

PERSPECTIVAS DE SELEÇÃO PARA ALTO TEOR DE  
AÇÚCAR NO COLMO DO MILHO (*Zea mays* L.)

FABRIZIO D'AYALA VALVA

Orientador: ERNESTO PATERNIANI

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura  
"Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo,  
para obtenção do título de doutor em Genética e  
Melhoramento de Plantas.

PIRACICABA  
Estado de São Paulo — Brasil  
Maio — 1979

*À minha família e  
a todos aqueles que, de alguma forma,  
contribuíram para a continuação dos  
meus estudos,*

*DEDICO.*

## BIOGRAFIA DO AUTOR

Fabrizio D'Ayala Valva, filho de Luigi e An  
dreina D'Ayala Valva, nasceu em Nápoles, na Itália, em 7 de  
agosto de 1933. Em 1956 ingressou na Escola Nacional de Agro  
nomia, da Universidade Rural do Brasil, obtendo o diploma de  
engenheiro agrônomo, em dezembro de 1960. A partir de 1961,  
desempenhou as suas atividades profissionais no Estado de Goi  
ás, no Serviço de Extensão Agrícola e, posteriormente, no Mi  
nistério da Agricultura, no setor de produção de sementes me  
lhoradas. Em março de 1971, ingressou, como auxiliar de ensi  
no, no Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Fede  
ral de Goiás, onde leciona atualmente como professor assisten  
te.

## AGRADECIMENTOS

Os meus sinceros agradecimentos:

- aos docentes do Instituto de Genética da ESALQ pelos ensinamentos recebidos;

- à Universidade Federal de Goiás e ao Programa PICD/CAPES que tornaram possível a participação no curso de pós-graduação;

- ao Prof. Ernesto Paterniani pela orientação e pelo exemplo durante todo o curso;

- ao Prof. Roland Vencovsky pela orientação na análise estatística dos resultados experimentais;

- ao Prof. Enio Roque de Oliveira pela colaboração na execução das análises de laboratório;

- aos Professores Natal Antonio Vello, Geraldo Antonio Tosello, Magno Antonio Patto Ramalho e Alberto José Centeno pelas valiosas sugestões;

- aos funcionários do Instituto de Genética da ESALQ pela colaboração e pelas atenções recebidas.

## ÍNDICE

	<u>página</u>
1. RESUMO .....	1
2. INTRODUÇÃO .....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	6
3.1. Produção, transporte e armazenamento de carboidratos no colmo do milho .....	6
3.2. Efeitos da ausência de grãos .....	12
3.3. Efeitos da esterilidade masculina .....	14
3.4. Níveis de carboidratos no colmo e suscetibilidade ao armazenamento .....	14
3.5. A percentagem de sólidos solúveis e o teor de açúcares no colmo .....	15
3.6. Os açúcares do colmo e a sua utilização .....	17
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	20
4.1. Material .....	20
4.2. Métodos .....	21
4.2.1. Condução do experimento .....	21
4.2.2. Análise estatística dos dados .....	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	27
5.1. Percentagens de sólidos solúveis no caldo do colmo .....	27
5.2. Percentagens dos principais componentes do colmo em relação ao peso fresco .....	32
5.2.1. Percentagens de sólidos solúveis em relação ao peso fresco do colmo .....	34
5.2.2. Percentagens de sacarose e de açúcares redutores em relação ao peso fresco do colmo .....	34
5.3. Quantidade de sólidos solúveis no caldo extraído de uma tonelada de colmos .....	36

	<u>página</u>
5.4. Percentagens de sólidos solúveis em relação ao total de matéria seca .....	39
5.5. Análise dos resultados nos diferentes grupos de cultivares .....	39
5.5.1. Híbrido duplo .....	40
5.5.2. Híbridos simples .....	40
5.5.3. Variedades de porte normal .....	41
5.5.4. Cultivares de porte baixo (braquíticas-2) ....	42
5.6. Considerações sobre o potencial para produção de álcool .....	43
5.7. Sugestões para futuros trabalhos de melhoramento visando o aumento do teor de açúcares no colmo do milho .....	45
6. CONCLUSÕES .....	48
7. SUMMARY .....	50
8. LITERATURA CITADA .....	52
9. APÊNDICE .....	61

## LISTA DE TABELAS

	<u>página</u>
Tabela 1. Análise de variância para as percentagens de sólidos solúveis no caldo, relativas às médias das determinações realizadas nos vários internódios, acima e abaixo da espiga. Extração com espremador manual .....	62
Tabela 2. Análises de variância para as percentagens de sólidos solúveis no caldo e em relação ao peso fresco do colmo, para as quantidades de sólidos solúveis presentes no caldo extraído de uma tonelada de colmos e para as percentagens de fibras. Extração com prensa hidráulica .....	63
Tabela 3. Percentagens de sólidos solúveis no caldo extraído com espremador manual, nas dez cultivares. Média dos vários internódios e das 5 amostragens, nos 2 tratamentos com e sem produção de grãos, e nas 2 posições em relação à espiga .....	64
Tabela 4. Percentagens de sólidos solúveis no caldo extraído com espremador manual, nas cinco amostragens. Média dos vários internódios e das dez cultivares, nos dois tratamentos com e sem produção de grãos, e nas duas posições em relação à espiga .....	65
Tabela 5. Percentagens de sólidos solúveis, no caldo extraído do colmo com prensa hidráulica, nas cinco amostragens, e nos dois tratamentos com e sem produção de grãos ..	66
Tabela 6. Percentagens de umidade no colmo, nas cinco amostragens, e nos dois tratamentos com e sem produção de grãos .....	67

página

Tabela 7. Quantidades de caldo, avaliadas por notas de 1 a 5, nas cinco amostragens. Médias dos vários internódios, nos dois tratamentos com e sem produção de grãos, e nas duas posições em relação à espiga. Extração com espremedor manual .....	68
Tabela 8. Quantidade de caldo, extraído com espremedor manual. Médias dos vários internódios e das cinco amostragens, nos dois tratamentos com e sem produção de grãos e nas duas posições em relação à espiga .....	69
Tabela 9. Análise de regressão das percentagens de sólidos solúveis no caldo sobre as cinco datas de amostragem (expressas em dias após o plantio).....	70
Tabela 10. Percentagens de sólidos solúveis no caldo das dez cultivares, na primeira amostragem. Médias dos vários internódios nos dois tratamentos com e sem produção de grãos, e nas duas posições em relação à espiga. Extração com espremedor manual .....	71
Tabela 11. Percentagens de fibras, em relação ao peso fresco do colmo, nas cinco amostragens, e nos dois tratamentos com e sem produção de grãos .....	72
Tabela 12. Percentagens de sólidos solúveis, em relação ao peso fresco do colmo, nas cinco amostragens, e nos dois tratamentos com e sem produção de grãos .....	73
Tabela 13. Médias relativas à produção de colmos desfolhados (t/ha) e de açúcares totais (kg/ha), à percentagem da relação açúcares totais/sólidos solúveis, e ao rendimento em álcool (l/ha) das dez cultivares, nos dois tratamentos com e sem produção de grãos, aos 115 dias após o plantio .....	74

	<u>página</u>
Tabela 14. Percentagens de sacarose aparente, em relação ao <u>pe</u> so fresco do colmo, nas cinco amostragens, e nos dois tratamentos com e sem produção de grãos .....	75
Tabela 15. Percentagens de açúcares redutores, <u>em</u> relação ao <u>pe</u> so fresco do colmo, nas cinco amostragens, e nos dois tratamentos com e sem produção de grãos .....	76
Tabela 16. Quantidade de sólidos solúveis (kg) no caldo <u>extrai</u> do de uma tonelada de colmos, nas cinco amostragens, e nos dois tratamentos com e sem produção de grãos..	77
Tabela 17. Quantidades de caldo (kg) extraído de uma <u>tonelada</u> de colmos, com prensa hidráulica, nas cinco <u>amostra</u> gens e nos dois tratamentos com e sem produção de grãos .....	78
Tabela 18. Análise de regressão das quantidades de sólidos solú veis (kg), no caldo extraído de uma tonelada de <u>col</u> mos, sobre as cinco datas de amostragem (expressas em dias após o plantio) .....	79
Tabela 19. Percentagens da relação sólidos solúveis/total de <u>ma</u> téria seca, nas cinco amostragens, e nos dois <u>trata</u> mentos com e sem produção de grãos .....	80
Tabela 20. Ciclo, produtividade agrícola, produção de açúcares totais e rendimento (de fermentação) em álcool etíli co de cana-de-açúcar, mandioca, sorgo sacarino e milho .....	81

## LISTA DE FIGURAS

	<u>página</u>
Figura 1. Quantidade de caldo nos diferentes internódios, acima e abaixo da espiga, nas cinco amostragens, e nos dois tratamentos com e sem produção de grãos. Média das dez cultivares .....	82
Figura 2. Percentagem de sólidos solúveis no caldo dos diferentes internódios, acima e abaixo da espiga, nas cinco amostragens e nos dois tratamentos com e sem produção de grãos. Média das dez cultivares .....	83
Figura 3. Regressão das percentagens de sólidos solúveis no caldo sobre as cinco datas de amostragem, nos dois tratamentos com e sem produção de grãos. Média das dez cultivares .....	84
Figura 4. Percentagens de umidade, fibras, sólidos solúveis, sacarose e açúcares redutores, nas cinco datas de amostragens. Média das dez cultivares .....	85
Figura 5. Regressão das quantidades de sólidos solúveis, presentes no caldo extraído de uma tonelada de colmos desfolhados, sobre as cinco datas de amostragem, nos dois tratamentos com e sem produção de grãos. Média das dez cultivares .....	86

## 1. RESUMO

A pesquisa, considerada como preliminar, teve como finalidade principal verificar o potencial do colmo do milho de armazenar açúcares, utilizáveis na produção de álcool. Foram empregadas dez cultivares, representadas por um híbrido duplo, quatro híbridos simples, sendo dois macho-estéreis, duas variedades de porte normal, duas variedades de porte baixo (braquíticas) e o híbrido intervarietal entre estas. O experimento foi conduzido em Piracicaba, SP, durante o ano agrícola 1977/78, e o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com parcelas sub-subdivididas e duas repetições. As parcelas principais foram constituídas pelas cultivares, as subparcelas pela proteção ou não da espiga antes da polinização, e as sub-subparcelas pelas diferentes amostragens. As amostras foram retiradas em cinco épocas: 73, 87, 101, 108 e 115 dias após o plantio. Em duas das cinco plantas de cada amostra foi avaliada, por um sistema de notas, a quantidade de caldo, assim como a percentagem de sólidos solúveis (leitura Brix) em cada internódio. Nas três plantas restantes de cada amostra foram feitas as seguintes determinações e avaliações: percentagem de sólidos solúveis no caldo extraído do colmo inteiro, percentagens de fibras, de umidade, de sacarose e de açúcares redutores, bem como estimativas da

produção de colmos desfolhados por hectare, da quantidade de caldo extraído de uma tonelada de colmos, e da quantidade de álcool produzida por hectare.

Os resultados relativos às variações das percentagens de sólidos solúveis nos internódios localizados acima e abaixo da espiga, nos tratamentos com e sem produção de grãos, evidenciaram a influência da espiga fertilizada, como órgão polarizante do fluxo de carboidratos dentro do colmo. Nas plantas sem produção de grãos, durante o período estudado, a quantidade de sólidos solúveis aumentou de 116%, mostrando uma tendência acentuada para ulteriores aumentos. Entretanto, nas plantas com produção de grãos o aumento foi 18% menor, verificando-se uma tendência para estabilização da quantidade de sólidos solúveis, entre a quarta e a sexta semana após a fertilização. A percentagem de sacarose aumentou após a fertilização, enquanto aquela de açúcares redutores diminuiu. Entretanto, o aumento da concentração de sacarose é maior que a redução nos açúcares redutores, proporcionando um aumento contínuo da quantidade de açúcares totais. A relação açúcares totais/sólidos solúveis foi maior nas cultivares de porte normal (80%) do que nas cultivares braquíticas (67%). Os quatro híbridos simples constituíram, de uma maneira geral, o grupo mais promissor para o objetivo em vista, caracterizando-se por elevadas quantidades de açúcares totais e de caldo, e por uma produção considerável de colmos desfolhados por hectare. O rendimento em álcool das melhores cultivares pode ser considerado como bastante promissor, mesmo quando comparado com aquele da cana-de-açúcar e do sorgo sacarina. Existe evidência de que progressos acentuados no conteúdo de açúcares no colmo do milho podem ser obtidos, através de métodos adequados de seleção.

## 2. INTRODUÇÃO

Durante o processo de domesticação, o milho se tornou uma planta altamente dependente do homem para a sua sobrevivência, transformando-se no vegetal mais eficiente na produção de grãos, que foi o objetivo mais visado na seleção, e resultante de uma série de características facilmente observáveis, como, por exemplo, o tamanho da espiga e a resistência a doenças e pragas. Entretanto, como resultado da ação consciente e inconsciente do homem, ocorreram várias alterações na morfologia e na fisiologia da planta de milho, representadas principalmente pelo aumento da capacidade de armazenamento de carboidratos nos grãos, às custas de uma redução das reservas do colmo, menos importantes nas novas condições ambientais. E, atualmente, no esforço de aumentar ainda mais a produção por unidade de área, procura-se introduzir novas modificações na planta de milho, alterando a sua arquitetura, para torná-la mais adaptada a populações elevadas. Todavia, tornou-se evidente a necessidade de um melhor conhecimento dos processos fisiológicos básicos da planta, especialmente daqueles referentes à produção de carboidratos, ao seu transporte pelo sistema condutor, e ao seu depósito nos vários órgãos da planta. Sem dúvida, os resultados das pesquisas neste sentido proporcionam uma visão mais perfeita e mais ampla dos vários fatores envolvidos na produção de grãos, e de grande valia para os trabalhos de melhoramento e a adoção de no

vas práticas agronômicas. Além disso, das contribuições da Fisiologia Vegetal poderia surgir uma nova utilização da planta de milho, representada pela produção de álcool a partir dos açúcares armazenados no colmo. Isto implicaria uma seleção em sentido contrário àquela até hoje praticada pelo homem, promovendo um retorno às condições originais, representadas por um maior potencial de armazenamento de carboidratos no colmo, e que poderia ser maximizado às custas do depósito de matéria seca nos grãos. As semelhanças existentes nas atividades fotossintéticas e nos processos metabólicos básicos do milho, da cana-de-açúcar e do sorgo, sugerem que existem muitas possibilidades para este novo uso da planta de milho.

A atual crise mundial de combustíveis, e as previsões de esgotamento das reservas de petróleo num futuro não muito longínquo, aumentaram o interesse na produção de álcool a partir de diferentes vegetais. Em consequência, o Brasil está seriamente empenhado no aumento da sua produção de álcool, não somente a partir da cana-de-açúcar, mas também da mandioca, cujo plantio está sendo incentivado em grande escala. Entretanto, estudos recentes mostraram uma certa vantagem do sorgo sacarino sobre a mandioca, devido especialmente a problemas de mecanização e de processamento industrial. Pode-se considerar, portanto, que um trabalho de pesquisa, visando aumentar o teor de açúcares no colmo do milho, é altamente desejável.

O objetivo principal desta pesquisa, de caráter eminentemente exploratório, é verificar a potencialidade do colmo de milho de armazenar açúcares, e, ao mesmo tempo, estudar certos aspectos fisiológicos básicos, que poderão ser de utilidade para os trabalhos usuais de melhoramento para produção de grãos. Entre os vários aspectos, teóricos e práticos, relacionados com este objetivo, procura-se principalmente:

- verificar a distribuição de sólidos solúveis ao longo do colmo;

- verificar qual é o internódio mais indicado para a retirada de amostras, num trabalho de seleção para alto teor de açúcares no colmo;

- verificar o efeito da falta de fertilização (não produção de grãos);

- verificar o efeito da esterilidade masculina;

- verificar as proporções de sacarose e de açúcares invertidos, para comparação com outras espécies vegetais, já utilizadas na produção de açúcar ou de álcool;

- verificar se existe variação, com relação aos caracteres estudados, entre diferentes tipos de cultivares.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com os objetivos desta pesquisa, se rão inicialmente relatados os principais trabalhos relacionados com a produção, o transporte e o armazenamento de carbohidratos no colmo do milho, e, em seguida, aqueles visando o aumento do teor de açúcares no colmo e a sua utilização.

#### 3.1. Produção, transporte e armazenamento de carbohidra- tos no colmo do milho

A produtividade nos cereais é determinada principalmente pela taxa de fotossíntese (fonte), e pela capacidade de armazenamento dos produtos da fotossíntese nos grãos (depósito). No milho, os carbohidratos encontrados no colmo representam energia fixada na fotossíntese, mas não convertida em grãos, e, portanto, um potencial não aproveitado para a produção de grãos (*DUNCAN, 1976*). A domesticação dos cereais criou condições que permitiram uma redução das reservas do colmo e de outras partes da planta, e um aumento progressivo da proporção de assimilados utilizados pelos grãos. Todavia, permanece ainda uma certa vantagem seletiva na manutenção de um excesso de carbohidratos, para fazer frente às

flutuações ambientais dentro de um mesmo ano, e de ano para ano (*EVANS e WARDLAW, 1976*). Segundo *EVANS* (1976), nos primeiros estágios da domesticação é a capacidade de armazenamento que limita a produção, mas, sob a ação da seleção artificial, a produção de grãos aumenta devido, quase que exclusivamente, a um incremento da capacidade de depósito, até alcançar o limite imposto pela capacidade fotossintética, muito mais difícil de ser avaliada e melhorada.

O milho apresenta taxas elevadas de fotossíntese, assim como a cana-de-açúcar e o sorgo, todos pertencentes ao grupo denominado C<sub>4</sub>. As espécies deste grupo se caracterizam por apresentarem fotorrespiração reduzida ou ausente, e fixação de CO<sub>2</sub> através de ácidos dicarboxílicos, efetuando uma remoção muito rápida dos carboidratos produzidos nas folhas (*BÖGER, 1976*). Assim, por exemplo, na cana-de-açúcar cerca de 80% do carbono assimilado pelas folhas é translocado nas primeiras quatro horas sucessivas. E, no milho, as pesquisas realizadas por *HOFSTRA e NELSON (1969)* revelaram que de 80 a 90% do C<sup>14</sup> assimilado nas folhas é exportado dentro das 24 horas seguintes, sendo que cerca de 50% já é removido nos primeiros trinta minutos. Enquanto no trigo, pertencente ao grupo C<sub>3</sub>, a velocidade de translocação de fotossintetizados marcados com carbono radioativo é de 100 cm/hora, no milho ela pode alcançar 210 cm/hora (*TROUGHTON, 1974*)<sup>1/</sup>. Os dados apresentados sugerem que, no milho, a produção de carboidratos nas folhas, e o seu deslocamento para as várias partes da planta não constituem, normalmente, fatores limitantes da produção.

O movimento de carboidratos dentro de uma planta não ocorre ao acaso, mas segundo um modelo muito bem defi

---

<sup>1/</sup> Citado por *EVANS e WARDLAW (1976)*.

nido de distribuição, que muda com as várias fases do desenvolvimento (BEEVERS, 1969), e também com as condições ambientais (EVANS e WARDLAW, 1976). Normalmente, uma folha de milho, quando é muito nova, importa carboidratos de outras partes da planta, mas logo ela se torna autosuficiente, passando a exportar os produtos da sua fotossíntese para outros locais, onde são utilizados na elaboração dos constituintes celulares ou armazenados (HOFSTRA e NELSON, 1969). Nos estágios iniciais de desenvolvimento da planta, todas as folhas exportam fotossintetizados para todas as partes, variando porém as proporções de acordo com a posição da folha no colmo. Os carboidratos para as partes inferiores do colmo e para as raízes são produzidos, principalmente, pelas folhas mais baixas, e aqueles destinados à parte apical pelas folhas superiores. Nesta época, as raízes representam o maior depósito, e todas as folhas contribuem para o sistema radicular, pelo menos com uma parte dos seus assimilados (HOFSTRA e NELSON, 1969). A partir da quarta semana após a emergência, aproximadamente, uma alta percentagem de carboidratos se dirige para o colmo, que inicia um alongamento muito rápido (VAN EIJNATTEN, 1963). Mas, esta situação muda após a fertilização, quando a espiga se torna o depósito predominante, polarizando o movimento dos carboidratos (EASTIN, 1969; TRIPATHY et alii, 1972; PALMER et alii, 1973). Nesta época, as folhas superiores são as maiores fornecedoras de assimilados para os grãos, e as folhas inferiores passam a exportar uma maior quantidade de carboidratos para a espiga, apesar de continuarem como as maiores contribuintes das partes inferiores da planta e das raízes (TOLLENAAR, 1977). Estudos com  $C^{14}$  mostraram que há um forte aumento no fluxo de carboidratos para as raízes, logo após o florescimento feminino, quando as espigas estão apenas parcialmente fertilizadas, e que de 60 a 80% do  $C^{14}$  assimilado entre 15 e 50 dias após o florescimento é proveniente do isótopo radioativo assimilado pelas folhas superiores, e depositado na espiga e nas brácteas 24 horas depois (PALMER et alii, 1973). Ex

perimentos com desfoliação parcial das plantas mostraram claramente que as folhas intermediárias, e mesmo as folhas mais baixas, são fornecedoras importantes de assimilados para os grãos, contribuindo assim para a produção (ALLISON e WATSON, 1966; PENDLETON e HAMMOND, 1969). Neste aspecto, o milho difere bastante dos cereais de clima temperado, como o trigo e a cevada, nos quais os órgãos mais próximos da espiga constituem a fonte principal de carboidratos para o crescimento dos grãos (EVANS e WARDLAW, 1976). Portanto, é a intensidade da demanda de assimilados pelos depósitos que determina o modelo de deslocamento dos mesmos na planta, e, em consequência, não há uma posição preferencial para os órgãos de armazenamento, apesar da opinião de MANGELSDORF (1966), que apontou a vantagem da posição central da espiga do milho.

A fotossíntese durante a fase de depósito nos grãos pode ter uma influência muito grande sobre a produção, mas é a fotossíntese nos estágios anteriores que determina a capacidade de armazenamento e produz reservas que podem ser mobilizadas posteriormente (EVANS, 1976). Em condições normais, a matéria seca dos grãos é produzida pela fotossíntese que ocorre após a fertilização dos grãos (HANWAY, 1962; VAN EIJNATTEN, 1963), e a fotossíntese anterior contribui muito pouco. Todavia, os carboidratos armazenados no colmo passam a ter uma maior influência na formação dos grãos à medida que as condições ambientais se tornam menos favoráveis, diminuindo a eficiência fotossintética. Evidências de que isto deve realmente ocorrer foram fornecidas por numerosos experimentos, em que a área fotossintética da planta foi artificialmente reduzida ou sombreada, durante o período de enchimento dos grãos (SAYRE et alii, 1931; HOYT e BRADFIELD, 1962; DUNCAN et alii, 1965; ALLISON e WATSON, 1966). Também em plantas de milho expostas artificialmente à seca, após o pendoamento, foi verificado que o desenvolvimento dos grãos ocorre às custas dos carboidratos armazenados no colmo (MC PHERSON et alii, 1977).

Todavia, as pesquisas conduzidas por *BREVEDAN e HODGES (1973)* mostraram que o movimento de carboidratos para os grãos é mais afetado que a fotossíntese pela deficiência de água. Além da seca, também a deficiência de nitrogênio, fósforo ou potássio pode diminuir a atividade fotossintética, tornando o desenvolvimento dos grãos dependente das reservas do colmo (*MOSS e PEASLEE, 1965*). Esta dependência das condições ambientais predominantes em cada experimento explica, em grande parte, a divergência entre os resultados das pesquisas conduzidas com a finalidade de verificar o papel do colmo como órgão armazenador de carboidratos, utilizáveis pelos órgãos em desenvolvimento. Vários autores relataram que o peso seco das plantas permanece relativamente constante, após ter alcançado um máximo na época do florescimento feminino, ou alguns dias depois (*SAYRE, 1948; HANWAY, 1962; ALLISON e WATSON, 1966*). Entretanto *CAMPBELL (1964)* e *WILLIAMS et alii (1968)* verificaram que os carboidratos solúveis continuam a se acumular no colmo até duas ou três semanas após o aparecimento da inflorescência feminina. Outros autores verificaram uma redução significativa no peso do colmo no fim do período de enchimento dos grãos (*KIESSELBACH, 1948; HOYT e BRADFIELD, 1962; DAYNARD et alii, 1969*). Em certos casos foi verificada uma diminuição do conteúdo de açúcares no colmo no fim do ciclo (*SAYRE et alii, 1931; VAN REEN e SINGLETON, 1952*), mas isto parece variar bastante com os genótipos (*WELTON et alii, 1930; CAMPBELL, 1964*).

Vários pesquisadores estudaram o período de enchimento dos grãos, que abrange três fases distintas (*JOHNSON e TANNER, 1972*): 1) uma fase de acumulação lenta, que vai do florescimento até 15 a 18 dias depois; 2) uma fase de acumulação rápida e praticamente linear, durante a qual é depositada cerca de 90% da matéria seca dos grãos; e 3) uma fase em que a taxa de depósito diminui, terminando com a formação da camada preta de abscisão. *SHAW e THOM (1951)* constataram que, nas condições do Estado de Iowa (EUA), a duração do pe

ríodo entre o florescimento feminino e a maturidade dos grãos era de 51 dias. Na mesma região, *HALLAUER e RUSSELL (1962)* verificaram que esse período teve uma duração de 60 dias. Há evidências experimentais que o número de dias varia com as cultivares e as localidades, e que não é afetado pela capacidade de depósito dos grãos (*DUNCAN, 1976*). *DUNCAN et alii (1965)* consideram que as reservas de carboidratos do colmo são responsáveis pelo crescimento constante dos grãos, enquanto *PALMER et alii (1973)* sugerem que a manutenção da taxa constante é possível graças ao fluxo das reservas armazenadas no sabugo e nas brácteas. *JOHNSON e TANNER (1972)* verificaram que a taxa de enchimento dos grãos é mais rápida nos híbridos do que nas linhagens, as quais, entretanto, apresentavam um maior conteúdo de açúcares nos seus colmos, sugerindo que a taxa de depósito é mais limitante para a produção do que a taxa de fotossíntese. *DUNCAN (1976)* observou que as leituras Brix, no caldo do colmo de plantas escolhidas ao acaso num experimento, variavam de 3 a 11%, e sugeriu que algumas plantas tinham uma capacidade de depósito reduzida, e outras uma taxa de fotossíntese insuficiente. O mesmo autor considerou que as determinações de sólidos solúveis poderiam ajudar a explicar as limitações na produção, resultantes de cultivares e de locais. *DAYNARD et alii (1969)* sugeriram que, em muitos híbridos dos Estados Unidos, que se conservam verdes após a maturidade dos grãos, deve ocorrer uma diminuição limitada das reservas do colmo. E, de fato, as pesquisas de *BLANCO et alii (1957)* mostraram que a manutenção do estado de planta verde, por ocasião e após a maturidade dos grãos, estava positivamente correlacionada com a riqueza de açúcares no colmo. Isto é provavelmente uma consequência da seleção para resistência ao acamamento (*DAYNARD et alii, 1969*), uma vez que existe uma correlação negativa entre os níveis de açúcar no colmo e as percentagens de acamamento (*CAMPBELL, 1964; MORTIMORE e WARD, 1964*).

Foi sugerido que as cultivares de milho com um baixo potencial de produção de grãos não deveriam apresentar uma remobilização dos carboidratos solúveis no colmo (*DAYNARD et alii*, 1969). Os resultados das pesquisas conduzidas por *GOLDSWORTHY e COLEGRAVE* (1974) e por *GOLDSWORTHY et alii* (1974), no México, sugerem que nas variedades tropicais o potencial do depósito representado pelos grãos constitui uma limitação para a produção.

### 3.2. Efeitos da ausência de grãos

Quando a formação de grãos é impedida, são verificados aumentos no peso de matéria seca (*ALLISON e WATSON*, 1966) e na concentração de sólidos solúveis e de açúcares (*SAYRE et alii*, 1931; *MOSS*, 1962). *SAYRE et alii* (1931) verificaram que, no colmo das plantas onde a espiga tinha sido removida, os açúcares totais aumentavam gradualmente até alcançar uma concentração de 10,5% trinta dias depois do florescimento, enquanto as plantas com espiga apresentavam, na mesma época, um teor de açúcares de 7,9%, após ter alcançado um máximo doze dias antes. Todavia, *KIESSELBACH* (1948) observou que o aumento de peso seco verificado pela remoção da espiga, foi muito inferior à produção normal de grãos, tendo calculado uma diminuição de 44% na elaboração de matéria seca. Sugeriu que isto poderia ser o resultado de uma maior concentração de carboidratos solúveis nas folhas, afetando as trocas de CO<sub>2</sub>. *VERDUIN e LOOMIS* (1944), porém, observaram que o impedimento da polinização no milho produzia grandes aumentos de açúcares nas folhas, sem diminuir a absorção de CO<sub>2</sub>, e sugeriram que a repressão pelo produto final não ocorria no milho. *MOSS* (1962) foi o primeiro a determinar experimentalmente uma diminuição da taxa fotossintética nas plantas sem espiga, em relação às plantas com espiga. *TOLLENAAR* (1977) relatou os resultados de outros experimentos que confirmam as observações

de *MOSS (1962)*, apesar das diminuições detectadas terem sido menores. *NEALES e INCOLL (1968)* fizeram uma revisão das evidências a favor da repressão da fotossíntese pelo produto final, e concluíram que a hipótese não estava de fato provada. Mais recentemente, *EVANS (1976)* admitiu que a demanda de assimilados pode ter um efeito de indução ou repressão sobre a fotossíntese, citando os resultados de um experimento conduzido por *ALLISON e WEINMANN (1970)*, que tinham verificado que a falta de polinização pode levar a um aumento de amido nas folhas, e à sua senescência precoce. De acordo com uma outra teoria, a fotossíntese seria estimulada pela produção de hormônios pelos grãos em desenvolvimento, e sua posterior translocação para as folhas. Assim é que *CRANE (1964)* sugeriu que o processo de fertilização cria um estímulo hormonal, que estabelece um alto gradiente metabólico entre o gineceu e os órgãos vegetativos, condicionando um deslocamento de carboidratos a partir destes últimos. Segundo *DAVIES et alii (1962)*, o hormônio envolvido seria o ácido indolil-3-acético, que além de estar relacionado com a dominância apical, parece ter também influência na redistribuição das reservas contidas nos tecidos mais velhos. Além do ácido indolil-3-acético, também a cinetina e o ácido 2,4-dicloro fenoxiacético parecem ter a capacidade de influenciar o movimento de metabólitos na planta, sendo que os dois últimos têm pouco efeito no transporte a longas distâncias, enquanto o primeiro é extremamente eficiente (*SETH e WAREING, 1967*). Reunindo a teoria da repressão pelo produto final e a teoria do controle hormonal, *BEEVERS (1968)* sugeriu que os reguladores de crescimento produzidos pelos depósitos estimulam o fluxo de assimilados para os mesmos, impedindo nas folhas a acumulação de carboidratos, que poderia prejudicar a fotossíntese.

### 3.3. Efeitos da esterilidade masculina

Com relação à esterilidade masculina, do tipo genético-citoplasmático, foram conduzidas várias pesquisas para verificar a sua influência na distribuição dos carboidratos na planta de milho. *CRISWELL et alii (1974)*, utilizando  $C^{14}$ , constataram que uma menor quantidade de carboidratos era distribuída nos pendões estéreis do que nos pendões férteis, e que uma maior quantidade de produtos marcados se acumulava nas espigas em desenvolvimento e nas brácteas das plantas com esterilidade masculina. Os mesmos autores sugeriram que a maior tolerância a condições desfavoráveis, apresentada pelas linhagens macho-estéreis (*DUVICK, 1958; GROGAN, 1965*), pode ocorrer, pelo menos em parte, por causa da reduzida competição para os açúcares durante o período inicial de desenvolvimento da espiga. Isto poderia ser também explicado com base na regulação hormonal, admitindo que a menor produção de auxinas pelo pendão poderia resultar tanto numa menor demanda de açúcares pelo mesmo, quanto numa menor inibição do desenvolvimento inicial da espiga, que poderia fazer mais facilmente a transição de gema axilar para depósito altamente competitivo de carboidratos (*CRISWELL et alii, 1974*).

### 3.4. Níveis de carboidratos e suscetibilidade ao acamamento

A suscetibilidade ao acamamento tem sido associada com um baixo nível de carboidratos no colmo, na época da maturidade fisiológica dos grãos, sendo que as plantas muito produtivas deslocam uma quantidade desproporcionalmente grande de produtos da fotossíntese para as espigas em formação, e uma quantidade inadequada para os tecidos que reforçam o colmo (*CAMPBELL, 1964*). Portanto, é provável, como sugeriram *DAYNARD et alii (1969)*, que a seleção visando uma melhor resistência ao acamamento tenha conduzido à obtenção de híbri

dos com um maior teor de açúcares no colmo, na época da maturidade dos grãos. Evidentemente, se este aumento não for conseguido com uma maior duração da atividade fotossintética, somente pode ser o resultado da seleção de genótipos com um menor potencial de depósito na espiga. *CAMPBELL (1964)* verificou, num experimento, que os híbridos prolíficos de alta produtividade mantinham um nível de sólidos solúveis no colmo entre 8 e 10%, enquanto os híbridos não prolíficos, de baixa produtividade, alcançavam concentrações de 12 a 14%. É interessante ressaltar que as plantas não polinizadas, em ambos os tipos de híbridos, acumularam de 15 a 17% de sólidos solúveis. *LIEBHARDT et alii (1968)*, removendo as seis folhas inferiores das plantas, observaram uma maior tendência ao acamamento, como consequência de uma desintegração do colmo e das raízes, resultante de um nível anormalmente baixo de carboidratos.

### 3.5. A percentagem de sólidos solúveis e o teor de açúcares no colmo

A maior parte do material orgânico, que se movimenta no interior das plantas, é constituído por açúcares, geralmente sacarose, e, às vezes, estachiose e rafinose. Além dos açúcares são também translocados aminoácidos, ácidos orgânicos, hormônios e esteróides. No milho, a sacarose é o principal carboidrato translocado (*LOOMIS, 1945*). A sacarose que se movimenta através do floema pode ser absorvida pelas células vizinhas e hidrolisada. Portanto, a presença de glucose e de frutose representa o resultado da hidrólise que ocorre fora do floema (*BIDDULPH, 1969*).

O refratômetro tem sido sempre o aparelho mais utilizado para medir a concentração de sólidos solúveis no caldo do colmo (*SAYRE et alii, 1931; VAN REEN e SINGLETON, 1952;*

CAMPBELL, 1964). Devido a maior dificuldade de medir as concentrações de açúcares, alguns autores têm se preocupado em estabelecer relações entre as leituras Brix e as determinações de açúcares em laboratório. Correlações de - 0,64\*\* e - 0,42\*\* foram relatadas por CARDWELL (1967)<sup>2</sup>/ para plantios precoces e tardios, respectivamente, em Iowa (EUA). As correlações negativas podem ser explicadas pelo fato que, à medida que os grãos se aproximavam da maturidade, os níveis de açúcar diminuíam, mas a umidade do colmo declinava ainda mais rapidamente, condicionando um aumento da concentração de sólidos solúveis no caldo e, portanto, uma leitura Brix mais alta. Todavia, CAMPBELL e HUME (1970) encontraram, no Canadá, uma correlação de + 0,54\*\* entre leituras Brix e açúcares totais, justificando a divergência com os dados anteriores como devida às condições ambientais, que permitiram uma secagem mais lenta do que em Iowa, e sugerindo que a correção das leituras Brix para os teores de umidade removeria os erros devidos à variabilidade das taxas de secagem do colmo. Os mesmos autores encontraram valores variando de 0,48 a 0,66 para a relação entre os teores de açúcares totais e de sólidos solúveis, como resultado da presença de proteínas, aminoácidos, ácidos orgânicos e sais. É interessante notar que a mesma relação, no fim do período de enchimento dos grãos, era bastante inferior a 0,5, sendo isto devido ao fato que, nesta época, os açúcares armazenados no colmo eram removidos mais rapidamente do que os demais sólidos solúveis. BLANCO *et alii* (1957) verificaram, em vários híbridos, uma relação de aproximadamente 70% entre açúcares totais e sólidos solúveis. Numa pesquisa conduzida por SERRA (1976), no Estado de São Paulo, foi verificado que no sorgo sacarino a mesma relação é, em média, de 70%. Este resultado concorda com as observações realizadas por pesquisadores norte-americanos (VENTRE *et alii*, 1948; COLEMAN, 1965).

---

<sup>2</sup>/ Citado por CAMPBELL e HUME (1970).

Em linhagens norte-americanas, *VAN REEN e SINGLETON* (1952) verificaram que a relação entre as concentrações de sólidos solúveis e de sacarose somente se torna linear quando a concentração de sacarose ultrapassa 1%, e que algumas linhagens apresentavam um comportamento diferente, provavelmente devido à presença de maiores quantidades de monossacarídeos ou de outros componentes, orgânicos ou inorgânicos.

### 3.6. Os açúcares do colmo e sua utilização

A utilização do colmo do milho para a obtenção de açúcares não é uma idéia nova. De fato, antes da conquista do México pelos espanhóis, os astecas produziam açúcar a partir do colmo do milho (*HARDING, 1947*)<sup>3/</sup>. *COLLIER (1884)*<sup>4/</sup> considerou o milho como uma boa fonte de açúcares, apesar de ser inferior ao sorgo, que apresentava 14 a 15% de sacarose. Em 1906, nos Estados Unidos, foi patenteado um método para aumentar o teor de açúcares no colmo do milho, pela remoção das espigas antes do amadurecimento dos grãos, afirmando-se que desta maneira a produção de açúcares poderia ser dobrada (*CLARK, 1913*)<sup>3/</sup>. Todavia, como o processo não era econômico, foi esquecido. *WILLAMAN et alii*<sup>4/</sup> (1924) estudaram intensamente a possibilidade de utilizar o caldo do colmo para a obtenção de xaropes. Removendo as espigas de plantas de milho doce, verificaram que, em alguns casos, a sacarose apresentava uma concentração no caldo de 15%. *SINGLETON (1948)* relatou que uma linhagem norte americana (C 103) apresentava um alto teor de sacarose, mesmo sendo uma boa produtora de grãos, e com um

---

<sup>3/</sup> Citado por *SINGLETON (1948)*.

<sup>4/</sup> Citado por *VAN REEN e SINGLETON (1952)*.

teor de 11,25% de açúcares totais, sendo 8,65 de sacarose e 2,60% de açúcares invertidos. Dois híbridos simples, nos quais a linhagem C 103 entrava como um dos progenitores, apresentavam um teor de açúcares muito baixo, apesar de ter um colmo grosso como aquele da linhagem comum. O autor citado concluiu que o teor de açúcares não era condicionado pelos mesmos genes responsáveis pela grossura do colmo, que se comportava como um caráter dominante, enquanto que o alto teor de açúcares agia como caráter recessivo.

Em 1957, *BLANCO et alii* publicaram os resultados de cinco anos de pesquisas conduzidas na Espanha, com o objetivo de obter híbridos com alta produção de grãos, e que apresentassem, após a colheita, plantas verdes, com um alto teor de açúcares no seu colmo. A grande maioria dos híbridos obtidos apresentava uma baixa percentagem de açúcares, quando comparados com as respectivas linhagens. Todavia, 10 dos 111 híbridos inicialmente avaliados, envolvendo três linhagens comuns, constituíram uma exceção. Os autores concluíram que estas três linhagens tinham alta capacidade de combinação para elevado teor de açúcares. O melhor dos híbridos obtidos apresentava uma produção de grãos de 13.980 kg/ha, e uma produção de açúcares totais de 2.378 kg/ha, que forneceram 1.426 litros de álcool. Nos híbridos com alto teor de açúcares no colmo, foi também constatada, uma percentagem mais elevada de proteínas nos grãos, contrariando os resultados de outras pesquisas, que mostram que a percentagem de proteínas diminui com o aumento da produção de grãos. Portanto, a presença de quantidades elevadas de açúcares no colmo cria condições favoráveis para a síntese de proteínas, sem prejuízo da produção de grãos.

Vários autores se preocuparam em investigar as vantagens de se utilizar um milho com alto teor de açúcares no colmo como forragem verde ou silagem. *BLANCO et alii (1957)*

recomendaram o uso de híbridos deste tipo para silagem. Em 1972, *MARTEN e WESTBERG* apresentaram uma revisão crítica dos resultados de várias pesquisas, conduzidas com o objetivo de determinar a vantagem de se utilizar para a alimentação animal plantas de milho sem presença de grãos, e com um teor mais elevado de açúcares no seu colmo. Concluíram que os milhos com altos teores de açúcares no colmo não apresentam de uma maneira geral, vantagens evidentes em relação aos milhos normais. E os resultados obtidos por *MARTEN e WESTBERG (1972)*, num experimento abrangendo milhos macho-estéreis e milhos normais, mostraram que, impedindo-se a formação de grãos, diminuía a eficiência das plantas como matéria-prima para alimentação animal. De fato, os dois pesquisadores verificaram que as plantas com grãos produziam 20% a mais de matéria seca do que as plantas sem grãos, e que as primeiras produziam 22 a 27% a mais de matéria seca digestível do que as segundas.

Os resultados apresentados parecem indicar a presença no milho de suficiente variabilidade genética para permitir progressos na seleção de cultivares com elevado teor de açúcares no colmo, utilizáveis na produção industrial de álcool. Considerando que a produção e o transporte de carboidratos não constituem, como foi visto, fatores limitantes, os trabalhos de seleção deveriam visar, principalmente, o aumento do potencial do colmo como órgão de armazenamento de açúcares. E, durante esta seleção, poderiam surgir novos conhecimentos, de grande utilidade para os trabalhos usuais de melhoramento de milho, e para uma melhor compreensão da origem e evolução das diferentes raças e variedades.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Material

Foram utilizadas dez cultivares de milho, abrangendo um híbrido duplo, quatro híbridos simples, com e sem esterilidade masculina do tipo genético-citoplasmático, duas variedades de porte normal, duas variedades de porte baixo (braquíticas-2), e o híbrido intervarietal entre as duas últimas, relacionados a seguir:

- H 7974 Híbrido duplo semidentado, produzido pela Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo.

- Ag CME Híbrido simples macho-estéril, com citoplasma Charrua (C).

- Ag TGE Híbrido simples normal, correspondente ao Ag CME.

- Ag IMS Híbrido simples macho-estéril, com citoplasma Charrua (C).

- Ag IGE Híbrido simples normal, correspondente ao Ag IMS.

Todos os quatro híbridos simples, antes mencionados, são dentados, e foram produzidos pela firma Agrocerec S/A.

- ESALQ VD-2 População melhorada do tipo dentado, obtida a partir de germoplasmas introduzidos do "Centro Internacional de Maíz y Trigo" (CIMMYT), predominando a raça Tuxpeño.

- ESALQ VF-1 População melhorada com grãos duros (flint), obtida a partir de germoplasmas originários de Cuba, Colombia e América Central, e de amostras de milho Cateto.

- PIRANÃO VD-2 e PIRANÃO VF-1 Cultivares de porte baixo, homozigóticas recessivas para o gene br-2 (braquíticas-2), com grãos do tipo dentado e duro, respectivamente, representando as versões braquíticas da ESALQ VD-2 e da ESALQ VF-1. Ambas se encontram, ainda, em fase de recombinação e de estabilização.

- PIRANÃO HV-2 Híbrido intervarietal, com grãos do tipo semidentado, produzido pelo cruzamento entre as duas populações braquíticas acima mencionadas.

Todas as variedades, assim como o híbrido intervarietal, foram obtidas no Instituto de Genética da ESALQ, em Piracicaba.

## 4.2. Métodos

### 4.2.1. Condução do experimento

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com duas repetições, e com parcelas subdivididas. As parcelas principais foram constituídas pelas

cultivares, sendo cada uma dividida em duas subparcelas, A e B. Nas subparcelas A, as plantas foram polinizadas livremente e produziram espigas com grãos. Nas subparcelas B, as espigas foram protegidas por saquinhos de papel, que impediram a polinização e, portanto, a produção de grãos. As subparcelas A e B correspondem, assim, aos subtratamentos com e sem produção de grãos, respectivamente. As subparcelas foram constituídas por fileiras de 15 metros. O plantio foi realizado em 6 de outubro de 1977, numa área experimental anexa ao Instituto de Genética da ESALQ, em Piracicaba. A semeadura foi feita em covas espaçadas de 20 cm, onde foi deixada, após o desbaste, apenas uma planta. As amostras foram colhidas em 5 datas: 19 de dezembro de 1977, 2, 16, 23 e 30 de janeiro de 1978, que correspondem a 73, 87, 101, 108 e 115 dias após a semeadura. Nestas cinco datas, em cada uma das fileiras foram retiradas cinco plantas competitivas. Em duas destas foi retirado, em todos os internódios, um pequeno segmento, que foi utilizado para a extração de caldo num espremedor manual. O caldo foi empregado para a determinação de sólidos solúveis, por meio de um refratômetro manual, sem correção de temperatura. A quantidade de caldo em cada amostra foi avaliada usando um sistema de notas de 1 a 5, sendo 5 a nota correspondente à maior riqueza em caldo. Na atribuição da nota foram levadas em conta a quantidade de caldo extraído e a pressão empregada. As três plantas restantes de cada amostra foram usadas para uma série de determinações físico-químicas realizadas em laboratório. Após a retirada das espigas e dos pendões, os colmos foram desfolhados, pesados e desintegrados num picador de cana com lâminas muito afiadas. O material desintegrado foi bem homogeneizado, retirando-se em seguida uma amostra de 500 gramas, que foi prensada com  $245 \text{ kg/cm}^2$  durante um minuto, numa prensa hidráulica. O caldo extraído foi recolhido num recipiente, enquanto que o material remanescente foi retirado da prensa e pesado imediatamente, obtendo-se o peso úmido ( $R_1$ ) em gramas, e, em seguida, colocado numa estu

fa com circulação forçada de ar, a 100-105°C, até peso constante, obtendo-se assim o seu peso seco (R<sub>2</sub>) em gramas:

A quantidade de caldo (C) foi calculada subtraindo-se do peso inicial da amostra (500 g) o peso do material prensado úmido (R<sub>1</sub>). A percentagem de fibras (F) foi calculada pela seguinte fórmula, de acordo com as sugestões de *STURION e FERNANDES (1975)*:

$$F\% = \frac{100 R_2 - R_1 B\% CE}{5 (100 - B\% CE)}$$

onde B% CE é o Brix em percentagem no caldo extraído, determinado numa parte do caldo não clarificado, por meio de um refratômetro.

Uma parte do caldo foi utilizada para a determinação de açúcares redutores, pelo método de *LANE-EYNON (PLA NALSUCAR, 1977)*. Uma outra parte do caldo, após clarificação, foi levada ao sacarímetro, obtendo-se a leitura correspondente (L). A percentagem de sacarose aparente (Pol) foi determinada pela seguinte fórmula (*STURION e FERNANDES, 1975*).

$$Pol\% CE = \frac{0,26 L}{d}$$

onde d é a densidade do caldo. Pol é denominada percentagem de sacarose aparente, porque a leitura L obtida representa, principalmente, a soma algébrica dos desvios da sacarose (+), da glucose (+) e da frutose (-), sendo praticamente nula a soma dos dois últimos termos.

As percentagens em relação ao peso do colmo foram determinadas pelas seguintes fórmulas (*STURION e FER NANDES, 1975*):

$$Pol \% colmo = Pol \% CE (1 - f)$$

$$Brix \% colmo = Brix \% CE (1 - f)$$

$$\text{Açúcares redutores \% colmo} = \text{açúcares redutores \% CE} (1 - f)$$

$$\text{onde } f = \frac{F\%}{100}$$

A percentagem de umidade (U%) no colmo foi calculada pela seguinte fórmula:

$$U\% = \frac{C + (R_1 - R_2)}{500} \times 100$$

As percentagens de sólidos solúveis em relação ao total de matéria seca foram determinadas pela seguinte fórmula:

$$\% \text{ sólidos solúveis/matéria seca} = \frac{\text{Brix \% colmo}}{\text{Brix \% colmo} + F \%} \times 100$$

A produção de colmos por hectare foi obtida extrapolando o peso médio de um colmo para uma população de 50.000 plantas por hectare.

Para o cálculo do rendimento em álcool, foram utilizadas fórmulas e relações normalmente empregadas para o sorgo sacarino, admitindo-se, de acordo com *SERRA (1976)*, uma eficiência de 90% para a extração de açúcares do colmo, pela moagem, e uma eficiência de 90%, também, para a transformação dos açúcares em álcool. Sabendo-se que uma tonelada de açúcares produz 650 litros de álcool etílico (*TEIXEIRA et alii, 1977*), foi calculada a produção de álcool por hectare, com base na produção de colmos desfolhados e na quantidade de açúcares por tonelada de colmos, presentes na última amostragem. A quantidade de açúcares totais foi obtida pela soma das quantidades de açúcares redutores e de sacarose aparente (pol), admitindo-se que, em milho como em sorgo, a sacarose aparente não difira significativamente da sacarose real. Antes, porém, as quantidades de sacarose foram multiplicadas por 1,05, de acordo com a fórmula de desdobramento da sacarose em monossacarídeos. Para o cálculo do rendimento em álcool, a partir do amido dos grãos, foi considerada uma produção de 340 litros por tonelada de sementes (*SERRA, 1976*).

#### 4.2.2. Análise estatística dos dados

As médias obtidas a partir das determinações, em duas plantas, das percentagens de sólidos solúveis no caldo dos internódios localizados acima e abaixo da espiga, foram utilizadas numa análise de variância, conduzida de acordo com o modelo para delineamento em blocos casualizados, com parcelas sub-sub-subdivididas. Antes da análise conjunta para as cinco amostragens, foi conduzida uma análise individual para cada amostragem, de acordo com as indicações de *STEEL e TORRIE (1960)*. As parcelas principais foram constituídas pelas cultivares, as subparcelas pela fertilização ou não da espiga (presença e ausência de grãos), as sub-subparcelas pelas cinco datas de amostragem, e as sub-sub-subparcelas pelas duas posições no colmo, acima e abaixo da espiga.

Os dados referentes às determinações realizadas em laboratório, a partir das amostras homogeneizadas provenientes de três colmos, foram analisados de acordo com o modelo para delineamento em blocos casualizados, com parcelas sub-subdivididas e duas repetições. As parcelas, subparcelas e sub-subparcelas eram constituídas como no esquema anterior, faltando apenas a subdivisão relativa às duas posições no colmo em relação à espiga. Todos os efeitos foram considerados como fixos, tendo sido usados, portanto, em todos os testes de F, os correspondentes Quadrados Médios residuais. Para as comparações entre médias foi utilizado o teste de *TUKEY*, empregando-se, para as comparações entre médias dentro de uma mesma amostragem, o Quadrado Médio residual da correspondente análise de variância individual, e, para as comparações entre médias relativas a duas diferentes amostragens, a média aritmética entre os respectivos Quadrados Médios residuais, de acordo com as sugestões de *STEEL e TORRIE (1960)*.

Para as percentagens de sólidos solúveis no caldo, e para as quantidades de sólidos solúveis (kg) no caldo extraído de uma tonelada de colmos, foi conduzida, como complementação à análise de variância, uma análise de regressão, para verificar o comportamento relativos dos subtratamentos com fertilização ou não da espiga, e calcular, através dos coeficientes de regressão, o aumento diário nas concentrações. Para tanto, seguindo o método sugerido por *SNEDECOR (1961)*, foram inicialmente isoladas, nas respectivas análises de variância, as Somas de Quadrados de Amostragens dentro de presença e ausência de fertilização, resultantes do somatório das Somas de Quadrados relativas a "amostragens" e "amostragens x fertilização". As Somas de Quadrados assim obtidas foram multiplicadas por  $r^2$  e  $(1 - r^2)$ , obtendo-se, respectivamente, as Somas de Quadrados da regressão e dos desvios da regressão. "r" é o coeficiente da correlação calculada entre as datas de amostragens, expressas em número de dias após o plantio, e as respectivas percentagens ou quantidades de sólidos solúveis.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados foram coletados num período de sete semanas, iniciando com uma amostragem realizada 73 dias após o plantio, e que coincidiu com o florescimento dos híbridos simples Ag IGE e Ag IMS, que foi seguido, três ou quatro dias depois, por aquele das demais cultivares. O início do ano agrícola 1977/78 se caracterizou por uma baixa pluviosidade, especialmente nas primeiras semanas que seguiram ao plantio do experimento, condicionando, provavelmente, um pequeno aumento na duração do ciclo até o florescimento. O desenvolvimento das plantas, e a granação das espigas não protegidas foram normais.

### 5.1. Percentagens de sólidos solúveis no caldo do colmo

As análises de variância, realizadas com os dados referentes às determinações de sólidos solúveis no caldo dos diferentes internódios, e no caldo extraído do colmo inteiro, são apresentadas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. Os resultados encontrados nos dois tipos de determinação são semelhantes, mostrando não ter havido diferença significativa entre as médias das cultivares, tendo sido, porém, altamente significativos, em média, os efeitos da fertilização (pre

sença e ausência de grãos), e das amostragens nos diferentes estágios de desenvolvimento das plantas. Os resultados apresentados na Tabela 1 permitem também verificar que, em média, a diferença entre as concentrações de sólidos solúveis acima e abaixo da espiga foi altamente significativa. Considerando as médias (tabelas 3, 4 e 5), observa-se que as determinações de sólidos solúveis, efetuadas no caldo extraído por meio de uma prensa hidráulica, apresentam em média um valor 15% mais elevado do que aquelas efetuadas com o caldo extraído por meio de um espremedor manual. Isto pode ser explicado considerando que, durante o processo de extração, as células se rompem, liberando um caldo mais ou menos rico em sólidos solúveis, de acordo com a pressão exercida. Outro aspecto, que também deve ser levado em consideração na interpretação dos resultados, é representado pela influência exercida, nas determinações das percentagens de sólidos solúveis, pelo teor de umidade, que varia bastante com a posição dos internódios ao longo do colmo, e com a idade das plantas (Figura 1).

As médias obtidas a partir das determinações de umidade no colmo inteiro, e realizadas em laboratório (Tabela 5), mostram que houve um decréscimo acentuado no teor de umidade da primeira para a segunda amostragem e, a partir desta, uma diminuição mais lenta, porém contínua, até a última amostragem. Comparando este comportamento com aquele evidenciado pelas médias relativas às avaliações visuais do caldo nos diferentes internódios (Tabela 7), verifica-se uma boa concordância, com exceção das duas últimas amostragens, que apontam um decréscimo mais acentuado no segundo tipo de determinação. As médias apresentadas na Tabela 6 mostram que, de uma maneira geral, o comportamento das várias cultivares com relação ao teor de umidade foi bastante semelhante, não havendo diferença entre os tratamentos com presença e ausência de fertilização, o que é confirmado pelos dados apresentados na Tabela 8. Na Tabela 7 verifica-se que a quantidade de caldo,

na parte do colmo situada acima da espiga, é sempre bem menor do que aquela na parte abaixo da espiga, com exceção apenas da primeira amostragem, na qual a diferença é sensivelmente menor. E, considerando a **Figura 1**, nota-se que, a partir da segunda amostragem, ocorre uma diminuição acentuada da quantidade de caldo da base do colmo para a espiga.

Estes resultados estão de acordo com aqueles encontrados por *WELTON et alii (1930)*, em duas variedades norte-americanas, e mostrando que a quantidade de água, em gramas por internódio, após alcançar um máximo na região do segundo ou terceiro internódio a partir da base, diminuía rapidamente em direção ao ápice da planta. Numa das variedades, o último internódio continha apenas 8% da quantidade de água encontrada no segundo internódio. Os mesmos autores determinaram, ainda, que nas duas variedades estudadas os quatro internódios inferiores, apesar de representar apenas um quarto do comprimento total da planta, continham cerca de 50% das quantidades totais de sólidos solúveis, fibras e água. Portanto, os resultados relativos às percentagens de sólidos solúveis no caldo dos diferentes internódios, ou do colmo inteiro, devem ser interpretados com uma certa cautela, especialmente no que diz respeito às comparações entre as duas posições no colmo em relação à espiga, e entre amostragens realizadas em diferentes épocas.

Por ocasião da primeira amostragem houve uma tendência acentuada para uma maior percentagem de sólidos solúveis no caldo contido na parte acima da espiga (Tabela 4 e Figura 2), evidenciando não ter diminuído ainda o fluxo de carboidratos para as raízes, a partir da parte inferior do colmo, não havendo também substancial translocação de carboidratos dos internódios superiores para a espiga. Na segunda amostragem, efetuada após o florescimento feminino, e, nas plantas sem proteção da espiga, após ter ocorrido a fertili

zação, verifica-se uma tendência para uma diminuição das diferenças das percentagens nas duas posições. Nesta época, não se verifica ainda diferença entre as percentagens de sólidos solúveis dos tratamentos com e sem produção de grãos (com e sem fertilização), evidenciando que ocorre, ainda, um deslocamento de carboidratos para atender o desenvolvimento do sábugo e das brácteas da espiga, que, segundo PALMER *et alii* (1973), podem funcionar como depósito de assimilados. Estes podem ser utilizados para compensar eventuais flutuações na produção de fotossintetizados, durante a fase de crescimento rápido dos grãos. A partir da terceira amostragem, aos 101 dias após o plantio, ocorre, em média, uma diferença significativa entre os tratamentos com e sem produção de grãos, sendo que estes últimos passam a apresentar percentagens mais elevadas de sólidos solúveis. Nas amostragens seguintes, as magnitudes das diferenças tendem a aumentar, assim como as percentagens de sólidos solúveis, sem mostrar, nos tratamentos sem produção de grãos e no fim do período estudado, uma tendência para estabilização ou diminuição. As análises de regressão das percentagens de sólidos solúveis no caldo dos tratamentos com e sem produção de grãos, sobre as diferentes amostragens, expressas em dias após o plantio, mostram valores altamente significativos para as regressões lineares (Tabela 9). Os tratamentos sem produção de grãos apresentam um coeficiente de regressão linear ( $b = 0,20$ ) maior que aquele dos tratamentos com presença de grãos ( $b = 0,15$ ) (Figura 3), o que é também evidenciado pela significância da interação "amostragens x fertilização" (Tabela 2).

A partir da terceira amostragem, a percentagem de sólidos solúveis no caldo da parte do colmo localizada acima da espiga se torna significativamente maior ( $P = 0,01$ ) que aquela da parte situada abaixo da espiga. Mesmo considerando a influência do teor de umidade, mais elevado na parte inferior do colmo (Figura 1), isto pode ser explicado admitindo-se

uma maior eficiência das folhas superiores, não prejudicadas pelo sombreamento, e, talvez, em estágios mais adiantados, um início de senescência das folhas inferiores, acentuada pelo período relativamente seco. Este comportamento parece ser característico do milho, diferindo daquele da cana-de-açúcar, provavelmente como consequência da diferente localização dos depósitos de assimilados.

Os resultados obtidos não permitiram detectar diferenças entre os híbridos macho-estéreis e os correspondentes macho-férteis. Isto, como foi sugerido por *GROGAN et alii* (1965) é devido provavelmente ao fato de que as plantas macho-estéreis acumulam maior quantidade de matéria seca nas espigas, por causa da falta de competição do pendão em relação aos assimilados, não havendo diferença nas outras partes da planta, como consequência da dominância fisiológica do órgão reprodutivo feminino. Uma certa evidência de que isto ocorreu nesta pesquisa, é fornecida pelas médias da primeira amostragem (Tabela 10), indicando que nos híbridos macho-estéreis Ag CME e Ag IMS não houve uma concentração de sólidos solúveis mais elevada na parte superior do colmo, em relação aos correspondentes macho-férteis Ag TGE e Ag IGE, como consequência do deslocamento de carboidratos para o pendão.

Levando em consideração a percentagem de sólidos solúveis e a avaliação do teor de umidade nos diferentes internódios, os resultados obtidos mostram, de uma maneira geral, um aumento na concentração de sólidos solúveis em direção à espiga, e a sua estabilização na parte superior do colmo, no período de desenvolvimento dos grãos. Este resultado concorda com aquele da pesquisa conduzida por *WELTON et alii* (1930) em duas variedades norte-americanas, e que mostrou, inclusive, que a quantidade de sólidos solúveis era maior nos internódios inferiores mais grossos. Isto foi confirmado pelas pesquisas de *HUME e CAMPBELL* (1972), que verificaram, tam

bém, a existência de altas correlações positivas entre as quantidades de sólidos solúveis e de açúcares totais, num internódio, com o peso seco do internódio (valores de "r" de 0,89\*\* e 0,86\*\*, respectivamente). Numa pesquisa anterior, *CAMPBELL e HUME (1970)* tinham determinado que a mais alta correlação com os níveis de açúcar no colmo era conseguida usando, para amostragem, um dos dois internódios localizados acima e abaixo da espiga. É conveniente ressaltar que *BLANCO et alii (1957)* chegaram a resultados diferentes, sugerindo que o internódio mais indicado seria o terceiro acima da espiga.

A utilização de apenas um internódio para a amostragem visando a avaliação do teor de sólidos solúveis no colmo, constitui um método muito simples e rápido para a seleção de plantas com um alto teor de açúcares no colmo. Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, pode-se sugerir o final do período de enchimento dos grãos como a época mais conveniente para a retirada de amostras. A utilização do internódio acima da espiga, para a retirada de amostras, como acima sugerido, permitiria que os grãos das plantas selecionadas completassem normalmente o seu ciclo até a colheita.

O maior aumento da concentração de sólidos solúveis, verificado nos tratamentos com proteção da espiga, evidencia a vantagem prática de se impedir de alguma maneira a produção de grãos, ou mesmo a presença da espiga, quando se visa a utilização do colmo do milho para a produção de açúcar ou de álcool.

## 5.2. Percentagens dos principais componentes do colmo em relação ao peso fresco

A determinação das percentagens de sólidos solúveis em relação ao peso fresco é influenciada não somente

pelo teor de umidade, como também pela percentagem de fibras. As curvas apresentadas na Figura 4 mostram que a percentagem de sólidos solúveis aumenta rapidamente durante as diferentes amostragens, enquanto a de umidade diminui, e a de fibras tende a aumentar nas duas últimas amostragens, após um período de estabilização, que coincidiu com o início do desenvolvimento dos grãos. A este respeito é oportuno salientar que a matéria seca do colmo pode ser agrupada em três categorias (CAMPBELL, 1964): 1) tecidos estruturais e tecido condutor, que são insolúveis na água; 2) uma fração facilmente solúvel na água, dissolvida no caldo do colmo; 3) e, talvez, uma fração insolúvel na água, composta de polissacarídeos armazenados. De acordo com WELTON *et alii* (1930) e CAMPBELL (1964), depois da fertilização não ocorre mais um aumento dos tecidos que compõem a primeira categoria, permanecendo a percentagem de fibras praticamente constante, contrariamente a quanto foi constatado nesta pesquisa. Entretanto, é provável que a discrepância seja devida à diferente metodologia usada pelos autores citados, que se basearam em determinações feitas no colmo inteiro. As Tabelas 2 e 11 mostram que as cultivares diferiram bastante entre si, com relação à percentagem de fibras, e que não houve diferença significativa entre os tratamentos com e sem produção de grãos, sugerindo não ter havido um maior aumento de tecido estrutural nas plantas sem grãos.

Com relação ao teor de umidade, as cultivares apresentaram um comportamento bastante semelhante (Tabela 6), com exceção apenas das duas variedades de porte normal e do híbrido duplo, que se caracterizaram por uma percentagem de umidade relativamente menor. Também neste caso, não houve praticamente diferença entre os tratamentos com e sem produção de grãos, confirmando as observações de CAMPBELL (1964).

### 5.2.1. Percentagens de sólidos solúveis em relação ao peso fresco do colmo

A análise de variância das percentagens de sólidos solúveis, em relação ao peso fresco do colmo, apresentou resultados semelhantes àqueles da análise para a percentagem de sólidos solúveis no caldo (Tabela 2). Todavia, comparando as médias correspondentes (Tabelas 12 e 5) constata-se a existência de algumas diferenças, provavelmente devidas à influência da percentagem de fibras nas diferentes determinações.

Sob o ponto de vista prático, o tipo de apresentação aqui considerado é de grande utilidade, por permitir um cálculo rápido das quantidades de sólidos solúveis produzidas por unidade de área, sendo suficiente multiplicar a percentagem de sólidos solúveis, em relação ao peso fresco, pela quantidade de colmos produzida. Por este motivo, na cana-de-açúcar, as percentagens de sólidos solúveis e de açúcares são apresentadas em percentagens em relação ao peso fresco. Considerando as médias de produção de colmos desfolhados, em toneladas por hectare (Tabela 13), percebe-se que as cultivares braquíticas, por causa da baixa produção de colmos, apresentam uma produção de sólidos solúveis por hectare bem inferior à das demais cultivares, mesmo tendo percentagens de sólidos solúveis (Tabela 12) que não diferem estatisticamente daquelas dos híbridos simples, por exemplo.

### 5.2.2. Percentagens de sacarose e de açúcares redutores em relação ao peso fresco do colmo

Como pode ser constatado na Tabela 14 e na Figura 4, a percentagem média de sacarose aumentou após a fertilização, durante todo o período considerado, enquanto aque

la de açúcares redutores diminuiu (Tabela 15). Resultados semelhantes foram observados por *WELTON et alii* (1930), em duas variedades norte-americanas de milho. Isto ocorre também em sorgo sacarino (*VENTRE et alii*, 1948), e pode ser facilmente explicado, considerando-se que a sacarose é o açúcar armazenado no parenquima do colmo, enquanto que os açúcares redutores são o resultado da remobilização da sacarose para fora dos vacúolos, e da sua hidrólise, produzindo monossacarídeos (*ALEXANDER*, 1973). Todavia, os resultados obtidos mostram que o aumento do teor de sacarose foi maior do que a diminuição nos açúcares redutores, condicionando um aumento contínuo da quantidade de açúcares totais, durante todo o período abrangido pela pesquisa.

Entretanto, é oportuno lembrar que a sacarose aparente (Pol), avaliada nesta pesquisa, representa, principalmente, a soma algébrica dos desvios, no polarímetro, da sacarose, da glucose e da frutose, sendo que, na cana-de-açúcar madura, os dois últimos ocorrem em quantidades aproximadamente iguais. Como consequência, na cana-de-açúcar, na época do amadurecimento e do corte, a sacarose aparente não difere sensivelmente da sacarose real, (*OLIVEIRA*, 1978).<sup>5/</sup> Em sorgo sacarino, *VENTRE et alii* (1948) verificaram em 34 variedades dos Estados Unidos que a percentagem de sacarose aparente não diferia significativamente, no final do período de amadurecimento dos grãos, da sacarose real, determinada por dois métodos diferentes de análise química. Em milho, todavia, não foi realizado ainda um estudo visando determinar a relação existente entre a sacarose real e a sacarose aparente. Na pesquisa paralela a esta, foi determinado que na variedade ESALQ VF-1, na fase de enchimento rápido dos grãos, a sacarose aparente não diferia, praticamente, da sacarose real.

---

<sup>5/</sup> *OLIVEIRA*, E.R. de. 1978. Comunicação pessoal. Departamento de Tecnologia Rural. ESALQ/USP, Piracicaba.

*VAN REEN e SINGLETON (1952)*, com base em resultados obtidos em cinco linhagens norte-americanas, sugeriram que a proporção de monossacarídeos em relação à sacarose varia bastante entre as linhagens. A escassez de dados na literatura sobre as proporções de açúcares redutores é devida, provavelmente, ao fato de que as poucas pesquisas realizadas, para determinar o teor de açúcares no colmo do milho, tinham como objetivo principal a avaliação do teor de sacarose, visando o eventual aproveitamento para a produção de açúcar.

### 5.3. Quantidade de sólidos solúveis no caldo extraído de uma tonelada de colmos

Nas tabelas 2 e 16 são apresentados, respectivamente, o resultado da análise de variância e as médias, referentes às determinações das quantidades de sólidos solúveis presentes no caldo extraído de uma tonelada de colmos. Estas avaliações foram feitas com o objetivo de contornar a influência dos teores de umidade e de fibras na comparação das cultivares. O caldo foi extraído submetendo o mesmo peso da amostra homogeneizada do colmo a uma pressão de  $245 \text{ kg/cm}^2$  durante um minuto, o que proporciona em cana-de-açúcar um rendimento de caldo aproximadamente igual àquele obtido numa moagem industrial sem embebição com água. (*STURION e FERNANDES, 1975*).

As médias apresentadas na Tabela 17 mostram que houve, em média, um decréscimo de aproximadamente 20% entre as quantidades de caldo extraídas nas épocas da primeira e da última amostragem. Verifica-se, também, que a ausência de grãos não condicionou uma maior quantidade de caldo, e que o grupo dos híbridos simples se destacou por uma maior produção de caldo. O híbrido duplo H 7974 se caracterizou por uma menor quantidade de sólidos solúveis, diferindo significativamente das demais cultivares ( $P = 0,05$ ), e apenas na quarta

e quinta amostragem ocorre uma diferença significativa ( $P=0,05$ ) entre as médias dos tratamentos com e sem produção de grãos. E, a partir da terceira amostragem (101 dias após o plantio), a quantidade de sólidos solúveis nos tratamentos com produção de grãos permaneceu praticamente constante, enquanto nos tratamentos sem produção de grãos continuou aumentando significativamente (Figura 5). É oportuno ressaltar que a diferença média entre os tratamentos com e sem grãos que era de 6,4% na terceira amostragem, e de 7,9% na quarta amostragem, passou a ser de 16% no fim do período considerado. Este maior aumento nas plantas sem presença de grãos é devido, como foi visto, exclusivamente à menor quantidade de carboidratos deslocados para a espiga. A análise de regressão das quantidades de sólidos solúveis sobre as diferentes datas de amostragens, expressas em dias após o plantio (tabela 18), mostra valores altamente significativos para as regressões lineares. Também neste caso, o coeficiente de regressão linear dos tratamentos sem produção de grãos (0,94) foi superior aquele dos tratamentos com produção de grãos ( $b = 0,65$ ) (Figura 5).

Os resultados encontrados apontam a época correspondente à última amostragem (115 dias após o plantio), como a mais indicada para o corte, e sugerem a conveniência de considerar nas pesquisas futuras um período mais longo, para determinar até quando continua o aumento do teor de sólidos solúveis nas plantas sem presença de grãos.

#### 5.4. Percentagens de sólidos solúveis em relação ao total de matéria seca

Na Tabela 19 são apresentadas as médias relativas às percentagens de sólidos solúveis em relação ao peso seco. Considerando os tratamentos com produção de grãos, verifica-se que nas cultivares ESALQ VF-1, PIRANÃO VF-1 e H 7974

houve uma tendência bastante acentuada para uma redução na percentagem de sólidos solúveis, no período de enchimento rápido dos grãos, abrangido, em parte, pelas três últimas amotragens. Isto evidencia, de acordo com as observações de *HOYT e BRADFIELD (1962)* e de *VAN EIJNATTEN (1963)*, uma remobilização dos carboidratos do colmo para atender à demanda dos grãos em desenvolvimento, como consequência, provavelmente, de uma redução na produção de fotossintetizados, devido às condições ambientais não favoráveis a um determinado genótipo, num certo estágio do desenvolvimento. É interessante notar que, das três cultivares que apresentaram uma redução na percentagem de sólidos solúveis, duas são variedades com grãos de endosperma duro (flint), e que a terceira é um híbrido duplo resultante do cruzamento entre um híbrido simples, com grãos de endosperma mole, e um híbrido simples com grãos de endosperma duro. As causas deste comportamento poderiam, talvez, ser procuradas na evolução e no cultivo, que parecem ter moldado, nos milhos de endosperma duro, genótipos com uma maior dependência das reservas do colmo, aliada, provavelmente, a uma menor eficiência fotossintética, relacionada a um certo tipo de regulação entre fonte e depósito.

As demais cultivares, entretanto, mostraram, com relação à percentagem de sólidos solúveis, uma tendência para a estabilização, ou mesmo para um aumento, sugerindo que nestes casos não houve uma redução na atividade fotossintética, e que o potencial de depósito representado pelos grãos não excedia a produção de fotossintetizados durante o período de enchimento dos grãos. *DAYNARD et alii (1969)* investigaram a hipótese que uma baixa produção de grãos, devido a uma reduzida capacidade de depósito da espiga, não deveria condicionar uma remobilização dos carboidratos solúveis do colmo. Entretanto, verificaram que mesmo no híbrido de menor produtividade de grãos havia uma redução no teor de carboidratos, da mesma magnitude daquela ocorrida no híbrido de alta produ

tividade. Todavia, existe bastante discrepância entre estes resultados e aqueles obtidos por outros pesquisadores (*SAYRE, 1948 e HANWAY, 1968*), sugerindo que as variações nas percentagens de sólidos solúveis devem estar relacionadas com diferenças entre a capacidade fotossintética das plantas e a capacidade de depósito da espiga, geneticamente determinadas. Também as condições ambientais devem ter bastante influência, uma vez que cultivares, no mesmo nível de produtividade de grãos, apresentaram variações com relação à percentagem da relação sólidos solúveis/matéria seca.

Como era esperado, a percentagem de sólidos solúveis, em relação ao total de matéria seca, nos tratamentos sem produção de grãos, aumentou após o florescimento, durante todo o período considerado na pesquisa. A ocorrência de diferenças elevadas entre as percentagens de sólidos solúveis dos tratamentos com e sem produção de grãos, em cultivares de produtividade elevada, como o híbrido duplo H 7974 e os híbridos simples Ag CME e Ag TGE, sugerem a existência de um grande potencial de depósito nos grãos e, no caso dos híbridos simples, também de uma intensa produção de fotossintetizados. Já no caso da cultivar ESALQ VF-1, a diferença elevada parece indicar uma maior dependência das reservas acumuladas no colmo, relacionada a uma menor produção de fotossintetizados, e a um menor potencial de depósito nos grãos, uma vez que se trata de uma cultivar com uma menor produção de grãos (*PATERNIANI et alii, 1977*).

##### 5.5. Análise dos resultados nos diferentes grupos de cultivares

Após ter apresentado e discutido de uma maneira geral os resultados obtidos, é oportuno passar a analisar as principais características dos diferentes grupos, para ve

rificar o potencial de cada um, num trabalho de seleção visando ao aumento da quantidade de açúcares no colmo.

#### 5.5.1. Híbrido duplo

O único híbrido duplo utilizado na pesquisa foi o H 7974, considerado, há muitos anos, como um dos melhores entre aqueles plantados em grande escala em muitos estados brasileiros. Este híbrido, comparado com as demais cultivares, se caracterizou por uma tendência para uma menor percentagem de umidade e de sólidos solúveis em relação ao peso fresco do colmo, e para uma menor quantidade de caldo, relacionada com uma percentagem de fibras superior à média de todas as cultivares, e comparável apenas àquela das duas variedades de porte normal. Em consequência, a quantidade de sólidos solúveis, presentes no caldo extraído de uma tonelada de colmos, foi bastante inferior à média de todas as cultivares. (Tabela 16). Entretanto, a relação açúcares totais/sólidos solúveis (Tabela 13) foi relativamente elevada. A análise das médias, relativas às percentagens da relação sólidos solúveis/matéria seca (Tabela 19), sugere a presença de um grande potencial de depósito de assimilados nos grãos, superior à produção de fotossintetizados no período de enchimento dos grãos, e exigindo, portanto, o deslocamento para a espiga de parte dos carboidratos armazenadas no colmo.

#### 5.5.2. Híbridos simples

O comportamento dos dois híbridos simples Ag TGE e Ag IGE e dos seus respectivos correspondentes macho-estéreis, Ag CME e Ag IMS, foi, de uma maneira geral, bastante semelhante. De fato, todos se caracterizaram por uma percentagem de sólidos solúveis e de umidade superior à média de

todas as cultivares, e, ainda, por uma baixa percentagem de fibras. A quantidade de sólidos solúveis, presentes no caldo extraído de uma tonelada de colmos, foi, nestes híbridos, a mais elevada entre os diferentes grupos de cultivares considerados na pesquisa. (Tabela 16).

A principal diferença entre os híbridos simples ocorreu com a percentagem de sólidos solúveis em relação à matéria seca do colmo, sendo caracterizada por um decréscimo, no final do período considerado, no híbrido Ag TGE e no seu correspondente macho-estéril Ag CME. (Tabela 19). O híbrido Ag IGE não apresentou este comportamento, mostrando inclusive uma tendência para aumento da percentagem de sólidos solúveis no colmo, na época da última amostragem. Provavelmente, isto está correlacionado com um maior potencial da espiga como depósito, nos híbridos Ag TGE e Ag CME. Os dados coletados não permitiram detectar diferenças apreciáveis entre os tipos macho-férteis e macho-estéreis.

Sem dúvida, os quatro híbridos simples constituem o grupo mais promissor, entre aqueles estudados, para o objetivo de obtenção de açúcares do colmo para a produção de álcool. Seria interessante, em pesquisas futuras, relacionar o alto teor de sólidos solúveis, encontrado neste grupo, com outras características, como, por exemplo, a produção de grãos, a adaptação a vários ambientes e a resistência ao acamamento.

### 5.5.3. Variedades de porte normal

Uma grande parte das diferenças encontradas entre as duas variedades ESALQ VD-2 e ESALQ VF-1, com relação à percentagem de sólidos solúveis, pode ser atribuída ao maior teor de fibras e ao menor teor de umidade, verificados na variedade ESALQ VF-1. Com relação à produção de sólidos solú-

veis no caldo extraído de uma tonelada de colmos (Tabela 16), a variedade ESALQ VF-1 se caracterizou por uma produção significativamente mais elevada ( $P = 0,05$ ) do que aquela da variedade ESALQ VD-2, nas plantas sem presença de grãos, nas duas últimas amostragens. Analisando as médias relativas às percentagens de sólidos solúveis em relação ao peso fresco do colmo (Tabela 12), e ao total de matéria seca (Tabela 19), chega-se à conclusão de que este comportamento da variedade ESALQ VF-1 pode ser atribuído a uma maior capacidade do seu colmo de armazenar carboidratos. Entretanto, nesta pesquisa, a variedade de grãos duros (flint) apresentou uma produção de colmos por hectare bem inferior àquela das demais cultivares, com exceção das braquíticas (Tabela 13). E, também, a relação açúcares totais/sólidos solúveis foi, nesta variedade, a mais baixa entre as cultivares de porte normal, nos tratamentos com produção de grãos, apesar de ser uma das mais elevadas nos tratamentos sem produção de grãos. Numa outra pesquisa, seria interessante confirmar este comportamento diferente da variedade ESALQ VF-1, procurando determinar as causas.

#### 5.5.4. Cultivares de porte baixo (braquíticas-2)

As três cultivares homozigóticas para o gene recessivo br-2, não apresentaram diferenças significativas quanto à percentagem de sólidos solúveis, não diferindo, ainda, apreciavelmente nos teores de umidade e de fibras. Nos tratamentos com produção de grãos, as três cultivares apresentaram, no período de enchimento dos grãos, uma estabilização na proporção de sólidos solúveis em relação ao total de matéria seca (Tabela 19). Nos tratamentos sem produção de grãos, as cultivares PIRANÃO VF-1 e PIRANÃO HV-2 se caracterizaram por uma tendência para um maior aumento no teor de sólidos solúveis, no final do período considerado (Tabela 12). É interessante relacionar este comportamento da cultivar braquítica

de grãos duros (flint) com aquele semelhante da variedade de porte normal, também de grãos duros.

Todas as cultivares braquíticas apresentaram uma relação açúcares totais/sólidos solúveis muito inferior à das cultivares de porte normal (Tabela 13). Seria oportuno, em trabalhos futuros, investigar as causas deste comportamento, não explicável com os dados obtidos nesta pesquisa.

#### 5.6. Considerações sobre o potencial para produção de álcool

Aparentemente, com base na bibliografia disponível, a única pesquisa, conduzida com o objetivo de verificar o potencial do colmo do milho para a produção de álcool, é aquela realizada por *BLANCO et alii (1957)*, na Espanha. Nesta pesquisa, procurou-se obter cultivares de milho que servissem ao mesmo tempo para a produção de grãos e de álcool. Entretanto, em sorgo sacarino existem muitos trabalhos relacionados com a produção de álcool, sendo que alguns foram conduzidos recentemente aqui no Brasil (*SERRA, 1976*).

Na tabela 13, são apresentadas as produções de álcool das várias cultivares por hectare, calculadas de acordo com as sugestões de *SERRA (1976)* e de *TEIXEIRA et alii (1977)*, e com base na produção de colmos desfolhados, e na quantidade de açúcares por tonelada de colmos, avaliadas na última amostragem. As percentagens de açúcares totais em relação aos sólidos solúveis apresentaram uma média de 80%, nas cultivares de porte normal (Tabela 13). A discrepância com as relações encontradas em outras pesquisas (*BLANCO et alii, 1957; HUME e CAMPBELL, 1972*) pode ser explicada não somente com base nas diferenças genéticas dos materiais empregados, mas também pelo fato de ter sido avaliada, nesta pes

quisa, a sacarose aparente (Pol), que talvez não coincide exatamente com a sacarose real, em todos os estágios de desenvolvimento da planta. Outro aspecto que deve ser levado em consideração é que os cálculos foram baseados na produção de colmos desfolhados obtida na população de 50.000 plantas por hectare, usada nesta pesquisa. Entretanto, há evidências na literatura que o total de matéria seca produzida pode ser aumentado, utilizando populações de até 88.000 plantas por hectare (RUTGER e CROWDER, 1967; LUTZ e JONES, 1969), sem que o sombreamento excessivo prejudique a capacidade dos colmos de armazenar açúcares (MOSS e STINSON, 1961). Por este motivo, foi também calculado o rendimento em álcool com base numa produção de 32,5 toneladas por hectare, equivalente à do sorgo (Tabela 20).

Considerando as médias apresentadas na Tabela 13, verifica-se que os maiores rendimentos em álcool foram obtidos com os híbridos simples e com a variedade ESALQ VD-2. Na Tabela 20, os rendimentos em álcool da cana-de-açúcar, da mandioca e do sorgo são comparados com aqueles obtidos nesta pesquisa com os híbridos simples Ag IMS e Ag IGE, e que foram de 1384 e 1264 litros por hectare, para a produção de colmos constatada, e de 1933 e 1810 litros por hectare, respectivamente, para uma produção de 32,5 toneladas por hectare, que pode ser obtida em milho (BLANCO et alii, 1957). O rendimento apresentado para o híbrido Ag IGE foi obtido no tratamento com polinização da espiga, numa fase bem próxima à da maturidade fisiológica dos grãos. Isto sugere que seria viável um programa de melhoramento visando obter álcool a partir do amido dos grãos e dos açúcares do colmo. Portanto, na Tabela 20, foi incluído o rendimento em álcool obtido a partir dos grãos, admitindo-se uma produção de 340 litros por tonelada de sementes (SERRA, 1976).

### 5.7. Sugestões para futuros trabalhos de melhoramento visando o aumento do teor de açúcares no colmo do milho

As médias apresentadas na Tabela 13 mostram que, em algumas das cultivares estudadas, o potencial para produção de álcool pode ser considerado como bastante promissor, principalmente pelo fato de que as cultivares não sofreram nenhuma seleção neste sentido.

Para a produção de álcool a partir dos açúcares do colmo do milho, existem duas opções, sendo que a primeira seria a obtenção de um híbrido macho-estéril, sem genes restauradores de fertilidade, visando aproveitar a ausência de deslocamento de carboidratos para a espiga, como uma maneira de aumentar ainda mais o teor de açúcares no colmo. A segunda alternativa seria a obtenção de um híbrido, ou variedade, que além de apresentar uma alta concentração de açúcares no colmo, tivesse também uma elevada produção de grãos, permanecendo a planta no estado verde na época da colheita da espiga. Os resultados obtidos por *BLANCO et alii na Espanha (1957)* sugerem que há boas possibilidades para um melhoramento neste sentido. Entretanto, algumas considerações de ordem prática apontam a primeira alternativa como mais interessante para as condições brasileiras atuais. De fato, um milho sem presença de grãos e com alto teor de açúcares no colmo poderia ser utilizado para a produção de álcool, sendo industrializado sem muitos problemas pelas usinas de açúcar, na época de entressafra, aproveitando as instalações já existentes. Considerando o ciclo do milho, haveria possibilidade, em certas regiões, de se obter duas safras por ano agrícola.

Portanto, o objetivo de um trabalho de melhoramento seria, de preferência, a obtenção de um híbrido com esterilidade masculina, e sem genes restauradores. Nos trabalhos de seleção, dever-se-ia ter presente que a herança do

caráter "alto teor de açúcares no colmo" é do tipo recessivo (VAN REEN e SINGLETON, 1952), e que ocorre complementação heterótica no cruzamento entre linhagens (BLANCO et alii, 1957). Portanto, as linhagens selecionadas seriam, logo no início ( $S_1$  ou  $S_2$ ), cruzadas com um dos híbridos macho-estéreis usados nesta pesquisa, avaliando, ao mesmo tempo, a capacidade geral de combinação e a ausência de genes restauradores de fertilidade. Desta maneira, poderia ser obtido inicialmente, com relativa facilidade, um híbrido triplo que apresentasse uma concentração mais elevada de açúcares no colmo. Para a produção de um híbrido duplo, os métodos seriam fundamentalmente os mesmos, havendo porém necessidade de se avaliar as linhagens para capacidade específica de combinação, assim como os híbridos simples obtidos, em cruzamentos entre si. A técnica de manutenção das linhagens e os cuidados necessários seriam idênticos àqueles utilizados, normalmente, na produção de híbridos duplos comerciais. A seleção das linhagens no campo seria feita com base nas leituras no refratômetro, no caldo extraído no internódio acima da espiga, aproximadamente cinco semanas após a fertilização. Na escolha final dos híbridos obtidos, deviam ser levadas em consideração a produção de colmos por hectare, a quantidade de caldo e a quantidade de açúcares totais por tonelada de colmos.

Inicialmente, antes da seleção das linhagens, seria oportuno investigar, nos materiais a serem utilizados, a variação nas percentagens de sólidos solúveis em várias densidades de plantio, com o objetivo de determinar a população ideal de plantas por hectare, a ser usada durante a seleção e nos plantios comerciais. Deveriam, também, ser determinados a correlação existente entre as percentagens de sólidos solúveis (leituras Brix) e a quantidade de açúcares totais, e o efeito da ausência de grãos. E, ainda, seria oportuno aumentar a probabilidade de extrair melhores linhagens, utilizando alguns dos métodos normalmente empregados no me

lhoramento de populações de milho para produção de grãos. O mais simples seria, evidentemente, o método de seleção massal, que seria conduzida com base nas concentrações de sólidos solúveis, determinadas no internódio acima da espiga no fim da época de enchimento dos grãos, que poderiam completar o seu amadurecimento, apesar da retirada da parte superior da planta. Outro método simples de seleção que poderia ser aplicado seria aquele da seleção recorrente, baseada no comportamento de progênies de autofecundação, ou resultantes do cruzamento com um testador.

## 6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram chegar às seguintes conclusões:

1) Num trabalho de seleção para alto teor de açúcares no colmo, as amostras devem ser retiradas de preferência num dos dois internódios localizados acima ou abaixo da espiga. A amostragem feita no internódio acima da espiga, no final do período de enchimento dos grãos, teria a vantagem de permitir a colheita e a utilização das espigas das plantas selecionadas.

2) A ausência de grãos condicionou um maior aumento na quantidade de sólidos solúveis no colmo, evidente a partir da quarta semana após a fertilização. Na média das cultivares utilizadas, e no final do período considerado, este aumento foi 16% superior àquele observado na presença de grãos. Entretanto, a ausência de grãos não parece ter influência sobre a quantidade de caldo e a percentagem de fibras.

3) As cultivares com grãos de endosperma duro (flint) ou semiduro se caracterizaram por uma maior dependência das reservas de carboidratos de colmo, durante o período de enchimento dos grãos.

4) Não foram detectadas, em média, diferenças entre os híbridos macho-estéreis e os correspondentes macho-férteis, com relação às características estudadas.

5) A percentagem de sacarose aumentou após a fertilização, enquanto aquela de açúcares redutores diminuiu. Entretanto o aumento do teor de sacarose foi maior do que a diminuição nos açúcares redutores, acarretando um aumento contínuo da quantidade de açúcares totais.

6) As cultivares de porte normal apresentaram uma relação açúcares totais/sólidos solúveis 13% superior àque la das cultivares de porte baixo, homozigóticas recessivas para o gene br-2.

7) As três cultivares braquíticas empregadas na pesquisa se caracterizaram por uma baixa produção de colmos por hectare, e por uma quantidade de caldo inferior à média de todas as cultivares.

8) Os quatro híbridos simples utilizados na pesquisa constituíram o grupo mais promissor, para o objetivo de aproveitar os açúcares do colmo para a produção de álcool. Todos, de uma maneira geral, se caracterizaram por elevadas quantidades de açúcares totais e de caldo, e por baixas percentagens de fibras.

9) O rendimento em álcool, das cultivares com maiores concentrações de açúcares e produções de colmos por hectare, pode ser considerado como promissor, quando comparado com aqueles da cana-de-açúcar, da mandioca e do sorgo sacarino, e considerando que os milhos empregados no presente estudo não foram selecionados para alto teor de açúcares no colmo.

## 7. SUMMARY

A research was carried out to study sugar content in the stalks of maize, as a guide to a possible breeding work to select for higher sugar content. Cultivars with high sucrose content in the stalks could be used for alcohol production. Ten cultivars were evaluated: one double cross, four single crosses, being two of which male sterile, two open-pollinated varieties, two brachytic open-pollinated varieties and the intervarietal cross of the brachytic materials. A randomized block design with split-split-plots with two replications was carried out in Piracicaba, during the 1977-78 season. Cultivars represented main plots, which were divided in two sub-plots A and B. In sub-plot A the plants were open pollinated and produced grains. In sub-plot B the shoots were covered to avoid pollination and did not produce seeds. In each sub-plot five plant samples were taken in five successive periods that represented the sub-sub-plots: 73, 87, 101, 108 and 115 days after planting. For each sample, two plants were evaluated for soluble solids, according to the Brix value, and juice content, which was evaluated visually in five classes (1 very poor, to 5 very juicy). The three remaining plants were used for the following evaluations: percent of solids extracted from the whole stalk, percent of fiber, of

humidity, of sucrose, of reducing sugars, and production of leafless stalks, of juice and of alcohol per hectare.

Plants in which the pollination was prevented, and consequentially did not produce seeds, showed an increase of soluble solids of 18% over the plants that produced seeds ordinarily. The percentage of sucrose increased after fertilization, while the percentage of reducing sugars decreased. Since the increase of sucrose is higher than the decrease of the reducing sugars, there is an overall increase in total amount of sugars. The rate of total sugars/soluble solids was 13% greater in the cultivars of normal plant height than in the brachytic ones. The four single crosses had the highest values of total sugars, juice, leafless stalks per hectare, and were therefore the most promising ones for alcohol production.

The expected alcohol production of the best cultivars can be considered quite reasonable when compared to sugarcane and sweet sorghum, taking into account that the maize materials were not selected for sucrose content in the stalks. There is evidence that a significant genetic improvement can be obtained in sugar content in the stalks through a proper breeding work.

## 8. LITERATURA CITADA

ALEXANDER, A.G., 1973. Sugarcane physiology. Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing. 752 p.

ALLISON, J.C.S. e D.J. WATSON, 1966. The production and distribution of dry matter in maize after flowering. Ann. Bot. Oxford, 30: 365-381.

ALLISON, J.C.S. e H. WEINMANN, 1970. Effect of absence of developing grain on carbohydrate content and senescence of maize leaves. Plant Physiol. Lancaster, 46: 435-436.

BEEVERS, H., 1969. Metabolic sinks. In: EASTIN, J.D., E.A. HASKINS, C.Y. SULLIVAN e C.H.M. VAN BAVEL, ed. Physiological aspects of crop yield. Madison, Am. Soc. Agron. p. 143-167.

BIDDULPH, O., 1959. Mechanisms of translocation of plant metabolites. In: EASTIN, J.D., E.A. HASKINS, C.Y. SULLIVAN e C.H.M. VAN BAVEL, ed. Physiological aspects of crop yield. Madison, Am. Soc. Agron., p. 169-184.

- BLANCO GONZALES, M., J.L. BLANCO GONZALES e A. SALEMA VEI GUINHA, 1957. Obtención de híbridos de maíz de tallo azucarado, de doble aprovechamiento - grano y planta - y estudio comparativo de su valor industrial, agrícola y económico. Genetica Iberica. Madrid, 9: 1-102.
- BÖGER, P., 1976. Crop productivity in the light of basic photosynthesis research. Plant Research and Development. Tübingen, 3: 60-76.
- BREVEDAN, E.R. e H.F. HODGES, 1973. Effects of moisture deficits on  $^{14}\text{C}$  translocation in corn. Plant Physiol. Lancaster, 52: 436-439.
- CAMPBELL, C.M., 1964. Influence of seed formation of corn on accumulation of vegetative dry matter and stalk strength. Crop Sci. Madison, 4: 31-34.
- CAMPBELL, D.K. e D.J. HUME, 1970. Evaluation of a rapid technique for measuring soluble solids in corn stalks. Crop Sci. Madison, 10: 625-626.
- COLEMAN, O.H., 1975. Jarabe y azúcar de sorgo dulce. In: WALL, J.S. e W.M. ROSS, ed. Producción y usos del sorgo. Buenos Aires, Emisferio Sur, p. 237-250.
- CRANE, J.C., 1964. Growth substances in fruit setting and development. Annu. Rev. Plant Physiol. Palo Alto, 15: 303-326.
- CRISWELL, J.G., D.J. HUME e J.W. TANNER, 1974. Effect of cytoplasmic male sterility on accumulation and translocation of  $\text{C}^{14}$ -labelled assimilates of corn. Crop Sci. Madison, 14: 252-254.

- DAVIES, C.R., H. JONES e P.F. WAREING, 1962. Effect of indolyl-3-acetic acid on the movement of nutrients within plants. Nature. London, 194: 204-205.
- DAYNARD, T.B., J.W. TANNER e D.J. HUME, 1969. Contribution of stalk soluble carbohydrate to grain yield in corn. Crop Sci. Madison, 9:
- DUNCAN, W.G., 1976. Maize. In: EVANS, L.T., ed. Crop physiology, some case histories. Cambridge, University Press, p. 23-50.
- DUNCAN, W.G., A.C. HATFIELD e J.C. RAGLAND, 1965. The growth and yield of corn. II. Daily growth of corn kernels. Agron. J. Madison, 57: 221-223.
- DUVICK, D.N., 1958. Yield and other agronomic characteristics of cytoplasmally pollen sterile corn hybrids, compared to their normal counter-parts. Agron. J. Madison, 50: 121-125.
- EASTIN, J.A., 1969. Carbon-14 labeled photosynthate distribution in corn, in relation to leaf position and leaf function. Proc. Annu. Corn Sorghum Res. Conf. Washington, 24: 81-89.
- EVANS, L.T., 1976. The physiological basis of crop yield. In: EVANS, L.T., ed. Crop physiology, some case histories. Cambridge, University Press, p. 327-355.
- EVANS, L.T. e I.F. WARDLAW, 1976. Aspects of the comparative physiology in cereals. Adv. Agron. New York, 28: 301-359.
- GOLDSWORTHY, P.R. e M. COLEGRAVE, 1974. Growth and yield of highland maize in Mexico. J. Agric. Sci. Cambridge, 83: 213-221.

- GOLDSWORTHY, P.R., A.F.E. PALMER e D.W. SPERLING, 1974. Growth and yield of lowland tropical maize in Mexico. J. Agric. Sci. Cambridge, 83: 223-230.
- GROGAN, C.O., PATRICIA SARVELLA, J.O. SANFORD e H.V. JORDAN, 1965. Influence of cytoplasmic male sterility on dry matter accumulation in maize. Crop Sci. Madison, 5: 365-367.
- HALLAUER, A.R. e W.A. RUSSELL, 1962. Estimates of maturity and its inheritance in maize. Crop Sci. Madison, 2: 289-294.
- HANWAY, J.J., 1962. Corn growth and composition in relation to soil fertility. I. Growth of different plant parts and relation between leaf weight and grain yield. Agron. J. Madison, 54: 145-148.
- HOFSTRA, G. e C.D. NELSON, 1969. The translocation of photosynthetically assimilated C<sup>14</sup> in corn. Can. J. Bot. Ottawa, 47: 1435-1442.
- HOYT, P. e R. BRADFIELD, 1962. Effect of varying leaf area by partial defoliation and plant density on dry matter production in corn. Agron. J. 54: 523-525.
- HUME, D.J. e D.K. CAMPBELL, 1972. Accumulation and translocation of soluble solids in corn stalks. Can. J. Plant Sci. Ottawa, 52: 363-368.
- JOHNSON, D.R. e J.W. TANNER, 1972. Calculation of the rate and duration of grain filling in corn. Crop Sci. Madison, 12: 485-486.

- KIESSELBACH, T.A., 1948. Endosperm type as a physiologic factor in corn yields. J. Am. Soc. Agron. Washington, 40: 216-236.
- LIEBHARDT, W.C., P.J. STANGEL e T.J. MURDOCK, 1968. A mechanism for premature parenchyma breakdown in corn. Agron. J. Madison, 60: 496-499.
- LOOMIS, W.E., 1945. Translocation of carbohydrate in maize. Science. Washington, 101: 398-400.
- LUTZ, J.A. e G.D. JONES, 1969. Effect of corn hybrids, row spacing and plant population on the yield of corn silage. Agron. J. Madison, 61: 942-945.
- MANGELSDORF, P.C., 1966. Genetic potentials for increasing yields of food crops and animals. In: Prospects of world food supply. Washington, Natl. Acad. Sci. p. 66-71.
- MARTEN, G.C. e P.M. WESTERBERG, 1972. Maize fodder- influence of barrenness on yield and quality. Crop Sci. Madison, 12: 367-369.
- McPHERSON, H.G. e J.S. BOYER, 1977. Regulation of grain yield by photosynthesis in maize subjected to a water deficiency. Agron. J. Madison, 69: 713-718.
- MORTIMORE, C.G. e G.M. WARD, 1964. Root and stalk rot of corn in South-western Ontario. III. Sugar levels as a measure of plant vigor and resistance. Can. J. Plant Sci. Ottawa, 44: 451-457.
- MOSS, D.N., 1962. Photosynthesis and barrenness. Crop Sci. Madison, 2: 366-367.

- MOSS, D.N. e H.T. STINSON, 1961. Differential response of corn hybrids to shade. Crop Sci. Madison, 1: 416-418.
- MOSS, D.N. e D.E. FEASLEE, 1965. Photosynthesis of maize leaves as affected by age and nutrient status. Crop Sci. Madison, 5: 280-281.
- NEALES, T.F. e L.D. INCOLL, 1968. The control of leaf photosynthesis rate by the level of assimilate concentration in the leaf: a review of the hypothesis. Bot. Rev. New York, 34: 107-125.
- PALMER, A.F.E., G.H. HEICHEL e R.B. MUSGRAVE, 1973. Patterns of translocation, respiratory loss and redistribution of  $^{14}\text{C}$  in maize labeled after flowering. Crop Sci. Madison, 13: 371-376.
- PATERNIANI, E., J.R. ZINSLY e J.B. MIRANDA FILHO, 1977. Populações melhoradas de milho obtidas pelo Instituto de Genética. In: Relatório Científico do Instituto de Genética, ESALQ/USP. Piracicaba, nº 11, p. 108-114.
- PENDLETON, J.W. e J.J. HAMMOND, 1969. Relative photosynthesis potential for grain yield of various leaf canopy levels of corn. Agron. J. Madison, 61: 911-913.
- PLANALSUCAR, 1977. Considerações gerais e metodologia da análise de cana-de-açúcar adotada nos centros de análise do Planalsucar. Araras. 8 p.
- RUTGER, J.N. e L.J. CROWDER, 1967. Effects of high plant density on silage and grain yield of six corn hybrids. Crop Sci. Madison, 7: 182-184.

- SAYRE, J.D., 1948.* Mineral accumulation in the corn plant. Plant Physiol. Lancaster, 23: 267-281.
- SAYRE, J.D., V.H. MORRIS e F.D. RICHEY, 1931.* The effect of preventing fruiting and of reducing the leaf area on the accumulation of sugars in the corn stem. J. Am. Soc. Agron. Madison, 23: 751-753.
- SERRA, G.E. 1976.* Algumas considerações sobre as possibilidades de matérias primas para a produção de álcool etílico. Bras. Açuc. S. Paulo, 87: 44-51.
- SETH, A.K. e P.F. WAREING, 1967.* Hormone-directed transport of metabolites and its possible role in plant senescence. J. Exp. Bot. Oxford, 18: 65-77.
- SHAW, R.H. e H.C.S. THOM, 1951.* On the phenology of field corn, silking to maturity. Agron. J. Madison, 43: 541-546.
- SINGLETON, W.R., 1948.* Sucrose in the stalks of maize inbreds. Science. Washington, 107: 174.
- SNEDECOR, G.W., 1961.* Statistical methods. 5ª ed. Ames, Iowa State University Press. 563 p.
- STEEL, R.G.D. e J.H. TORRIE, 1960.* Principles and procedures of statistics. New York, McGraw Hill. 481 p.
- STURION, A.C. e A.C. FERNANDES, 1975.* Pagamento da cana-de-açúcar pelo teor de sacarose. In: III Seminário Copersucar da Agro-Indústria Açucareira. Anais. S.Paulo, p. 79-103.

- TEIXEIRA, C.G., M.J. PURCHIO, T.J.B. MENEZES, A.M. SALES, P.R. DE LAMO e T. ARAKAKI, 1977. Produção de álcool etílico de sorgo sacarino. Campinas, Instituto de Tecnologia de Alimentos. 6 p.
- TOLLENAAR, M., 1977. Sink-source relationships during reproductive development in maize. A review. Maydica. Bergamo, 22: 49-75.
- TRIPATHY, P.C., J.A. EASTIN e L.E. SCHRADER, 1972. A comparison of C<sup>14</sup> labeled photosynthate export from two leaf positions in a corn canopy. Crop Sci. Madison, 12: 485-497.
- VAN EIJNATTEN, C.L.M., 1963. A study of the development of two varieties of maize at Ibadan, Nigeria. J. Agr. Sci. Cambridge, 61: 65-73.
- VAN REEN, R. e W.R. SINGLETON, 1952. Sucrose content in the stalks of maize inbreds. Agron. J. Madison, 44: 610-614.
- VENTRE, E.K., S. BYALL e J.L. CATLETT, 1948. Sucrose, dextrose and levulose content of some domestic varieties of sorgo at different stages of maturity. J. Agric. Res. Washington, 76: 145-151.
- VERDUIN, J. e W.E. LOOMIS, 1944. Absorption of CO<sub>2</sub> by maize. Plant Physiol. Lancaster, 19: 278-293.
- WELTON, F.A., V.H. MORRIS e A.J. HARTSELER, 1930. Distribution of moisture, dry matter and sugars in the maturing corn stem. Plant Physiol. Lancaster, 5: 555-564.

WILLIAMS, W.A., R.S. LOOMIS, W.G. DUNCAN, A. DOVRAT, F. NUNEZ  
A., 1968. Canopy architecture at various population den-  
sities and the growth and grain yield of corn. Crop Sci.  
Madison, 8: 303-308.

## APÊNDICE

TABELA 1 - Análises da variância para as percentagens de sólidos solúveis no caldo, relativas às médias das determinações realizadas nos vários internódios, acima e abaixo da espiga. Extração com espremedor manual. Piracicaba, 1977/78.

F.V.	G.L.	Q.M.	
Repetições	1	30,2925**	
Cultivares	9	3,7113	
Resíduo (a)	9	3,3622	
Fertilização	1	75,3684**	
Cultivares x Fertilização	9	3,5646	
Resíduo (b)	10	2,8262	
Amostragens	4	566,3941**	
Amostragens x Cultivares	36	2,9126	
Amostragens x Fertilização	4	32,8368**	
Amostragens x Fertilização x Cultivares	36	3,0444	
Resíduo (c)	80	2,7715	
Posições	1	70,5852**	
Posições x Cultivares	9	0,3660	
Posições x Fertilização	1	1,8976*	
Posições x Amostragens	4	10,1090**	
Posições x Cultivares x Fertilização	9	0,8920*	
Posições x Cultivares x Amostragens	36	0,7228*	
Posições x Fertilização x Amostragens	4	1,0504**	
Posições x Cultivares x Fertilização x Amostragens	36	0,3667	
Resíduo (d)	100	0,4095	
TOTAL	399		
CV (a) = 18,91%	CV (b) = 17,33%	CV (c) = 17,16%	CV (d) = 6,60%

\*Significativo pelo teste de F (P=5%)

\*\*Significativo pelo teste de F (P=1%)

TABELA 2 - Análises de variância para as percentagens de sólidos solúveis no caldo (SS% caldo) e em relação ao peso fresco do colmo (SS% colmo), para as quantidades de sólidos solúveis presentes no caldo extraído de uma tonelada de colmos (SS% Kg/t) e para as percentagens de fibras (Fibra%). Extração com prensa hidráulica. Piracicaba, 1977/78.

F.V.		Quadrados Médios			
		SS% Caldo	SS % Colmo	SS Kg/t	Fibra%
Repetições	1	7,65	6,56	110,88	1,58
Cultivares (C)	9	2,51	2,90	208,70*	66,99**
Resíduo (a)	9	3,09	2,15	57,00	3,26
Fertilização (F)	1	23,60*	20,25**	916,64**	16,23*
C x F	9	1,00	0,64	52,25	1,95
Resíduo (b)	10	2,63	1,73	63,40	3,28
Amostragens (A)	4	348,74**	212,57**	7.464,42**	256,30**
A x C	36	1,17	1,00	48,04	4,55
A x F	4	9,15**	6,76**	275,47**	2,24
A x C x F	36	1,53	1,05	47,83	2,65
Resíduo (c)	80	1,26	0,89	41,48	2,03
C.V. parcelas (%)		15,75	15,47	10,88	12,47
C.V. subparcelas (%)		14,53	13,90	11,48	12,51
C.V. sub-subparcelas (%)		10,06	9,98	9,28	9,86

\* Significativo pelo teste de F (P=5%)

\*\* Significativo pelo teste de F (P=1%)

TABELA - 3 Percentagens de sólidos solúveis no caldo extraído em espreme-  
dor manual, nas 10 cultivares. Médias dos vários internódios  
e das 5 amostragens, nos 2 tratamentos com e sem produção de  
grãos, e nas 2 posições em relação à espiga (abaixo e acima).  
Piracicaba, 1977/78.

Cultivares	Com produção de grãos		Sem produção de grãos		Média Geral
	Abaixo	Acima	Abaixo	Acima	
H 7974	8,31	8,91	9,77	10,76	9,44
Ag CME	8,19	9,40	9,58	10,11	9,33
Ag TGE	8,82	9,69	9,51	9,88	9,48
Ag IMS	8,08	9,84	9,80	10,42	9,54
Ag IGE	8,35	9,91	10,14	10,69	9,78
ESALQ VD-2	9,82	10,75	9,86	10,37	10,20
ESALQ VD-1	9,69	10,66	9,80	10,79	10,24
PIRANÃO VD-2	8,77	9,11	9,81	10,84	9,64
PIRANÃO VD-1	8,59	9,60	9,95	10,66	9,70
PIRANÃO HV-2	9,18	9,69	9,63	10,36	9,72
Média	8,78	9,76	9,79	10,49	9,71

TABELA 4 - Percentagens de sólidos solúveis no caldo extraído com espremedor manual, nas cinco amostragens. Médias dos vários internódios e das dez cultivares, nos dois tratamentos com e sem produção de grãos, e nas duas posições em relação à espiga (abaixo e acima). Piracicaba, 1977/78.

Dias após o plantio	Com produção de grãos		Sem produção de grãos		Média Geral
	Abaixo	Acima	Abaixo	Acima	
73	5,20	7,04	4,84	6,41	5,87
87	8,73	8,33	8,12	8,24	8,35
101	9,40	10,12	10,76	10,96	10,31
108	9,84	11,08	11,72	12,38	12,25
115	10,72	12,20	13,47	14,44	12,71
Média	8,78	9,76	9,79	10,49	9,71

TABELA 5 - Percentagens de sólidos solúveis, no caldo extraído do colmo com prensa hidráulica, nas cinco amostras, e nos dois tratamentos com (A) e sem (B) produção de grãos. Piracicaba, 1977/78

Cultivares	Dias após o plantio														Média	
	73		87		101		108		115		A		B		A	B
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
H 7974	6,25	5,80	10,10	8,70	11,50	11,50	12,30	14,10	11,70	14,50	10,37	10,92	10,65	10,89	11,24	11,14
Ag CME	7,00	6,45	9,75	9,90	10,60	12,00	12,45	13,60	12,65	14,45	10,49	12,28	10,87	11,70	11,78	11,70
Ag TGE	6,55	6,80	9,55	10,10	11,30	11,55	14,20	12,95	14,00	15,40	11,12	11,36	11,24	11,67	11,67	11,14
Ag IMS	7,05	6,50	9,25	9,85	10,40	13,55	12,50	12,30	13,85	16,15	10,61	11,67	11,14	11,67	11,67	11,14
Ag TGE	7,30	6,80	10,00	10,05	11,35	12,30	14,05	14,25	15,40	15,50	11,62	11,78	11,70	11,67	11,67	11,14
ESALQ VD-2	6,20	7,25	10,65	10,00	12,05	12,50	11,95	12,80	13,10	12,20	10,79	10,95	10,87	11,67	11,67	11,14
ESALQ VF-1	6,95	6,55	11,30	11,60	11,85	12,90	12,90	15,00	12,10	16,65	11,02	12,54	11,78	11,67	11,67	11,14
PIRANÃO VD-2	7,00	6,45	10,85	9,10	11,15	13,40	12,05	12,95	12,30	15,10	10,67	11,40	11,04	11,67	11,67	11,14
PIRANÃO VF-1	6,50	6,50	9,60	10,75	13,20	11,05	11,70	13,35	13,55	15,70	10,91	11,67	11,09	11,67	11,67	11,14
PIRANÃO HV-2	6,70	6,55	9,85	9,25	11,75	11,90	11,90	13,50	12,55	17,05	10,55	11,65	11,10	11,67	11,67	11,14
Média	6,75	6,57	10,09	9,93	11,52	12,27	12,60	13,48	13,12	15,27	10,82	11,50	11,16	11,67	11,67	11,14

TABELA 6 - Percentagens de umidade no colmo, nas cinco amostragens, e nos dois tratamentos com (A) e sem (B) produção de grãos. Piracicaba, 1977/78.

Cultivares	Dias após o plantio												Média		
	73		87		101		108		115				A	B	Geral
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
H 7974	83,23	84,25	74,09	77,53	72,89	72,94	69,99	69,35	69,80	69,83	74,00	74,78	74,39		
Ag CME	83,80	85,47	78,55	78,85	77,62	76,54	76,07	74,12	74,26	74,52	78,06	77,90	77,98		
Ag TGE	83,91	83,85	78,93	78,20	76,86	76,44	73,37	75,79	71,25	72,43	76,87	77,34	77,11		
Ag IMS	84,03	84,81	79,81	78,41	78,54	75,31	75,87	74,92	74,28	71,03	78,51	76,90	77,70		
Ag IGE	82,67	83,26	77,26	79,10	76,46	75,33	74,27	73,33	72,60	72,73	76,65	76,75	76,70		
ESALQ VD-2	84,46	82,00	74,50	76,30	71,61	73,41	71,58	71,16	68,69	71,16	74,19	74,81	74,50		
ESALQ VF-1	83,06	84,14	71,44	72,72	13,09	71,50	69,54	70,01	67,54	65,85	72,93	72,84	72,89		
PIRANÃO VD-2	84,65	83,55	76,02	79,25	74,49	73,36	72,74	75,05	72,92	70,21	76,16	76,28	72,22		
PIRANÃO VF-1	82,80	84,93	78,20	77,05	75,15	76,97	75,67	72,93	72,38	71,23	76,84	76,62	76,73		
PIRANÃO HV-2	81,99	84,41	75,92	78,46	75,14	74,94	75,60	71,55	73,80	69,83	76,49	75,84	76,16		
Média	83,46	84,07	76,48	77,59	75,19	74,67	73,48	72,82	71,75	70,88	76,07	76,01	76,04		

TABELA 7 - Quantidades de caldo, avaliadas por notas de 1 a 5, nas cinco amostragens. Médias dos vários internódios, nos dois tratamentos com e sem produção de grãos, e nas duas posições em relação à espiga (abaixo e acima). Extração com espremedor manual. Piracicaba, 1977/78.

Dias após o plantio	Com produção de grãos		Sem produção de grãos		Média Geral
	Abaixo	Acima	Abaixo	Acima	
73	4,98	4,60	3,96	4,57	4,78
87	4,14	3,07	3,98	3,07	3,57
101	3,56	2,72	3,78	2,75	3,21
108	2,87	1,43	2,68	1,22	2,05
115	1,77	1,20	2,11	1,27	1,59
Média	3,46	2,60	3,50	2,58	3,04

TABELA 8 - Quantidades de caldo<sup>a/</sup>, extraído em espremedor manual. Médias dos vários internódios e das cinco amostragens, nos dois tratamentos com e sem produção de grãos, e nas duas posições em relação à espiga (abaixo e acima). Piracicaba, 1977/78.

Cultivares	Com produção de grãos		Sem produção de grãos		Média Geral
	Abaixo	Acima	Abaixo	Acima	
H 7974	3,12	2,46	3,13	2,47	2,80
Ag CME	3,50	2,69	3,51	2,47	3,05
Ag TGE	3,88	2,71	3,36	2,36	3,08
Ag IMS	3,80	2,59	3,79	2,45	2,16
Ag IGE	3,62	2,74	3,69	2,64	3,18
ESALQ VD-2	3,11	2,44	3,37	2,46	2,85
ESALQ VF-1	3,13	2,47	3,26	2,27	2,79
PIRANÃO VD-2	3,57	2,68	3,87	2,91	3,26
PIRANÃO VF-1	3,37	2,47	3,79	2,85	3,12
PIRANÃO HV-2	3,51	2,97	3,20	2,79	3,12
Média	3,46	2,62	3,50	2,57	3,04

<sup>a/</sup> Avaliadas por notas de 1 a 5

TABELA 9 - Análise de regressão das percentagens de sólidos solúveis no caldo sobre as cinco datas de amos-  
tragem (expressas em dias após o plantio). Piracicaba, 1977/78

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.
Amostragens/fertilização	(8)	(1.431,54) <sup>a/</sup>	(178,94)
Amostragens/presença/de grãos	4	520,78	130,20**
Regressão linear	1	500,88	500,88**
Desvios	3	19,90	6,63**
Amostragens/ausência de grãos	4	910,76	227,69**
Regressão linear	1	884,34	884,33**
Desvios	3	26,42	8,81**
Resíduo	(80)	(100,71)	(1,26)

<sup>a/</sup> Soma de Quadrados correspondente à Soma de Quadrados de "Amostragens/fertilização" da análise de variân-  
cia para as percentagens de sólidos solúveis no caldo do colmo (Tabela 2)

\*\*Significativo pelo teste de F (P=1%)

/ Utilizado para representar a expressão "dentro de".

TABELA 10 - Percentagens de sólidos solúveis no caldo das dez cultivares, na primeira amostragem. Médias dos vários internódios nos dois tratamentos com e sem produção de grãos, e nas duas posições em relação à espiga (abaixo e acima). Extração com espremedor manual. Piracicaba, 1977/78.

Cultivares	Com produção de grãos		Sem produção de grãos		Média Geral
	Abaixo	Acima	Abaixo	Acima	
H 7974	5,99	7,63	4,21	6,05	5,97
Ag CME	4,61	6,31	5,00	6,30	5,56
Ag TGE	5,62	7,27	5,02	6,44	6,09
Ag IMS	4,63	7,10	5,15	5,58	5,87
Ag IGE	4,67	6,90	5,43	6,32	5,83
ESALQ VD-2	6,01	6,93	4,06	6,52	5,89
ESALQ VF-1	5,32	7,03	5,66	7,76	6,32
PIRANÃO VD-2	5,33	7,05	5,08	6,51	6,00
PIRANÃO VF-1	4,43	7,48	4,02	5,52	5,37
PIRANÃO HV-2	5,42	6,72	4,73	6,60	5,87
Média	5,20	7,04	4,83	6,41	5,87

TABELA 11 - Percentagens de fibras, em relação ao peso fresco do colmo, nas cinco amostragens, e nos dois tratamentos com (A) e sem (B) produção de grãos. Piracicaba, 1977/78.

Cultivares	Dias após o plantio												Média		
	73		87		101		108		115				A	B	Geral
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
H 7974	11,23	10,56	17,58	15,08	17,77	17,58	20,20	19,25	20,95	18,33	17,55	16,16	16,86		
Ag CME	9,89	8,65	12,96	12,48	13,18	13,02	13,11	14,20	14,95	12,90	12,82	12,25	12,54		
Ag TGE	10,21	10,03	12,70	13,01	13,35	13,58	14,48	12,94	17,14	14,40	13,58	12,79	13,19		
Ag IMS	9,61	9,29	12,05	13,02	12,34	12,85	13,28	14,55	13,77	15,29	12,21	13,00	12,61		
Ag IGE	10,82	10,67	14,15	12,06	13,74	14,11	13,61	14,49	14,19	13,93	13,30	13,05	13,18		
ESALQ VO-2	9,96	11,61	16,62	15,22	18,57	16,10	18,59	18,39	20,96	18,96	16,94	10,06	16,50		
ESALQ VF-1	10,73	9,96	19,46	17,76	17,10	17,92	20,17	17,63	23,16	20,99	18,12	16,85	17,49		
PIRANÃO VO-2	8,97	10,69	14,73	12,81	16,15	14,32	17,29	13,76	16,85	17,28	14,80	13,97	14,39		
PIRANÃO VF-1	11,45	9,17	13,49	13,68	13,40	13,46	14,30	15,84	16,30	15,50	13,79	13,53	13,66		
PIRANÃO HV-2	12,12	9,67	15,79	13,54	14,84	14,94	14,20	17,28	15,59	15,77	14,51	14,24	14,38		
Média	10,50	10,03	14,95	13,87	15,04	14,89	15,92	15,83	17,39	16,34	14,76	14,19	14,48		

TABELA 12 - Percentagens de sólidos solúveis, em relação ao peso fresco do colmo, nas cinco amostragens, e nos dois tratamentos com (A) e sem (B) produção de grãos. Piracicaba, 1977/78.

Cultivares	Dias após o plantio												Média		
	73		87		101		108		115				A	B	Geral
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
H 7974	5,54	5,19	8,53	7,39	9,34	9,48	9,81	11,40	9,25	11,84	8,45	9,06	8,76		
Ag CME	6,31	5,88	8,49	8,67	9,20	10,44	10,82	11,68	10,79	12,58	9,12	9,85	9,49		
Ag TGE	5,88	6,12	8,34	8,79	9,79	9,78	12,15	11,27	11,61	13,27	9,55	9,87	9,71		
Ag IMS	6,36	5,90	8,14	8,57	9,12	11,84	10,85	10,53	11,95	13,68	9,28	10,10	9,69		
Ag IGE	6,51	6,07	8,59	8,84	9,80	10,56	12,12	12,18	13,21	13,34	10,05	10,20	10,13		
ESALQ VD-2	5,58	6,39	8,88	8,48	9,82	10,49	9,73	10,45	10,35	9,88	8,87	9,14	9,01		
ESALQ VF-1	6,21	5,90	9,10	9,52	9,81	10,58	10,29	12,36	9,30	13,16	8,94	10,30	9,62		
PIRANÃO VD-2	6,38	5,76	9,25	7,94	9,36	11,32	9,97	11,19	10,23	12,51	9,04	9,74	9,39		
PIRANÃO VF-1	5,75	5,90	8,31	9,27	11,44	9,57	10,03	12,23	11,32	13,27	9,37	9,85	9,61		
PIRANÃO HV-2	5,89	5,92	8,29	8,00	10,12	10,12	10,20	11,17	10,61	14,40	9,00	9,92	9,46		
Média	6,04	5,90	8,57	8,55	9,77	10,44	10,60	11,35	10,86	12,78	9,17	9,80	9,49		

TABELA 13 - Médias relativas à produção de colmos desfolhados (t/ha) e de açúcares totais (kg/ha), à percentagem da relação açúcares totais/sólidos solúveis, e ao rendimento em álcool (l/ha), das dez cultivares, nos dois tratamentos com (A) e sem (B) produção de grãos, aos 115 dias após o plantio. Piracicaba, 1977/78.

Cultivares	Colmos desfolha- dos (t/ha)		Açúcares totais (kg/ha)		Açúcares totais/ sólidos solúveis(%)		Produção de al- cool (l/ha)	
			A	B	A	B	A	B
H 7974	19,0	103,1	75,0	103,1	81,0	87,1	750	1.031
Ag CME	23,7	103,8	86,7	103,8	80,3	82,5	1.082	1.295
Ag TGE	26,0	82,3	97,2	82,3	83,7	62,5	1.331	1.127
Ag IMS	23,3	113,0	98,8	113,0	82,7	82,6	1.212	1.386
Ag IGE	22,7	107,5	105,8	107,5	80,1	80,6	1.254	1.285
ESALQ VD-2	25,8	80,4	89,1	80,4	66,1	81,4	1.210	1.092
ESALQ VF-1	17,2	111,0	69,5	111,0	74,7	84,3	629	1.005
PIRANÃO VD-2	13,5	66,1	72,3	66,1	70,7	68,8	514	612
PIRANÃO VF-1	14,3	77,8	77,8	77,8	68,7	58,6	586	586
PIRANÃO HV-2	12,2	92,1	78,8	92,1	74,3	64,0	506	592

TABELA 14 - Percentagens de sacarose aparente, em relação ao peso fresco do colmo, nas cinco amostragens, e nos dois tratamentos com (A) e sem (B) produção de grãos. Piracicaba, 1977/78

Cultivares	Dias após o plantio														Média		
	73		87		101		108		115								
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
H 7974	1,57	1,53	2,56	2,66	3,07	3,38	4,61	5,18	4,78	6,68	3,32	3,39	3,61				
Ag CME	2,28	2,00	3,95	4,01	4,56	5,52	5,22	5,30	5,35	6,66	4,27	4,70	4,49				
Ag TGE	2,23	2,39	3,72	4,05	4,91	4,57	4,92	6,38	6,44	5,11	4,44	4,50	4,47				
Ag IMS	2,35	2,00	3,58	3,60	4,20	5,24	5,55	4,59	6,58	7,80	4,45	4,65	4,55				
Ag IGE	2,69	2,22	3,25	2,53	2,91	5,11	6,52	6,62	7,38	8,21	4,55	4,94	4,75				
ESALQ VD-2	1,73	2,13	2,87	2,65	4,42	5,66	4,61	4,36	4,68	3,92	3,66	3,74	3,70				
ESALQ VF-1	2,07	1,81	3,07	3,50	4,49	4,57	4,74	5,28	3,57	7,02	3,59	4,44	4,02				
PIRANÃO VD-2	2,23	1,89	3,51	2,47	3,69	4,83	3,98	6,07	3,71	5,89	3,42	4,23	3,83				
PIRANÃO VF-1	1,67	2,08	1,78	2,32	3,93	3,60	3,58	5,29	4,12	4,68	3,02	3,59	3,31				
PIRANÃO HV-2	1,77	1,89	2,93	2,31	2,50	4,96	4,07	2,76	4,55	5,89	3,16	3,56	3,36				
Média	2,06	1,99	3,12	3,01	3,87	4,74	4,78	5,18	5,12	6,19	3,79	4,22	4,01				

TABELA 15 - Percentagens de açúcares redutores, em relação ao peso fresco do colmo, nas cinco amostragens, e nos dois tratamentos com (A) e sem (B) produção de grãos. Piracicaba, 1977/78.

Cultivares	Dias após o plantio												Média		
	73		87		101		108		115						
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	Gerai		
H 7974	3,20	2,54	4,36	3,94	3,78	4,59	3,62	3,70	2,48	3,30	3,49	3,61	3,55		
Ag CME	3,14	3,09	4,38	4,08	3,28	3,06	3,79	4,54	3,05	3,39	3,53	3,63	3,58		
Ag TGE	3,02	3,43	3,99	4,30	2,89	3,55	3,20	2,69	2,96	2,86	3,21	3,37	3,29		
Ag IMS	3,38	3,26	3,91	4,56	2,95	3,53	3,32	3,92	2,98	3,11	3,31	3,68	3,50		
Ag IGE	2,90	3,00	4,50	3,49	4,15	3,09	3,15	3,01	2,83	2,13	3,51	2,94	3,23		
ESALQ VD-2	3,15	3,57	4,86	4,20	3,74	2,82	3,26	4,34	4,00	3,92	3,80	3,77	3,79		
ESALQ VF-1	3,58	3,67	5,35	5,03	3,62	4,07	3,98	4,96	3,20	3,73	3,95	4,29	4,12		
PIRANÃO VD-2	3,43	3,36	4,19	4,60	3,83	3,10	3,25	3,17	3,33	2,43	3,75	3,33	3,54		
PIRANÃO VF-1	3,46	3,41	4,70	4,51	3,49	3,17	3,64	4,05	3,45	2,87	3,75	3,60	3,68		
PIRANÃO HV-2	3,52	2,98	4,22	4,12	3,50	4,30	2,53	3,15	2,73	2,57	3,30	3,42	3,36		
Média	3,28	3,23	4,45	4,28	3,52	3,53	3,44	3,75	3,10	3,03	3,56	3,56	3,56		

TABELA 16 - Quantidades de sólidos solúveis (kg) no caldo extraído de uma tonelada de colmos, <sup>a/</sup> nas cinco amos-  
tragens, e nos dois tratamentos com (A) e sem (B) produção de grãos. Piracicaba, 1977/78

Cultivares	Dias após o plantio												Média	
	73		87		101		108		115					
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
H 7974	44,46	42,39	61,85	55,64	71,03	70,41	66,76	81,40	63,67	83,64	61,55	66,70	64,13	
Ag CME	50,19	48,63	66,28	69,28	71,47	81,35	81,06	88,96	78,69	94,14	69,54	76,47	73,01	
Ag TGE	46,28	49,26	62,93	67,95	74,91	78,41	85,76	84,31	79,31	95,09	69,84	75,00	72,42	
Ag IMS	49,78	45,82	62,41	64,67	69,09	84,51	77,94	76,92	83,54	93,64	68,55	73,11	70,83	
Ag IGE	50,37	47,58	64,59	65,82	74,26	78,71	84,18	82,59	89,69	91,70	72,62	73,28	72,95	
ESALQ VD-2	44,19	48,98	70,10	60,03	73,44	76,03	72,32	74,05	72,17	69,78	66,44	65,77	66,11	
ESALQ VF-1	50,36	48,21	67,98	74,88	76,42	78,28	74,30	92,27	63,71	89,76	66,55	76,68	71,62	
PIRANÃO VD-2	51,32	44,88	65,56	58,17	65,55	82,77	71,56	84,09	67,82	77,39	64,32	69,36	66,84	
PIRANÃO VF-1	50,60	45,51	61,15	68,95	80,62	69,99	74,13	80,41	77,86	83,28	68,87	69,63	69,25	
PIRANÃO HV-2	46,44	50,96	61,64	58,86	66,72	69,74	71,75	75,13	74,55	91,97	64,22	69,33	66,78	
Média	48,40	47,22	64,45	64,43	72,33	76,97	75,98	82,01	75,10	87,04	67,25	71,53	69,39	

<sup>a/</sup> - Quantidades obtidas, por extrapolação, a partir das determinações realizadas nas amostras de 500 g de colmo.

TABELA 17 - Quantidades de caldo (kg) extraídas de uma tonelada de colmos, <sup>a/</sup> com prensa hidráulica, nas cinco amostras e nos dois tratamentos com (A) e sem (B) produção de grãos. Piracicaba, 1977/78.

Cultivares	Dias após o plantio										Média		
	73		87		101		108		115				
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
H 7974	716,24	731,20	612,31	638,40	617,24	612,36	546,26	579,98	544,41	577,94	607,29	627,98	617,64
Ag CME	717,41	755,51	679,89	699,67	674,56	677,95	652,27	654,17	623,82	651,38	669,59	687,74	678,66
Ag TGE	706,48	724,99	657,84	673,45	662,89	679,45	603,85	651,40	565,57	619,81	639,32	669,83	654,57
Ag IMS	709,81	715,84	676,84	656,69	654,44	615,91	625,69	625,47	606,14	582,15	654,18	639,21	646,70
Ag IGE	690,65	699,99	636,34	655,46	653,02	640,48	602,50	582,64	582,73	592,05	633,05	634,10	633,58
ESALQ VD-2	715,58	681,86	658,34	599,97	604,18	611,15	605,33	578,98	552,53	573,15	627,19	609,02	618,10
ESALQ VF-1	724,44	735,86	603,52	646,52	648,29	609,49	577,31	615,10	526,52	573,15	616,03	636,02	626,02
PIRANÃO VD-1	734,43	695,88	604,64	640,21	586,12	614,12	594,09	645,90	495,95	512,54	603,04	621,73	612,38
PIRANÃO VF-1	751,31	701,61	637,86	642,54	612,77	623,10	633,24	602,38	577,33	505,30	642,50	614,99	628,74
PIRANÃO HV-2	693,02	733,49	626,69	636,45	622,64	586,86	603,59	557,04	595,04	537,88	628,20	610,34	619,27
Média	715,94	717,62	639,23	648,94	634,11	627,08	604,41	609,31	567,00	569,17	632,14	634,42	633,28

<sup>a/</sup> Quantidades obtidas, por extrapolação, a partir das determinações realizadas nas amostras de 500 g de colmo.

TABELA 18 - Análise de regressão das quantidades de sólidos solúveis (kg), no caldo extraído de uma tonelada de colmos, sobre as cinco datas de amostragem (expressas em dias após o plantio). Piracicaba, 1977/78.

F.V	G.L.	S.Q.	Q.M.
Amostragens/fertilização	(8)	(30.959,60) <sup>a/</sup>	(3869,95)
Amostragens/presença de grãos	4	10.535,30	2.633,83**
Regressão linear	1	9.581,86	9.581,86**
Desvios	3	953,44	317,81**
Amostragens/ausência de grãos	4	20.424,30	5.106,08
Regressão linear	1	20.162,87	20.167,87**
Desvios	3	261,43	87,14
Resíduo	(80)	(3.317,57)	(41,46)

<sup>a/</sup> Soma de Quadrados correspondente à Soma de Quadrados de "Amostragens/fertilização" da análise de variância para as percentagens de sólidos solúveis no caldo extraído de uma tonelada de colmos (Tabela 2).

\*\* Significativo pelo teste de F (P=1%)

/ Utilizado para representar a expressão "dentro de".

TABELA 19 - Percentagens da relação sólidos solúveis/total de matéria seca, nas cinco amostragens, e nos dois tratamentos com (A) e sem (B) produção de grãos. Piracicaba, 1977/78

Cultivares	Dias após o plantio														Média		
	73		87		101		108		115								
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	Gerai
H 7974	33,04	32,95	32,15	32,89	34,45	35,03	32,69	37,19	30,63	39,24	32,59	35,46	34,03				
Ag CME	38,95	40,47	39,58	40,99	39,35	44,50	45,22	45,13	41,92	49,37	41,00	44,09	42,55				
Ag TGE	36,54	37,89	39,64	40,32	42,31	42,36	45,63	46,55	40,38	47,77	40,90	42,98	41,94				
Ag IMS	39,82	38,84	40,32	39,69	42,50	47,95	44,96	41,99	46,46	47,22	42,81	43,12	42,97				
Ag IGE	37,56	36,26	37,77	42,30	41,63	42,81	47,10	45,67	48,21	48,92	42,45	43,19	42,82				
ESALQ VD-2	35,91	35,50	34,82	35,78	34,59	39,45	34,36	36,23	33,06	34,26	34,55	36,24	35,40				
ESALQ VF-1	36,66	37,20	31,86	34,90	36,45	37,12	33,78	41,21	28,65	38,54	33,48	37,79	35,64				
PIRANÃO VD-2	41,56	35,02	38,57	38,27	36,69	42,49	36,57	44,85	37,78	41,99	38,23	40,52	39,38				
PIRANÃO VD-1	33,43	39,15	38,12	40,39	46,05	41,55	41,22	41,49	40,99	46,12	39,96	41,74	40,85				
PIRANÃO HV-2	32,70	37,97	34,43	37,14	40,31	40,38	41,80	39,26	40,50	47,73	39,22	40,50	39,86				
Média	36,62	37,13	36,73	35,27	39,43	41,36	40,33	41,96	38,83	44,12	38,39	39,97	39,18				

TABELA 20 - Ciclo, produtividade agrícola, produção de açúcares totais e rendimento (de fermentação) em álcool etílico de cana-de-açúcar, mandioca, sorgo sacarino e milho<sup>a/</sup>.

Matéria-prima	Ciclo da planta (meses)	Produtividade agrícola (t/ha)	Açúcares (Kg/t)	Rendimento em álcool	
				l/t	l/ha
Cana de açúcar (média de 3-4 cortes)	18-22 <sup>b/</sup> 12	70	150,00	75	5.250
Mandioca	18-24	25	...	180	4.500
Sorgo sacarino: colmos grãos	4	32,5 3,0	142,5 ...	70 340	2.460 1.020
Milho Ag IMS colmos	4	23,3 <sup>c/</sup> (32,5)	113,0 (113,0)	59 (59)	1.386 (1.933)
Milhos Ag IGE colmos	4	22,7 <sup>c/</sup> (32,5)	107,5 (107,5)	55 (55)	1.264 (1.810)
Milho Ag IGE grãos		4,0	...	340	1.360

a/ Os dados de cana-de-açúcar, mandioca e sorgo foram adaptados de SERRA (1976)

b/ Ciclo da planta de 18 a 22 meses; dos soqueiras 12 meses

c/ Produção obtida com a população de 50.000 plantas/ha, utilizada na pesquisa. Os rendimentos entre parênteses se referem a uma produção de 32,5 t/ha de colmos.

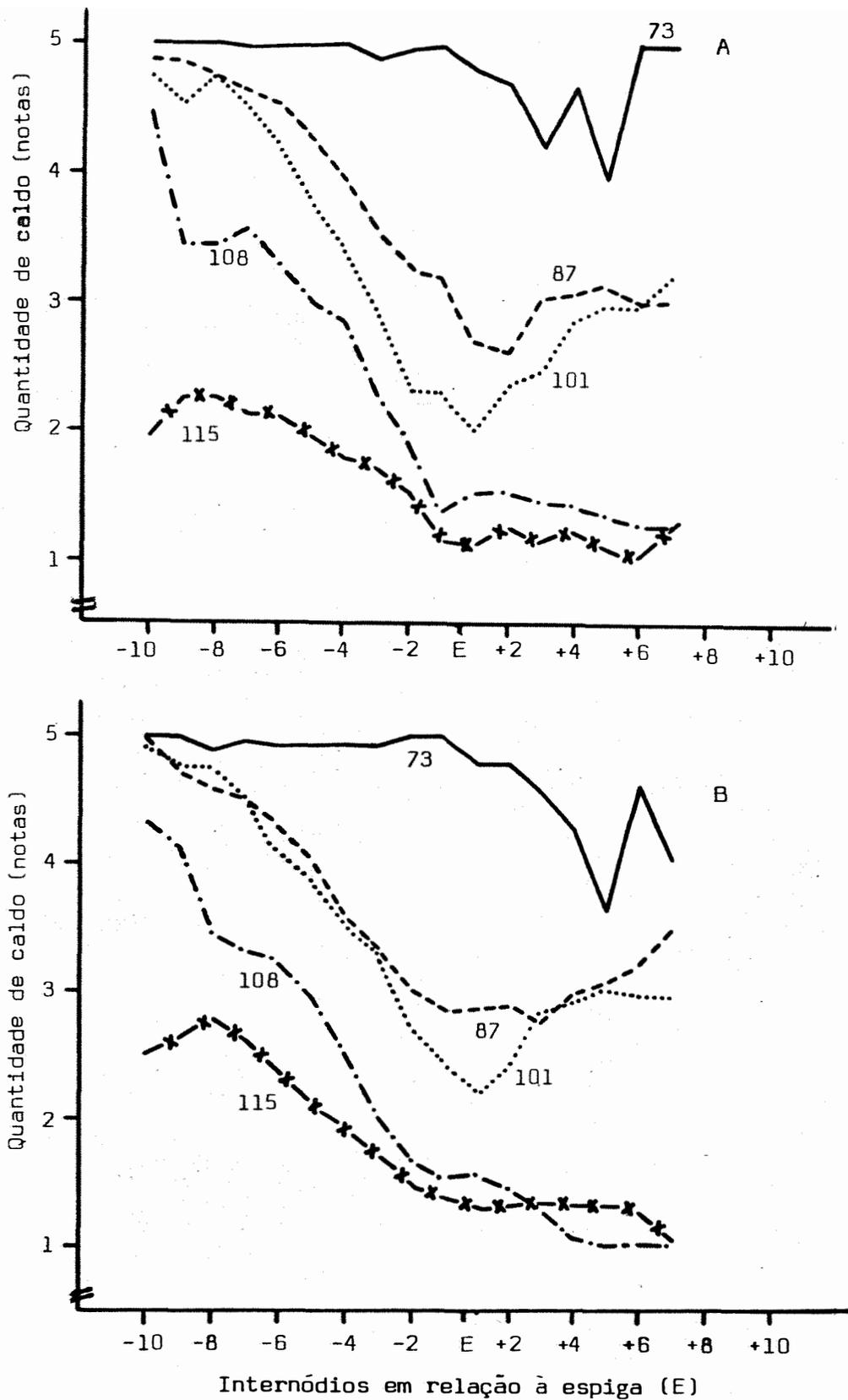


FIGURA 1 - Quantidade de caldo nos internódios, acima e abaixo da espiga (E), nas cinco amostragens, e nos dois tratamentos com (A) e sem (B) produção de grãos. Média das dez cultivares. Piracicaba, 1977/78.

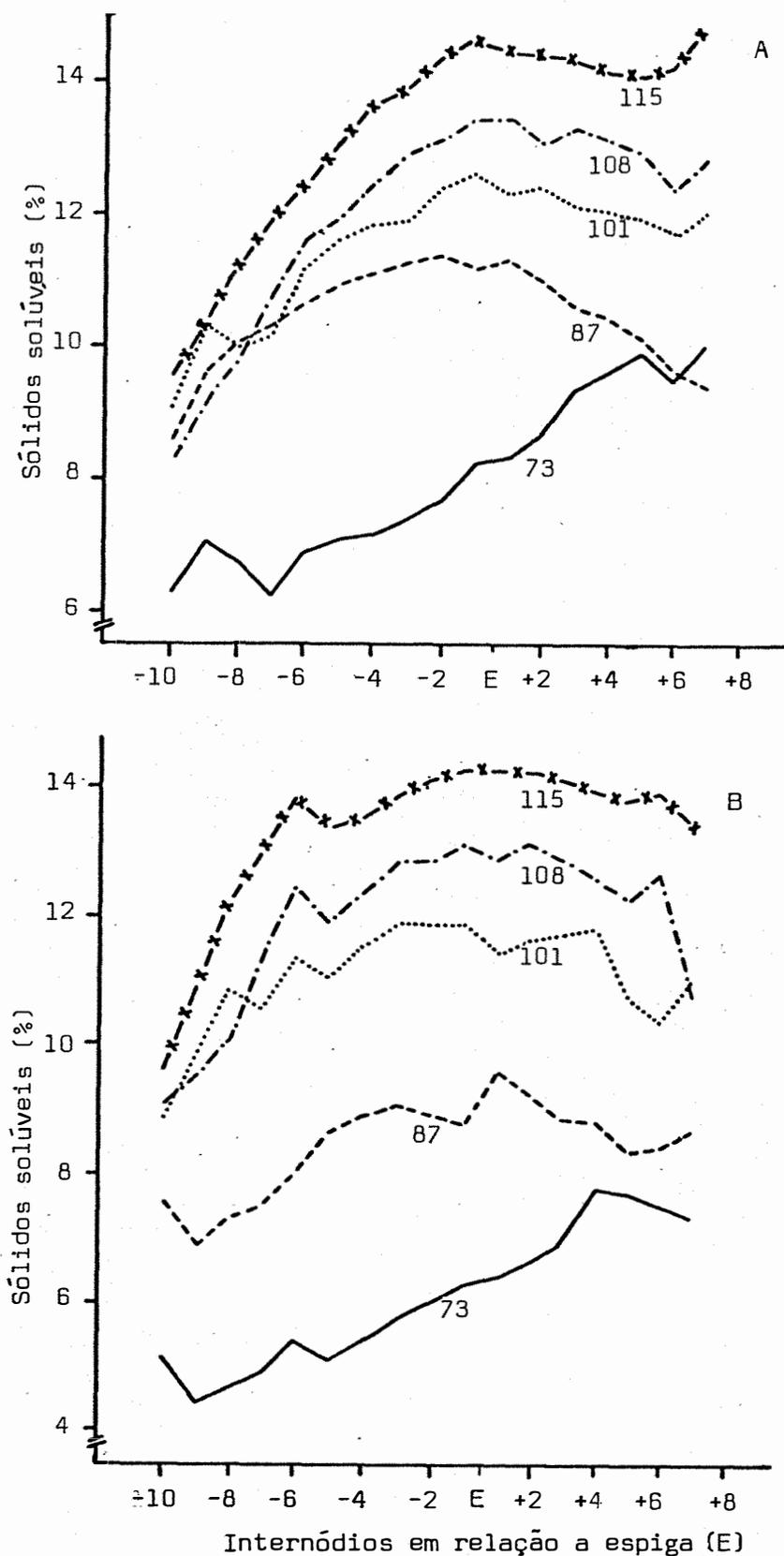


FIGURA 2 - Percentagem de sólidos solúveis no caldo dos diferentes internódios, acima e abaixo da espiga (E), nas cinco amostragens e nos dois tratamentos com (A) e sem (B) produção de grãos. Média das dez cultivares. Piracicaba, 1977/78.

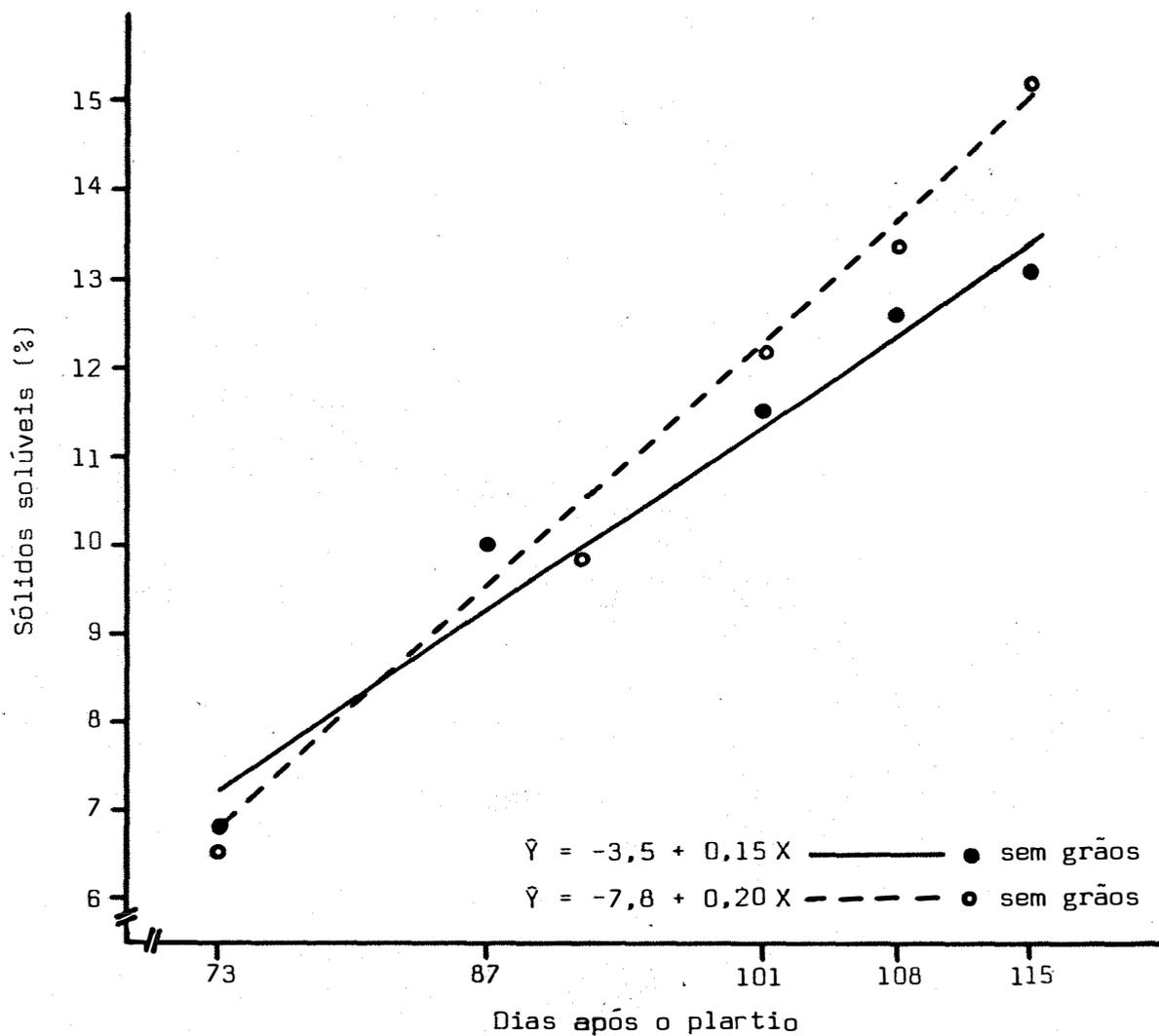


FIGURA 3 - Regressão das porcentagens de sólidos solúveis no caldo sobre as cinco datas de amostragem, nos dois tratamentos com e sem produção de grãos. Média das dez cultivares. Piracicaba, 1977/78.

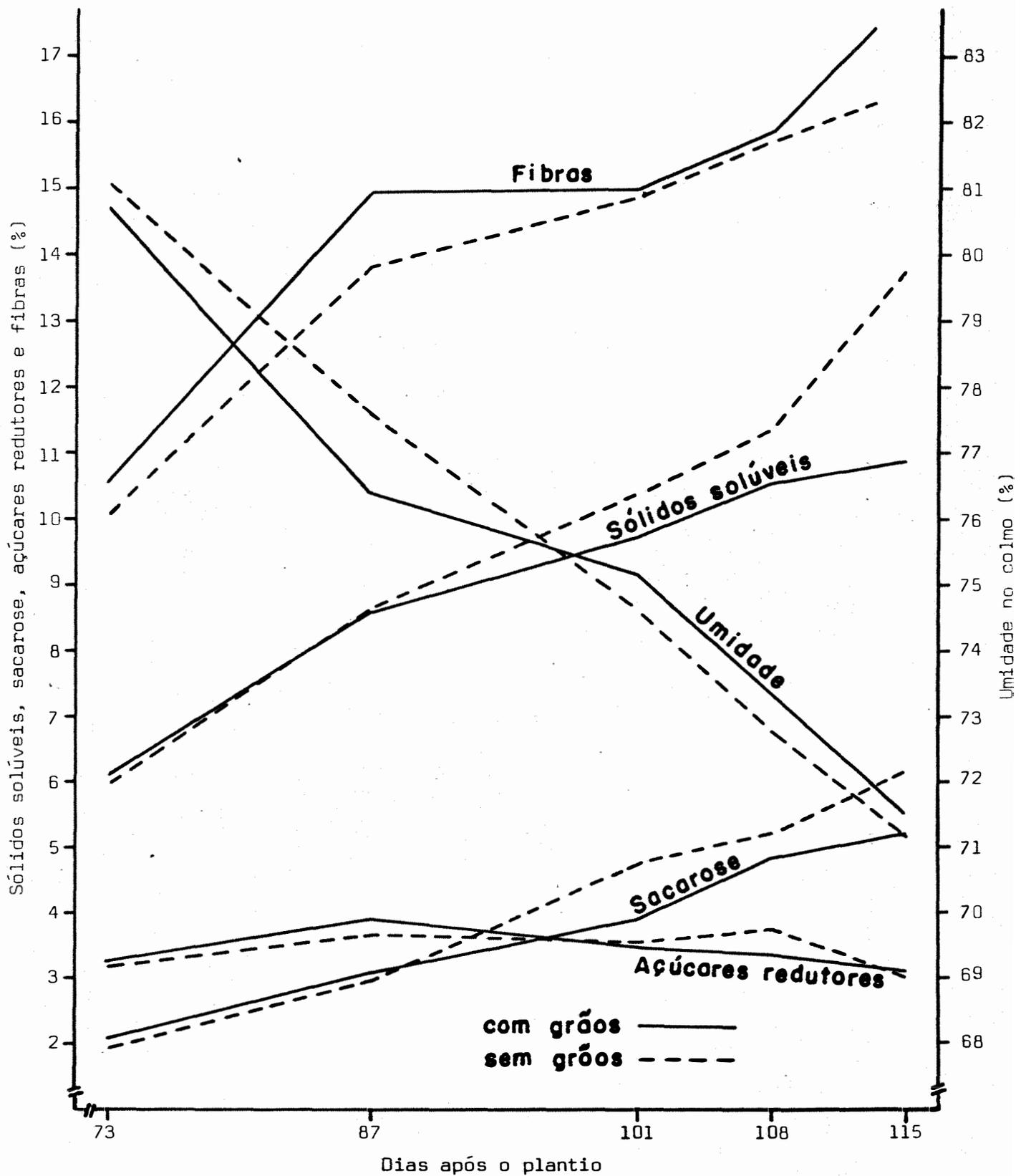


FIGURA 4.- Percentagens de umidade, fibras, sólidos solúveis, sacarose e açúcares redutores, nas cinco datas de amostragens. Média das dez cultivares. Piracicaba, 1977/78.

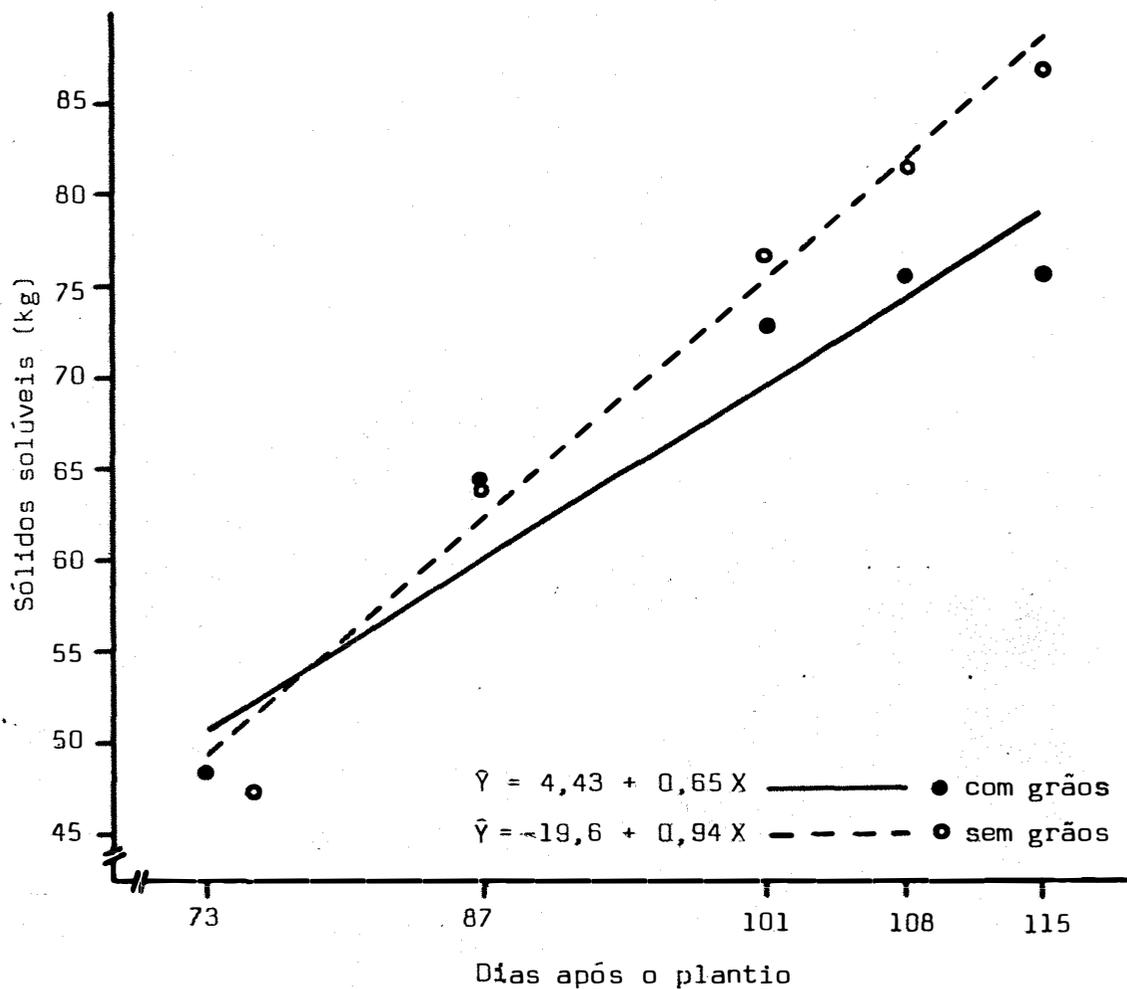


FIGURA 5 - Regressão das quantidades de sólidos solúveis (kg), presentes no caldo extraído de uma tonelada de colmos desfolhados, sobre as cinco datas de amostragem, nos dois tratamentos com e sem produção de grãos. Média das dez cultivares. Piracicaba, 1977/78.