenta alterações significativas na proporção das áreas ocupadas pelos diversos tecidos, com o envelhecimento.
- A espessura parietal das células da folha e do caule sofre acréscimo com o envelhecimento.
- O caule é o órgão que mais sofre incremento de tecidos vascular lignificado + esclerênquima com o envelhecimento, conseqüentemente é menos degradado.
- O cultivar "verde" de *Axonopus scoparius* apresenta maior suscetibilidade à degradação ruminal, na fase inicial de desenvolvimento, quando comparado ao cultivar "roxo".
- Os cultivares "verde" e "roxo" de *Axonopus fissifolius* apresentam características similares frente à anatomia quantitativa e à degradação ruminal.
- As relações entre análise bromatológica, anatomia quantitativa do caule, degradação ruminal e cinética da digestão são altamente positivas quando se pretende avaliar a qualidade das forragens tropicais.

ANEXO 01 - DADOS CLIMÁTICOS

QUADRO 01 - Estimativa de temperaturas mínimas para Itajaí-SC/.

ALTITUDE (m)	LATTITUDE (o.dec)	LONGITUDE (o. dec)	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL
5.00	26.90	48.61	20.6	21.0	20.0	17.5	15.0	12.9	12.2

Fonte: BRAGA; SILVA ; KICHEL, 1986.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKIN, D. E. **Rumen bacterial interrelationships with plant tissue during degradation revealed by transmission electron microscopy.** Applied microbiology, p. 1149-1156, jun. 1974.
- _____; BURDICK, D. **Types in tropical and temperate grass leaf blades and degradation of tissues by rumen microorganisms.** Crop Science. v. 15, p. 661-668, sept.-oct. 1975.
- _____. **Microscopic evaluation of forage digestion by rumen microorganisms: A review.** Journal of animal science. v. 48, n. 3, p. 701 - 709, 1979.
- _____; ROBINSON, E. L. **Structure of leaves and stems of arrowleaf and Crimson clovers as related to in vitro digestibility.** Crop Science. v. 22, n. 01, p. 24-29, 1982.
- _____. **Section to slide technique for study of forage anatomy and digestion.** Crop Science. v. 22, n. 2, p. 444-446, març.-april 1982.
- _____.; WILSON, J. R.; WINDHAM, W. R.. **Site and rate of tissue digestion in leaves of C₃, C₄ and C₃/C₄ intermediate Panicum species.** Crop Science, v. 23, p. 147-155, jan.-feb. 1983.
- _____.; BROWN, H.; RIGSBY, L. L. **Digestion of stem tissues in *Panicum species*.** Crop Science. v. 24, p. 769 - 773, jul.-ago. 1984.
- _____. **Histological and physical factors affecting digestibility of forages.** Agron. Journ. v. 81, p. 17-25, jan.-feb. 1989.
- ALQUINI, Y. **Anatomia dos órgãos em desenvolvimento de *Musa rosacea* (Musaceae).** São Paulo, 1992. Tese (Doutorado em Botânica) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.
- ALVES DE BRITO, C. J. F. **Organização estrutural e digestibilidade in vitro de caules, lâminas e bainhas foliares de cultivares de *Pennisetum purpureum* Schum. (Poaceae).** Curitiba/PR, 1997a. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.
- ALVES DE BRITO, C.J.F.; ALQUINI, Y.; RODELLA, R.A. e DESCHAMPS, F.C. **Alterações histológicas de três ecotipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), após a digestão in vitro.** . In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA(34, Juiz de Fora, 1997). Anais.Juiz de Fora (MG): SBZ, p.12-14, 1997a.

- ALVES DE BRITO, C.J.F.; ALQUINI, Y.; RODELLA, R.A. e DESCHAMPS, F.C. **Perfil anatômico dos tecidos de três ecotipos de capim-elefante (*Penisetum purpureum* Schum.)**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA (34, Juiz de Fora, 1997). **Anais**. Juiz de Fora (MG): SBZ, p.9-11, 1997b.
- ANTON A. M. **Contribucion al conocimiento de la anatomia foliar do gênero *Axonopus* (Poaceae)**. Darwiniana. v. 27, n.1 - 4, p. 157 - 168, 1986.
- AROEIRA, L. J. M. LOPES, F.C.F; DAYRELL, M S. **Digestibilidade, degradabilidade e taxa de passagem da cana-de-açúcar mais uréia e do farelo de algodão em vacas mestiças holandês/zebu em lactação**. Rev. Soc. Bras. Zoot. v. 24, n. 06, 1995.
- AROEIRA, L. J.M.; LOPES, F.C.F; DAYRELL, M S. **Degradabilidade de alguns alimentos no rúmen de vacas holandês/zebu**. Rev. Soc. Bras. Zoot. v. 25, n. 06, p. 1178-1186, 1996
- BERLYN, G. P.; MIKSCHKE, J. P. **Botanical microtechnique and cyto chemistry**. Iowa: Iowa University Press, 1976.
- BONA, C.; ALQUINI, Y. **Alguns aspectos estruturais da folha de *Hydrocleis nymphoides* (Humb. E. Bompl. Ex. Willd) Buchenau (Limnocharitaceae)**. Arq. Biol. Tecnol. v. 38, n.03, p. 869-877, set., 1995a.
- _____. **Alguns aspectos estruturais da folha de *Limnobium laevigatum* (Humb. E. Bompl. Ex. Willd) Heine (Hydrocharitaceae)**. Arq. Biol. Tecnol. v. 38, n.04, p. 1045-1052, dez., 1995b.
- BRAGA, H. J.; SILVA, L. M. da; KITCHEL, N. **Normais de temperaturas máximas, médias e mínimas estimadas em função das latitudes e altitudes para os 199 municípios catarinenses**. Florianópolis, EMPASC, 1986.
- BROWN, W. V. **Leaf anatomy in grass systematics**. Bot. Gaz. v. 119, n. 3, p. 170-178, 1958.
- _____. **Variations in anatomy, associations, and origins of Kranz tissue**. Amer. J. Bot. v. 62, n. 4, p. 395-402, 1975.
- BUVAT, R. **Ontogeny cell differentiation and structural of vascular plants**. Germany: Springer - Verlag, 1989.
- CAROLIN, R. C.; JACOBS, S. W. L.; VESK, M. **The structure of the cells of the mesophyll and parenchymatous bundle sheath of the Gramineae**. Bot. J. Linn. Soc., v.66, p.259-275, jun., 1973.

- CRONQUIST, A. **An integrad system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press, 1981.
- CUTTER, E. **Anatomia vegetal: Parte I - Células e tecidos**. 2 ed. São Paulo: Roca, 1986.
- DAHLGREEN, R. M. T.; CLIFFORD, H. T.; YEO, P. F. **The Families of the monocotyledons: structure, evolution and taxonomy**. Berlin-Germany: Verlag Berlin Heidelberg, 1985.
- DENGLER, N. G., DENGLER, R. E.; HATTERSLEY, P. W. **Differing ontogenetic origins of PCR (KRANZ) sheaths in leaf blades of C4 grasses (POACEAE)**. Amer. J. Bot. v. 72, n 2, p. 284 - 302, 1985.
- _____. **Comparative bundle sheath and mesophyll differentiation in the leaves of the C4 grasses *Panicum efusum* and *Panicum bulbosum***. Amer. J. Bot. v. 73, n. 10, p. 1431 - 1442, 1986.
- DESCHAMPS, F. C. **Degradabilidade ruminal da matéria seca e da proteína de alguns alimentos utilizáveis na alimentação de ruminantes**. Ver. Soc. Bras. Zoot. v. 23, n. 06, p. 898 - 908, 1994.
- DESCHAMPS, F. C. **Ácido fosfórico diluído associado a temperatura e pressão no pré-tratamento do bagaço de cana destinada à alimentação de ruminantes**. Curitiba/PR, 1995. Tese (Doutorado em Bioquímica) - Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.
- ENGELS, F. M.; SCHUURMANS, J. L. L. **Relationship between structural development of cell walls and degradation of tissues in Maize stems**. J. Sci. Food. Agric. v. 59, p. 45-51, 1992.
- EUCLYDES, R.F. **Sistema para análises estatísticas (Guia do usuário resumido)**. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 1987.
- ESAU, K. **Anatomy of seed plants**. 3ª. ed. New York: John Willey and Sons, 1976.
- _____. **Anatomía vegetal**. 3ª. ed. Barcelona: Omega, 1985.
- FAHN, A. **Plant anatomy**. 4ª. ed. São paulo: Pergamon Press, 1990.
- FELDER, N. e O'BRIEN, T.P. **Plant microthecnicque some principles and new methods**. Amer. J. Bot. V.55, n.1, p. 123-142, 1968.
- FRANDSON, R. D. **Anatomia e fisiologia dos animais domésticos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1979.

- FRANKLIN, G. L. **A rapid method of softening wood for microtome sectioning.** Australian Journal of Botany, Camberra, v.33, p.393-408, 1946.
- GIFFORD, E. M.; FOSTER, A. S. **Morphology and evolution of vascular plants.** 3ª. ed. New York: W. H. Freeman and Company, 1988.
- GOERING, H.K. e VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analysis.** Washington, D.C. Agricultural Handbook. n 379, 1970.
- GOULD, F. W. **Grass systematics.** USA: McGraw-Hill, Inc., p. 21-63,1968.
- HABERLANDT, G. **Physiological plant anatomy.** London: Mc Millan, 1928.
- HACKER, J.B.; MINSON, D.J. **The Digestibility of plant parts.** Herbage Abstracts. v.51, n.9, p.459-461,1981.
- HANNA W. W.; MONSON, W. G.; BURTON, G. W. **Histological examination of fresh forage leaves after in vitro digestion.** Crop Science. v. 13, p. 98-102, jan. feb. 1973.
- HANNA, W.W.; MONSON, W. G. ; BURTON, G. W. **Histological and in vitro Digestion of 1-and 4-week stems and leaves from high and low quality Bermudagrass genotypes.** Agronomy Journal. V. 68, p.219-222, mar-abr, 1976.
- JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique.** New York: Mc Graw Hill Book, 1940.
- JOHNSON, S. C. e BROWN, W. V. **Grass leaf ultrastructural variations.** Amer. Jour. Bot. v. 60, n. 8, p. 727-735, 1973.
- KALIFE, C. **Contribuição ao conhecimento da anatomia ecológica das folhas de *Aechmea ornata* Baker e *Aechmea nudicaulis* (L.) Griseb (Bromeliaceae).** Curitiba/PR, 1995. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.
- KAUL, R. B. **Anatomical observation on floating leaves.** Aquatic Botany. n.02, p. 215-234, 1976.
- LAWRENCE, G.H.M.N **Taxonomia das plantas vasculares.** Vol I, Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1951.
- MAGAL, M. M.; SLEPER, D. A.; BEUSELINCK, P. R. **Degradation of three warm-seasons grasses in a prepared cellulase solution.** Agronomy Journal. n. 86, p. 1049-1053, 1994.
- MAUSETH, J. D. **Plant anatomy.** Califórnia: Benjamin/Cummings, 1988.

- METCALFE, C. R. **Anatomy of the monocotyledons**. Oxford: Clarendon Press, 1960.
- MILBY, T. H. **The leaf anatomy of Buffalo grass *Buchloe dactyloides* (Nutt)** Engelm. Bot. Gaz. v. 132, n. 4, p. 308 - 313, 1971.
- MITIDIERI, J. **Manual de gramíneas e leguminosas para pastos tropicais**. 2ª. ed. São Paulo: Nobel - Edit. da Universidade de São Paulo, 1988.
- MONTEIRO, M. do C. da C.; PACE, L. B. **Anatomia foliar de *Axonopus compressus* (SW.) Beauv. GRAM**. Atlas da Soc. Bot. do Brasil. v. 2, n. 5, 1984.
- NOCEK, J.E. **In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review**. J. of Dairy Sci. v.71, p.2051-69, 1988.
- OLIVEIRA, A. B.; FARIA, P. R. S.; SOUTO, S. M. *et. al.* **Identificação de gramíneas tropicais com via fotossintética "C₄" pela anatomia foliar**. Pesq. Agropec. Bras., Ser. Agron. v. 8, p. 267-271, 1973.
- ORSKOV, E.R. e McDONALD, I. **The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage**. J. Agric. Sci., v.92, p.449-453, 1979.
- OTERO, J. R. **Informações sobre algumas plantas forrageiras**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1961.
- PELCZAR, M.; REID, R.; CHAN, E. C. S. **Microbiologia**.v.2. São Paulo: McGraw - Hill, 1981.
- QUINTAS, A.T. **Novo material de apoio para cortes histológicos**. Revista da Faculdade de Agronomia e Veterinária da Universidade do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. v.6, p.51-54, 1963.
- REYNA, J. V.; DAVILA P. D. **Classificacion de los generos de gramineas (POACEAE) mexicanas**. Acta Bot. Mexicana. n.33, p.37-50, oct,1995.
- RODELLA, R. A.; ISHIY, C. M.; MAIMONI-RODELLA, R. C. S.; AMARAL JR, A. **Estudo Quantitativo de Características Anatômicas da Folha de duas espécies de *Brachiaria***. Ver. Agrociência - Univ. Taubaté, v.2 - p. 21-30, 1982.
- _____; AYOUB, J. F.; MAIMONI-RODELLA, R.C.S., **Estudo quantitativo de características anatômicas da folha de *Panicum maximum* JACQ. e *Panicum coloratum* L.** Piracicaba. Rev. de Agric. v. 59, n.2, p. 163-174, 1984.

- _____; ANDRADE, V.M. DE M.; MAIMONI-RODELLA, R. C. S. **Características da anatomia foliar de quatro cultivares de *Sorghum bicolor* (L.) Moench**, Garcia de Orta, Sér.Bot., Lisboa, n. 6, p. 41-46, 1983.
- ROESER, K.R. **Die Nadel der schwarkiefer massenprodukt und kunstwerk der natur**. Mikrokosmos v.61, n.2, p.33-36, 1972.
- ROSSI JR., P. et al. **Degradabilidade ruminal da matéria seca e da fração protéica da silagem de milho do farelo de soja e do sorgo grão, em bovinos da raça nelore: comparação dos dados obtidos pelo CNCPS**. Ver. Soc. Brs. Zoot. v. 26, n. 03, p. 599-607, 1997.
- SALERNO, A.R.; VERTELE, C. P. ; DESCHAMPS, F. C. ; FREITAS, E. A. G. de. **Gramíneas forrageiras estivais e perenes no baixo vale do Itajaí**. Florianópolis: EMPASC, 1990.
- SILVA, S. T. da; LABORIAU, L. G. **Corpos silicosos de gramíneas dos cerrados**. III. Pesq. Agrop. Bras. v. 5, p. 167-182, 1970.
- SILVEIRA, M. Preparo de amostras biológicas para Microscopia Eletrônica de Varredura. In: SOUSA, W. de **Manual sobre técnicas básicas em microscopia eletrônica: técnicas básicas**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Microscopia Eletrônica, v.1, 1989.
- SMITH, L. B.; WASSHANSEN, D. C.; KLEIN, R. M. **Flora ilustrada catarinense: as plantas gramíneas, Itajaí, I parte**, p.1127-1129, 1982.
- VENTRELLA, M. C. **Anatomia quantitativa e composição bromatológica de folha e caule de três espécies de *Cynodon Rich.*** Botucatu/SP, 1995. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas - Botânica) - Instituto de Biociências - Campus de Botucatu - Universidade Estadual Paulista
- WILKINS, R. J. **The potencial digestibility of cellulose in grasses and its relationship with chemical and anatomical parameters**. Cambridge. J. Agric. Sci.v. 78, p. 457 - 464, 1972.
- WILSON, J. R. **Variation of leaf characteristics with level of insertion on a grass Tiller I development rate, chemical composition and dry mater digestibility**. Aust. J. Agric. Res. v. 27, p. 343-354, 1976.
- _____; BROWN, R. H.; WINDHAM, W. R. **Influence of leaf anatomy on the dry matter digestibility of C₃, C₄, and C₃/C₄ intermediate types of *Panicum* species**. Crop Science, v. 23, p. 141-146, 1983.
- _____. **Organization of forage plant tissues - Forage cell wall structure and digestibility**. USA: Rd. Madison - cap. 1, p. 1-32, 1993.