ARQUITETURA DA REDE FIBROVASCULAR DO CAULE DA CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp.)

ROBERTO ANTONIO ARÉVALO

Orientador: PAULO NOGUEIRA DE CAMARGO

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
1984

DEDICATORIA

À UNIÓN CAÑEROS INDEPENDIENTE DE TU
CUMÁN (UCIT) que durante os cinco anos de
minha formação secundária, custeou os meus
estudos de Técnico Agrônomo, tendo assim
despertado o meu amor à Ciência, e o meu
interesse pela cana-de-açúcar.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

O autor manifesta seus mais profundos agradecimentos às seguintes pessoas e instituições:

- Prof. Dr. PAULO NOGUEIRA DE CAMARGO, por sua dedicada e excelente orientação científica, na realização deste trabalho;

- Prof. Dr. HUMBERTO DE CAMPOS, pelo seu assessoramento nos trabalhos estatísticos;

- Prof. Dr. RICARDO VICTÓRIA FILHO, pelas suas oportunas sugestões e por facilitar o uso dos laboratórios e dependências da Secção de Horticultura da ESALQ;

- Prof. Dr. ROBERTO ANTONIO ZUCCHI, por facilitar o uso do laboratório de microscopia do Departamento de Entomologia da ESALQ;

- Prof. Dr. OSWALDO PEREIRA DE GODOY, por ter facilitado o uso dos campos experimentais do Departamento de Agricultura da ESALQ, na realização das pesquisas de campo, deste trabalho;

- Prof. Dr. CLOVIS FERRAZ DE OLIVEIRA SANTOS, por ter facilitado o uso do laboratório de Microscopia do Departamento de Botânica - ESALQ.

- Prof. Dr. HIROSHI KIMATI, por ter facilitado o uso das dependências e laboratórios do Departamento de Fitopatologia - ESALQ;

- Profa. Dra. ROSA MARIA VALDEBENITO SANHUEZA, do Departamento de Fitopatologia - ESALQ, pelas suas valiosas su gestões;

- Profa. Dra. GRACI MIRIAN CORSO, da Faculdade de Ciências e Letras de Rio Claro - UNESP, por ter facilitado o uso do laboratório de Botânica;

- Profa. MARÍLIA RODRIGUES PEREIRA DE NORONHA, do Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária, Campus de Ilha Solteira - UNESP, pela sua assessoria no uso de aparelhos de laboratório na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro;

- Sr. PEDRO DA SILVA, auxiliar do laboratório de Fitopatologia da ESALQ por sua presteza e solicitude, demonstradas no decorrer das pesquisas;

- Minha filha LILIANA DEL VALLE AREVALO CORDEIRO, pelo seu dedicado trabalho dos desenhos ilustrativos da tese;

- Engenheiros ALDO CORDERO EDUARDO e MIGUEL CORDEIRO EDUARDO, pelo seu afetuoso estímulo, no decorrer das minhas pesquisas;

- Distintos colegas JOSÉ RAFAEL MENDEZ BALDEÓN, NORMAN A.S. COTO e MARIO MOLINA, pelo constante e entusiástico es tímulo, no decorrer deste trabalho;

- Colegas HARRY LORENZI, M.S. da COPERSUCAR, e HERNÁN HOFFMANN, do PLANALSUCAR, por facilitar a obtenção de cana-semente, para este trabalho.

- FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO - FAPESP, pela bolsa concedida, que permitiu a realização deste trabalho;

- FEALQ - FUNDAÇÃO DE ESTUDOS AGRÁRIOS LUIZ DE QUEIROZ", pelo auxílio financeiro para a edição desta tese;

- Funcionários da BIBLIOTECA CENTRAL DA ESALQ, que facilitaram por todos os meios, as informações utilizadas nesta tese;

- BIBLIOTECA DO CENA - CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA, pela cooperação dos seus funcionários na obtenção de dados bibliográficos para esta tese.

O autor agradece também a todos os que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

I N D I C E

	Página
DEDICATÓRIA	ii
AGRADECIMENTOS	iii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xiii
SUMMARY	xviii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	4
3. MATERIAIS E MÉTODOS	8
3.1. Pesquisa I - Determinar a origem dos feixes fibrovasculares no tolete, sua passagem pa- ra o rizoma, e sua disposição arquitetôni- ca no rizoma e no colmo	8
3.2. Pesquisa II - Determinar o curso descenden- te dos feixes centrais que emitem traços fo- liares terminais e laterais através do col- mo e suas possíveis conexões em seu trajeto	12
3.3. Pesquisa III - Determinar a posição do nó em que o plexo nodal (PN) já é funcio- nal, em um cultivar precoce (NA 56-79) e em um tardio (CB 49-260)	12
3.4. Pesquisa IV - Determinar, pela germinação, o nó mais jovem cujo plexo nodal (PN) já seja funcional, em um cultivar precoce (NA 56- 79) e em um tardio (CB 49-260).	13

4. RESULTADOS	14
4.1. Pesquisa I - Determinar a origem dos feixes fibrovasculares no tolete, sua passagem para o rizoma, e sua disposição <u>arquitetônica</u> no rizoma e no colmo	14
4.1.1. Origem dos sistemas fibrovasculares em NA 56-79	14
4.1.2. Origem dos sistemas fibrovasculares em CB 41-76	21
4.1.3. Catafilos	25
4.2. Pesquisa II - Determinar o curso descendente dos feixes centrais que emitem traços <u>foliares</u> terminais e laterais através do colmo e suas possíveis conexões em seu trajeto	29
4.2.1. Sistema periférico	29
4.2.2. Sistema central	30
4.2.3. Curso descentente dos feixes centrais que emitem traços <u>foliares</u> terminais e suas conexões	31
4.2.4. Traços foliares terminais do cv. NA 56-79	31
4.2.5. Traços foliares terminais do cv. CB 41-76	33
4.2.6. Traços foliares laterais	35
4.2.7. Meristemas intercalares	38
4.3. Pesquisa III - Determinar a posição do nó em que o plexo nodal (PN) já é funcional, em um cultivar precoce (NA 56-79) e em um tardio (CB 49-260)	38

4.3.1. cv. CB 49-260 - Região do nó +1	39
4.3.2. cv. NA 56-79 - Região do nó +1	39
4.3.3. cv. CB 49-260 - Região do nó +2	43
4.3.4. cv. NA 56-79 - Região do nó +2	44
4.3.5. cv. CB 49-260 - Região do nó +3	44
4.3.6. cv. NA 56-79 - Região do nó +3	47
4.3.7. cv. CB 49-260 - Região do nó +4	50
4.3.8. cv. NA 56-79 - Região do nó +4	51
4.3.9. cv. CB 49-260 - Região do nó +5	52
4.3.10. cv. NA 56-79 - Região do nó +5	55
4.4. Pesquisa IV - Determinar, pela germinação, o nó mais jovem cujo plexo nodal (PN) já seja funcional, em um cultivar precoce (NA 56-79) e em um tardio (CB 49-260)	55
5. DISCUSSÃO	60
5.1. Discussão da literatura	60
5.2. Discussão dos resultados	69
5.3. Origem e trajeto dos feixes	71
5.4. Considerações metodológicas	72
6. CONCLUSÕES	74
6.1. Organização da rede fibrovascular	74
6.2. Ramificações dos cordões do sp.	75
6.3. Trajetória dos feixes de traços foliares cen- trais	75
6.4. Ramificações e conexões dos feixes centrais	
6.5. Diferenças varietais	76
7. LITERATURA CITADA	79

LISTA DE TABELAS

TABELA Nº		Página
1	Plântulas emergidas 30 dias após o plantio. Cv. NA 56-79	58
2	Plântulas emergidas 30 dias após o plantio. Cv. CB 49-260	59

LISTA DE FIGURAS

FIGURA Nº		Página
1	Esquema de uma sequência de gomos em um trecho de colmo	11
2	Esquema de uma touceira em formação.	15
3	Origem dos sistemas fibrovasculares, no cv. NA 56-79	16
4	Aspecto geral da organização arquitetônica dos sistemas fibrovasculares, dos rizomas primário e secundário do cv. NA 56-79	19
5	Origem do sistema fibrovascular no cv. CB 41-76	22
6	Aspecto geral da organização arquitetônica dos sistemas fibrovasculares dos rizomas primário e secundário do cv. CB 41-76	24
7	Esquema de um rizoma, mostrando a evolução dos catafilos	26
8	Vista geral de um trecho de colmo do cv. NA 56-79 celulosado, mostrando o aspecto arquitetônico dos sistemas fibrovasculares, abrangendo 15 nós (+5 a +19)	36

FIGURA Nº

Página

9	Vista geral de um trecho de colmo do cv. CB 41-76, celulosizado, mostrando o aspecto arquitetônico dos sistemas fibrovasculares, abrangendo 16 nós (nº +5 a +20)	37
10	Aspectos da região do nº +1, do cv. CB 49-260	40
11	Aspecto da região do nº +1, do cv. NA 56-79	41
12	Aspecto da região do nº +2, do cv. CB 49-260	45
13	Aspecto da região do nº +2, do cv. NA 56-79	46
14	Aspecto da região do nº +3, do cv. 49-260	48
15	Aspecto da região do nº +3, do cv. NA 56-79	49
16	Aspecto da região do nº +4, do cv. CB 49-260	53
17	Aspecto da região do nº +4, do cv. NA 56-79	54
18	Aspecto da região do nº +5, do cv. CB 49-260	56

FIGURA Nº

Página

19	Aspecto da região do nó +5, do cv. NA 56-79	57
20	Diagrama mostrando o aspecto dual do sistema vascular, e o curso longitu- dinal de traços foliares em um caule vegetativo com 10 nós (Kumazawa, 1949b, cf. KUMAZAWA, 1961)	64
21	Estágios de amadurecimento dos fei- xes fibrovasculares, na área do me- ristema intercalar	68

ARQUITETURA DA REDE FIBROVASCULAR DO CAULE DA CANA-DE-AÇÚCAR
(*Saccharum* spp.)

Autor: ROBERTO ANTONIO ARÉVALO

Orientador: Prof. Dr. PAULO NOGUEIRA DE CAMARGO

RESUMO

Este trabalho foi realizado na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Brasil, em 1983-84. Seus objetivos foram o de elucidar a arquitetura da rede fibrovascular do tolete, rizoma e colmo da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) e determinar, em um cultivar precoce (NA 56-79) e em um tardio (CB 49-260), a posição do nó em que o plexo nodal já é funcional.

Foram realizadas as 4 seguintes pesquisas: I-Determinar a origem dos feixes fibrovasculares no tolete, sua passagem para o rizoma e sua disposição arquitetônica no rizoma e no colmo; II - Determinar o curso descendente dos feixes centrais que emitem traços foliares terminais e laterais através do colmo, e suas possíveis conexões, em seu trajeto; III - Determinar a posição do nó em que o plexo nodal já é funcional, em um cultivar precoce (NA 56-79) e em um tardio (CB 49-260); IV - Determinar, pela germinação, o nó mais jovem cujo plexo nodal já seja funcional, em um cultivar precoce (NA 56-79) e em um tardio (CB 49-260).

Para as pesquisas I e II, foram plantados 26 toletes unigemares de cada um dos cultivares NA 56-79 e CB 41-76, em caixas de 1 m³ de capacidade, com solo preparado (1/3 areia + 1/3 solo argiloso + 1/3 serapilheira). Na pesquisa I, as plantas originadas desses toletes foram cultivadas durante 4 meses. Nos 3 primeiros meses, receberam irrigação diária e, durante o 4º mês, somente eram irrigadas quando apresentavam início de murchamento (estresse hídrico), o que ocorria aproximadamente em intervalos de 1 semana. Este processo, conhecido como "envelhecimento precoce", produz internódios curtos e amadurecimento precoce do meristema intercalar e de toda a rede fibrovascular. Na pesquisa II, as plantas foram cultivadas em estresse hídrico durante 18 meses, tendo produzido planas anãs. Foram cortados 25 colmos de cada pesquisa, partidos longitudinalmente, fervidos em água durante 10 minutos, para evitar crescimento durante a celulolisação e, depois de esfriados ao ambiente, colocados em caixas retangulares de ferro pintado com tinta anti-ferrugem, onde foram postos a celulolisar por microrganismos celulolíticos, segundo o método de AREVALO (1983). O método do envelhecimento precoce abreviou em 50% o tempo da celulolisação. Após a celulolisação, o material foi cuidadosamente lavado em água de torneira, embrulhado em papel jornal, etiquetado e conservado em congelador, para exames posteriores.

Para a pesquisa III, foram tomados, de cada cul

tivar, 5 grupos de toletes uninodais, do n^o +1 ao n^o +5 Kuijper, partidos longitudinalmente, ao nível da gema, e postos a celulólisar em caixas plásticas de 20x20x5 cm, à temperatura ambiente ($\pm 22^{\circ}\text{C}$). Após a celulólição, o material foi lavado, nas mesmas caixas, com água de torneira, pipetada, e conservado nas mesmas caixas, no congelador.

Para a pesquisa IV, foi montado um experimento em blocos inteiramente casualizados, tomando-se 8 colmos de 5 meses de idade, de cada cultivar, os quais foram, respectivamente, divididos em 10 toletes de 1 gema, a partir do tolete zero até o tolete +9-Kuijper, e colocados para germinar em caixas com solo preparado como para as pesquisas I e II.

A origem e o trajeto dos feixes fibrovasculares foram determinados no tolete, rizoma e colmo de cada cultivar celulólisado, por meio de exames ao microscópio estereoscópico WILD M3, e desenhados em câmara clara. Duas rotas para os exames foram usados nesta pesquisa: a) partindo de um traço foliar, acompanhar o feixe respectivo, em seu trajeto descendente, até a sua origem; b) partindo de traços gemares, no tolete, acompanhar o trajeto ascendente do feixe, através do rizoma e do colmo, até o traço foliar.

Essas duas pesquisas conduziram aos seguintes resultados: a) o sistema fibrovascular periférico do caule (rizoma e colmo) origina-se do sistema fibrovascular do tolete; b) o sistema fibrovascular central do caule (rizoma e colmo)

origina-se de ambos os sistemas fibrovasculares - periférico e central - do tolete; c) os feixes centrais do caule podem também se originar no sistema fibrovascular periférico do rizoma ou do colmo.

As pesquisas III e IV revelaram que a funcionalidade do plexo nodal depende da direção do gradiente de amadurecimento dos feixes axótopos. A pesquisa III mostrou que no meristema intercalar, o gradiente de amadurecimento dos feixes axótopos é centrípeto no cv. CB 49-260, e centrífugo no cv. NA 56-79. Esta diferença varietal influencia a precoce da germinação, pois a capacidade de germinação da gema depende essencialmente da presença de traços gemares maduros, e, no amadurecimento centrípeto dos feixes axótopos, os primeiros traços gemares a amadurecerem são os que estão mais próximos da gema.

A pesquisa IV mostrou que a mais jovem gema germinante era a do nó +2, no cv. CB 49-260, embora, aparentemente, o amadurecimento centrípeto de seu plexo nodal tivesse se completado somente no nó +5; e no cv. NA 56-79, a mais jovem gema germinante era a do nó +3, embora o amadurecimento centrífugo de seu plexo nodal estivesse aparentemente completo no nó +2. Este fato parece indicar que, apesar de estar completo em sua disposição arquitetônica no nó +2, o plexo nodal deste cultivar ainda não tem traços gemares maduros neste nó.

Outra diferença varietal é que a arquitetu-

ra fibrovascular dos catafilos é típica para cada um dos cultivares estudados, constituindo um caráter de diferenciação taxonômica.

ARCHITECTURE OF THE FIBROVASCULAR NET OF SUGARCANE
(*Saccharum* spp.) STEM.

Author: ROBERTO ANTONIO AREVALO

Adviser: Prof. Dr. PAULO NOGUEIRA DE CAMARGO

SUMMARY

These researches were carried out in the Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", University of São Paulo, Brazil, during the period of 1983-84, with the following objectives: (a) to elucidate the architecture of the fibrovascular net of the sugarcane stem (rhizome and culm); and (b) to determine the first node in which the nodal plexus is already functional on a early season cultivar (Na 56-79), and on a late season one (CB 49-260).

For achieving these two objectives, the following researches were carried out: I - To determine the origin of the fibrovascular bundles in the seed piece, their passage into the rhizome and their architectural arrangement along the rhizome and the culm; II - To determine the descendent course of the central bundles which produce terminal and lateral foliar traces along the culm, and their possible connections through their course; III - To determine the location of the node on which the nodal plexus is already

functional, on a early season cultivar (NA 56-79) and on a late season one (CB 49-260); IV - To determine, by bud germination the youngest node whose nodal plexus is already functional, on the cultivars referred in IV.

For the researches I and II, 26 single bud seed pieces of each cultivar were planted in 1m^3 boxes with prepared soil ($1/3$ sand + $1/3$ clay soil + $1/3$ wood organic soil). In the research I, the plants developed from the seed pieces were cultivated during four months. During the first three months, they were watered daily only when showing a beginning of wilt, which characterized a state of water stress which occurred at intervals of more or less one week. This process, known as "precocious aging", induces the formation of short internodes and of precocious ripening of the intercalary meristem, and of all the fibrovascular net. In the research II, the plants originated of the seed pieces were cultivated under water stress during 18 months, producing dwarf stems.

From each research, 25 stems were cut longitudinally, boiled in water during 10 minutes, for preventing growth during cellulolisation, and set into rectangular iron boxes painted with antioxidant ink, for cellulolising by microorganisms, according the method of AREVALO (1983). The process of precocious aging decreased by 50% the time of cellulolisation. After cellulolisation, the material was carefully washed in tap water, wrapped in newspaper sheets,

labelled, and kept in a freezer, for further examination.

For the research III, five groups of single bud seed pieces, from the +1 to the +5-Kuijper node, were longitudinally cut at the level of the bud, and set into 20x20x5 cm plastic boxes, for cellulolysing, at ambient temperature ($\pm 22^{\circ}\text{C}$). After cellulolysis, the material was carefully washed by pipeting tap water, and conserved in the same boxes, kept in a freezer.

For the research IV, eight culms 5 months old of each cultivar were taken. Each culm was divided into 10 seed pieces of one bud, including the ones from number zero to number +9-Kuijper. For each cultivar, the seed pieces were planted in boxes of 1m^3 with prepared soil as in the researches I and II, in a completely randomized design.

The origin and course of the bundles were determined with a WILD M3 stereoscopic microscope, by accompanying them from their origin, in the gemma traces of the seed piece, and along the rhizome and the culm, to their end, in a terminal foliar trace, and by drawing them with the aid of a camera lucida, and, also, following the bundles in their descendent course, from a terminal foliar trace to their end, several nodes below.

These two researches produced the following results: (a) the peripheric fibrovascular system of the stem (rhizome and culm) originates from the periferic fibrovascular system of the seed piece; (b) the central fibrovascular system

of the stem (rhizome and culm) originates from both the periferic and the central fibrovascular systems of the seedpiece; (c) the central bundles of the stem may originate also from the peripheric fibrovascular system of the rhizome or of the culm.

The researches III and IV revealed that the functionality of the nodal plexus depends upon the direction of the gradient of ripening of the axotropic bundles. Research III showed that in the intercalar meristem, the gradient of ripening of the axotropic bundles is centripetal on cv. CB 49-260, and centrifugal on cv. NA 56-79. This varietal difference which influences the time of the bud germination, depends essentially upon the presence of mature gemmar traces, and, in the centripetal ripening of the axotropic bundles, the first gemmar traces to ripe are the ones nearer the bud.

Research IV showed that the youngest germinant bud was that of the node +2, on the cv. CB 49-260, although apparently the centripetal ripening of its nodal plexus was completed only on the node +5; and, on cv. NA 56-79, the youngest germinant bud was that of the node +3, although the centrifugal ripening of its nodal plexus was apparently completed on the node +2. This fact seems to indicate that although complete in its architectural arrangement in the node +2, the nodal plexus on this cultivar did not yet have mature gemmar traces in this node.

Another varietal difference is that the fibro-

vascular architecture of the cataphylls is typical of each cultivar, being a taxonomic character of differentiation.

1. INTRODUÇÃO

A presente pesquisa é uma continuação do estudo da arquitetura da rede fibrovascular nodal do colmo da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp), que foi iniciada na dissertação de mestrado (AREVALO, 1983).

O estudo da arquitetura fibrovascular da cana-de-açúcar tem grande importância científica, sob o ponto de vista anatômico, ou para se conhecer o caminho da translocação de nutrientes e defensivos sistêmicos que normalmente se aplicam nesta cultura.

Uma cuidadosa revisão bibliográfica mostrou que nenhum dos botânicos que estudaram a cana-de-açúcar tratou da sua arquitetura fibrovascular, embora alguns (ARTSCHWAGER, 1925; TANIMOTO, 1964) tivessem sugerido interpretações que não foram confirmadas (AREVALO, op. cit.). Este fato se deve a que os referidos pesquisadores não dispunham de uma metodologia adequada para tais estudos, pois o método clássico, de estudos anatômicos, por meio de cortes seriados, exige interpre-

tações muitas vezes extremamente difíceis e frequentemente subjetivas, com riscos de conclusões errôneas ou duvidosas.

AREVALO (op. cit.), inspirado nos trabalhos de REEVES (1946, 1950) e de LAUBENGAYER (1949), desenvolveu o método microbiocelulolítico com o qual elucidou a arquitetura da rede fibrovascular nodal do colmo da cana-de-açúcar.

Este trabalho pretende: a) elucidar a arquitetura fibrovascular do caule (tolete, rizoma e colmo) da cana-de-açúcar, utilizando o método microbiocelulolítico; b) determinar a posição do nó em que o plexo nodal já é funcional, em um cultivar precoce (NA 56-79) e em um tardio (CB 49-260).

Para estudar a arquitetura do sistema fibrovas^ucular do caule da cana-de-açúcar, foram formuladas duas hipôteses de trabalho:

a) A arquitetura fibrovascular do caule da cana-de-açúcar é diferente a de *Zea mays* L. estudada por KUMAZAWA (1961).

b) Existem diferenças arquitetônicas fibrovas^uculares entre cultivares de cana-de-açúcar.

A fim de verificar a confirmação, ou não, das hipóteses referidas, foram planejadas as seguintes pesquisas:

I - Determinar a origem dos feixes fibrovascu^ulares no tolete, sua passagem para o rizoma e sua disposição arquitetônica no rizoma e no colmo.

II - Determinar o curso descendente dos feixes centrais que emitem traços foliares terminais e laterais através do colmo e suas possíveis conexões em seu trajeto.

III - Determinar a posição do nó em que o plexo nodal já é funcional, em um cultivar precoce (NA 56-79) e em um tardio (CB 49-260).

IV - Determinar, pela germinação, o nó mais jovem cujo plexo nodal já seja funcional, em um cultivar precoce (NA 56-79) e em um tardio (CB 49-260).

As pesquisas I, II e III foram realizadas usando o método microbiocelulolítico e microscopia estereoscópica.

Na pesquisa IV, as avaliações foram realizadas em toletes individuais germinados.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A literatura referente ao assunto deste trabalho já foi totalmente revisada e discutida por AREVALO (1983). Dos autores revistos, somente alguns referidos a seguir, apresentam aspectos que merecem ser considerados.

ARTSCHWAGER (op. cit.) identificou dois sistemas fibrovasculares na cana-de-açúcar - o sistema periférico e o sistema central. Entretanto, na região nodal, onde os feixes e cordões se ramificam e se distribuem, ele não conseguiu determinar a correta configuração dos sistemas.

Em relação ao trajeto dos feixes fibrovasculares através dos internódios, esse autor confessa: "The large number of traces entering a leaf and the very complex nodal structure make it impossible to follow the course of the vascular bundles, except in the meristematic region of the stem apex"(...). "In regard to the length of the individual leaf traces the same sequence is observed, that is, the largest bundles are also the longest, and pass independently through

about eight internodes; Strasburger (16, p.328) found in *Zea* that the longest leaf traces pass through six internodes. In the sugar cane, the writer has followed a number of the large traces through seven and even eight internodes; their absolute length, however, he was unable to determine with certainty".

Sobre o meristema intercalar, ele diz: "The chief divergence from the normal structure consists in a transformation of the sclerenchyma bundle caps in a collenchyma and in a general reduction of the lignified cells of the vascular part of the bundle".

"Just as the center bundles become temporarily modified when passing through the intercalary meristem so the peripheral bundles in this region exhibit considerable deviation from the normal structure. The large peripheral bundles upon leaving the root zone and passing through the meristem become so closely crowded that they appear like a honey comb in which the walls of the comb represent the parenchyma which separates the bundles".

"The crowding of the bundles is the result of their increase in size, which is produced by the development of a huge collenchyma jacket around a small vascular nucleus (pl. 8)".

KUMAZAWA (1961) divide os "cordões de traços foliares" de milho, em 3 tipos.

1º Tipo - Representado pelos cordões de traços foliares que seguem mais ou menos o curso interno e à altura

de alguns nós mais abaixo, se encaminham para a periferia e juntam-se com o sistema interno;

2º Tipo - Representado pelos cordões de traços foliares que chegam diretamente à posição dos feixes mais periféricos e se unem, mais cedo ou mais tarde, com eles;

3º Tipo - Representado pelos cordões que são muito pequenos e logo morrem dentro do cortex, ao nível do nó, ou próximo a ele.

Em relação aos traços gemares, KUMAZAWA afirma: "...even if we can follow downward very exactly a few bundles of a lateral bud, a valid picture of the vascular relationship between the lateral bud and its mother axis cannot be obtained".

SHARMAN (1942), estudando milho, constatou que "se um cordão mediano é seguido para baixo da inserção foliar, ele se encaminha visivelmente para o centro do colmo, de onde desce, em curso vertical, por alguma distância, antes de se encaminhar para o lado oposto ao da sua entrada no colmo. Ele não vai para uma posição diametralmente oposta à do ponto de entrada, mas um pouco de um lado, e assim os cordões medianos de folhas de um lado cruzam-se com os das folhas do outro lado. Quando eles atingem a região periférica, descem entre os laterais das folhas inseridas e opostas abaixo daquelas de onde eles derivaram. O cordão, finalmente se une com um desses laterais".

AREVALO (op. cit.) constatou que os feixes fi-

brovasculares da cana-de-açúcar estão distribuídos em dois sistemas de feixes axótropos e um sistema de feixes plagiotropos. Os sistemas são os seguintes:

a) Sistema periférico - constituição de cordões de feixes axótropos periféricos que percorrem toda a extensão periférica do caule, ramificando-se nas regiões nodais, em traços foliares periféricos, traços gemares periféricos, traços radiculares e ramos de interconexão.

b) Sistema central - constituído de feixes axótropos que percorrem toda a extensão do caule em sua região central, ramificando-se nas regiões nodais em traços foliares centrais (terminais e laterais); traços gemares centrais e ramos de interconexão.

As ramificações plagiotrópas dos dois sistemas, interconectadas entre si, formam o plexo nodal, que é o sistema de feixes plagiótropos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil, em 1983-84. Compreende as seguintes pesquisas:

- 3.1. Pesquisa I - Determinar a origem dos feixes fibrovasculares no tolete, sua passagem para o rizoma, e sua disposição arquitetônica no rizoma e no colmo.

Foram plantados em caixas de 1 m³ de capacidade, cheias de solo composto (areia + solo argiloso + serapilheira, em partes iguais), 26 toletes +10- Kuijper de cada um dos cultivares NA 56-79 e CB 41-76. As plantas que se desenvolveram desses toletes, foram cultivadas durante 4 meses. Nos 3 primeiros meses, elas receberam ir-

rigação diária e, durante o 4º mês, foram mantidas em estresse hídrico, para o envelhecimento precoce.

O crescimento em estado de estresse hídrico foi obtido regando-se as plantas somente quando apresentavam início de murchamento, o que ocorria aproximadamente em intervalos de uma semana.

O método de envelhecimento precoce foi usado com dois objetivos: a) conseguir-se colmos relativamente curtos, com maior número de internódios, para facilitar a manipulação do material, em laboratório; b) obter-se, precocemente, o amadurecimento dos meristemas intercalares dos internódios superiores, de modo que eles não se desintegrassem pela celulolisação, fato este que dificulta o acompanhamento da trajetória dos feixes através dos internódios mais novos.

Esses colmos, com toletes, foram colhidos e levados ao laboratório, partidos longitudinalmente ao meio, e tratados por 10 minutos com água fervente, para evitar o brotamento e o crescimento irregular, durante o processo de celulolisação.

Depois de esfriados, os meios-colmos foram postos a celulolisar em caixas retangulares, de ferro, pintadas com tinta anti-ferrugem.

Sobre os meios colmos foi derramada uma suspensão de inoculante microbiocelulolítico preparado segundo AREVALO (1983).

Todo o material assim preparado foi mantido em laboratório à temperatura ambiente ($\pm 22^{\circ}\text{C}$). As colônias do inoculante se desenvolveram rapidamente. Em 10 dias todos os meios-colmos estavam recobertos por elas. Semanalmente, eram substituídos os resíduos da celulolisação por iguais volumes de uma solução nutritiva especial (AREVALO op. cit.).

Após cerca de 50 dias, a celulolisação estava completada. O material foi então lavado em água de torneira, embrulhado em jornal, etiquetado e conservado em congelador, para exames posteriores.

Os estudos foram realizados por observações e desenhos do material, em microscópio estereoscópico marca WILD M3, provido de câmara clara intercalada.

3.1.1. Numeração de colmos e rizomas - A numeração adotada até agora tem sido a de Kuijper (1915), que considera o 1º nó no ápice do colmo. Entretanto, essa notação não diferencia os gomos do colmo dos do rizoma. Para maior clareza didática neste trabalho, foi adotado o critério de se manter a notação de Kuijper para o colmo, mas numerar o rizoma em sentido contrário, isto é, a partir de sua base, no tolete. Nessas condições, o primeiro gomo formado na cana está localizado na base do rizoma (1º nó + 1º internódio). Portanto, o rizoma da Figura 3 contém 2 gomos. Por sua vez, o colmo, numerado de acordo com a notação de Kuijper, contém 6 gomos.

Figura 1. Esquema de uma sequência de gomos em um trecho de colmo. G - gema; F - folha (cicatriz foliar); IN - internódio; MI - meristema intercalar (original).

3.2. Pesquisa II - Determinar o curso descendente dos feixes centrais que emitem traços foliares terminais e laterais através do colmo, e suas possíveis conexões em seu trajeto.

Foram cultivados até a idade de 18 meses, em estresse hídrico, 26 plantas de cada um dos cultivares NA 56-79 e CB 41-76.

De cada cultivar foram tomados 25 colmos, partidos ao meio e tratados como na pesquisa I.

A numeração das folhas (cicatrizes foliares) dos nós, dos internódios, das gemas e dos meristemas intercalares, obedecem ao sistema de Kuijper (1915). Por este sistema, cada unidade morfológica do colmo é constituída do conjunto de 1 nó + o internódio imediatamente inferior. Esta unidade morfológica é o gomo. Todos os elementos morfológicos de um gomo recebem o mesmo número. O esquema da Figura 1 ilustra o sistema.

Os trechos dos colmos estudados abrangem, respectivamente, 17 internódios e 15 nós no cv. NA 56-79, e 18 internódios e 16 nós no cv. CB 41-76.

3.3. Pesquisa III - Determinar a posição do nó em que o plexo nodal, já é funcional em um cultivar precoce (NA 56-79) e em um tardio (CB 49-260).

Tomar, de cada cultivar, 5 grupos de toletes

uninodais, do nó +1 ao +9-Kuijper, parti-los longitudinalmente, ao nível da gema e colocá-los a celulólisar; após a celulólisação, tratá-los como na Pesquisa I, e conservar o material em congelador, para exames posteriores.

- 3.4. Pesquisa IV - Determinar, pela germinação, o nó mais jovem, cujo plexo nodal já seja funcional, em um cultivar precoce (NA 56-79) e em um tardio (CB 49-260).

Delineamento experimental de blocos inteiramente casualizado.

Foram tomados 8 colmos (8 repetições), cada um dos quais foi dividido em 10 toletes de uma gema, a partir do tolete zero até o tolete +9-Kuijper, e colocados para germinar em caixas contendo solo preparado (1/3 solo argiloso + 1/3 areia + 1/3 serapilheira).

Foram usados colmos de 5 meses de idade, para ambos os cultivares.

A avaliação dos resultados foi feita com base no número de plântulas emergidas na superfície do solo, 30 dias após o plantio.

4. RESULTADOS

Os resultados das pesquisas realizadas neste trabalho serão relatados a seguir.

- 4.1. Pesquisa I - Determinar as origens dos feixes fibrovasculares no tolete, sua passagem para o rizoma e sua disposição arquitetônica no rizoma e no colmo.

A Figura 2 mostra um esquema de uma touceira jo vem de cana-de-açúcar, originada de uma gema do tolete, vendo se o colmo primário e dois colmos secundários. Na base desses colmos estão os respectivos rizomas.

- 4.1.1. Origem dos sistemas fibrovasculares em NA 56-79

A Figura 3 mostra, no tolete (T), a origem dos

Figura 2. Esquema de uma touceira em formação. T - tolete; CP - colmo primário; CS - colmo secundário; N - nó; G - gema; IN - internódio; RR - raízes do rizoma; RT - raízes do tolete; RP - rizoma primário; RS - rizoma secundário; CAT - catafilos; AB - nível do solo.

dois sistemas fibrovasculares que percorrem o rizoma (RP) e o colmo (CP)-o sistema periférico e o central.

Um exame geral do conjunto fibrovascular mostra que o feixe central FC_1 , do tolete, emite um traço gemar (tgca) que penetra no rizoma, originando o feixe central sca,

Figura 3. Origem dos sistemas fibrovasculares no cv. NA 56-79

T - tolete; RP - rizoma; CP - colmo primário; AB - li-
nha divisória imaginária entre R e CP; SP - sistema
periférico do tolete; SP₁ - cordões do SP; sp - sis-
tema periférico do rizoma e do colmo; SC - sistema
central do tolete; sc - sistema central do rizoma
e do colmo; tr - traços radicais; rfr - rede fibro-
vascular da raiz; tfr - traços foliares perifê-
ricos; CF - cicatriz foliar do tolete; cf - cicatriz
foliar do colmo; tgca - traço gemar central do fei-
xe FC₁; tgcba - traço gemar do feixe FC₂; tgpa -
tgp - tgp - traços gemares periféricos; sca - fei-
xe central originado de tgca e tgcba; spa - feixe cen-
tral, originado do traço tgpa; spb - feixe central
originado do traço gemar periférico tgp; spc - fei-
xe central originado do traço gemar periférico; a -
conexão tgca - tgcba; b - conexão sca - spa; c - co-
nexão de um dos ramos da bifurcação ba com o feixe
spb; d - conexão entre um dos ramos da bifurcação
ba e o feixe spb, com um feixe desconhecido (amputa-
do); e - conexão do feixe resultante da fusão bb
com um ramo do feixe originante do traço foliar la-
teral tl; ba - bifurcação acrópeta; bb - fusão dos
dois ramos da bifurcação ba; ps - parte seccionada,
para diminuir a extensão do desenho (AREVALO, 1984).

o qual se estende ao longo do rizoma e do colmo. Ainda, no tolete, o traço gemar tgca recebe, em conexão (a) um traço gemar (tgcb) do feixe central FC_2 , já no primeiro nó do rizoma. O feixe sca recebe, em conexão (b), o feixe spa, originado de um traço gemar periférico (tgpa). Em seguida, ele se bifurca acrópetamente (ba). Um dos ramos dessa bifurcação recebe, em conexão (c), um feixe (spb), originado do traço gemar periférico tgpb, do cordão SP_1 . No segundo nó do rizoma, ele recebe em conexão (d), outro feixe, de procedência desconhecida (amputado). Então, os dois ramos da bifurcação do feixe scapas sam para o colmo (linha AB). No nó +5, do colmo, esses dois ramos da bifurcação ba se fundem novamente, formando uma bifurcação basipeta (bb). O feixe resultante dessa fusão continua seu curso colmo acima. No nó +4, ele recebe, em conexão (e), um ramo do feixe central que emite o traço foliar lateral (tl).

O feixe central FC_2 , do tolete, emite traços gemares que seguem trajetórias similares mas foram cortados para clareza da figura. Esse feixe FC_2 ramifica-se axotrópicamente no tolete, produzindo dois ramos que se anastomosam: um, adaxial, não ramificado, e outro, abaxial, ramificado, que se anastomosa (an) em vários pontos com o cordão SP_1 do sistema periférico do tolete.

O cordão SP_1 , na mesma região das conexões com o feixe FC_2 , emite numerosos traços gemares, que originam feixes centrais e cordões periféricos, no rizoma.

O sistema periférico do tolete (SP_1) emite traços gemares periféricos originantes de feixes que vão compor tanto o sistema periférico (sp) como o central (sc) do rizoma e do colmo.

Nota-se, na Figura 3, que o traço gemar tgpc, do cordão SP_1 , do tolete, originou o feixe central spc. Este feixe bifurcou-se acrópetamente (ba) e originou, em um de seus ramos, o traço foliar terminal tf e no outro, o traço foliar lateral tl. Portanto, esses dois traços foliares têm origem ontogênica no sistema periférico do tolete.

Os feixes do sistema central do tolete (FC_1 , FC_2) produzem traços gemares centrais, que vão originar somente feixes do sistema central (sc) do rizoma e do colmo. Por exemplo, o traço gemar central tgca, do tolete, conecta-se com outro traço gemar também central, tgcb, no ponto a, originando o feixe central sca no rizoma. Entretanto, no ponto b, ele recebe, em conexão, o feixe spa, procedente do traço gemar periférico tgpa. Este feixe central é, por conseguinte, formado de componentes vasculares originados tanto do sistema central como do periférico do tolete.

A Figura 4 mostra um aspecto geral da organização arquitetônica dos sistemas fibrovasculares do rizoma primário do cultivar NA 56-79. Em sua base, permanece a parte do tolete (T) que contém os elementos formadores dos sistemas fibrovasculares do rizoma primário (RP).

Figura 4. Aspecto geral da organização arquitetônica dos sistemas fibrovasculares dos rizomas primário e secundário do cv. NA 56-79.

T - tolete; RP - rizoma primário; RS - rizoma secundário; N - nó; IN - internódio; cat - catafilo; tr - traço radical; SP - sistema periférico do tolete; SC - sistema central do tolete; sp - sistema periférico do RP; sc - sistema central do RP; sps - sistema periférico do RS; scs - sistema central do RS; tgpa, tgpb, tgpc, tgpd - traços gemares periféricos; tgca - traço gemar central; fcc - feixe central do tgpc; fca - feixes centrais originados do sp; fcd - feixe central originado do traço gemar tgpd; fcd₁, fcd₂, fcd₃ - feixes centrais originados de ramificações acropetas sucessivas do feixe fcd; fcca - feixe central derivado do traço tgca. A - catafilo: hl - homolímbo; hc - homocolo; hb - homobainha (AREVALO, 1984).

No segundo nó do RP, nasce uma ramificação que é a base de um rizoma secundário (RS). Os três nós do RP apresentam catafilos (cat) e traços radicais (tr).

Tanto os cordões plurifasciculados do sistema periférico (sp), como os feixes do sistema central (sc) do RP, originam-se de traços gemares do sistema periférico (SP) e de traços gemares de feixes do sistema central (SC), do tolete. Esta organização não se repete no RS, no qual os dois sistemas fibrovasculares se originam, respectivamente, de traços gemares dos sistemas periférico e central do RP.

Como já foi observado, no estudo da Figura 3, também aqui, o sistema periférico do tolete (SP) produz traços gemares periféricos (tgpa, tgpb), que originam os cordões periféricos do RP. O mesmo sistema periférico do tolete produz traços gemares (tgpc, tgpd) que dão origem a feixes do sistema central (sc) do RP. Além disso, os feixes (fca) do sistema central do RP podem ter origem também, de ramificações de cordões do sp, em qualquer altura do rizoma ou do colmo (Figura 3). O traço gemar periférico tgpc do tolete origina o feixe central fcc do RP. O traço gemar periférico tgpd do tolete origina o feixe central fcd. Este feixe por sucessivas bifurcações produz os feixes centrais fcd_1 , fcd_2 e fcd_3 do (sc).

Os feixes (SC) do sistema central do tolete, emitem traços centrais (tgca), que originam feixes do sistema central (fcc) do RP.

4.1.2. Origem dos sistemas fibrovasculares em CB 41-76

A Figura 5 mostra, no tolete, a origem dos dois sistemas fibrovasculares que percorrem o rizoma e o colmo - o sistema periférico (sp) e o sistema central (sc).

De acordo com a notação adotada (3.1.1) o primeiro gomo formado está localizado na base do rizoma (IN+N). Neste caso, como se vê, o rizoma só tem 1 gomo, e o colmo tem 5 gomos (+5 a +9).

Um exame geral do conjunto fibrovascular mostra que o traço gemar periférico (tgpa) do cordão SP_1 , produz o feixe spa que penetra no rizoma bifurcando-se na sua base (ba), e originando dois feixes centrais f_1 e f_4 , que percorrem toda a extensão do rizoma e do colmo. Um desses feixes termina no nó +5 produzindo o traço foliar terminal (tf_1). O outro feixe (f_4) ainda no nó do rizoma, recebe, em conexão (a) um curto feixe (sca), originado do traço gemar central (tgca) do feixe central FC_1 do tolete. Após a conexão no ponto a o feixe f_4 , percorre toda a extensão do rizoma e do colmo acima do nó +4.

O outro traço gemar periférico (tgpb) também do cordão SP_1 , origina um feixe spb que passa a compor o sistema periférico (sp) do rizoma e do colmo. Este bifurca-se (b), produzindo um cordão periférico e um feixe central (f_2). O cordão periférico continua, ao longo do colmo, produzindo traços radicais (tr) e traços foliares periféricos (tfp).

Figura 5. Origem do sistema fibrovascular no cv. CB 41-76.

T - tolete; R - rizoma; CP - colmo primário; AB - linha divisória imaginária entre R e CP; SP - sistema periférico do tolete; SP₁ - cordões do SP; sp - sistema periférico do rizoma e do colmo; SC - sistema central do tolete; sc - sistema central do rizoma e do colmo; tr - traços radicais; tfp - traços foliares periféricos do tolete; tfp - traços foliares periféricos do colmo; CF - cicatriz foliar do tolete; cf - cicatriz foliar do colmo; tgca - traço gemar central do feixe FC₁; tgpa, tgp_b - traços gemares periféricos; sca - feixe central, originado do tolete; spa - feixe central originado de tgp_b; a - conexão do feixe periférico originado de tgp_b; ba - bifurcação do feixe sca com o feixe f₄; b - bifurcação do feixe - x e spa; b - bifurcação do feixe f₂; f₂ - feixe central originado da bifurcação do sp em b; tf₂ - traço foliar terminal do feixe f₂; f₃ - feixe central originado do sp no rizoma; ps - parte selecionada para diminuir a extensão do desenho (AREVA-IO, 1984).

O feixe central (f_2) continua seu curso, através do colmo, terminando em um traço foliar terminal (tf_2) no nó +6.

O sistema periférico do tolete (SP) emite traços foliares periféricos (tfp) e penetra no rizoma, formando o seu sistema periférico (sp), o qual continua no colmo. No rizoma, ele emite traços radicais (tr) e, no colmo, traços foliares periféricos (tfp). No rizoma, ele emite um feixe central (f_3), o qual continua seu curso, através do colmo, para além do nó +5. Ainda no rizoma, ele emite traços radicais (tr).

A Figura 6 mostra um aspecto geral da organização arquitetônica dos sistemas fibrovasculares do rizoma primário (RP) e secundário (RS) do cv. CB 41-76. Na sua base, permanece a parte do tolete contendo os elementos formadores dos sistemas fibrovasculares desse RP. No 2º nó se nota uma ramificação, que é a base do rizoma secundário (RS) que daí se desenvolve. Nos dois nós do RP, notam-se os catafilos (cat) e, no 2º nó, os traços radicais (tr).

Tanto os cordões plurifasciculados do sistema periférico (sp) como os feixes do sistema central (sc), do RP, originam-se de traços gemares do sistema periférico (SP) do tolete e de traços gemares centrais dos feixes (SC) do sistema central do tolete.

A formação dos sistemas fibrovasculares do RS é idêntica à do cv. NA 56-79, em que esses dois sistemas fibrovasculares originam-se, respectivamente, de traços gemares dos sistemas periférico e central do RP.

Figura 6. Aspecto geral da organização arquitetônica dos sistemas fibrovasculares dos rizomas primário e secundário do cv. CB 41-76.

T - tolete; RP - rizoma primário; RS - rizoma secundário; SP - sistema periférico do tolete; SC - sistema central do tolete; N - nó; IN - internódio; tr - traços radicais; cat - catafilos; sp - sistema periférico do RP; sps - sistema periférico do RS; sc - sistema central do RP; scs - sistema central do RS; tgpa, tgp - traços gemares periféricos do tolete; fpa - feixe central originado do traço gemar tgpa; fcc - feixe central originado do traço gemar tgp; tgca, tgcb - traços gemares centrais do tolete; fca - feixe central originado do traço gemar tgca; fcb - feixe central originado do traço gemar central tgcb; f₁, f₂, f₃ - feixes centrais origina dos do sp do RP; a - fusão dos feixes fpa e fca; c₁ - cordão formado por fca e fpa; b - fusão do cordão c₁ com o feixe fcb, formando o cordão c₂; cp - cordão periférico originado da bifurcação do cordão c₂; fc - feixe central originado do cordão c₂; c - fusão dos feixes fcc e f₁. A - catafilo; hl - homolímbo; hc - homocolo; hb - homobainha (AREVALO, 1984).

O sistema periférico (sp) do RP é originado de cordões provenientes de ramificações do SP do tolete. O mesmo sistema periférico do tolete produz traços gemares (tgpa, tgpb) que dão origem a feixes (fpa, fcc) do sistema central (sc) do RP. Também, vários feixes centrais (f_1 , f_2 , f_3) do RP, originam-se de ramificações de cordões do sp, em diversas alturas do rizoma, ou do colmo.

Um exame da organização fibrovascular na inserção do RP mostra outros aspectos interessantes, relacionados com o seu sistema central. O traço gemar tgpa, do SP, produz o feixe central fpa e o traço gemar central tgca, do SC, produz o feixe central fca, que se funde com o fpa, em a, formando o cordão c₁; o traço gemar central tgcb produz o feixe central fc_b, que se funde em b, com o cordão c₁, originando o cordão c₂, que se bifurca em um cordão periférico (cp) e um feixe central (fc). Ambos produzem traços gemares centrais (scs) do RS. O traço gemar periférico tgp_b, do tolete, produz o feixe central fcc, que logo se funde com o feixe f₁ no ponto c, bifurcando-se em seguida, no ponto d. Um dos ramos desta bifurcação produz traços gemares centrais do scs, do RS.

4.1.3. Catafilos

Os catafilos se localizam nos nós dos rizomas nas mesmas posições que as folhas. (Figura 7). Como folhas

atrofiadas que são, apresentam, também, as partes homólogas das folhas, que podem ser designadas por homobainha (hb), homocolo (hc) e homolimbo (hl) em homologia respectiva com a bainha, o colo e o limbo da folha.

Figura 7. Esquema de um rizoma mostrando a evolução dos catafilos. C₁ - 1º catafilo (perfil da gema); C₂, C₃, C₄, C₅, C₆ - catafilos progressivamente evoluídos, nos nós acrópetamente sucessivos; hb - homobainha; hl - homolimbo; hc - homocolo; n - nó; in - internódio; g - gema (AREVALO, 1984).

A atrofia máxima ocorre nos catafilos da base do rizoma. Neste só existe a homobainha (hb). À medida que os catafilos se localizam nos nós mais superiores do rizoma, vai se desenvolvendo o homolimbo (hl) e evidenciando-se o homocolo (hc).

Como a folha, o catafilo é paralelinervio, mas seu sistema fibrovascular é extremamente lignificado. Os tecidos parenquimatosos que formam o corpo laminar do catafilo tornam-se lignificados, mantendo o aspecto membranáceo que o caracteriza. A homobainha, que é mais espessa do que o homolimbo, tem uma consistência coriácea frágil. A fragilidade, provavelmente, se deve ao paralelismo do seu sistema fibrovascular. O homolimbo, mais pergamináceo, é muito frágil, pela mesma razão.

Entre a homobainha e o homolimbo, existe o homocolo. O colo da folha, também conhecido como colarinho, em botânica da cana-de-açúcar, é uma região altamente colenquimatosa, cuja espessura é bem maior do que a da bainha e do limbo. No catafilo, o homocolo também é muito mais espesso do que a homobainha e o homolimbo, sendo altamente esclerificado, formando um travessão entre a homobainha e o homolimbo.

No material celulolizado, o homolimbo não reveste as extremidades apicais dos feixes fibrovasculares nervurais. Os bordos superiores do catafilo, nessas condições, apresentam um aspecto ciliado (Figura 4A; Figura 6A).

Os catafilos dos cvs. NA 56-79 e CB 41-76,

apresentam notáveis diferenças morfológicas nos seus sistemas fibrovasculares.

No cv. NA 56-79 (Figura 4A), a densidade dos feixes fibrovasculares nervurais da homobainha são aproximadamente de 6 feixes por 5 mm de largura. No cv. CB 41-76, eles são mais unidos entre si, com uma densidade aproximada de 7 feixes por 5 mm. Esta observação é apenas qualitativa, mas merece uma determinação acurada estatisticamente, pois é, sem dúvida, um caráter taxonômico importante, de diferenciação destes dois cultivares.

O homolimbo do cultivar NA 56-79 abrange cerca de metade do comprimento dos feixes. Seus feixes nervurais são vigorosos, afilando-se para a ponta e assemelhando-se a bordo ciliado, com cílios longos. No cv. CB 41-76 (Figura 6A), o homolimbo abrange praticamente o comprimento total dos feixes. Seus feixes nervurais, embora em continuação aos da homobainha são muito delgados, terminando, cada um deles em uma breve bifurcação cujos ramos curtos formam o bordo ciliado, com cílios muito curtos.

O homocolo do cultivar NA 56-79 é muito estreito, de forma aproximadamente cilíndrica, com uma barra de diâmetro aproximadamente igual ao dos feixes, e muito lignificada. No cv. CB 41-76 (Figura 6A), o homocolo é extraordinariamente desenvolvido e lignificado, com a forma de um travessão bicôncavo, de secção elíptica. Seu diâmetro maior equivale a aproximadamente, 5 diâmetros dos feixes fibrovasculares nervu

rais da homobainha. Esta medida é apenas qualitativa, para se dar uma idéia da ordem de grandeza do diâmetro do travessão, não tendo sido feita qualquer amostragem.

Os catafilos originam-se de traços catafilares, emitidos pelos cordões periféricos do rizoma.

- 4.2. Pesquisa II - Determinar o curso descendente dos feixes centrais, que emitem traços foliares terminais, e laterais através do colmo, e suas possíveis conexões em seu trajeto.

Os resultados finais desta pesquisa estão mostrados nas Figuras 8 e 9, que apresentam um trecho de colmo de cada um dos cvs. NA 56-79 e CB 41-76, com 18 meses de idade, totalmente celulolisados. Nas figuras, estão destacados apenas alguns feixes típicos e traços foliares representativos, além dos demais elementos morfológicos, tais como gemas, cicatrizes foliares, e raízes.

4.2.1. Sistema periférico

O sistema periférico (sp), é formado de cordões fibrovasculares plurifasciculados, localizados na região periférica do colmo.

Em certos nós (+19, +12, +10, +9, +8, na Figu-

ra 8; +18, +16; +13, na Figura 9), dos cordões periféricos derivam feixes que vão fazer parte do sistema central.

Nos trechos de colmos descritos, alguns desses feixes centrais terminaram em nós, ramificando-se nas suas extremidades. Dessas ramificações terminais, algumas se conectam com feixes centrais, e a mais desenvolvida delas forma um traço foliar terminal (na Figura 8: nó +8, tf_2 e tf_3 ; nó +5, tf_1 ; na Figura 9: nó +6, tf_2 ; nó +5, tf_1).

Do sp derivam também os traços foliares periféricos, visíveis na cicatriz foliar (cf), que vão formar as pequenas nervuras da bainha, e os traços gemares periféricos, que originarão o sistema periférico das ramificações do colmo, pelo desenvolvimento das gemas (AREVALO, 1983).

4.2.2. Sistema central

Os feixes do sistema central (sc, Figuras 8 e 9) percorrem vários internódios, ao longo do colmo. Em seu trajeto, eles se ramificam em certos nós e não se ramificam em outros. As ramificações são as seguintes:

- a) Anastomoses entre feixes centrais (cc);
- b) anastomoses entre feixes centrais e o sp (cp);
- c) bifurcações acrópetas (ba);
- d) bifurcações basipetas (bb);
- e) traços gemares centrais (tg);
- f) traços foliares terminais (tf_1 , tf_2 , tf_3);
- g) traços foliares laterais (tl).

4.2.3. Curso descendente dos feixes centrais que emitem traços foliares terminais e suas conexões

Na realidade, o curso descendente de um feixe que emite um traço foliar terminal, é o inverso do curso do seu desenvolvimento ontogênico. A descrição de um feixe, pelo seu curso descendente é, pois, apenas didática. Em consideração sobre o desenvolvimento de feixes, a partir dos traços gemares do tolete, é, muitas vezes, necessário acompanhar o feixe no sentido ascendente.

Na Figura 8, encontram-se três traços foliares terminais: tf_1 , no nó +5; tf_2 e tf_3 , no nó +8. Na Figura 9, há dois traços foliares terminais: tf_1 , no nó +5; e tf_2 , no nó +6.

4.2.4. Traços foliares terminais do cv NA 56-79

Na Figura 8, esses traços são três (tf_1 , tf_2 e tf_3). O traço tf_1 está no nó +5. O feixe que lhe deu origem desce até o nó +9, onde se funde com o sp , abrangendo 5 nós no seu percurso. Ontogeneticamente, esses feixes derivam de um cordão multifasciculado do sp , no nó +9, logo abaixo da cicatriz foliar (cf). Esse feixe é um ramo de uma bifurcação acrópeta (ba), ocorrida no nó +7. O outro ramo dessa bifurcação continua seu percurso ascendente, anastomosando-se com outros feixes do sistema central. Antes da bifurcação, e ain

da no nó +7, ele se anastomosa com outro feixe central (cp).

Na extremidade onde nasce o traço foliar, o feixe se conecta, por anastomose, com o sp e com o outro ramo da bifurcação ocorrida no nó +7. No nó +6, os dois ramos da bifurcação também se anastomosam.

O traço foliar terminal tf_2 está no nó +8. O feixe que lhe deu origem desce até o nó +12, onde se funde com o sp, abrangendo, também, 5 nós, no seu percurso. Ontogênicamente, a origem deste feixe é idêntica à do acima descrito. Ele se anastomosa com o sp no nó +10, e com um feixe central, nos nós +8, +10 e +11.

O traço tf_3 também está no nó +8, porém no lado oposto ao do traço tf_2 . O feixe que lhe deu origem desce, percorrendo todos os nós inferiores, para além do nó +19. No seu trajeto descendente, dentro da parte estudada do colmo, ele emitiu as seguintes ramificações:

a) na sua extremidade ramificada, o traço foliar terminal tf_3 e suas anastomoses com o sp;

b) nos nós +11, +15 e +19, traços gemares centrais (tg);

c) anastomoses com o sp, nos nós +12 e +18;

d) anastomoses com outros feixes centrais, nos nós +12, +16 e +18 (cc);

e) no nó +18, esse feixe produz uma bifurcação basípeta (bb), cujos ramos se anastomosam entre si

no n^o +19, e um deles, nesse mesmo n^o, anastomosa-se com o sp (cp), do lado oposto do colmo, de onde se localiza o feixe.

Na Figura 3, da parte basal do colmo de uma planta nova, do cv. NA 56-79, nota-se, no n^o +5, um traço foliar terminal (tf₁). O feixe que lhe deu origem, em seu curso descendente, atravessa o n^o +6, sem se ramificar e entra no rizoma, onde se anastomosa, no 1^o n^o do mesmo, com outro feixe central, que nasce de uma bifurcação acrópeta (ba) de um feixe originado de um traço gemar periférico do tolete (tgpc).

4.2.5. Traços foliares terminais do cv. CB 41-76

Na Figura 9, esses traços são dois (tf₁ e tf₂). O traço tf₁ está no n^o +5. O feixe que lhe deu origem desce até o n^o +8, onde se funde com o sp, abrangendo 4 n^{os} no seu percurso. Ontogenicamente, a origem deste feixe é idêntica à dos já descritos. Na extremidade onde nasce o traço tf₁, esse feixe produz duas ramificações e anastomoses, uma das quais se conecta com outro feixe central (cc). No n^o +6, ele se ramifica, emitindo traços gemares (tg), e anastomosando-se com a extremidade de outro feixe, na base do traço foliar tf₂. No n^o +7, ele se ramifica emitindo também um traço foliar lateral (tl).

O traço foliar terminal tf₂ está no n^o +6. O feixe que lhe deu origem desce até o n^o +16, onde se funde com o sp, abrangendo 11 n^{os} no seu percurso. Ontogenicamente, esse feixe deriva de um cordão fibrovascular plu-

rifasciculado do sp. Na extremidade onde nasce o traço tf_2 , há duas ramificações, uma das quais se conecta com o feixe originante do traço tf_1 e a outra com outro feixe central. Nos nós +8, +10 e +12, ele emite traços gemares centrais (tg). No nó +9, ele se anastomosa com o sp (cp).

Na Figura 5, da parte basal do caule de uma planta nova do cv. CB 41-76, notam-se, nos nós +5 e +6, respectivamente, dois traços foliares terminais, tf_1 e tf_2 . O feixe que originou o traço tf_1 , em seu curso descendente, passa pelos nós +6, +7, +8 e +9, do colmo e, continuando o seu curso, através do rizoma, penetra no tolete, unindo-se a um cordão do SP (SP_1). Ontogenicamente, esse feixe deriva de um traço gemar periférico do tolete (tgp).

Na sua extremidade (nó +5), ele se anastomosa com dois feixes centrais (f_1 e f_2). No nó +6, ele se anastomosa com os mesmos feixes. No nó +9, anastomosa-se duas vezes com o feixe f_1 . Na parte superior do rizoma, anastomosa-se, novamente, com f_1 e f_2 . Na base do rizoma, ele se funde com o feixe f_1 . Neste ponto, verifica-se que, tanto o feixe originante do traço tf_1 como o feixe f_1 são ramos de uma bifurcação acrópeta (ba) do feixe central originado do traço gemar periférico (tgp) do tolete.

O feixe originante do traço tf_2 (nó +6), em seu curso descendente, passa pelos nós +7, +8 e +9, do colmo e entra no rizoma, onde se funde com o sp. No nó +6, além do traço tf_2 , ele emite duas ramificações, uma das quais se anastomo

se com o feixe f_1 . No nó +7, ele produz várias ramificações e, no nó +9, ramifica-se novamente e anastomosa-se (cp) com o sp. Ontogenicamente, este feixe deriva de um cordão do sp do rizoma.

4.2.6. Traços foliares laterais

Foi encontrado um traço foliar lateral (tl) em cada um dos cultivares estudados. Na Figura 8, esse traço encontra-se no nó +10, e na Figura 9 ele se acha no nó +7.

Na Figura 8, o traço tl é uma ramificação plagiótropa de um feixe central, localizada no nó +10. Esse feixe se origina no sp, no nó +19 e percorre todo o colmo, até além do internódio +4.

Na Figura 9, o traço tl é uma ramificação de um feixe central, originado no sp do nó +8. Nota-se que esse mesmo feixe produziu o traço foliar terminal tf_1 , no nó +5, já descrito (item 4.2.5.).

Na Figura 13, da parte basal do colmo de uma planta nova de NA 56-79, nota-se, no nó +2, um traço foliar lateral (tl). O feixe que lhe deu origem é um dos ramos da bifurcação acrópeta (ba) do mesmo feixe que deu origem ao traço foliar terminal tf_1 . Ontogenicamente, os dois traços (tf_1 e tl) derivam do mesmo feixe central, originado do traço gemar periférico (tgpc).

Figura 8. Vista geral de um trecho de colmo do cv. NA 56.79, celulosado, mostrando o aspecto arquitetônico dos sistemas fibrovasculares, abrangendo 15 nós (+5 a +19).

sp - sistema periférico; sc - sistema central; cf - cicatriz foliar; AG - área da gema; tfp - traço foliar periférico; tf_1 , tf_2 , tf_3 - traços foliares terminais; MI - meristema intercalar; tg - traços gemas centrais; tl - traço foliar lateral; cc - conexão entre feixes centrais; cp - conexão entre feixe central e cordão periférico; ba - bifurcação acrópeta; bb - bifurcação basípeta (AREVALO, 1984).

Figura 9. Vista geral de um trecho de colmo do cv. CB 41-76,
celulolizado, mostrando o aspecto arquitetônico dos
sistemas fibrovasculares, abrangendo 16 nós (+5 a
+20).

sp - sistema periférico; sc - sistema central; cf - cicatriz foliar; AG - área da gema; tgp - traço gemar periférico; tf₁, tf₂ - traços foliares terminais; tl - traço foliar lateral; tfp - traços foliares periféricos; MI - meristema intercalar; tg - traços gemares centrais; cc - conexão entre feixes centrais; cp - conexão entre feixe central e cordão periférico; ba - bifurcação acrópeta (AREVALO, 1984).

4.2.7. Meristemas intercalares

No cv. NA 56-79 (Figura 8), o meristema intercalar (MI) ainda está no início do seu amadurecimento, no internódio +4, pois apenas alguns feixes centrais estão amadurecidos. Já, no internódio +5, eles se mostram praticamente maduros.

No cv. CB 41-76 (Figura 9), o MI já está completamente maduro no internódio +4.

4.3. Pesquisa III - Determinar a posição do nó em que o pleo nodal já é funcional, em um cultivar precoce (NA 56-79) e em um tardio (CB 49-260).

Esta pesquisa mostrou, preliminarmente, que a arquitetura do sistema fibrovascular dos nós +9 até a do +5 não mostrava diferenças distintas. Estas diferenças começaram a surgir a partir do nó +5, até o nó +1, nos cvs. NA 56-79 e CB 49-260.

A descrição, acompanhando a evolução do desenvolvimento dos sistemas fibrovasculares, deve, pois, se iniciar no nó +1, continuando para o nó +5, no qual a arquitetura já está completa.

4.3.1. cv. CB 49-260 - Região do nó +1

A região do nó +1, deste cultivar (Figura 10), está limitada pelos planos CD (superior) e GH (inferior). Acima do plano superior, localiza-se o MI, o qual foi totalmente celulolizado. Sua área está limitada pelas linhas AB e CD.

A região do PN é limitada pelos planos EF e GH. Os feixes do SC são muito pouco ramificados e pouco conectados entre si. Nas regiões periféricas do SC, não há, praticamente, ramificações, a não ser o início dos primórdios de traços gemares.

Neste material, nota-se um traço foliar terminal (tf), originado no ponto de conexão das extremidades de dois feixes axótropos.

O SP é formado pelos cordões fibrovasculares multifasciculados, que se ramificam axotropicamente. Dirigindo-se para a área da gema (AG), notam-se três traços gemares periféricos (tgp), em início de formação.

Abaixo do plano inferior (GH) encontram-se o sistema fibrovascular do internódio inferior (II) e acima do plano superior (AB), o sistema fibrovascular do IS.

4.3.2. cv. NA 56-79 - Região do nó +1

A região do nó +1, deste cultivar (Figura 11),

Figura 10. Aspecto da região do nó +1, do cv. CB 49-260.

ABDC - meristema intercalar (MI); CDHG - região do nó; EFHG - região do plexo nodal; tf - traço foliar terminal; tgp - traço gemar periférico; tgc - traços gemares centrais incipientes; SP - sistema periférico; SC - sistema central; AG - área da gema; IS - internódio superior; II - internódio inferior; cf - cicatríz foliar (AREVALO, 1984).

Figura 11. Aspecto da região do nó +1, do cv. NA 56-79.

ABDC - meristema intercalar (MI); CDHG - região do nó;
 EFHG - região do plexo nodal incipiente; tgc - traços gemares centrais incipientes; SP - sistema periférico; SC - sistema central; c - conexão incipiente entre SC e SP; cf - cicatriz foliar; AG - área da gema; IS - internódio superior; II - internódio inferior (AREVALO, 1984).

está limitada pelos planos CD (superior) e GH (inferior). Acima do plano superior, localiza-se a área do MI, limitada pelos planos AB e CD, onde se notam os inícios de lignificação dos feixes axótropos. Essa lignificação está mais avançada no SP, onde se encontram feixes já formados, atravessando a área do MI.

A região do PN é limitada pelos planos EF (superior) e GH (inferior). Abaixo do plano inferior, encontra-se o sistema fibrovascular do II, e acima do plano AB, localiza-se o internódio superior (IS), cujo SC foi totalmente celulolizado, permanecendo somente os feixes internos do SP, já lignificados.

Os feixes axótropos do SC na região do PN, mostram-se extremamente delgados, indicando que somente os vasos estão lignificados, mas sua capa fibrosa ainda não. Os feixes plagiotrópos desta região são abundantes, delgados como os axótropos e uniformemente distribuídos em toda a área do SC. Notam-se conexões (c) entre o SC e o SP.

Na área central do PN, notam-se inícios de espessamentos esclerenquimatosos. Este fato indica desenvolvimento centrífugo do SC.

Comparando esta estrutura com a do cv. CB 49-260, observa-se que nesta última, o MI era totalmente celuló-sico. No cv. NA 56-79, porém, os vasos já estão parcialmente lignificados. Na região do PN do cv. CB 49-260, as raras ramificações encontradas já estão completamente lignificadas,

ao passo que no cv. NA 56-79, as ramificações são abundantes, mas suas capas fibrosas não estão lignificadas. Este fato indica que, no cv. CB 49-260, os feixes plagiotropos vão se lignificando à medida em que se formam, enquanto que, no cv. NA 56-79, primeiro se formam todas as ramificações, e depois ocorre a lignificação de todas elas, simultaneamente. Ainda, na região do PN, observam-se os primórdios dos traços gemares centrais e periféricos, dirigindo-se para a área da gema (AG).

4.3.3. cv. CB 49-260 - Região do nó +2

A região do nó +2 deste cultivar (Figura 12) está limitada pelos planos CD (superior) e GH (inferior). Acima do plano superior, localiza-se o MI, em cuja região nota-se o início da lignificação dos feixes axótipos do SP e dos periféricos do SC, indicando lignificação centrípeta.

A região do PN é limitada pelos planos EF e GH. Nesta região, os feixes do SC são muito pouco ramificados e pouco conectados entre si, como ocorre com o nó +1. Entretanto, já são bastante conspícuos os poucos traços gemares centrais (tgc) e periféricos (tgp) que se desenvolvem em direção da área da gema (AG).

Na região periférica do SC, notam-se raras ramificações, algumas delas de anastomoses com o SP.

Acima do plano superior do MI (plano AB), en-

contra-se o sistema fibrovascular do IS e abaixo do plano inferior do PN (plano GH), o sistema fibrovascular do II.

4.3.4. cv. NA 56-79 - Região do nó +2

A região do nó +2, deste cultivar (Figura 13), está limitada pelos planos AB (superior) e GH (inferior). Acima do plano superior da região nodal encontra-se a região do MI. Acima da região MI e abaixo da região nodal, encontram-se respectivamente os sistemas fibrovasculares dos internódios superior (IS) e inferior (II). A região do PN é limitada pelos planos EF e GH.

No MI já é evidente o amadurecimento centrífugo dos feixes fibrovasculares do SC. O SP ainda se mostra imaturo, pois foi totalmente celúlolisado juntamente com os feixes periféricos do SC.

A região do PN mostra um desenvolvimento mais amplo do que no cv. CB 49-260. Os feixes centrais já estão bem ramificados com suas ramificações atingindo a periferia do SC. Há conexões entre o SC e o SP e notam-se também bifurcações (b) nos feixes. Os traços foliares terminais (tf) são bem desenvolvidos. Os traços gemares centrais (tgc) e os periféricos (tgp) são bastante conspícuos.

4.3.5. cv. CB 49-260 - Região do nó +3

A região do nó +3, deste cultivar (Figura 14),

Figura 12. Aspecto da região do nó +2, do cv. CB 49-260.

ABDC - meristema intercalar (MI); CDHG - região do nó; EFHG - região do plexo nodal; tgc - traços gemares centrais; tgp - traços gemares periféricos; AG - área da gema; SP - sistema periférico; SC - sistema central; IS - internódio superior; II - internódio inferior (AREVALO, 1984).

Figura 13. Aspecto da região do nó +2, do cv. NA 56-79.

ABDC - meristema intercalares (MI); CDHG - região do nó; EFHG - região do plexo nodal; tfp - traço foliar periférico; tl - traço foliar lateral; tgc - traços gemares centrais; AG - área da gema, cf - cicatriz foliar; b - bifurcação basipeta de um feixe central; SP - sistema periférico; SC - sistema central; IS - internódio superior; II - internódio inferior (AREVALO, 1984).

está limitada pelos planos CD (superior) e GH (inferior). Acima do plano superior da região nodal encontra-se a região do MI. A região do PN é limitada pelos planos EF (superior) e GH (inferior). Acima do MI e abaixo da região do PN, encontram-se respectivamente, o IS e o II.

No MI, os cordões do SP, e alguns feixes periféricos do SC já estão lignificados. Na área do centro do SC, esses feixes ainda não estão lignificados, pois foram totalmente celulosos. Este fato indica que a maturação dos feixes axótropos é centrípeta, iniciando-se pela periferia do SP (Figuras 12 e 14).

Os feixes axótropos do SC, na região do PN, já estão bem desenvolvidos, assim como os cordões do SP. As ramificações plagiotropas encontram-se no centro do SC, como ocorre no nó +2 (Figura 12), porém, bem mais desenvolvidas e ramificadas, conectando os feixes axotropos. Na área periférica do SC, raramente se encontram conexões plagiotrópicas, a não ser algumas anastomoses com o SP. Alguns feixes centrais bifurcam-se acrópeta e basípetamente. Nota-se também, a presença de um traço foliar terminal tf. Os traços gemares periféricos (tgp) e os centrais (tgc) são mais desenvolvidos que nos nós +1 (Figura 10) e +2 (Figura 12), penetrando conspicuamente na área da gema (AG).

4.3.6. cv. NA 56-79 - Região do nó +3

A região do nó +3, deste cultivar (Figura 15),

Figura 14. Aspecto da região do nó +3, do cv. CB 49-260.

ABDC - meristema intercalar (MI); CDHG - região do nó; EFHG - região do plexo nodal; tgp - traços gemares periféricos; tgc - traços gemares centrais; AG - área da gema; cf - cicatriz foliar; tf - traço foliar terminal; SP - sistema periférico; SC - sistema central; IS - internódio superior; II - internódio inferior (AREVALO, 1984).

Figura 15. Aspecto da região do nó +3, do cv. NA 56-79.

ABDC - meristema intercalar (MI); CDHG - região do nó; EFHG - região do plexo nodal; tgp - traço gemar periférico; tgc - traços gemares centrais; tf - traço foliar terminal; cf - cicatriz foliar; AG - área da gema; SP - sistema periférico; SC - sistema central; IS - internódio superior; II - internódio inferior (AREVALO, 1984).

está limitada pelos planos CD (superior) e GH (inferior). Acima do plano superior da região nodal, encontra-se a região do MI, limitada pelos planos AB (superior) e CD (inferior). A região do PN é limitada pelos planos EF (superior) e GH (infe-rior). Acima do plano superior (AB) e abaixo do inferior (GH), encontram-se, respectivamente, o IS e o II.

No MI do lado da gema, nota-se que os cordões do SP já se encontram quase totalmente lignificados. Os feixes do SC com lignificação mais desenvolvida situam-se na área central, sendo que, na periferia, ainda há feixes interrompidos por celulolisação. Nota-se, como no nó +2 (Figura 13), uma tendência de amadurecimento centrífugo do SC. Na região do PN as ramificações plagiótropas são abundantes e mais numerosas do que no nó +3 (Figura 14) do cv. CB 49-260. O SC e o SP neste nó já estão bastante anastomosados.

Observa-se que o sistema de traços gemares aparentemente já está completo, distinguindo-se perfeitamente os traços gemares centrais (tgc) e os periféricos (tgp), penetran-do na área da gema (AG). Do lado oposto ao da gema, observa-se um vigoroso traço foliar terminal (tf). Na base deste traço foliar, há ramificações de anastomose com feixes axótropos vizinhos.

4.3.7. cv. CB 49-260 - Região do nó +4

A região do nó +4, deste cultivar (Figura 16), está limitada pelos planos DC (superior) e GH (inferior). Aci

ma do plano superior da região nodal, encontra-se a região do MI. O PN é limitado pelos planos EF (superior) e GH (inferior). Acima do MI e abaixo do PN, encontram-se, respectivamente, o IS e o II.

No MI, os cordões do SP e os periféricos do SC estão totalmente lignificados, evidenciando o amadurecimento centrípeto do sistema fibrovascular, neste cultivar.

O PN está, neste nó, aparentemente, com desenvolvimento completo, similar ao do nó +3. Os traços gemares centrais (tgc) e periféricos (tgp) são mais abundantes. Os traços foliares terminais (tf) e periféricos (tfp) são conspícuos. Na base do traço foliar terminal, como ocorre nos anteriores, há ramificações terminais de anastomose com feixes vizinhos. Anastomoses entre o SC e o SP são raras.

4.3.8. cv. NA 56-79 - Região do nó +4

A região do nó +4, deste cultivar (Figura 17), está limitada pelos planos CD (superior) e GH (inferior). Acima do plano superior da região nodal, encontra-se a região do MI. A região do PN é limitada pelos planos EF (superior) e GH (inferior). Acima do MI e abaixo da região do PN, encontram-se, respectivamente, o IS e o II.

No MI, os cordões externos do SP, do lado da gema, encontram-se quase totalmente lignificados, mas os subperiféricos ainda estão celulósicos. No lado oposto à gema

o SP ainda não está lignificado. NO SC é evidente o amadurecimento centrífugo dos feixes axótipos.

O PN, neste nó já tem seu desenvolvimento completo, com ramificações plagiotrópicas muito mais abundantes que no nó +4 do cv. CB 49-260 (Figura 16).

Os traços gemares periféricos e centrais e os traços foliares terminais e periféricos já se apresentam com as características da configuração de um nó maduro (AREVALO, 1983).

4.3.9. cv. CB 49-260 - Região do nó +5

A região do nó +5, neste cultivar (Figura 18), está limitada pelos planos CD (superior) e GH (inferior). Acima do plano superior da região nodal, encontra-se a região do MI, limitada pelos planos AB (superior) e CD (inferior). A região do PN é limitada pelos planos EF (superior) e GH (inferior). Acima do MI e abaixo da região do PN, encontram-se, respectivamente, o IS e o II.

No MI, o SP se encontra totalmente lignificado. No SC, verifica-se, ainda, a tendência do amadurecimento centrípeto.

O PN já se apresenta com seu desenvolvimento completo, mostrando abundantes traços gemares mais delgados do que os do nó correspondente de NA 56-79.

Na cicatriz foliar (cf) observa-se um traço foliar lateral (tl).

Figura 16. Aspecto da região do nó +4, do cv. CB 49-260.

ABDC - meristema intercalar (MI); CDHG - região do nó; EFHG - região do plexo nodal; tgp - traços gemares periféricos; tgc - traços gemares centrais; tfp - traços foliares periféricos; tf - traços foliares terminais; AG - área da gema; SP - sistema periférico; SC - sistema central; IS - internócio superior; II - internócio inferior (AREVALO, 1984).

Figura 17. Aspecto da região do nó +4, do cv. NA 56-79.

ABDC - meristema intercalar (MI); CDHG - região do nó; EFHG - região do plexo nodal; tfp - traço foliar periférico; cf' - cicatriz foliar; tl - traço foliar central lateral; tgp - traço gemar periférico; tgc - traços gemares centrais; AG - área da gema; SP - sistema periférico; SC - sistema central; IS - internódio superior; II - internódio inferior (AREVALO, 1984).

4.3.10. cv. NA 56-79 - Região do nó +5

A região do nó +5, deste cultivar (Figura 19), está limitada pelos planos CD (superior) e GH (inferior). Acima do plano superior da região nodal, encontra-se a região do MI. Esta região é limitada pelos planos AB e CD. A região do PN é limitada pelos planos EF (superior) e GH (inferior). Acima do MI e abaixo da região do PN encontram-se, respectivamente, o IS e o II.

No MI, se observa, como nos nós mais novos deste cultivar, a lignificação centrífuga dos sistemas fibrovasculares.

O PN apresenta o mesmo grau de desenvolvimento do nó +4 deste cultivar. Em comparação com o cv. CB 49-260 (Figura 18), o PN de NA 56-79 é bem mais complexo, mais desenvolvido e mais lignificado.

4.4. Pesquisa IV - Determinar, pela germinação, o nó mais jovem, cujo plexo nodal já seja funcional em um cultivar precoce (NA 56-79) e em um tardio (CB 49-260).

Em um experimento em blocos inteiramente casualizados, com 10 tratamentos (gemas) e 8 repetições (vide item 3.7.) foram obtidos os resultados indicados nas Tabelas 1 e 2.

Figura 18. Aspecto da região do nó +5, do cv. CB 49-260.

ABDC - meristema intercalar (MI); CDHG - região do nó; EFHG - região do plexo nodal; tfp - traço foliar periférico; tgp - traços gemares periféricos; tgc - traços gemares centrais; cf - cicatriz foliar; tf - traço foliar terminal; AG - área da gema; SP - sistema periférico; SC - sistema central; IS - internódio superior; II - internódio inferior (AREVALO, 1984).

Figura 19. Aspecto da região do nó +5, do cv. NA 56-79.

ABDC - meristema intercalar (MI); CDHG - região do nó; EFHG - região do plexo nodal; t1 - convergência de três traços foliares centrais laterais; tfp - traço foliar periférico; tgp - traço gemar periférico; tgc - traços gemares centrais; AG - área da gema; cf - cicatriz foliar; SP - sistema periférico; SC - sistema central; IS - internódio superior; II - internódio inferior (AREVALO, 1984).

Tabela 1. Plântulas emergidas 30 dias após o plantio. Cv. NA 56-79.

Trat.	Repetições							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
+9	+	+	+	+	+	+	+	+
+8	+	+	+	+	+	+	+	+
+7	+	+	+	+	+	+	+	+
+6	+	+	+	+	+	+	+	+
+5	+	+	+	+	+	-	+	+
+4	+	+	+	+	+	+	+	+
+3	+	+	+	+	+	+	+	+
+2	+	-	-	-	-	+	-	-
+1	-	-	-	-	-	-	-	-
0	-	-	-	-	-	-	-	-

(+) plântulas emergidas

(-) plântulas não emergidas

Os dados das tabelas 1 e 2 mostram que no cultivar tardio, o PN é funcional a partir do nó +2, ao passo que, no cultivar precoce, somente a partir do nó +3 se comprova a funcionalidade do PN.

À vista da clareza dos dados, não foi necessária análise estatística.

Tabela 2. Plântulas emergidas 30 dias após o plantio, cv.
CB 49-260.

Trat.	Repetições							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
+9	+	+	+	+	+	+	+	+
+8	+	+	-	+	+	+	-	+
+7	+	+	+	+	+	+	+	+
+6	+	+	+	+	+	+	+	+
+5	+	+	+	+	+	+	+	+
+4	+	+	+	+	+	+	-	+
+3	+	+	+	+	+	+	+	+
+2	+	+	+	+	+	+	+	+
+1	-	-	-	+	-	-	-	-
0	-	-	-	-	-	-	-	-

(+) plântulas emergidas

(-) plântulas não emergidas.

5. DISCUSSÃO

As pesquisas relatadas neste trabalho tiveram por objetivos determinar a arquitetura dos sistemas fibrovasculares da cana-de-açúcar, desde sua origem no tolete, seu relacionamento com as raízes adventícias, as gemas, os ramos e as folhas, bem como o trajeto dos feixes e suas ramificações ao longo do rizoma e do colmo e determinar a posição do nó em que o plexo nodal (PN) já é funcional, em um cultivar precoce (NA 56-79) e em um tardio (CB 49-260).

5.1. Discussão da literatura

ARTSCHWAGER (1925) já havia identificado os sistemas fibrovasculares da cana-de-açúcar — o sistema periférico (SP) e o sistema central (SC). Entretanto, na região nodal, ele não conseguiu esclarecer a correta configuração dos dois sistemas nem o seu relacionamento mútuo.

Outros autores (TANIMOTO, 1964, em *Saccharum* sp.; SHARMAN, 1942; e KUMAZAWA, 1961, ambos em *Zea mays*), estudaram a arquitetura nodal, sem conseguir esclarecê-la, por deficiência do método clássico de estudos anatômicos. AREVALO (op. cit.) usando o método do microbiocelulolítico, conseguiu esclarecer definitivamente a arquitetura da rede fibrovascular nodal da cana-de-açúcar. Nessas condições, os estudos das regiões nodais relatadas neste trabalho tiveram um objetivo essencialmente ontogênico no contexto das pesquisas realizadas.

Os diversos autores citados, tentaram esclarecer o trajeto dos feixes fibrovasculares ao longo do colmo e seu relacionamento com folhas, gemas e raízes.

Esses autores consideravam os feixes centrais como "traços foliares" que saíam da bainha para a região nodal e desciam, atravessando vários nós, no sentido basipeto. AREVALO (op. cit.) mostrou que esses feixes não são traços foliares, mas feixes fibrovasculares do SC.

Os esforços dos autores citados, em determinar com segurança o trajeto dos feixes axótipos ao longo do colmo foram praticamente infrutíferos, como confessa ARTSCHWAGER (op. cit.), embora ele tenha conseguido acompanhar um feixe central através de 8 internódios, não tendo, entretanto, conseguido encontrar sua conexão final (ver item 2).

SHARMAN (op. cit.) estudou *Ze a mays*. Ele tentou acompanhar o curso de feixes centrais através do colmo con

seguindo encontrar conexões de feixes centrais com o SP, que ele refere como "cordões laterais" (ver item 2).

KUMAZAWA (op. cit.) estudou, também em *Zea mays*, os feixes axôtipos, por ele denominados "cordões de traços foliares", que ele classificou em 3 tipos:

1º tipo - representado pelos "cordões de traços foliares", que seguem mais ou menos o curso interno e, à altura de alguns nós mais abaixo, se encaminham para a periferia e juntam-se com o "sistema interno".

Estes "cordões de traços foliares" são justamente os feixes do sistema central, estudados na Pesquisa II, itens 4.2.4. e 4.2.5., que terminam em traços foliares. O "sistema interno" citado por KUMAZAWA é o SP referido no item 4.2.1. deste trabalho. Por conseguinte, as pesquisas relatadas nos itens 4.2.4. e 4.2.5. em cana-de-açúcar confirmam as conclusões de KUMAZAWA, para *Zea mays*.

2º tipo - representado pelos "cordões de traços foliares" que chegam diretamente à posição dos feixes mais periféricos e se unem, mais cedo ou mais tarde com eles.

Estes "cordões" correspondem exatamente aos traços foliares periféricos, visíveis nas cicatrizes foliares (Pesquisa II, item 4.2.1.).

3º tipo - representado pelos "cordões" muito pequenos e que logo morrem dentro do cortex, ao nível do nó ou próximo a ele.

Este 3º tipo de traço foliar, na realidade

não existe. KUMAZAWA não conseguiu interpretar os pequenos traços foliares periféricos, que são ramificações dos cordões do SP à altura da cicatriz foliar, por não ter encontrado as conexões desses feixes com o SP. Este "3º tipo" de KUMAZAWA, é, na realidade, um traço foliar do "2º tipo" da sua própria classificação. A Figura 20 mostra o esquema da interpretação da arquitetura dos sistemas fibrovasculares por KUMAZAWA.

Em relação ao trajeto dos feixes, descrito por KUMAZAWA, em *Zea mays* (Figura 20), cabem as seguintes observações:

a) em cana-de-açúcar (Pesquisa II), foram encontrados feixes centrais cujos trajetos coincidem com os de KUMAZAWA, os quais, descendo vários internódios, se fundem com o sp, do mesmo lado do traço foliar (Figura 20, M_1 , M_2 , M_3 , M_7 , M_{10} , m_4 , m_5 , m_6 , m_7 , m_9 , m_{10});

b) não foram encontrados feixes que emitem traços terminais de um lado e se fundem com o sp no lado oposto, após descenderem vários internódios (M_6 , M_8 , m_8).

Uma observação interessante do esquema de KUMAZAWA (Figura 20) é a de que todo o sistema fibrovascular central origina-se do sistema periférico, a partir do coleoptilo. Na cana-de-açúcar (itens 4.1. e 4.2.) também o sistema central, pelo menos em parte, origina-se do SP do tolete ou do colmo primário (sp).

Figura 20. Diagrama mostrando o aspecto dual do sistema vascular e o curso longitudinal de traços foliares em um caule vegetativo com 10 nós. (Em *Zea mays*)

M_1 - M_{10} , cordões de traço foliar das nervuras principais da 1ª à 10ª folha; m_4 - m_{10} , cordões de traço foliar das nervuras laterais da 4ª à 10ª folha; CO - cordão de traço do coleóptilo; B e C - cordões de traços foliares do 2º e do 3º tipo, respectivamente; S - mesocótilo (KUMAZAWA, 1940b, cf. KUMAZAWA, 1961).

A bibliografia referente às pesquisas sobre o meristema intercalar é escassa e rara. Sobre a cana-de-açúcar, somente se conhecem os estudos de ARTSCHWAGER (op. cit.).

Esse autor demonstrou que, no meristema intercalar, os feixes são muito pouco lignificados e a sua resistência é garantida por uma enorme bainha de colênquima. Essa bainha, nas fases mais avançadas do amadurecimento, esclerificam-se.

É interessante anotar aqui, uma impropriedade de expressão de ARTSCHWAGER: "The chief divergence from the normal structure consists in a transformation of the sclerenchyma bundle caps into collenchyma and in a general reduction of the lignified cells of the vascular part of the bundle".

Naturalmente, o esclerenquima, tecido morto, não pode se transformar em colênquima, tecido vivo.

Tal "ressurreição" só pode ser devida a uma lapso de distração do eminente botânico. DILLEWIJN (1952), já corrigiu esse texto: "... and the sclerenchyma is here replaced by collenchyma".

ARTSCHWAGER se refere "a um grande colênquima que rodeia pequenos núcleos vasculares", o que, mais tarde, após esclerificação, explica a aglomeração das bainhas esclerenquimáticas, formando uma casca fibrosa e resistente — a casca da cana.

Os "pequenos núcleos vasculares" do meristema intercalar, referidos por ARTSCHWAGER, nesse trabalho, podem

ser mais bem explicados, quando se estudam sucessivos nós pelos métodos microbiocelulolíticos, porque por este método pode-se acompanhar a lignificação progressiva no desenvolvimento ontogênico dos feixes no meristema intercalar.

Assim, no item 4.3.1. deste trabalho, todo o MI está totalmente celulolisado, o que indica que ainda não havia se iniciado a lignificação dos vasos. Este é o nó +1 do cv. CB 49-260. No nó +2 (item 4.3.3.), já se notam os inícios da lignificação dos feixes do SP e dos periféricos do SC. No outro cultivar (NA 56-79), já se nota, no nó +1, o início da lignificação dos feixes na região do MI.

Por outro lado, um simples corte transversal no MI não é suficiente para revelar o real estado de maturidade dos feixes. Isso porque a lignificação dos vasos e a consequente esclerificação da bainha colenquimatosa do feixe se efetua progressiva e convergentemente, a partir das extremidades dos feixes maduros do nó e dos correspondentes, também maduros, do internódio superior, situados, respectivamente, a baixo e acima do MI.

O MI é um disco de aproximadamente 2 mm de espessura, cuja região mediana é a de divisão celular. Os feixes fibrovasculares do colmo, nessa região, são colenquimáticos, em internódios jovens. Isto equivale a dizer que um feixe fibrovascular que atravessa o MI tem, nessa região, em lugar da bainha esclerenquimática, uma bainha de colênquima.

Pelo método microbiocelulolítico, é possível de-

terminar, em nos sucessivos, os distintos estágios de amadurecimento dos feixes. De um modo geral podem-se distinguir, pelo exame do MI, estágios de amadurecimento dos feixes (Figura 21):

Estágio I - Vasos não lignificados, bainha totalmente colenquimática. Sofre celulolisação completa (Fig. 21, I; Fig. 10).

Estágio II - Vasos com início de lignificação e início de esclerificação da bainha colenquimática, convergindo progressivamente, para a região de divisão celular. Sofrem celulolisação do colênquima, evidenciando as partes recém-esclerificadas, que são cônicas com os vértices convergentes para a região de divisão celular (Fig. 21, II, Fig. 11).

Estágio III - Vasos totalmente lignificados. Os vértices dos cones de esclerificação se tocam na região de divisão celular, formando um corpo de ampulheta. O restante colênquima celulolisa-se (Fig. 21, III; Fig. 13).

Estágio IV - Vasos de feixes totalmente lignificados. Esclerificação da bainha completada. A celulolisação não afeta a forma do feixe, havendo continuidade e uniformidade morfológica no feixe que atravessa o MI. Neste estágio o MI já está maduro e não há mais divisão celular (Fig. 21, IV, Figs. 17, 19).

As pesquisas sobre a formação e desenvolvimento do plexo nodal revelaram importantes características varietais entre os cultivares NA 56-79 e CB 49-260.

KUMAZAWA (op. cit.) esclareceu a origem do plexo nodal, a partir de um promeristema especial que se desen-

Figura 21. Estágios de amadurecimento dos feixes fibrovasculares na área do meristema intercalar:

ABCD - área do meristema intercalar; Z - zona de divisão celular; v - vasos; v-anelado - vasos lignificados; v-vazio - vasos celulósicos; áreas achuradas - esclerênquima; áreas de linhas segmentadas - colênquima. As áreas acima do plano AB estão no internódio superior e as que estão abaixo do plano CD estão na região superior do nó (Original).

volve plagiotropicamente por entre os feixes axótipos, na sua fase protoxilemática.

No cv. NA 56-79, no nó +1, verifica-se que o promeristema de Kumazawa se distribui por toda a extensão do PN, produzindo feixes plagiótipos. Os feixes axótipos, originados do promeristema apical, amadurecem centrifugamente enquanto que os plagiótipos que vão formar o PN, amadurecem simultaneamente, em toda a área do PN.

No cv. CB 49-260, aparentemente, não se forma um promeristema de Kumazawa generalizado em toda a área do PN, mas forma-se um promeristema individual para cada feixe plagiótipo que se desenvolve como ramificação dos axótipos, à medida em que estes vão amadurecendo.

Assim, no cv. NA 56-79, o PN se forma simultaneamente em toda a área, já no nó +1. E, no nó +2, ele já está amadurecido. No cv. CB 49-260, no entanto, o PN vai se formando gradualmente, acompanhando o desenvolvimento dos feixes axótipos e, somente no nó +5 ele atinge a maturidade, juntamente com os feixes do SC. Essa mesma tendência se nota, para cada cultivar, no desenvolvimento dos traços gemares.

5.2. Discussão dos resultados

Estas pesquisas revelaram que existem algumas diferenças na arquitetura definitiva dos sistemas fibrovascu-

lares dos dois cultivares estudados — NA 56-79, precoce, e CB 49-260, tardio — especialmente diferenças ontogênicas muito importantes, em relação ao PN e MI desses dois cultivares. Essas diferenças se referem ao gradiente e ao sentido do amadurecimento dos feixes fibrovasculares no colmo.

Assim, no cv. CB 49-260, o amadurecimento dos feixes no MI, é tipicamente centrípeto, ao passo que, no cv. NA 56-79 ele é tipicamente centrífugo (ver item 4.3. e sub-ítems) e, portanto, semelhante ao do milho, também centrífugo (KUMAZAWA, op. cit.). Resta saber se esta característica seria típica de cultivares tardios e precoces, respectivamente.

O amadurecimento centrífugo, ou centrípeto dos sistemas fibrovasculares tem importante influência na precocidade da germinação das gemas.

A capacidade de germinação de uma gema depende da presença de traços gemares maduros. No amadurecimento centrípeto, amadurecem primeiro os feixes centrais mais próximos da periferia e, portanto, da gema, e os traços gemares derivados desses feixes. Então, ainda no início do amadurecimento do PN, já existem traços gemares maduros, que permitem a germinação da gema.

Assim, no cv. CB 49-260 (item 4.4.) a gema do nó +2 é a mais nova germinante, embora se complete o PN somente no nó +5 (item 4.3.).

No amadurecimento centrífugo, os feixes axótrópos vão amadurecendo do centro para a periferia, assim como

os traços gemares que são seus ramos plagiótrofos. O experimento de germinação (item 4.4.) mostrou que a gema do nó +3 é a mais nova germinante no cv. NA 56-79, embora o PN aparentemente já esteja completo no nó +2 (Figura 13).

Os catafilos dos cvs. NA 56-79 e CB 41-76 apresentam notáveis diferenças arquiteturais e de densidade de feixes (item 4.1.3.), que podem servir como características de diferenciação taxonômica.

5.3. Origem e trajeto dos feixes

A origem dos sistemas fibrovasculares foi determinada no tolete e no rizoma dos cvs. NA 56-79 e CB 41-76. Dois caminhos foram seguidos: a) o de partir de um traço foliar e acompanhar o feixe respectivo em seu trajeto descendente até a sua origem (ítem 4.2.4. e 4.2.5.); b) o de partir dos traços gemares do tolete acompanhando os feixes deles derivados no rizoma e no colmo (4.1.1. e 4.1.2.) até o traço foliar.

Como consequência desses estudos ficou esclarecido o seguinte:

1. o sp do rizoma e do colmo se origina no SP do tolete;

2. O sc do rizoma e do colmo tem duas origens:
a) em sua grande maioria, os feixes do sc originam-se do SP

do tolete; os feixes do sc podem ter origem também no sp do rizoma ou do colmo; b) em menor proporção, os feixes do sc do colmo e do rizoma originam-se do SC do tolete.

5.4. Considerações metodológicas

Este trabalho, bastante dificultoso, somente pôde ser realizado pela adoção do método de envelhecimento precoce da cana-de-açúcar (item 3.1.). Por esse método, foi possível obter-se plantas com internódios muito curtos, de modo que em um trecho de colmo de cerca de 35 cm puderam ser contados 17 internódios e 15 nós, no cv. NA 56-79, e 18 internódios e 16 nós no cv. CB 41-76.

Por outro lado, foi observado um fato digno de nota: a celulolisação de metades de colmos crescidos em condições normais, leva cerca de 100 dias para se completar. Entretanto, nos colmos envelhecidos precocemente, a celulolisação se completa em cerca de 50 dias. A única explicação plausível para esse fato é que o envelhecimento precoce produz grande quantidade de esclerenquima por unidade de volume, em detrimento da quantidade de tecidos celulósicos, ao passo que, nos colmos de crescimento normal, a quantidade de celulose é grande, em relação à quantidade de esclerenquima, por unidade de volume.

A celulolisação sempre se inicia na região dos MI de todos os internódios, progredindo para cima e para baixo.

A falta de uma metodologia adequada para estudar a arquitetura fibrovascular de colmos, rizomas, raízes e outros órgãos fibrosos, tem retardado a obtenção de conhecimentos anatômicos importantíssimos sobre tais órgãos. Muitos autores tentaram interpretar arquiteturas fibrovasculares de nós de gramíneas com base em cortes seriados, absorção de corantes vitais etc., mas não conseguiram interpretações corretas (AREVALO, 1983).

O método microbiocelulolítico, aliado com o do envelhecimento precoce abre um campo enorme de pesquisas dentro do setor da anatomia vegetal, pois inúmeras interpretações deverão ser revistas.

6. CONCLUSÕES

Os objetivos deste trabalho foram o de elucidar completamente a arquitetura fibrovascular do caule (tolete, rizoma e colmo) da cana-de-açúcar, e determinar a posição do nó em que o plexo nodal (PN) já é funcional, em um cultivar precoce (NA 56-79) e em um tardio (CB 49-260).

Esses objetivos foram plenamente atingidos, pela aplicação dos métodos de envelhecimento precoce e microbiocelulose da cana-de-açúcar, tendo resultado nas seguintes conclusões.

6.1. Organização da rede fibrovascular

A rede fibrovascular da cana-de-açúcar é constituída de dois sistemas de feixes:

a) Sistema periférico (sp) - formado de cordões multifasciculados que, originando-se no sistema periférico (SP) do tolete, penetram no rizoma e passam para o colmo,

percorrendo-o, periféricamente, em toda a sua extensão (Figuras 3, 5, 6, 7, 10, 11 etc.).

b) Sistema central (sc) - formado de feixes fibrovasculares isolados que, podendo se originar tanto no SP como no SC do tolete, penetram na região central do rizoma e passam para o colmo, percorrendo-o centralmente, em toda a sua extensão. Muitos feixes deste sc originam-se no sp do rizoma e do colmo (Figuras 3, 5, 6, 7, 10, 11, etc.).

Os dois sistemas, ao penetrarem em um nó, produzem ramificações de seus respectivos feixes. Essas ramificações são plagiótropas e constituem, em seu conjunto o plexo nodal. Nos internódios, os dois sistemas são paralelos e não se ramificam.

6.2. Ramificações dos cordões do sp

As ramificações dos cordões do sp são:

- a) Traços gemares periféricos (tgp);
- b) Traços foliares periféricos (tfp);
- c) Traços radicais (tr).

6.3. Trajetória dos feixes de traços foliares centrais

Os feixes que originam traços foliares centrais percorrem, em seu curso descendente, vários internódios, fun-

dindo-se, nas imediações da mesma ortóstica, com o sp do rizoma ou do colmo. Em relação ao trajeto desses feixes, não há diferença entre os cultivares estudados (Figuras 8 e 9).

6.4. Ramificações e conexões dos feixes centrais

Os feixes de traços foliares, no seu trajeto através do colmo e do rizoma, ramificam-se em alguns nós e não se ramificam em outros. As principais ramificações, nos nós, são os traços gemares centrais (tg), os traços foliares terminais (tf_1, tf_2, tf_3) e os traços foliares laterais (tl) (Figuras 3, 5, 8 e 9).

As conexões são entre feixes centrais (cc), e entre feixes do sc e cordões do sp (cp).

6.5. Diferenças varietais

As pesquisas revelaram as seguintes diferenças varietais, nos cvs. NA 56-79, CB 49-260 e CB 41-76:

- a) No cv. NA 56-79, o desenvolvimento do PN é simultâneo, a partir do promeristema de Kumazawa e o amadurecimento dos feixes axótropos é centrífugo, revelado na evolução do MI, como ocorre em *Z. mays*;

- b) No cv. CB 49-260, o desenvolvimento do PN não é simultâneo, mas gradual, a partir de um promeristema individual para cada feixe do PN, e acompanhando o desenvolvimento dos feixes axótropos, que é centrípeto, revelado pela evolução do MI;
- c) A capacidade de germinação das gemas é independente do amadurecimento completo do PN, mas depende exclusivamente do amadurecimento de traços gemares. Assim, em CB 49-260, é o nó +2 que tem traços gemares amadurecidos, permitindo a germinação, ao passo que NA 56-79 somente apresenta traços gemares maduros no nó +3;
- d) A arquitetura fibrovascular dos catafilos é típica para cada um dos cultivares estudados — NA 56-79 e CB 41-76 — constituindo caráter de identificação taxonômica.

6.6. Diferenças arquiteturais entre *Z. mays* e *Saccharum* spp.

- a) Tanto a cana-de-açúcar como o milho apresentam os mesmos sistemas fibrovasculares — dois axótropos (periférico e central) e um plagiótropo (plexo nodal);

- b) Em cana-de-açúcar, os três sistemas são interconectados. Em milho, segundo KUMAZAWA (op. cit.), não há conexão entre o sistema periférico e o central, nem entre os sistemas axótropos e o plexo nodal, a não ser acidentalmente;
- c) O gradiente de amadurecimento dos feixes axótropo e centrífugo em milho (KUMAZAWA, op. cit.; SHARMAN, op. cit.). Em cana-de-açúcar, ele é centrípeto no cv. CB 49-260 e centrífugo no cv. NA 56-79;
- d) Em relação ao curso descendente dos feixes centrais, nota-se que, em milho, esses feixes passam por vários internódios e se fundem, do mesmo lado ou do lado oposto do traço foliar, com o sistema periférico. Em cana-de-açúcar só foram encontrados feixes centrais que, após seu curso descendente, se fundem com o sistema periférico do mesmo lado do traço foliar;
- e) Em relação à origem topográfica dos feixes axótropos, nota-se que, no milho (nascido de cariópse) ambos os sistemas originam-se do sistema periférico do mesocótilo. Em cana-de-açúcar esses feixes podem-se originar tanto no sistema periférico como no central do tolete.

7. LITERATURA CITADA

- AREVALO, R.A., 1983. Arquitetura da rede fibrovascular nodal do colmo da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). Piracicaba. ESALQ/USP. 98p. (Dissertação de Mestrado).
- ARTSCHWAGER, E., 1925. Anatomy of the vegetative organs of the sugar cane. Jour. Agric. Res., 30: 197-221.
- DILLEWIJN, C. van, 1952. Botany of sugarcane. New York. Chronica Botanica Publications. 37lp.
- KUMAZAWA, M., 1961. Studies on the vascular course in maize plant. Phytomorphology, 11(1-2): 128-139.
- LAUBENGAYER, R.A., 1949. The vascular anatomy of the eight-rowed ear and tassel of golden bantam sweet corn. Amer. J. Bot., 36: 236-244.
- REEVES, R.G., 1946. Methods for studying the maize ear. Bot. Gaz., 107: 425.
- REEVES, R.G., 1950. Morphology of ear and tassel of maize. Amer. J. Bot., 37: 697-704.

SHARMAN, B.C., 1942. Development anatomy of the shoot of *Zea mays* L. Ann. Bot., 6: 245-282.

TANIMOTO, T., 1964. Microtome-slice projections for histological examination of sugarcane. Hawaiian Planter Record 57: 119-132.