

NÍVEIS DE AÇÚCARES E ATIVIDADE DE INVERTASES EM  
CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp.), II. CULTIVARES

SP70-1143 E SP-71-799

Irenice M.S. Vieira<sup>1</sup>

Enio T. de Oliveira<sup>2</sup>

Luiz A. Gallo<sup>2</sup>

Telma F.C. Batista<sup>3</sup>

Rosana C. Rodrigues<sup>3</sup>

Otto J. Crocomo<sup>2</sup>

## INTRODUÇÃO

O metabolismo da cana-de-açúcar, a exemplo do que ocorre com todas as plantas superiores, frequentemente expresso em termos de alongamento (VAN DELLEWINJ, 1952), é fortemente influenciado pela distribuição de fotossintetizados entre os centros de produção, tais como folhas, e o centro de acúmulo, os internódios do colmo (IRVINE, 1980).

Muitos fatores contribuem para a obtenção de alta produtividade da cana-de-açúcar. Mas, como ocorre na maioria das culturas agrícolas, a utilização de cultivares geneticamente melhorados é o sistema mais eficiente para obter maiores rendimentos. Naturalmente, cada cultivar exige manejo diferenciado, o que torna necessária a adoção de tecnologia específica. O binômio tecnologia-variedades representa a receita mais apropriada para tornar a cultura de cana-de-açúcar mais efetiva no desenvolvimento agrícola do País (SILVA, 1984). Apesar disso, outros pesquisadores aventam a provável existência de uma relação inversa entre

<sup>1</sup> Faculdade de Ciências Agrárias do Pará (FCAP). Caixa Postal 917. CEP 66077-530 Belém-PA.

<sup>2</sup> Centro de Biotecnologia Agrícola - CEBTEC. Dep. de Química - ESALQ/USP. Caixa Postal 9. CEP 13418-900 Piracicaba-SP.

<sup>3</sup> Bolsistas - FCAP, Belém-PA.

a capacidade de armazenamento de açúcar no colmo e o desenvolvimento vegetativo da planta, o que torna problemático obter variedades de alta produtividade de colmo e açúcar sem grandes exigências nutricionais (COPERSUCAR, 1983).

O cultivar SP70-1143 é reconhecido como bom produtor de colmos, em solos de baixa fertilidade. Em passado recente superou neste aspecto outros cultivares em cultivo comercial (COPERSUCAR, 1983; DIB NUNER JR., 1987). Por sua vez, o cultivar SP71-799 tem como característica elevada precocidade, com teores muito altos de sacarose, e é bem classificado quanto à produtividade de colmos.

Com base no que foi exposto, o presente trabalho objetivou estabelecer comparações entre atividades de invertases e os diferentes componentes de açúcar nos tecidos desses dois cultivares de cana-de-açúcar nas fases iniciais de crescimento e maturação e, ainda, localizar a distribuição dessas enzimas nas paredes celulares de diferentes tecidos, que são as lâminas foliares, bainhas e internódios.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Características da Área Experimental

O presente trabalho foi realizado em área de solo Podzólico Vermelho-Amarelo localizado no município de Piracicaba-SP (latitude 22°43'S, longitude 47°38'W e altitude de 580 m). O preparo do solo e de mudas, o plantio e as adubações foram realizados do modo convencional. Na escolha dos talhões, foram levadas em consideração as épocas de plantio, homogeneidade do solo e população do canavial. Para cada cultivar escolheu-se um talhão, no qual foi demarcada uma sub-área útil constituída por seis linhas de cana-de-açúcar, cada uma com 50 m de comprimento e 1,5 m de espaçamento entre as linhas. Destas 6 linhas úteis, cada grupo de 3 linhas constituiu uma parcela ou unidade experimental.

### Preparo das Amostras

Em cada amostragem dos cultivares SP70-1143 e SP71-799 foram colhidas 10 plantas de cada unidade experimental. As plantas foram colhidas ao acaso e em zigue-zague e imediatamente separadas as folhas (lâminas e bainhas) e colmos (internódios). Cada amostra consistiu de lâminas e bainhas das folhas +3 e +4 e do 3º e 4º internódios, conforme descrito por SUZUKI (1982). Foram feitas 5 colheitas de folhas, mensalmente, a primeira delas aos 3 meses, em abril. Seguindo as curvas de maturação desses cultivares (COPERSUCAR, 1983), as amostras de folhas foram colhidas aos 3, 4, 5, 6 e 7 meses, e de colmos aos 5, 6 e 7 meses. Os internódios, triturados em desintegradores manuais, e as folhas, foram colocados separadamente em sacos plásticos, acondicionados em caixas de isopor com gelo seco, e transportados para o laboratório.

As amostras (lâminas foliares, bainhas e colmos) foram preparadas em duplicata, ou seja, das folhas destacaram-se apenas os 20 cm centrais da lâmina foliar sem a nervura principal e o terço médio da bainha, desprezando-se os 2 cm laterais. Em seguida, essas amostras foram lavadas com água destilada, enxugadas com papel absorvente e grosseiramente picadas, acondicionadas em sacos de alumínio perfurados, os quais foram colocados no liofilizador para secagem a baixa temperatura, após o que todas as amostras foram imediatamente pesadas e moídas. O pó resultante foi acondicionado em frascos de vidro hermeticamente fechados e mantidos em dessecadores sob vácuo, à temperatura aproximada de 5°C (câmara fria).

### Preparo dos Extratos e Determinação das Atividades Específicas das Enzimas

O preparo dos extratos de enzimas solúveis (ácida e neutra) e da invertase ligada à parede celular dos tecidos da lâmina foliar, bainha e colmo baseou-se em adaptação feita às metodologias descritas por HATCH et alii (1963),

RICARDO & AP REES (1970) e VATTUONE *et alii* (1981). Como existem evidências de que o meio de extração pode afetar a atividade da enzima (PRADO *et alii*, 1978), testes complementares foram realizados e comprovaram a necessidade de um meio de homogeneização específico para cada tecido.

As amostras de 500 mg de lâminas e bainhas foliares liofilizadas e moídas foram suspensas e homogeneizadas em meio constituído pelo tampão fosfato de sódio 50 mM (pH 7,5), com 2-mercaptoetanol 1mM,  $MnSO_4$  5 $\mu$ M e 750 mg de  $Na_2SO_3$  (FLEISCHNMACHER *et alii*, 1980; SAMPIETRO *et alii*, 1986; VIEIRA, 1983). O meio de homogeneização utilizado foi o descrito por QUIROGA (1977): água destilada; tampão fosfato de sódio 20mM (pH 7,5), com ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) 1mM; tampão de fosfato de sódio 20mM (pH 7,5) com 2-mercaptoetanol 1mM; tampão fosfato de sódio 20 mM (pH 7,5) com 2-mercaptoetanol 1mM +  $MnSO_4$  5 $\mu$ M.

Os extratos da parede celular dos tecidos de lâmina, bainha e colmo foram tratados sucessivamente com as seguintes soluções preparadas segundo PRADO *et alii* (1982):

- 1) Tampão fosfato de sódio 0,2M (pH 7,5) com NaCl 1M e 2-mercaptoetanol 1mM;
- 2) Tampão citrato-fosfato de sódio 0,2M (pH 8,5) com 2-mercaptoetanol 1mM;
- 3) Tampão citrato-fosfato de sódio 0,2M (pH 8,5) com NaCl 1M, 2-mercaptoetanol 1mM e EDTA 30mM;
- 4) Tampão borato de sódio 0,2M (pH 8,5) com 2-mercaptoetanol 1mM.

Cada suspensão de parede celular obtida pelo processo de extração foi centrifugada a 3020 g por 10 minutos e o precipitado lavado e resuspensão por 30 minutos em 5 mL do tampão 1. Nas suspensões seguintes o precipitado foi lavado e resuspensão por 30 minutos em 5 mL de tampão (tampões 2, 3 e 4). O precipitado obtido do tampão 4 foi lavado e resuspensão por 30 minutos em 5 mL de tampão "acetado de sódio 10mM" (pH 5,5) com 2-mercaptoetanol 1mM. O precipitado resultante foi finalmente resuspensão em 4 mL do tampão ace

tato (A) obtendo-se o extrato que serviu como fonte para a determinação da atividade de invertase da parede celular.

Alíquotas de 200  $\mu$ L foram utilizadas para a determinação da atividade enzimática em meio de reação padrão (volume final de 1000  $\mu$ L), também com 100  $\mu$ L de sacarose e 700  $\mu$ L dos seguintes tampões: a) invertase ácida solúvel: acetato de sódio 0,2M, pH 5,5; b) invertase neutra: acetato de sódio 0,2M, pH 7,0; c) invertase da parede da lâmina foliar: acetato de sódio 0,2M, pH 3,8; d) invertase da bainha foliar: acetato de sódio 0,2M, pH 3,5; e) invertase da parede celular do colmo: acetato de sódio 0,2M, pH 2,2. O meio de reação foi incubado a 37°C, a reação sendo interrompida aos 60 minutos pela adição de 1 mL do reagente de Somogyi. Os açúcares redutores produzidos pela hidrólise da sacarose foram determinados pelo método do arseno-molibdico (NELSON, 1944).

### **Preparo dos Extratos e Determinação dos Teores de Açúcares Redutores e Açúcares Solúveis Totais**

Para a determinação de açúcares redutores e solúveis totais, o extrato foi preparado a partir do material vegetal liofilizado e moído com metanol a 80%, a 85°C, sendo os açúcares redutores dosados espectrofotometricamente segundo NELSON (1944), detalhado em OCHOA-ALEJO (1980) e VIEIRA (1983), lendo-se no espectrofotômetro a 530 nm. Os teores de açúcares solúveis totais foram dosados pelo método do fenol sulfúrico descrito por DUBOIS et alii (1956) lendo-se a 420 nm no espectrofotômetro.

### **Proteína Solúvel Total**

A dosagem de proteína solúvel total foi realizada pelo método de LOWRY et alii (1951), no extrato enzimático previamente diluído com soro albumina bovina como padrão, lendo-se ao espectrofotômetro a 600 nm.

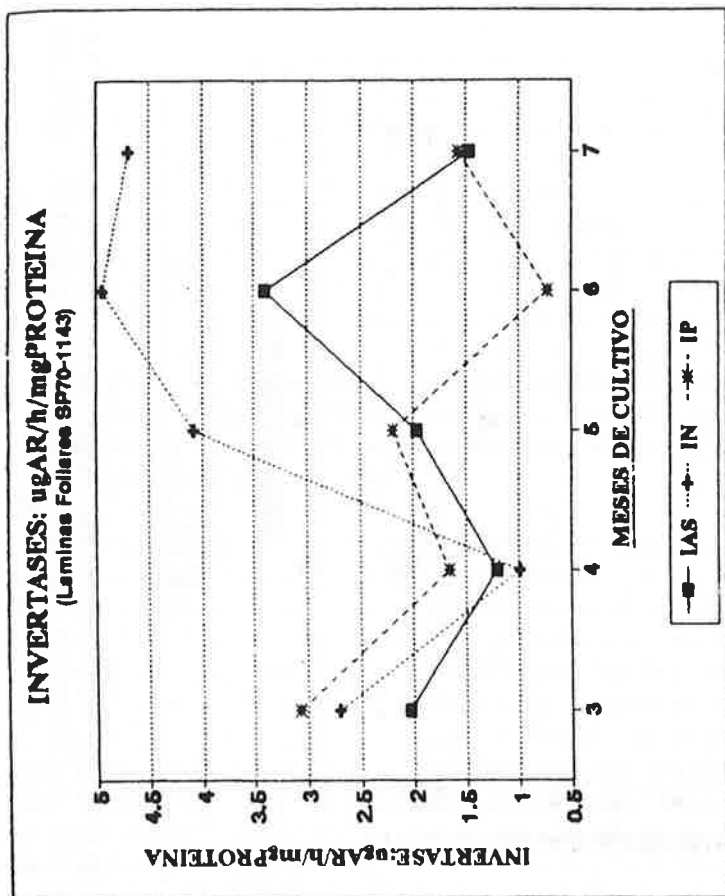
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### **Atividade Específica das Invertases Ácida Solúvel (IAS), Neutra (IN) e Invertase Ligada à Parede Celular (IP) em Lâminas Foliaves dos Cultivares SP70-1143 e SP71-799**

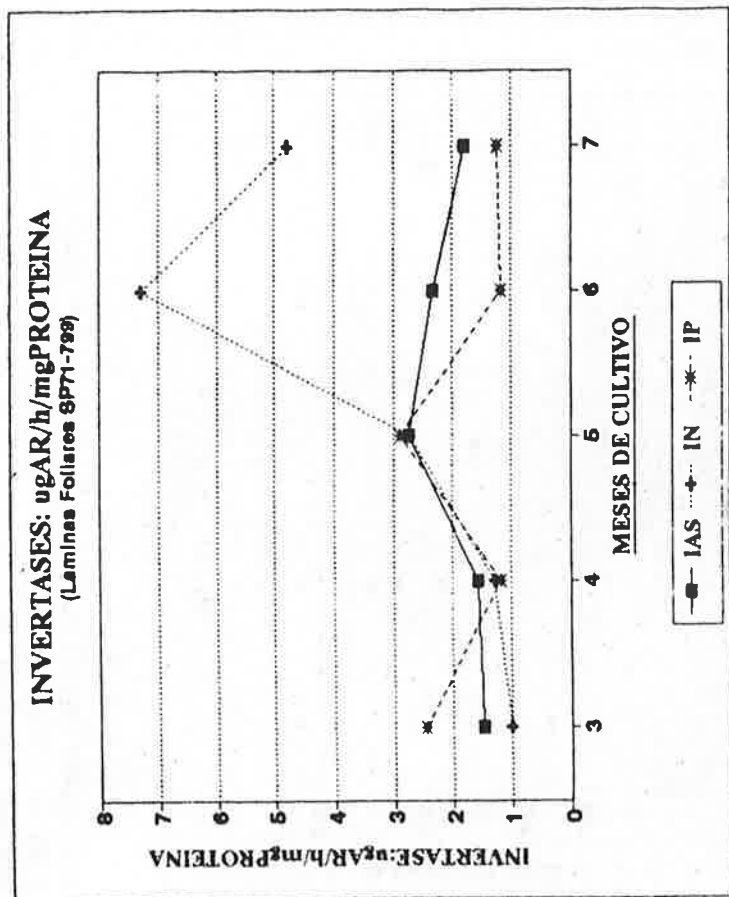
Nas atividades específicas das invertases, medidas em condições ácidas e neutras, observa-se a ocorrência de variações de acordo com a idade da planta, com o tipo de tecido e com o cultivar estudado.

Observa-se (Figuras 1a e 1b) que a tendência da atividade das invertases IAS e IN, a partir do 4º mês de cultivo foi de aumentar até o 6º mês. A partir daí, a tendência da isoenzima ácida foi de decrescer e, invariavelmente, desaparecer com a maturidade do tecido, enquanto que a isoenzima neutra variou bastante em relação aos dois cultivares. As figuras mostram que a atividade da invertase ligada à parede celular das lâminas das folhas das plantas dos cultivares estudados não apresentou nenhuma tendência definida durante o desenvolvimento, no período em estudo (de 3 a 7 meses). Seus níveis de atividade apresentam-se alternados, com elevações e quedas, até que voltaram a aumentar depois do 6º mês após o plantio.

Os resultados indicam que altos níveis de invertase ligada à parede celular das lâminas foliaves podem estar associados com o crescimento das plantas. Quando a planta alcançou estágio fisiológico mais diferenciado, a atividade começou a se elevar novamente. De fato, nota-se que a quantidade de atividade invertase ligada à parede celular destes tecidos é consideravelmente menor nas folhas de plantas mais maduras (superior a 50%) do que nos tecidos de plantas em crescimento. Observa-se que, ao contrário da isoenzima ligada à parede celular, a atividade de invertase ácida solúvel foi maior entre o 5º e o 6º mês nos dois cultivares. Observa-se também que depois desse período ocorreu queda na atividade enzimática, o que indica o início da fase de maturidade, à semelhança do observado por



**Figura 1a.** Atividade específica das invertases ácida solúvel (IAS), neutra (IN) e invertase ligada à parede celular (IP) em lâminas foliares do cultivar SP70-1143.



**Figura 1b.** Atividade específica das invertases ácida solúvel (IAS), neutra (IN) e invertase ligada à parede celular (IP) em lâminas foliares do cultivar SP71-799.



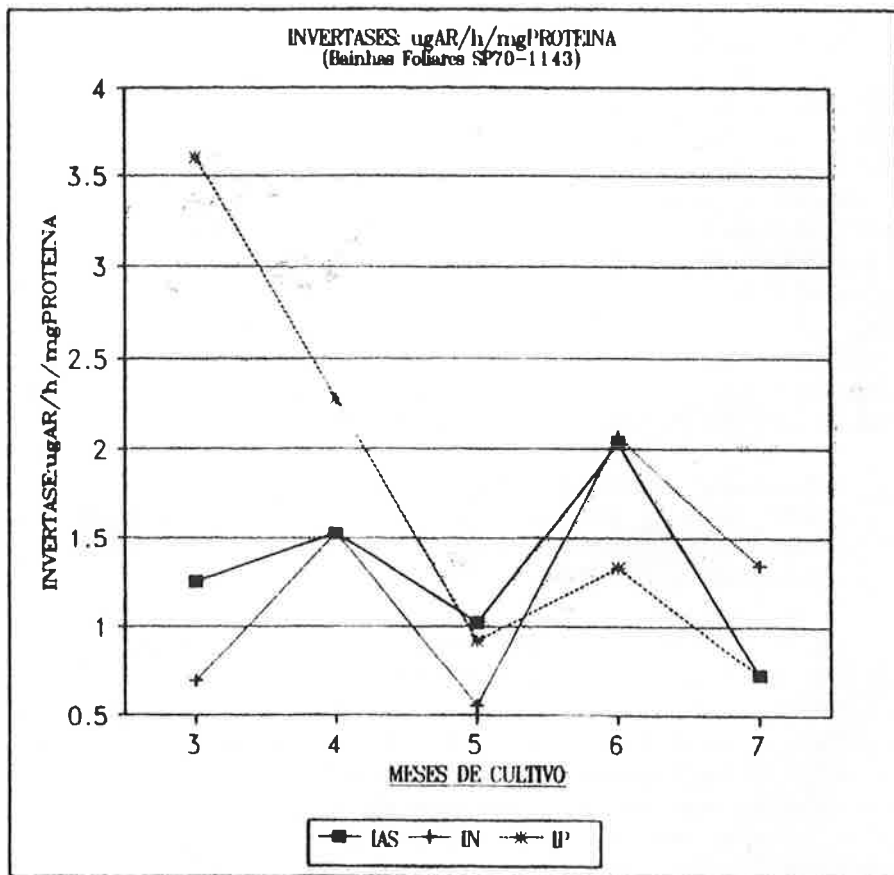
SUZUKI (1982). Comparativamente, parece existir predominância da atividade dessa isoenzima nas folhas do cultivar SP70-1143 em relação ao cv. SP71-799.

Na tentativa de encontrar padrões de atividade enzimática que pudessem indicar a capacidade de um cultivar de cana produzir açúcar o mais cedo possível, ALEXANDER (1967) sugeriu que as invertases possam ser utilizadas como indicador para comprovar o rendimento de açúcar em cultivares de cana-de-açúcar. Observa-se, ainda, que a atividade da invertase neutra aumentou com o crescimento, mostrando o SP71-799 tendência de decrescer após o 6º mês, enquanto que, no SP70-1143, a enzima se estabilizou em altos níveis, embora a distribuição nesse cultivar tenha variado de maneira aparentemente não relacionada com as características varietais, o que contraria as observações de MADAN et alii (1983) e concorda com HATCH & GLASZIOU (1963).

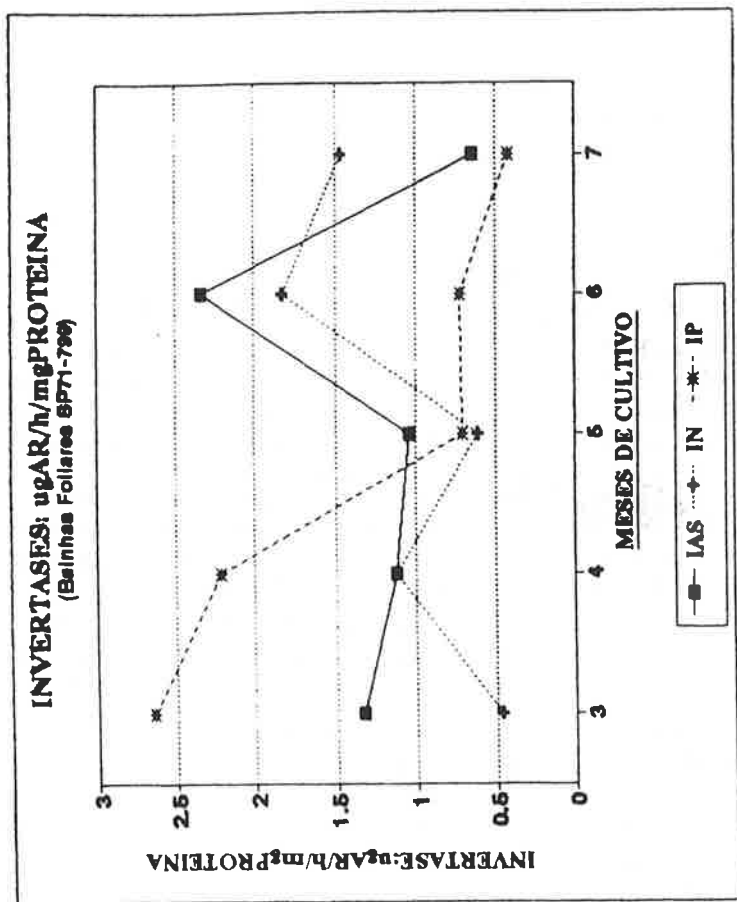
#### Atividade Específica das Invertases Ácida Solúvel (IAS), Neutra (IN) e Invertase Ácida Ligada à Parede Celular (IP) na Bainha Foliar dos Cultivares SP70-1143 e SP71-799

Pelas Figuras 2a e 2b, observa-se que, nos meses iniciais do experimento, houve predominância da isoenzima ácida da parede celular sobre as invertases ácidas e neutra. Entretanto, observou-se que, à medida que os tecidos tornaram-se fisiologicamente mais diferenciados, as enzimas intracelulares mostraram tendência de aumentar e logo decrescer em níveis bem próximos até o final do experimento. Os presentes resultados, com cana-de-açúcar cultivada a campo e em condições semicontroladas, confirmam observações feitas por outros autores sobre esse decréscimo da atividade enzimática e sugerem que os resultados obtidos para as isoenzimas de parede celular possam ser devidos a inibição pela sacarose (PRADO et alii, 1978; SAMPIETRO et alii (1980).

A atividade da invertase ligada à parede celular da bainha repetiu a mesma tendência da invertase ligada à pa-



**Figura 2a.** Atividade específica das invertases ácida solúvel (IAS), neutra (IN) e invertase ligada à parede celular (IP) em bainhas foliares do cultivar SP70-1143.



**Figura 2b.** Atividade específica das invertases ácida solúvel (IAS), neutra (IN) e invertase ligada à parede celular (IP) em bainhas foliares do cultivar SP71-799.

rede celular das lâminas foliares, qual seja, a de declinar com o desenvolvimento da planta. Esta tendência pode estar corroborando a proposição de PRADO *et alii* (1978) de que existe analogia entre a atividade das invertases da bainha foliar e a das invertases de tecidos maduros e em crescimento. Essa analogia depende provavelmente da compartimentalização intracelular de enzimas, o que é comprovado pelas diferenças dos valores de pH de invertases ligadas às paredes celulares dos tecidos analisados.

Os resultados mostram que no cultivar SP70-1143 apresentaram as invertases tendência de aumentar, diminuir na fase seguinte e, finalmente elevar-se e cair bruscamente. Tendência oposta foi apresentada pela invertase ácida da bainha do cultivar SP71-799. Entre os três e quatro meses de crescimento, a atividade da enzima mostrou tendência de decrescer, elevando-se na fase seguinte, e decrescendo após o 6º mês. Observou-se ainda que suas atividades apresentaram ao longo do período acentuadas elevações, seguidas de quedas bruscas, para, finalmente, declinar com a idade da planta.

As variações na atividade da invertase neutra com a maturidade podem ser explicadas com base nas observações feitas por SAMPIETRO *et alii* (1980), de que existe paralelismo entre os eventos celulares que ocorrem nos tecidos da bainha foliar e os dos tecidos do colmo em crescimento.

Os resultados mostram ainda que a atividade da invertase neutra é maior do que a da ácida nos dois cultivares. As invertases neutras detectadas nos colmos têm o mesmo padrão de semelhança e comportamento, embora geralmente não pareçam estar relacionadas com as características varietais.

#### **Atividade Específica das Invertases Ácida Solúvel (IAS), Neutra (IN) e Invertase Ligada à Parede Celular (IP) nos Colmos dos Cultivares SP70-1143 e SP71-799**

As atividades específicas das diferentes invertases

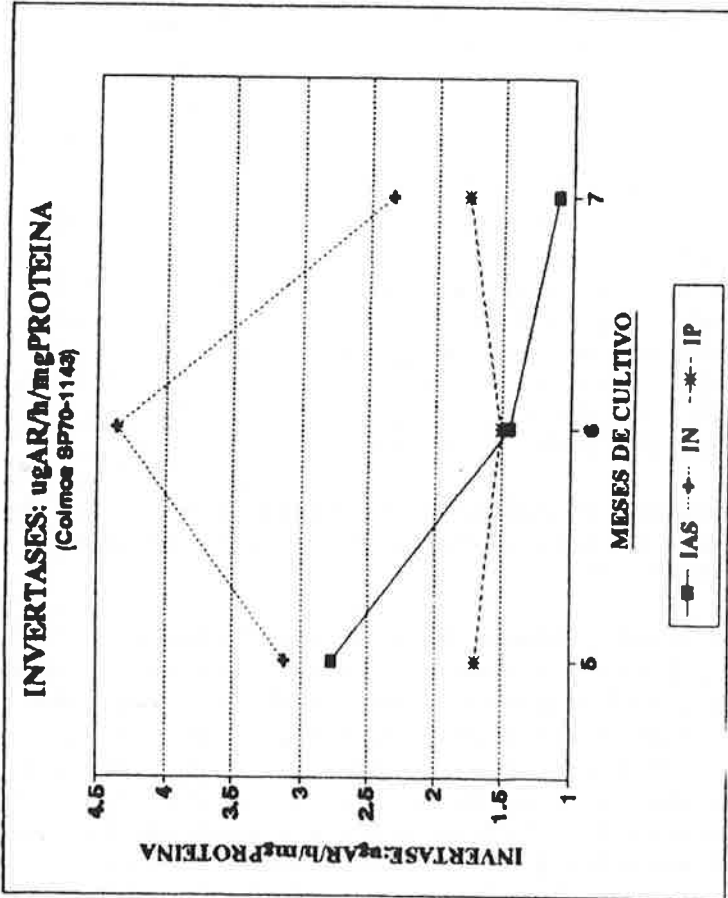
em colmos dos dois cultivares são mostradas nas **Figuras 3a e 3b**. A atividade da IAS nos dois cultivares foi semelhante; em ambas a tendência foi de declinar com o crescimento fisiológico das plantas.

A observação dos altos níveis de atividade da IN em relação à IAS estão de acordo com os resultados obtidos por HATCH & GLASZIOU (1963), RICARDO & SOVIA (1974), que relatam a ocorrência de altos níveis de atividade da IN, observando que esta relação pode estar estreitamente ligada à capacidade de acumular sacarose.

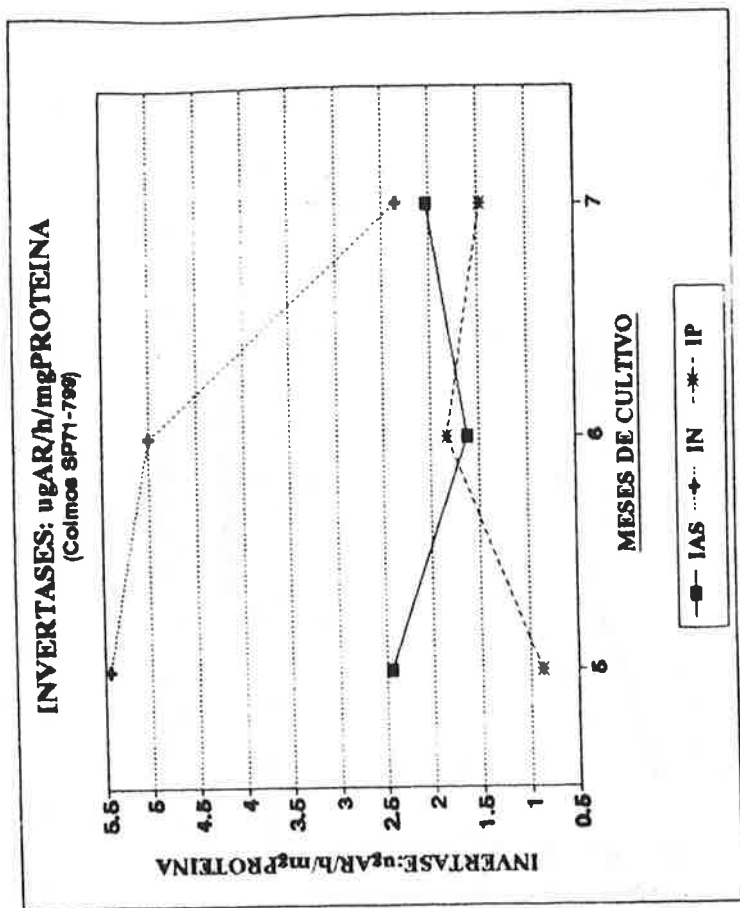
Durante os meses de maior crescimento, a atividade da invertase ácida ligada à parede celular apresentou tendência de aumentar à medida que o tecido do colmo tornou-se fisiologicamente mais maduro. Esta tendência foi semelhante aos padrões de distribuição para invertases em várias partes de raízes em desenvolvimento, como é o caso de ervilha (SEXTON & SUTCHIFFE, 1969), fava (BROWN et alii, 1952) e milho (HELLEBUST & FORWARD, 1972).

#### **Armazenamento de Açúcares em Relação à Atividade de Invertases em Lâminas Foliaves dos Cultivares SP70-1143 e SP71-799**

Observa-se nas **Figuras 4a e 4b** o conteúdo de açúcares em lâminas foliaves dos dois cultivares. Levando-se em conta esse fato e que a atividade da invertase ácida mostrou tendência de aumentar e depois decrescer, enquanto que a atividade da invertase neutra elevou-se, é possível que a atividade da invertase ácida seja a responsável pelas mudanças nos teores de açúcares durante o crescimento, pois parece estar estreita e inversamente relacionada com o conteúdo de sacarose e de açúcares totais. Nesse período, os efeitos da atividade da invertase neutra foram provavelmente mascaradas pela da invertase ácida, conforme, aliás, foi também observado por GLASZIOU (1960) e GAYLER & GLASZIOU (1972).



**Figura 3a.** Atividade específica das invertases ácida solúvel (IAS), neutra (IN) e invertase ligada à parede celular (IP) em colmos do cultivar SP70-1143.



**Figura 3b.** Atividade específica das invertases ácida solúvel (IAS), neutra (IN) e invertase ligada à parede celular (IP) em colmos do cultivar SP71-799.

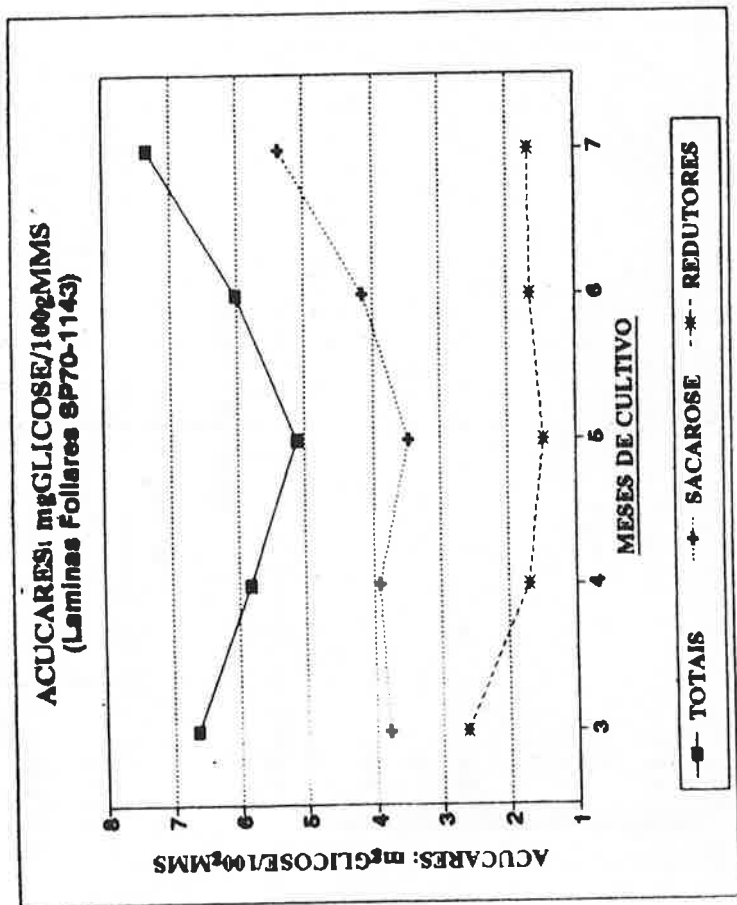
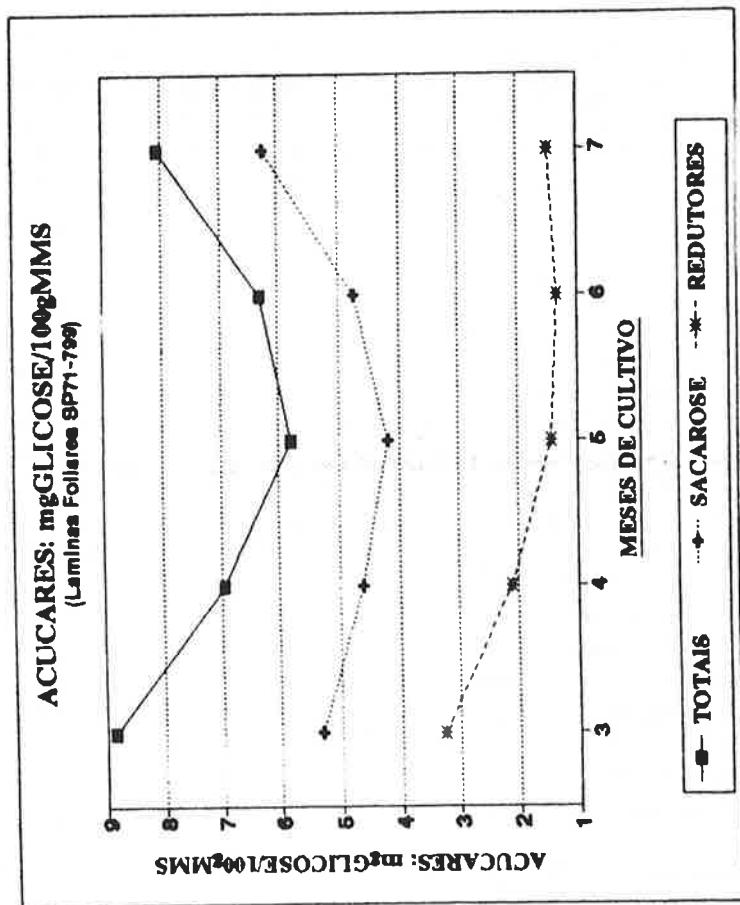


Figura 4a. Conteúdo de açúcares totais, sacarose e açúcares redutores em lâminas foliares do cultivar SP70-1143.





**Figura 4b.** Conteúdo de açúcares totais, sacarose e açúcares redutores em lâminas foliares do cultivar SP71-799.

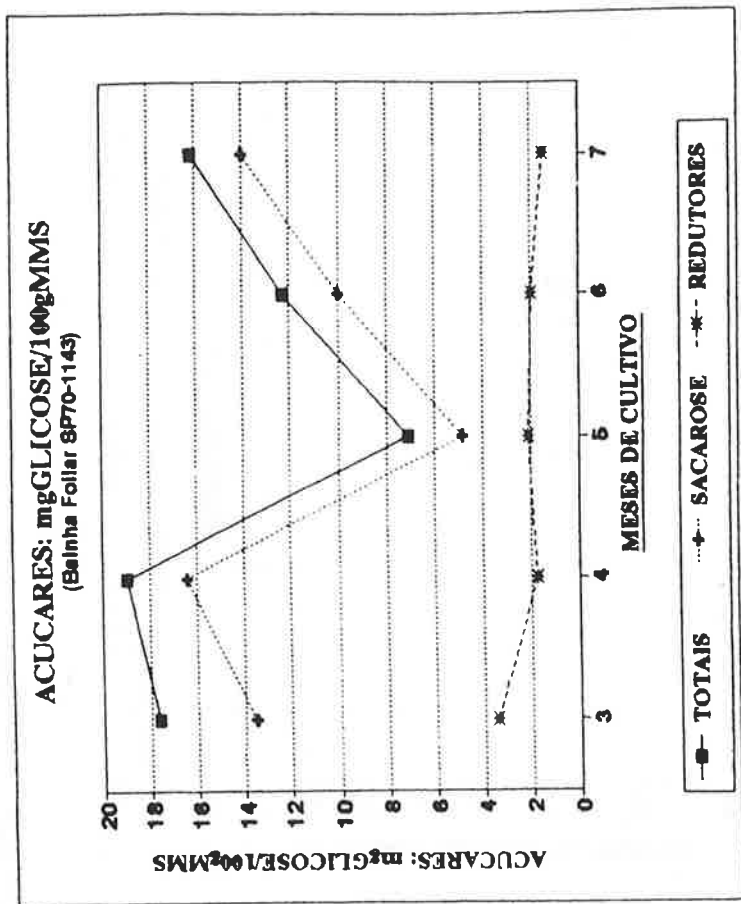
### **Armazenamento de Açúcares em Relação à Atividade de Invertases em Bainhas Foliaves dos Cultivares SP70-1143 e SP71-799**

Os teores de açúcares em bainhas foliaves, ao longo do período de cultivo, nos dois cultivares, são mostrados nas Figuras 5a e 5b. Observa-se que o conteúdo de açúcares nesse tecido variou durante o crescimento e a maturação das plantas. No início dos ensaios, os tecidos da bainha continham os maiores teores de açúcares solúveis totais e de sacarose. No decorrer do período experimental o cultivar SP70-1143 mostrou possuir maior tendência de variação nos teores de açúcares das bainhas parecendo não ter havido influência do fator varietal.

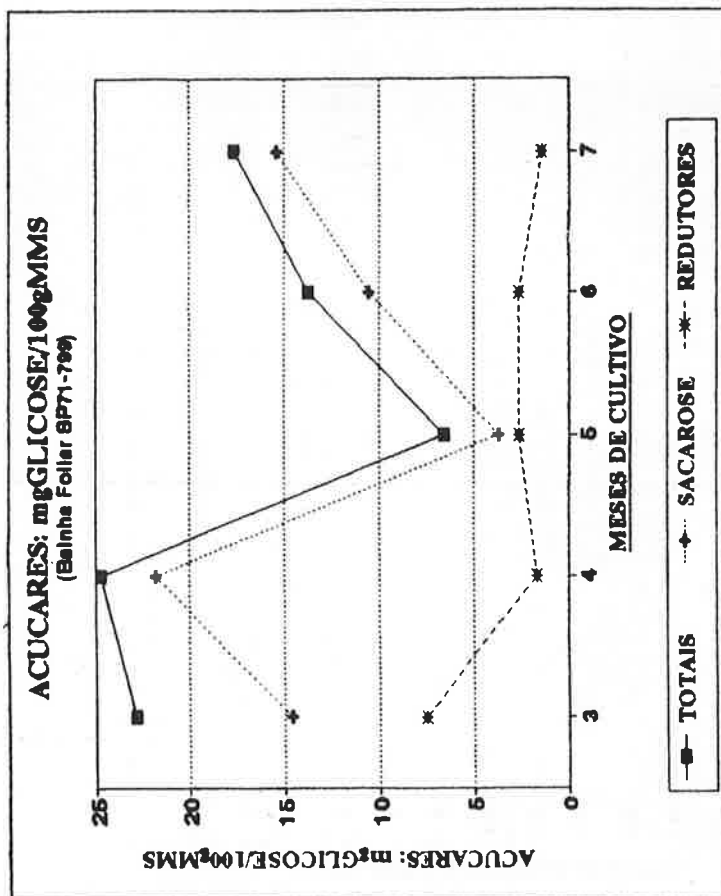
De acordo com as mudanças nas atividades das diferentes formas enzimáticas nas bainhas foliaves desses cultivares, observa-se predominância das atividades das invertases ácidas (solúvel e de parede celular), sobre a invertase neutra no período de crescimento. No final do período, entretanto, ocorreu queda na atividade das invertases ácidas, enquanto que a neutra passou a predominar, sem, contudo, elevar-se a níveis significantes. Estes resultados discordam de SLAK (1965), que não detectou acúmulo de açúcares solúveis nem nos tecidos de folhas nem nos da bainha em plantas cultivadas no campo, como em condições controladas. Entretanto, concordam com PRADO *et alii* (1978), os quais trabalhando com canas cultivadas a campo, demonstraram que essas plantas possuem elevada concentração de sacarose no espaço intercelular, que deve estar disponível para a inversão pelas invertases.

### **Armazenamento de Açúcares em Relação à Atividade de Invertases em Colmos dos Cultivares SP70-1143 e SP71-799**

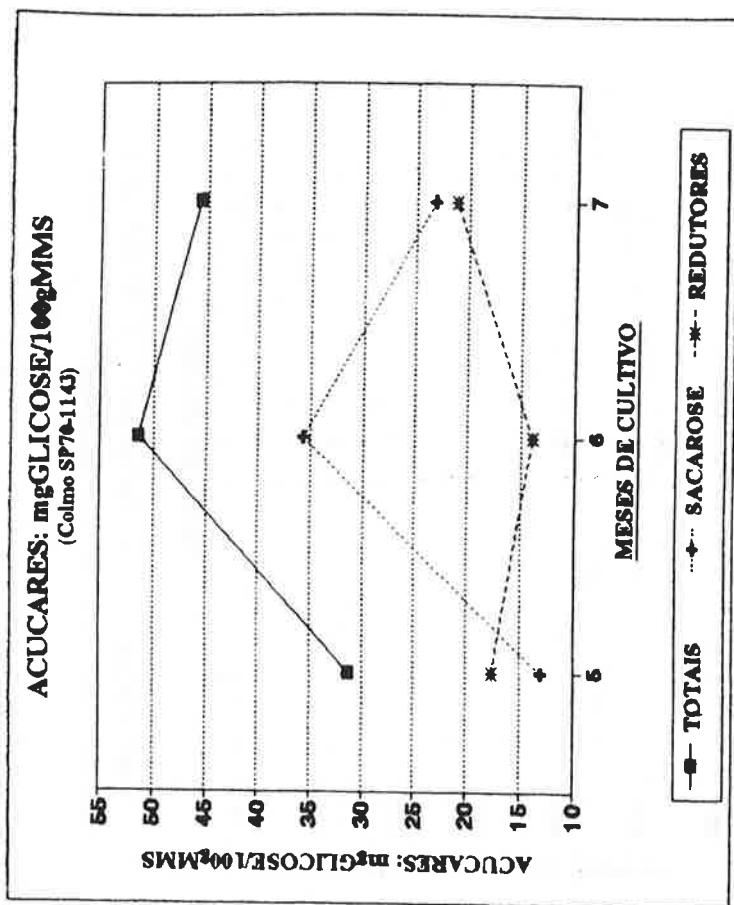
Os conteúdos de açúcares em colmos destes cultivares são mostrados nas Figuras 6a e 6b. Observa-se que no cultivar SP71-799 a taxa de armazenamento de sacarose aumenta ou diminui em função do nível de atividade da invertase



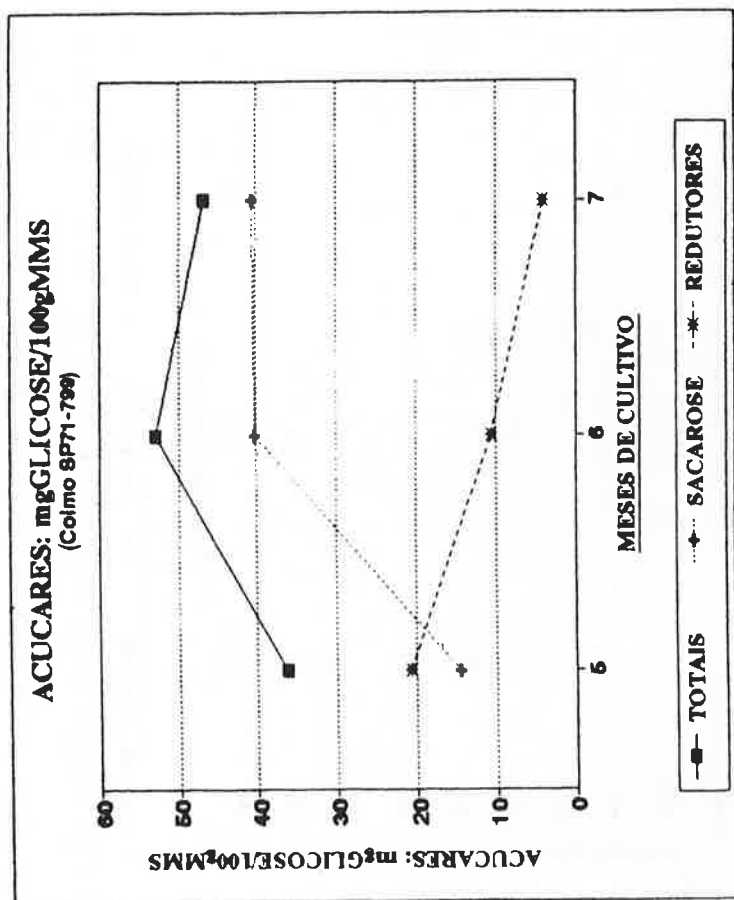
**Figura 5a.** Conteúdo de açúcares totais, sacarose e açúcares redutores em bainhas foliares do cultivar SP70-1143.



**Figura 5b.** Conteúdo de açúcares totais, sacarose e açúcares redutores em bainhas foliares do cultivar SP71-799.



**Figura 6a.** Conteúdo de açúcares totais, sacarose e açúcares redutores em colmos do cultivar SP70-1143.



**Figura 6b.** Conteúdo de açúcares totais, sacarose e açúcares redutores em colmos do cultivar SP71-799.

neutra. Tais resultados estão de acordo com os de HATCH & GLASZIOU (1963), os quais sugeriram ser essa isoenzima a mesma invertase neutra, ativa em tecidos armazenadores imaturos e que sobreviveu ao processo de maturação do tecido.

No estágio do crescimento do colmo, a atividade da invertase ácida solúvel, nos dois cultivares estudados, decresceu consideravelmente com o tempo, enquanto que a da invertase neutra aumentou. No estágio subsequente, entretanto, quando os internódios alcançaram a maturidade, a atividade das duas enzimas do cultivar SP70-1143 começou a declinar, enquanto que no cultivar SP71-799 a tendência da atividade de ambas as isoenzimas foi aumentar, o que sugere estreita influência do fator varietal. Esta observação concorda com a de vários autores e sugere a existência de estreita relação entre o crescimento do tecido de cana-de-açúcar e a atividade da invertase ácida (ROBINSON & BROW, 1952; HELLEBUST & FORTWARD, 1963; HATCH & GLASZIOU, 1963).

## CONCLUSÕES

1) Os tecidos da lâmina foliar, da bainha e dos colmos dos cvs. SP70-1143 e SP71-799 possuem duas invertases solúveis (uma ácida: pH 5,5; e uma neutra: pH 7,0) e uma invertase ácida ligada à parede celular. Essas isoenzimas exercem função chave na mobilização, utilização e acúmulo de sacarose em ambos os cultivares de cana-de-açúcar.

2) O cv. SP71-799 apresenta no colmo teores elevados de sacarose e baixos níveis de açúcares redutores, o que está relacionado com a invertase neutra, cuja atividade é alta nesse tecido.

3) As folhas do cv. SP70-1143 possuem alta atividade de invertase ácida solúvel, o que está relacionado com o nível de sacarose encontrado nos colmos desse cultivar, nível esse não tão elevado quanto o do cv. SP71-799.

4) Os níveis de invertase ácida ligada à parede celular refletem a hidrólise da sacarose *in situ*, ou seja, no

vacúolo e no espaço externo a essa organela, antes de entrar nas vias metabólicas das células armazenadoras do parênquima.

5) Há uma correspondência entre os níveis de invertase neutra e o teor de açúcares redutores nos tecidos do colmo no cv. SP71-799 (cultivar de **alto açúcar**), não ocorrendo o mesmo no cv. SP70-1143 (cultivar **baixo açúcar**).

## RESUMO

As várias formas isoenzimáticas da invertase desempenham importante papel no metabolismo de açúcares como parte integrante do sistema fonte-reservatório em cana-de-açúcar, sendo que os cultivares têm como característica genética um comportamento fisiológico e agrônômico diferenciado. Os cultivares SP70-1143 e SP71-799 foram plantados no campo em solo Podzólico Vermelho-Amarelo no município de Piracicaba-SP, com manejo adequado a essa cultura. Amostras das folhas (lâminas e bainhas) +3 e +4 e dos 3º e 4º internódios dos colmos foram colhidas em intervalos de tempo no período entre o 5º e o 7º mês após o plantio. Foram realizadas análises de proteína total solúvel, açúcares redutores, açúcares solúveis totais, estimado o valor de sacarose e determinação das isoenzimas da invertase ácida solúvel (pH 5,5), neutra (pH 7,0), da parede celular da lâmina foliar (pH 3,8), da bainha foliar (pH 3,5) e da parede celular do tecido do colmo (pH 2,2). O cultivar SP71-799 mostrou-se mais eficiente do que SP70-1143, em termos de teor de sacarose, apresentando teores baixos de açúcares redutores nos internódios do colmo. Os tecidos da lâmina foliar, bainha e colmo de ambos os cultivares possuem duas invertases solúveis (uma ácida: pH 5,5 e uma neutra: pH 7,0) e uma ácida ligada à parede celular. Cada uma dessas isoformas apresenta um valor pH ótimo. O cultivar SP70-1143 apresenta teores relativamente altos de sacarose no colmo e alta atividade da invertase ácida nas folhas.

**Palavras-chave:** Sacarose, açúcares redutores, cana-de-açúcar, isoenzimas, invertases.



## SUMMARY

LEVELS OF SUGARS AND ACTIVITY OF INVERTASES IN SUGARCANE (*Saccharum* spp.). II. CULTIVARS SP70-1143 AND SP71-799

An important role is played by invertase isoenzymes in sugar metabolism, as part of the source-sink system in sugarcane, contributing to the physiological and agronomic behavior of the different cultivars. To test this, cvs. SP 70-1143 and SP71-799 were cultivated in the field. Samples of leaves (blades and sheaths) and stalks were harvested in time intervals between the 5<sup>th</sup> and the 7<sup>th</sup> months of growth. Total soluble protein, reducing and total soluble sugars were analysed and sucrose was estimated. Determination of the activity of the following invertase isoenzymes: acidic (pH 5.5), neutral (pH 7.0), cell wall-linked (pH 2.2, 3.5 and 3.8) were carried out. Cv. SP71-799 showed levels of sucrose higher than cv. SP70-1143, presenting low levels of reducing sugars in the stalk internodes. In both cultivars the tissues of leaf blade and sheaths and of the stalk internodes present two soluble invertase isoenzymes, one acidic pH 5.5 and one neutral pH 7.0, as well as a cell wall-linked acidic isoenzyme; each of these isoforms bears an optimum pH value. Cv. SP70-1143 has relatively high levels of sucrose in the stalks and high activity of acidic invertase in the leaves.

**Key words:** Sucrose, reducing sugars, sugarcane, isoenzymes, invertases.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, A.G., 1967. Evaluation of Sugar-Enzyme Relationships Among Twelve Puerto Rico Sugarcane Varieties. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*. Rio Piedras, 51(1): 29-38.
- BROWN, R.; W.S. REITH & N.E. ROBISON, 1952. The Mechanism of Plant Cell Growth. *Society Experimental Biological Symposium*, (6): 329-347.

- COPERSUCAR, 1983. Novas Variedades Copersucar. **Boletim Técnico Copersucar** (Ed. Especial): 1-59.
- DIB NUNES JR., M.S., 1987. Variedades de Cana-de-Açúcar. In: PARANHOS, S.B. **Cana-de-Açúcar, Cultivo e Utilização**. Campinas, Fundação Cargill. V.1, p. 187-259.
- FLEISCHMACHER, P.L.; F.E. PRADO & A.R. SAMPIETRO, 1980. Cell Wall Invertases from Apex and Callus Tissues of Sugarcane. **Plant and Cell Physiology**, Kyoto, 21: 1273-1281.
- GAYLER, K.R. & K.T. GLASZIOU, 1972. Physiological Functions of Acid and Neutral Invertase in Growth and Sugar Storage in Sugarcane. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, 27: 25-31.
- GLASZIOU, K.T., 1960. Accumulation and Transformations of Sugars in Sugarcane Stalks. **Plant Physiology**, Washington, 35(6): 895-905.
- HATCH, M.D. & K.T. GLASZIOU, 1963. Sugar Accumulation Cycle in Sugarcane. II. Relationship of Invertase Activity to Sugar Content and Growth Rate in Storage Tissue of Plant Grown in Controlled Environments. **Plant Physiology**, Washington, 38: 344-348.
- HATCH, M.D.; J.A. SACHER & K.T. GLASZIOU, 1963. Sugar Accumulation Cycle in Sugarcane. I. Studies on Enzymes of the Cycle. **Plant Physiology**, Washington, 38: 338-343.
- HELLEBUST, J.A. & D.F. FORWARD, 1962. The Invertase of the Corn Radicle and its Activity in Successive Stages of Growth. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, 40: 113-126.
- IRVINE, A.S., 1980. Growth and Yield of Sugarcane. In: SYMPOSIUM ON POTENTIAL PRODUCTIVITY OF FIELD CROPS UNDER DIFFERENT ENVIRONMENTS, 22-26 September.
- MADAN, V.K.; K. SINGH; S. SHIVAPURI; H.P. PANDE; Y.R. SAXENA, 1981. Foliar Enzymes of Sugarcane. Part I. Seasonal Variation of Invertases. **International Sugar Journal**, Lucknow, 83(990): 163.
- PRADO, F.E.; M.A. VATTUONE & A.R. SAMPIETRO, 1978. Sugarcane Glycosidases. A New Bound Invertase from Leaf Sheaths. In: CONGRESS INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR-

- CANE TECHNOLOGISTS, São Paulo. **Proceedings**. V. 16, p. 1683-1691.
- PRADO, F.E.; O.L. FLEISCHMACHER; M.A. VATTUONE; A.R. SAMPIETRO, 1982. Cell Wall Invertases of Sugarcane. **Phytochemistry**, New York, **21**(12): 2825-2828.
- QUIROGA, E.N.; R.R. DE MAXUD; M.A. VATTUONE; F.E. PRADO; A.R. SAMPIETRO, 1977. Sugarcane Glycosidases. A General View of the Glycosidases from Stalk. **Plant Science Letters**, Amsterdam, **8**: 135-140.
- RICARDO, C.P.P. & T. AP REES, 1970. Invertase Activity During the Development of Carrot Roots. **Phytochemistry**, New York, **9**: 239-247.
- RICARDO, C.P.P. & D. SOVIA, 1974. Development of Tuberos Roots and Sugar Accumulation as Related to Invertase Activity and Mineral Nutrition. **Planta**, Berlim, **118**: 43-55.
- ROBISON, E. & R. BROWN, 1952. The Development of the Enzyme Complement in Growing Root Cells. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, **3**(9): 356-374.
- SAMPIETRO, A.R.; M.A. VATTUONE & F.E. PRADO, 1980. A Regulatory Invertase from Sugarcane Leaf-Sheaths. **Phytochemistry**, New York, **19**: 1637-1642.
- SEXTON, H.R. & J.F. SUTCLIFFE, 1980. The Distribution of  $\beta$ -Glycerophosphatase in Young Roots of *Pisum sativum* L. **Annals of Botany**, Oxford, **33**: 407-419.
- SILVA, W.M., 1984. Perspectivas da Cultura da Cana-de-Açúcar no Brasil. In: SEMINÁRIO DE BIOTECNOLOGIA AGRÍCOLA, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz.
- SLACK, C.R., 1965. The Physiology of Sugarcane. VIII. Diurnal Fluctuations in the Activity of Soluble Invertase in Elongating Internodes. **Australian Journal of Biological Sciences**, Melbourne, **18**: 781-788.
- SUZUKI, J., 1982. Biossíntese e Acúmulo de Sacarose em Cana-de-Açúcar (*Saccharum* spp.): Influência Ion Potássio Durante Diferentes Estádios do Crescimento em Solução Nutritiva. Piracicaba. 96p. (Doutorado - ESALQ/USP).
- VATTUONE, M.A.; F.E. PRADO & A.P. SAMPIETRO, 1981. Cell Wall Invertases from Sugarcane. **Phytochemistry**, New York, **20**: 189-198.

- VATTUONE, M.A.; O.C. FLEISCHMACHER; F.E. PRADO; A.C. VINALS; A.R. SAMPIETRO, 1981b. Localization of Invertase in *Ricinus communis* Leaves. *Phytochemistry*, New York, 22: 1361-1365.
- VIEIRA, I.M.S., 1983. Efeito do Potássio sobre a Atividade de Invertases, Teores de Açúcares e Compostos Nitrogenados em Cana-de-Açúcar (*Saccharum* spp. var. NA56-79) Cultivada em Solução Nutritiva. Piracicaba. 97p. (Mestrado - ESALQ/USP).