

**MOBILIZAÇÃO DE RESERVAS NA EMERGÊNCIA E
DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE CUPUAÇUZEIRO**
(Theobroma grandiflorum (Willd. ex. Spreng.) Schum.).
1 - CARBOIDRATOS¹

Francisco José Câmara FIGUEIRÊDO²
Olinto Gomes da ROCHA NETO²
Cláudio José Reis de CARVALHO³

RESUMO: Com o objetivo de conhecer os sítios de reservas de carboidratos, foram determinadas as quantidades de amido, açúcares solúveis totais e redutores em amostras de sementes, de cotilédones, raízes, epicótilos e folhas de plântulas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum.). As plântulas foram oriundas de sementes expostas antes da semeadura a $16^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e 65 ± 5 % UR, por 48, 72, 240 e 480 horas, e a $21^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e 45 ± 5 % UR, por 48 e 72 horas, comparadas com outras provenientes de sementes semeadas imediatamente após o despulpamento manual ou mecânico. A maior fonte de reservas de carboidratos nas sementes foi o amido (13,2 %), seguido de açúcares solúveis totais (8,1 %) e redutores (0,3 %). Aos 30 dias após a semeadura, os cotilédones continuavam sendo os principais sítios de reservas de amido, açúcares solúveis totais e redutores. Aos 90 dias após a semeadura, as reservas de carboidratos nos cotilédones eram mínimas, açúcares solúveis totais (0,21 %) e redutores (0,08 %) e amido (0,05 %). Ao final do estudo, os principais sítios de reservas de amido, açúcares solúveis totais e redutores foram os epicótilos, raízes e epicótilos, respectivamente.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Amido, Açúcares Solúveis Totais, Açúcares Solúveis Redutores, Semente, Cotilédones, Raiz, Epicótilo, Folha.

**SITES OF ENERGY RESERVES DURING EMERGENCE AND
DEVELOPMENT OF "CUPUAÇU" (*Theobroma grandiflorum*
(Willd. ex. Spreng.) Schum.) SEEDLINGS. 1- CARBOHYDRATES**

ABSTRACT: The objective of this research was to find out the sites of carbohydrates reserves of cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex-Spreng.) Schum.) by the analyses of starch, total soluble sugars and reducing soluble sugars, in the seed and cotyledons, roots, epicotyls and leaves samples of seedlings. The seedlings were obtained from seeds exposed to $16^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ and 65 ± 5 % UR,

¹ Aprovado para publicação em 26.12.2001

Extraído da tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada ao Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará – UFPA.

² Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Caixa Postal 48, CEP 66017-970, Belém, PA, e-mail: fjef@cpatu.embrapa.br.; olinto@cpatu.embrapa.br.

³ Engenheiro Agrônomo, PhD., Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, e-mail: carvalho@cpatu.embrapa.br.

for 48, 72, 240 and 480 hours; to $21^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ and $45\pm 5\%$ UR, for 48 and 72 hours, and other sowed seeds after manual and mechanical pulping. The starch (13,2 %) was the highest source of carbohydrates reserves in the seeds, followed by the total soluble sugars (8,1 %) and reducing soluble sugars (0,3 %). The cotyledons were the main sites of starch storage, total soluble sugars and reducing soluble sugars at 30 days after sowing. However, at 90 days after sowing the reserves of carbohydrates on the cotyledons were lower, followed by total soluble sugars (0,21 %), reducing soluble sugars (0,08 %) and starch (0,05 %). At the end of this experiment, the main sites of starch, total soluble sugars and reducing soluble sugars were the epicotyls, roots and epicotyls, respectively.

INDEX TERMS: Starch, Total Solubles Sugars, Reducing Solubles Sugars, Seed, Cotyledon, Root, Epicotyl, Leaf.

INTRODUÇÃO

O cultivo do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum) é uma alternativa econômica para os sistemas agrícolas da Região Amazônica, principalmente, nos sistemas agroflorestais ou consorciado com outras culturas de expressão econômica (CALZAVARA; MÜLLER; KAHWAGE, 1984; MOTA, 1990; NOGUEIRA et al. 1991; GASPAROTTO; ARAÚJO; SILVA, 1997; RIBEIRO, 1997; CAVALCANTE; COSTA, 1997).

A análise de trabalhos sobre o desenvolvimento e a germinação de sementes permitiu que Ventucci & Farrant (1995) concluíssem que a tolerância à dessecação é um fenômeno complexo, que envolve o metabolismo e a estrutura das membranas, que permite às células suportarem a perda de água com o mínimo de danos.

A dessecação de sementes recalcitrantes, como as de cupuaçu, tem sido objeto de diversos estudos do ponto de vista da qualidade fisiológica. Andrade (1984), ao submeter as sementes de *Euterpe edulis*

Mart.(jussara), *E. oleracea* Mart. (açai), *E. catinga* Wallace (açai-chumbinho), *Oenocarpus bacaba* Mart. (bacabão) e *O. minor* Mart. (bacabinha) à dessecação, com o emprego de sílica gel, em ambiente a 20°C , verificou que as sementes dessas espécies são sensíveis à desidratação, pois as porcentagens de germinação foram bastante baixas para teores de água que variaram de 20 % a 24 %. Pereira (1976), quando estudou métodos de conservação de sementes de seringueira, observou que os teores de umidade abaixo de 25 % comprometeram o poder germinativo, que registraram valores inferiores a 12 %.

Algumas sementes de espécies nativas ou adaptadas às condições da Amazônia podem ser consideradas como recalcitrantes, entre essas as relacionadas por Carvalho et al. (1996b) - açai, bacuri (*Platonia insignis* Mart.), cupuaçu, e pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) - além de manga (*Mangifera indica* L.), cacau (*Theobroma cacao* L.), seringa (*Hevea brasiliensis* Muell. Agrov.), guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) e mangostão (*Garcinia mangostona* L.), citadas por Corbineau; Côme (1988);

Zink e Rochele (1964); Cícero, Marcos Filho e Toledo, (1986); Carvalho et al. (1982) e Carvalho et al. (1996), respectivamente.

As plantas armazenam substâncias de reserva que são aproveitadas nas diversas etapas do metabolismo e que lhes garante o desenvolvimento. Entre essas, as de maior ocorrência, na grande maioria das sementes, são os carboidratos (MAYER; POLJAKOFF-MAYBER, 1975). De acordo com Rochat e Boutin (1992), as quantidades de carboidratos (amido e sacarose) aumentaram rapidamente, até o estágio intermediário de desenvolvimento das sementes de ervilha, para decrescer à medida em que se aproximou o final da maturação.

Os carboidratos são as substâncias orgânicas de maior abundância nos tecidos dos vegetais, notadamente nas sementes, tubérculos e frutos amiláceos. De acordo com Mayer e Poljakoff-Mayber (1975), durante a germinação de *Vigna sesquipedalis* (L.) Fruwirth (feijão-chicote), os cotilédones foram as partes da semente que apresentaram a maior redução de massa seca, enquanto o maior ganho foi registrado para o hipocótilo, fato que evidencia o aproveitamento das reservas para a diferenciação das estruturas das plântulas. Nas sementes dessa espécie, os carboidratos são acumulados em várias partes do embrião, mas, após o quarto dia de germinação, as quantidades de açúcares solúveis decrescem no hipocótilo e começam a estar presentes no epicótilo, fatos que caracterizam a mobilização das reservas.

O amido pode ser acumulado em quantidades razoáveis na raiz principal, como foi observado por Boyce e Volenec (1992), quando do desfolhamento e por ocasião em que houve o aumento excessivo na atividade fotossintética de plantas de alfafa (*Medicago sativa* L.).

Os efeitos dos açúcares sobre a tolerância ou não à desidratação foram estudados em milho, *Zea mays* L. (CHEN; BURRIS, 1990, 1991); colza, *Brassica campestris* (LePRINCE; BRONCHART; DELTOUR, 1990), soja, *Glycine max* (L.) Merrill (BLACKMAN; OBENDORF; LEOPOLD, 1992), entre outras espécies, assim como os efeitos sobre a germinação de semente de ervilha (*Pisum sativum* L.), soja e milho (KOSTER; LEOPOLD, 1988), *Brassica campestris* (LePRINCE; BRONCHART; DELTOUR, 1990), milho (LePRINCE et al., 1992).

Sun, Irving e Leopold, (1994) observaram que no estágio herbáceo, em plantas de quiabo (*Quercus rubra* L.), não ficou bem evidente o efeito de açúcares sobre a resistência à dessecação, embora as membranas tenham demonstrado a habilidade de reter água.

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar os efeitos da desidratação de sementes de cupuaçu sobre a mobilização de reservas de carboidratos na emergência e a translocação para as diferentes partes da plântula.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo de mobilização de reservas foi realizado a partir de amostras de sementes, antes e depois da aplicação dos tratamentos experimentais que envolveram combinações de temperatura e umidade relativa do ar de $16^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $65\pm 5\%$ UR do ar pelos períodos de 48, 72, 240 e 480 horas, e de $21^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $45\pm 5\%$ UR do ar por 48 e 72 horas, estabelecidas a partir de estudo preliminar que incluiu, também, o ambiente de câmara fria a $10^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $45\pm 5\%$ UR do ar.

As plântulas de cupuaçuzeiro utilizadas foram oriundas de sementes despulpadas manual e mecanicamente, com semeadura imediata, e das submetidas à despolpa mecânica e expostas aos tratamentos desidratantes.

Em resumo, os tratamentos experimentais foram:

T1: controle, sementes semeadas após o despulpamento manual;

T2: controle, sementes semeadas após o despulpamento mecânico;

T3: sementes despulpadas mecanicamente e expostas a $16^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $65\pm 5\%$ UR do ar por 48 horas;

T4: idem por 72 horas;

T5: idem por 240 horas;

T6: idem por 480 horas;

T7: sementes despulpadas mecanicamente e expostas a $21^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $45\pm 5\%$ UR do ar por 48 horas; e

T8: idem por 72 horas.

O grau de umidade, antes e depois da aplicação dos tratamentos, foi determinado após as sementes serem mantidas, por 24 horas, em estufa regulada à temperatura de $105^{\circ}\pm 3^{\circ}\text{C}$. O cálculo foi realizado com base no peso úmido (BRASIL, 1992).

A semeadura foi feita em substrato constituído de areia lavada e serragem curtida, na proporção de 1:1 (v/v), e as bandejas foram mantidas em sala de crescimento sem controle de temperatura e luminosidade. Aos 30 dias após a semeadura avaliaram-se as porcentagens de emergência de 50 sementes semeadas por parcela experimental e distribuídas de forma inteiramente casualizada, em quatro repetições.

As determinações de carboidratos (amido, açúcares solúveis totais e redutores), a partir de amostras de sementes, foram realizadas antes e depois da aplicação do tratamento e de partes de plântulas de cupuaçuzeiro. Após a avaliação da emergência, plântulas de cada tratamento, tomadas aleatoriamente aos 30, 45 e 90 dias após a semeadura, foram misturadas para constituírem as amostras de cotilédones, raízes, epicótilos e folhas

Nas extrações de frações de carboidratos, com base nos procedimentos e recomendações de Lara et al. (1976) e da Association Of Official Analytical Chemists (1984), juntaram-se, aos 100 mg de matéria seca, 8 mL de álcool etílico a 70 %, nas duas primeiras etapas da extração, seguidas da última com 4 mL de água destilada. Ao final

desse processo, separam-se o resíduo, contendo frações de amido, e o sobrenadante, constituído de frações de açúcares.

A porção do resíduo, contendo frações de amido, foi ressuspensa com água e ácido perclórico a 35 %. À alíquota de 100 μ L juntaram-se 900 μ L de água destilada e adicionaram-se, em banho-gelado, mais 2 mL de reativo de antrona a 0,2 % em ácido sulfúrico concentrado. Após a exposição da solução ao banho-maria (80 °C/20 min) e resfriamento sob condições de ambiente natural (± 15 min), procederam-se às leituras em espectrofotômetro (CELM, modelo E-205-D) a 620 nm, segundo a recomendação de Yemm e Willis (1954). Os resultados finais foram expressos em gramas por quilograma de matéria seca (g.kg^{-1} MS), e o padrão foi feito a partir de solução de glucose, sendo o branco constituído de 2 mL de água, 2,5 mL de Ba(OH)_2 e 2,5 mL de ZnSO_4 .

A alíquota de 100 mL do sobrenadante, contendo quantidades de açúcares solúveis totais, foi diluída em água destilada (900 mL) e adicionaram-se 2 mL de reativo de antrona em banho gelado. A solução obtida foi levada a banho-maria (80 °C/20 min) e a leitura realizada em espectrofotômetro a 620 nm, conforme recomenda Yemm e Willis (1954). O padrão foi preparado do mesmo modo ao adotado para a determinação de amido, e os resultados obtidos foram expressos em g.kg^{-1} MS.

Na dosagem de açúcares solúveis redutores, à alíquota de 100 mL da solução obtida na extração de carboidratos juntaram-se 900 mL de água destilada e 1 mL do reagente de Nelson; em seguida, foi incubada em banho-maria em ebulição, por 20 minutos. À solução resfriada foi adicionado 1 mL do reagente arsenomolibdico e, em seguida, submetida à leitura espectrofotométrica a 540 nm, segundo o método de Somogyi-Nelson (NELSON, 1944), e os resultados obtidos foram expressos em g.kg^{-1} MS. O padrão foi feito com solução de glucose, a partir de alíquotas de 0,1 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ a 1 $\mu\text{g.mL}^{-1}$, o branco foi constituído da mistura de 1 mL do reagente de Nelson, 1 mL do reagente arsenomolibdico e 2 mL de água destilada.

A magnitude das variações de carboidratos, em amostras de sementes e de cotilédones, raízes, epicótilos e folhas de plântulas de cupuazeiro, foi feita pelo teste paramétrico ANOVA, com base no software BioEstat 2.0 (AYRES et al., 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste ANOVA, aplicado aos resultados, esclarece que houve diferença significativa nos teores de carboidratos, entre amostras de sementes, antes e depois da aplicação dos tratamentos desidratantes, e entre as diversas épocas de amostragens após a semeadura, para cotilédones, raízes, epicótilos e folhas de plântulas de cupuazeiro. Os coeficientes de variação, para os parâmetros de avaliação de amostras de sementes, antes e depois da aplicação dos

tratamentos, variaram de 2,7 % a 31,0 %. Para cotilédones, raízes, epicótilos e folhas, esses oscilaram de 3,6 % a 42,2 %; de 10,3 % a 58,8 %; de 9,7 % a 32,5 % e de 4,6 % a 29,1 %, respectivamente.

Os teores de água em sementes de cupuaçu, antes e depois da aplicação dos tratamentos desidratantes (T3 a T8), e os efeitos sobre a porcentagem de emergência, comparados aos controles (T1 e T2), estão representados na Figura 1.

Observou-se que as sementes dos tratamentos T5 e T6, que sofreram as mais acentuadas reduções do conteúdo de água (> 49 %), apresentaram as mais baixas taxas de emergência. Esses resultados confirmam a sensibilidade das sementes de cupuaçu às baixas temperaturas (CUATRECASAS, 1964) e comprovam a facilidade de se desidratarem, com prejuízos à viabilidade

(GATO, 1992), características essas de sementes recalcitrantes. Ferreira e Santos (1993), quando avaliaram o efeito da velocidade de secagem sobre a emergência e vigor de sementes de pupunha, também concluíram que essas variáveis de respostas foram afetadas por pequenas reduções no teor de umidade, além da velocidade com que este foi rebaixado.

Os resultados obtidos com as dosagens de amido estão representados na Figura 2. A quantidade média desse carboidrato, observada nas sementes antes da aplicação dos tratamentos, foi de $132,3 \pm 4,3 \text{ g.kg}^{-1}$ de MS, valor este contido no intervalo de $123,6 \text{ g.kg}^{-1}$ (T6) a $137,2 \text{ g.kg}^{-1}$ (T2). Figueirêdo; Rocha Neto; Carvalho, (1999) verificaram, em sementes de cupuaçu, quantidades de amido de, aproximadamente, 128 g.kg^{-1} MS.

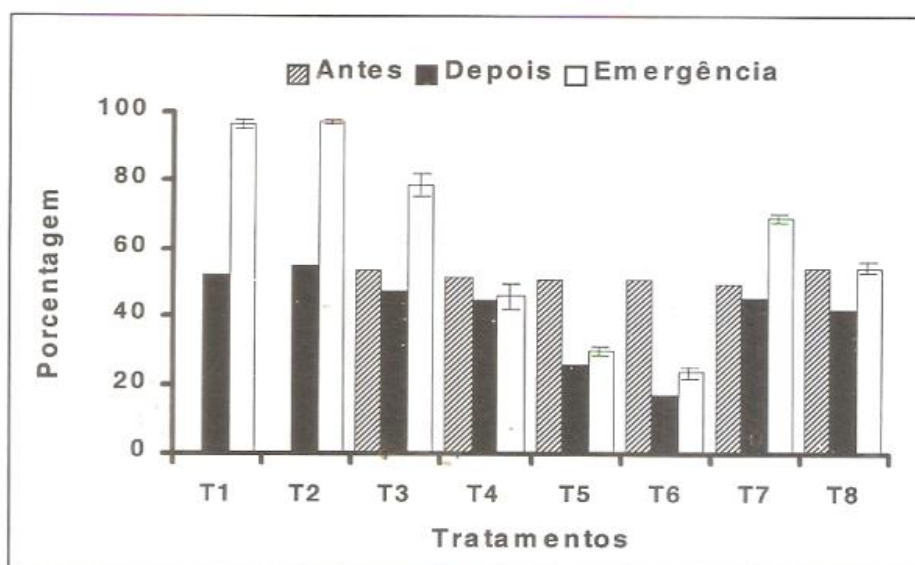


Figura 1 - Teores médios de água em sementes de cupuaçu, antes e depois da aplicação dos tratamentos desidratantes, e porcentagens de emergências, comparados aos controles. (N=4; I=erro padrão da média).

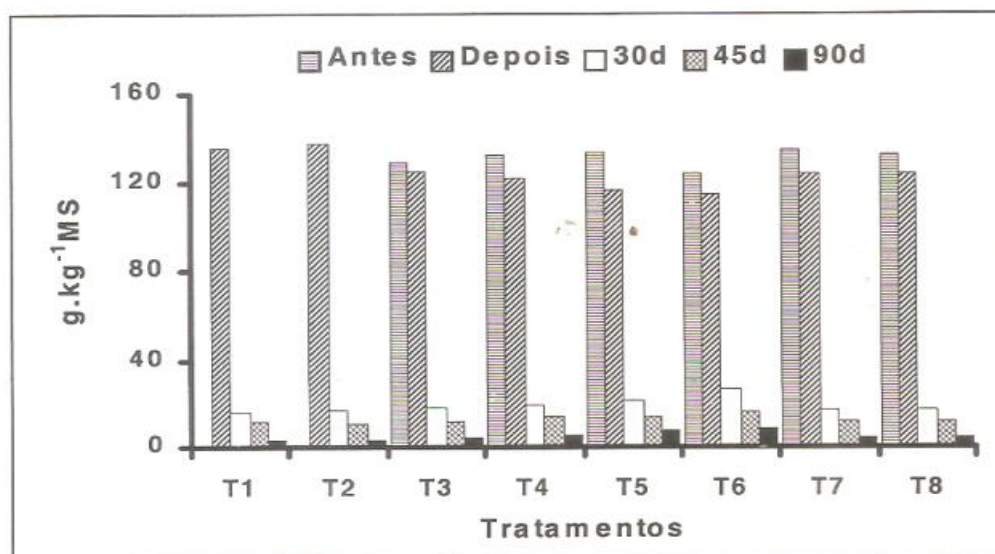


Figura 2 – Teores de amido em sementes de cupuaçu, antes e depois da aplicação dos tratamentos desidratantes, e em cotilédones de plântulas mantidas em sala de crescimento, aos 30, 45 e 90 dias após a semeadura.

Pode-se inferir que os tratamentos aplicados às sementes provocaram reduções nos teores de amido, que variaram de 3,3 % (T3) a 12,8 % (T5).

Observou-se que as quantidades de amido, que ainda constituíam as substâncias de reservas dos cotilédones, apresentavam porcentagens que correspondiam de 12,1 % (T1) a 21,3 % (T6), na amostragem aos 30 dias da semeadura, quando comparada com a de sementes antes da aplicação dos tratamentos. Entre aquela amostragem e a seguinte, 45 dias, as reduções ocorreram em menor intensidade, tendo sido obtidas, ainda, quantidades que variaram de 10,6 g.kg⁻¹ (T2) a 15,6 g.kg⁻¹ (T6), porém, aos 90 dias os valores encontrados situavam-se a partir dos extremos de 2,67 g.kg⁻¹ e

8,71 g.kg⁻¹ para aqueles tratamentos, respectivamente.

Rao e Kalpana (1994) observaram que as sementes de feijão-guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp. cv. ICPL87) sofreram reduções na quantidade de amido do embrião (13,8 %) e, conseqüentemente, a porcentagem de germinação, quando submetidas a períodos variáveis sob condições adversas de temperatura e umidade relativa do ar.

Nas Figuras 3, 4 e 5 estão representados os teores de amido obtidos a partir de análises de amostras de raízes, epicótilos e folhas de plântulas de cupuaçuzeiro, respectivamente, nas avaliações realizadas aos 30, 45 e 90 dias após a semeadura.

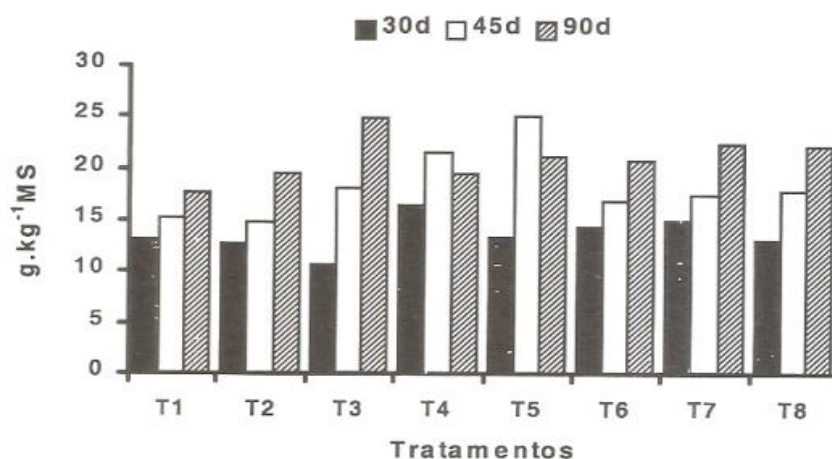


Figura 3 – Teores de amido em amostras de raízes de plântulas de cupuaçuzeiro oriundas de sementes submetidas ou não a tratamentos desidratantes, mantidas em sala de crescimento, aos 30, 45 e 90 dias após a semeadura.

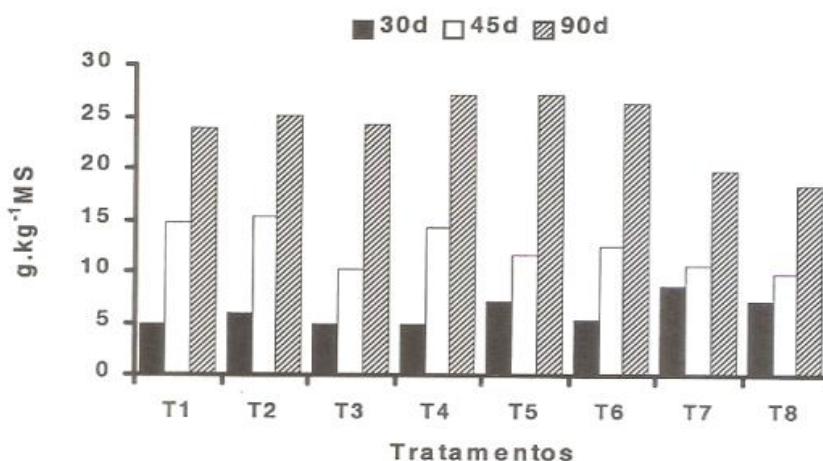


Figura 4 – Teores de amido em amostras de epicótilos de plântulas de cupuaçuzeiro oriundas de sementes submetidas ou não a tratamentos desidratantes, mantidas em sala de crescimento, aos 30, 45 e 90 dias após a semeadura.

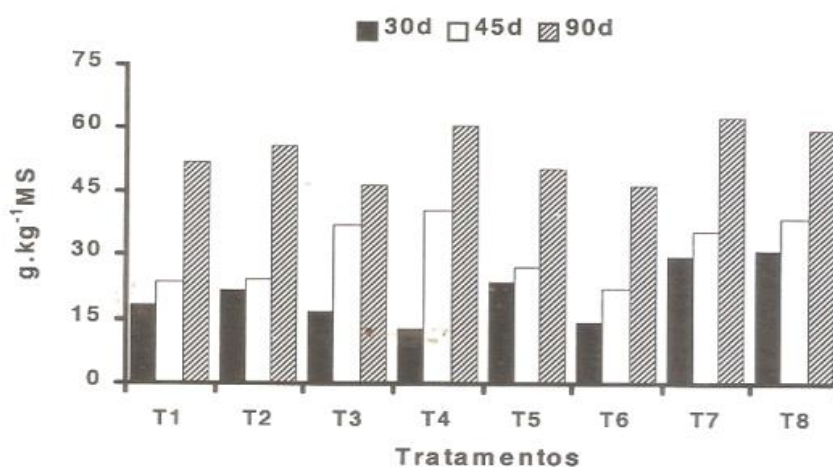


Figura 5 – Teores de amido em amostras de folhas de plântulas de cupuaçuzeiro oriundas de sementes submetidas ou não a tratamentos desidratantes, mantidas em sala de crescimento, aos 30, 45 e 90 dias após a semeadura.

Nessas Figuras, verifica-se que ocorreram progressivos aumentos de amido nas raízes, epicótilos e folhas de plântulas de cupuaçuzeiro, entre as amostragens realizadas entre 30 e 90 dias da sementeira.

Nas duas primeiras avaliações, observou-se que aumentaram as quantidades localizadas nas raízes (Figura 3), mas, ao final do período experimental, os teores de amido foram maiores nos epicótilos (Figura 4). Resultados semelhantes foram obtidos por Figueirêdo, Rocha Neto e Carvalho, (1999), quando estudaram a mobilização de reservas em sementes de cupuaçu sementeiras na ausência de luz.

Pode-se deduzir, também, que tanto nas raízes quanto nos epicótilos, as maiores concentrações de amido ocorreram nas amostras de plântulas resultantes de sementes submetidas a tratamentos desidratantes, esta tendência ficou bem caracterizada nas amostragens aos 45 e 90 dias. Tanto nas amostras de raízes quanto nas de epicótilos, os tratamentos T5 e T4, com $19,9 \text{ g.kg}^{-1}/15,4 \text{ g.kg}^{-1}$ e $19,2 \text{ g.kg}^{-1}/15,5$

g.kg^{-1} , respectivamente, foram os que apresentaram os maiores valores.

Essa menor eficiência no aproveitamento do amido, certamente, foi a responsável pelas menores porcentagens de emergências observadas nos tratamentos T5 e T6 (Figura 1). Embora tenham sido observadas diferenças quanto ao melhor aproveitamento do amido na emergência e no desenvolvimento de plântulas de cupuaçuzeiro, houve, a partir da sementeira, reduções gradativas no teor de amido. Manoharan et al. (1981) obtiveram resultados semelhantes quando estudaram o metabolismo de plântulas de milho

Na Figura 6, estão representados os valores das quantidades de açúcares solúveis totais presentes nas amostras de sementes, antes e depois da aplicação dos tratamentos, cujas médias foram de $81,5 \pm 2,2 \text{ g.kg}^{-1}$ e $84,5 \pm 3,4 \text{ g.kg}^{-1}$, respectivamente. Estes valores ficaram situados entre os extremos de $78,9 \text{ g.kg}^{-1}$ (T1) e $84,9 \text{ g.kg}^{-1}$ (T7) e foram semelhantes aos obtidos por Figueirêdo, Rocha Neto e Carvalho, (1999).

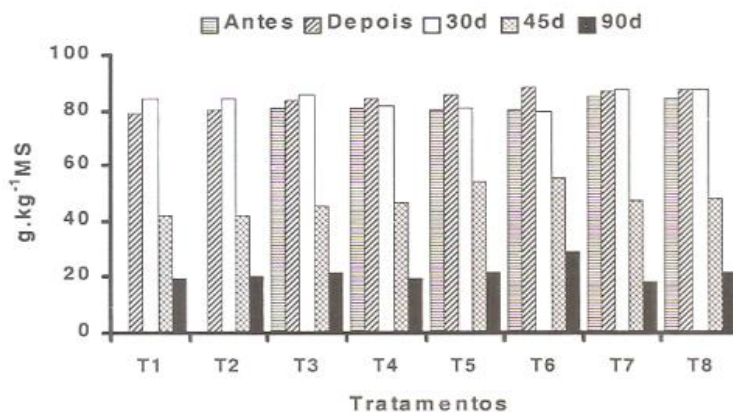


Figura 6 - Teores de açúcares solúveis totais em sementes de cupuaçu, antes e depois da aplicação dos tratamentos desidratantes, e em cotilédones de plântulas mantidas em sala de crescimento, aos 30, 45 e 90 dias após a sementeira.

Com base nos resultados obtidos, pode-se inferir que os tratamentos aplicados às sementes foram os responsáveis pelos aumentos das reservas de açúcares solúveis totais, que variaram de 2,4 % (T7) a 9,6 % (T6).

Ao contrário do que ocorreu com as reservas de amido em sementes de cupuaçu, o teor médio de açúcares solúveis totais aumentou cerca de 3,7 % com a aplicação dos tratamentos desidratantes. Para tanto, deve ter contribuído a oxidação dos ácidos graxos e a degradação do amido, como ocorreu com sementes de araucária durante o armazenamento (RAMOS; SOUZA, 1991). Essa tendência de aumento do teor de açúcares solúveis totais, também foi observada no endosperma de genótipos homozigotos de milho doce, quando Douglass, Juvik e Splittstoesser, (1993) estudaram as variações de reservas de carboidratos; e na avaliação de sementes de cultivares de feijão-guandu após dois dias de exposição a tratamentos de envelhecimento precoce (RAO; KALPANA, 1994).

Os valores médios observados neste experimento estão bem acima dos obtidos por Ribeiro et al. (1992), que se referem às quantidades de açúcares totais que variaram de 1,1 a 4,2 mg.100g⁻¹ de matéria seca. No entanto, têm certa coerência com a média dos valores registrados para sementes de genótipos de cacauzeiro, que variaram, em relação ao total de peso seco da amostra, de 8,04 % a 13,25 % (PEREIRA et al., 1994), mas foram inferiores aos obtidos por Berbert (1979), que oscilou de 14,25 % a 14,78 %.

Na amostragem aos 30 dias, os cotilédones continuavam apresentando as maiores quantidades de açúcares solúveis totais, com aumento, em relação aos resultados de sementes, que variaram de 0,2 % (T8) a 6,7 % (T1). As porcentagens de reduções desses açúcares foram expressivas aos 45 dias e, em alguns casos, quando comparadas à amostragem anterior, os percentuais observados foram inferiores a 50 %, como nos tratamentos T1 e T2. Aos 90 dias após a semeadura, ainda foi possível registrar quantidades de açúcares solúveis totais de 18,5 g.kg⁻¹ (T7) a 29,3 g.kg⁻¹ (T6).

Com base na análise dos cotilédones, a partir de 30 dias após a semeadura observou-se que as quantidades de açúcares solúveis totais foram reduzidas, aos 90 dias, aproximadamente, 25 % do total inicial. Na Figura 3 estão bem ilustradas, por tratamento, as reduções registradas a partir das amostras de sementes até as de cotilédones ao final do experimento. Tal como aconteceu com o amido, os tratamentos T5 e T6, os mais afetados pelas condições experimentais, foram os menos eficientes na conversão dos açúcares solúveis totais, daí apresentarem maiores quantidades nas amostragens aos 45 e 90 dias após a semeadura.

Nas Figuras 7, 8 e 9 estão representados os valores de açúcares solúveis totais determinados a partir de amostras de raízes, epicótilos e folhas de plântulas de cupuaçuzeiro, aos 30, 45 e 90 dias após a semeadura.

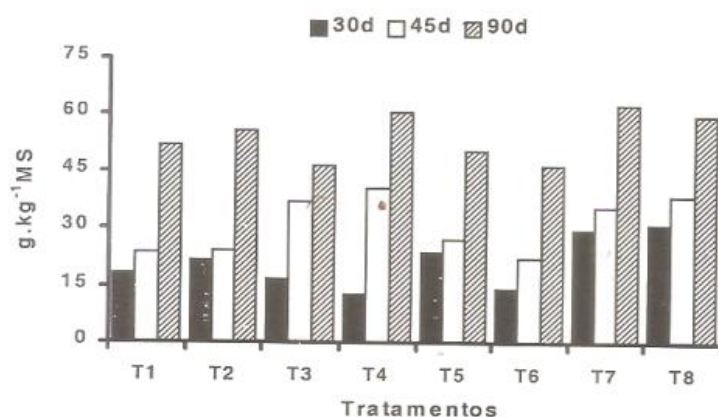


Figura 7 - Teores de açúcares solúveis totais em amostras de raízes de plântulas de cupuaçuzeiro oriundas de sementes submetidas ou não a tratamentos desidratantes, mantidas em sala de crescimento, aos 30, 45 e 90 dias após a semeadura.

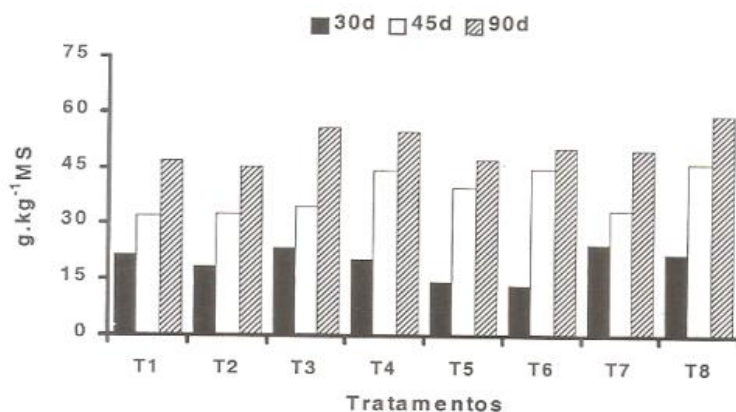


Figura 8 - Teores de açúcares solúveis totais em amostras de epicótilos de plântulas de cupuaçuzeiro oriundas de sementes submetidas ou não a tratamentos desidratantes, mantidas em sala de crescimento, aos 30, 45 e 90 dias após a semeadura.

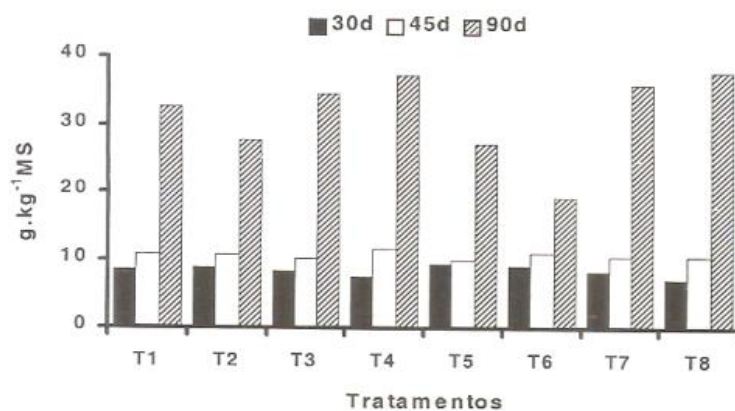


Figura 9 - Teores de açúcares solúveis totais em amostras de folhas de plântulas de cupuaçuzeiro oriundas de sementes submetidas ou não a tratamentos desidratantes, mantidas em sala de crescimento, aos 30, 45 e 90 dias após a semeadura.

Observa-se que, a partir da amostragem aos 30 dias, até a dos 45 dias, ocorreram aumentos variáveis nas quantidades acumuladas de açúcares solúveis totais nas raízes (Figura 7), epicótilos (Figura 8) e folhas (Figura 9) de plântulas de cupuaçuzeiro mantidas em sala de crescimento. Aos 90 dias, esses aumentos foram mais expressivos em amostras de folhas. Em alguns casos, esses aumentos foram quatro vezes maiores que os observados na amostragem aos 30 dias da sementeira (T3, T4, T7 e T8).

Aqueles resultados permitiram calcular que os maiores valores médios desses açúcares foram nos epicótilos ($36,6 \text{ g.kg}^{-1}$) e nas raízes ($35,4 \text{ g.kg}^{-1}$). As folhas apresentaram o valor médio de $16,8 \text{ g.kg}^{-1}$.

As maiores concentrações de açúcares solúveis totais nas raízes ocorreram nas amostras representativas dos tratamentos T8 ($43,2 \text{ g.kg}^{-1}$), T7 ($42,7 \text{ g.kg}^{-1}$) e T4 ($37,8 \text{ g.kg}^{-1}$), que superaram as dos controles T1 ($31,2 \text{ g.kg}^{-1}$) e T2 ($33,9 \text{ g.kg}^{-1}$). Quanto à dos epicótilos, todas foram maiores que as dos controles. Fato semelhante ocorreu com as amostras de folhas, exceção feita aos tratamentos T5 e T6.

Na Figura 10, estão representados os valores obtidos de açúcares solúveis redutores, onde se pode perceber que as condições a que foram expostas as sementes provocaram aumentos nas reservas desses açúcares, que variaram de 9,4 % (T7) a 101,9 % (T6).

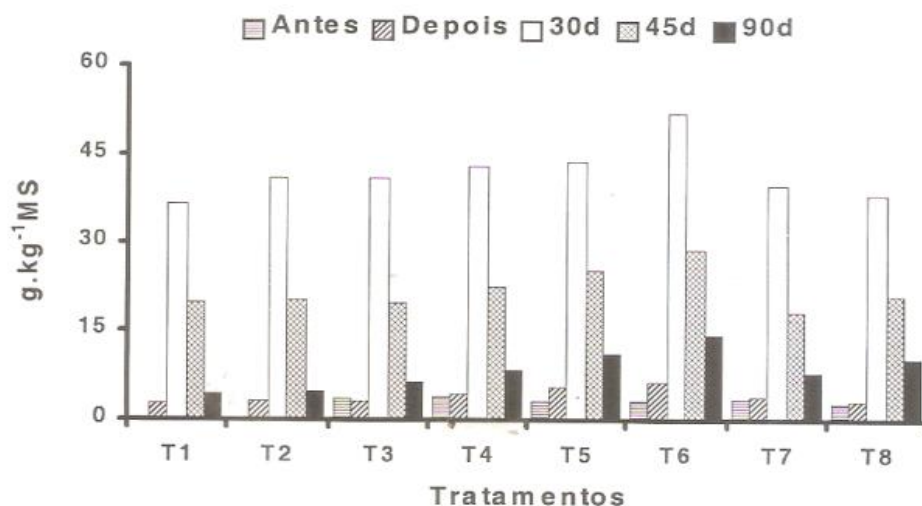


Figura 10 - Teores de açúcares solúveis redutores em sementes de cupuaçu, antes e depois da aplicação dos tratamentos desidratantes, e em cotilédones de plântulas mantidas em sala de crescimento, aos 30, 45 e 90 dias após a sementeira.

As quantidades de açúcares solúveis redutores nas sementes variaram de 2,70 g.kg⁻¹ (T1) a 3,94 g.kg⁻¹ (T4). Após as sementes terem sido expostas aos tratamentos desidratantes, os valores extremos foram de 3,19 g.kg⁻¹ (T3 e T8) e 6,22 g.kg⁻¹ (T6).

Aos 30 dias da semeadura, os cotilédones apresentavam quantidades de açúcares solúveis redutores que variaram de 36,28 ± 4,8 g.kg⁻¹ (T1) a 52,19 ± 4,8 g.kg⁻¹ (T6). Quando da amostragem aos 45 dias, as porções desses açúcares ainda eram bastante significativas e, em alguns casos, os percentuais eram superiores a 50 % (T5, T6 e T7) em relação à amostragem dos 30 dias. Na última amostragem (90 dias), foram obtidas quantias de açúcares solúveis redutores que variaram de 14,3 g.kg⁻¹ (T6) a 4,2 g.kg⁻¹ (T1).

Os açúcares solúveis redutores nas sementes de cupuaçu, logo após o despulpamento, foram relativamente baixos, tendo ligeiro aumento nos tecidos de reservas, após a aplicação dos tratamentos desidratantes, e acentuadamente nos cotilédones, até 30 dias após a semeadura. Rao e Kalpana (1994) também observaram que os teores de açúcares solúveis redutores aumentaram em até seis vezes, quando sementes de feijão-guandu, cultivar ICPL87, foram submetidas ao envelhecimento precoce, caracterizado por temperatura e umidade relativa do ar adversas à preservação da qualidade fisiológica.

Nas Figuras 11, 12 e 13, estão relacionados os valores de açúcares solúveis redutores determinados de materiais oriundos de raízes, epicótilos e folhas de plântulas de cupuaçuzeiro, amostrados aos 30, 45 e 90 dias após a semeadura.

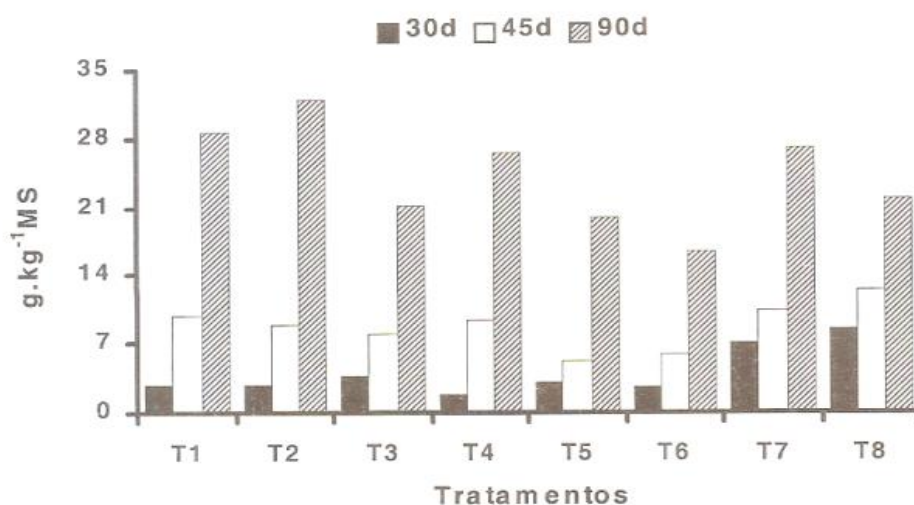


Figura 11 - Teores de açúcares solúveis redutores em amostras de raízes de plântulas de cupuaçuzeiro oriundas de sementes submetidas ou não a tratamentos desidratantes, mantidas em sala de crescimento, aos 30, 45 e 90 dias após a semeadura.

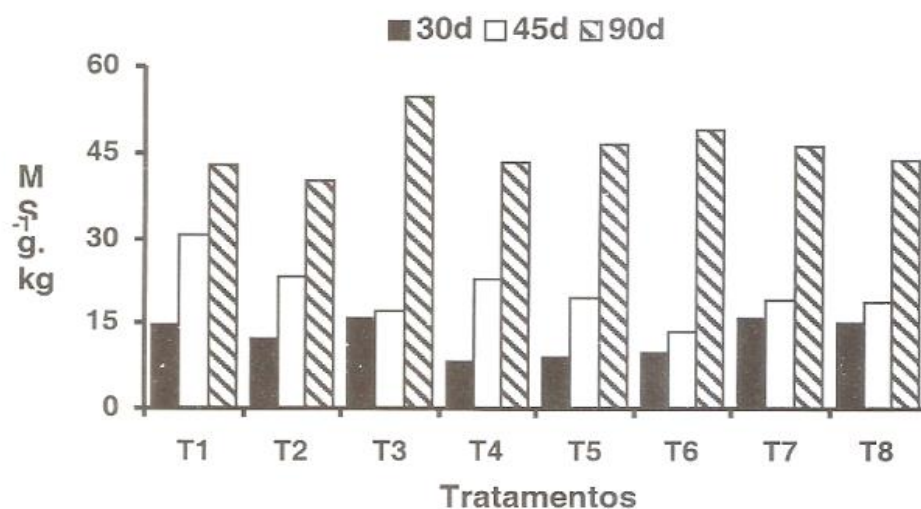


Figura 12 - Teores de açúcares solúveis redutores em amostras de epicótilos de plântulas de cupuaçuzeiro oriundas de sementes submetidas ou não a tratamentos desidratantes, mantidas em sala de crescimento, aos 30, 45 e 90 dias após a semeadura.

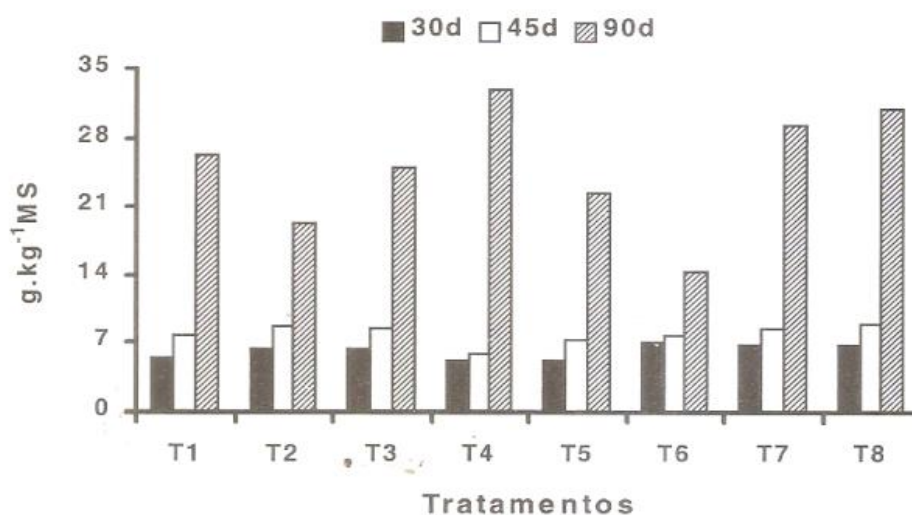


Figura 13 - Teores de açúcares solúveis redutores em amostras de folhas de plântulas de cupuaçuzeiro oriundas de sementes submetidas ou não a tratamentos desidratantes, mantidas em sala de crescimento, aos 30, 45 e 90 dias após a semeadura.

A partir dos resultados representados nas Figuras 11, 12 e 13, verifica-se que em amostras de raízes a concentração dos açúcares solúveis redutores foi sempre superior à das amostragens anteriores, aumentos que representaram até mais de 50 %, exceção às dos tratamentos T7 e T8. Essa tendência, no caso de epicótilos, só foi possível ser observada nos tratamentos T4 e T5; e, em se tratando de folhas, esse fato só ocorreu nas amostragens aos 45 e 90 dias da sementeira.

Observou-se que as maiores concentrações de açúcares solúveis redutores, em todas as amostragens realizadas, estavam localizadas nos epicótilos. Em termos médios, os valores estimados foram 26,4 g.kg⁻¹, 13,1 g.kg⁻¹ e 12,3 g.kg⁻¹, para epicótilos, folhas e raízes, respectivamente.

Em nível de sementes, pode-se inferir que o total de carboidratos foi de 216,97 g.kg⁻¹ de MS. Esse resultado está contido entre os extremos citados por Venturieri (1993), que variaram de 155 g.kg⁻¹ a 242,5 g.kg⁻¹, respectivamente.

Observou-se que as maiores quantidades de amido e de açúcares solúveis redutores, aos 90 dias após a sementeira, ocorreram no epicótilo, e os açúcares solúveis totais foram encontrados em maior concentração na raiz. Guerrero Maradiaga (1997) observou, em cupuaçuzeiro jovem, aos 370 dias após a sementeira, que as maiores concentrações de açúcares solúveis totais e redutores estavam nas folhas, e de

amido, nas raízes. A divergência entre esses resultados pode estar associada à diferença de idade das plantas utilizadas nesses estudos.

Excluindo-se da comparação as reservas encontradas no epicótilo, as maiores quantidades de açúcares solúveis redutores foram encontradas nas folhas, mas a diferença foi mínima (< 1 g.kg⁻¹ MS), no de Guerrero Maradiaga (1997) esta diferença alcançou 827 %. As diferenças observadas podem ser creditadas à diversidade de idade das plantas. As épocas de amostragens também podem ter sido fator de diferenciação, haja vista que Graziano, Dietrich e Figueiredo-Ribeiro (1992), quando caracterizaram a distribuição do amido nas partes subterrâneas de plantas de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott), observaram variações nas concentrações nas amostragens realizadas em diferentes meses do ano.

Observou-se que a concentração de amido nas sementes é inversa ao que ocorreu com os açúcares nas diferentes partes das plantas, pois diminuiu na medida em que estas se desenvolviam, em contraposição ao que ocorreu nas raízes, nos epicótilos e nas folhas, que passaram a ter os valores correspondentes aos dos cotilédones. Resultados semelhantes foram obtidos por: McBee e Miller (1990), em folhas e caules de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench); Souza e Silva (1992), em caules e raízes, quando estudaram a atividade enzimática em progênies de algodoeiro; Ross et al.

(1994), ao avaliarem o aproveitamento de carboidratos no desenvolvimento de raízes e ramos de batata-inglesa (*Solanum tuberosum* L. cv. Record); Kraus, Kollöffel e Lambers, (1994), ao analisarem os conteúdos de carboidratos em limbo, bainha e raiz de azevém (*Lolium perenne* L.); Dawyer et al. (1995), ao pesquisarem, em folhas e epicótilos, os níveis de carboidratos em genótipos de milho.

Quando foram comparadas as concentrações dos carboidratos das diferentes partes de plântulas de cupuaçuzeiro, no estágio de desenvolvimento inicial, e oriundas de sementes submetidas aos tratamentos desidratantes, percebeu-se que as frações de amido, açúcares solúveis totais e redutores, respectivamente, aos 90 dias após a semeadura, foram sempre menores no tratamento T6. Esses resultados refletem os danos causados pelos tratamentos que reduziram o conteúdo de água nas sementes.

4 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, a exposição de sementes de cupuaçu a tratamentos que concorrem à perda de água provoca reduções nos teores médios de amido e aumentos nos de açúcares solúveis totais e redutores.

A maior fonte de reserva de carboidratos nas sementes é o amido (13,2 %), seguido de açúcares solúveis totais (8,1 %) e açúcares solúveis redutores (0,3 %).

Aos 30 dias após a semeadura, são encontrados nos cotilédones os maiores teores de açúcares solúveis totais, amido e açúcares solúveis redutores.

Aos 90 dias após a semeadura, os teores de carboidratos nos cotilédones são mínimos, açúcares solúveis totais (0,21 %) e redutores (0,08 %) e amido (0,05 %).

Aos 90 dias após a semeadura, as maiores quantidades de amido, açúcares solúveis totais e redutores são encontrados nos epicótilos, raízes e epicótilos, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. 14. ed. Arlington, 1984. 1141p.
- AYRES, M.; AYRES JR., M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. dos. *BioEstat 2.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas*. Belém: Sociedade Civil Mamirauá; Brasília: CNPq, 2000. 272p.
- BERBERT, P. R. F. Contribuição para o conhecimento dos açúcares componentes da amêndoa e do mel de cacau. *Revista Theobroma*, v. 9, p. 55-61, 1979.
- BLACKMAN, S. A.; OBENDORF, R. L.; LEOPOLD, A. C. Maturation proteins and sugars in desiccation tolerance of developing seeds. *Plant Physiology*, v.100, p.225-230, 1992.
- BOYCE, P. J.; VOLENEC, J. J. Taproot carbohydrate concentrations and stress tolerance of contrasting alfalfa genotypes. *Crop Science*, v.32, p.757-761, 1992.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. *Regras para análise de sementes*. Brasília, 1992. 365p.

- CALZAVARA, B. B. G.; MÜLLER, C. H.; KAHWAGE, O. de N. da C. *Fruticultura tropical: o cupuaçuzeiro; cultivo, beneficiamento e utilização do fruto*. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1984. 101p. (EMBRAPA-CPATU, Documentos, 32).
- CARVALHO, J.E.U. de; FRAZÃO, D.A.C.; FIGUEIRÊDO; F.J.C.; OLIVEIRA, R. P. de. *Conservação da viabilidade de sementes de guaraná, Paullinia cupana var. sobilis (Mart.) Ducke*. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1982. 12p. (EMBRAPA-CPATU, Circular Técnica, 35).
- ; NASCIMENTO, W.M.O. do; MÜLLER, C.H.; FIGUEIRÊDO; F.J.C. Identificação de sementes recalcitrantes em espécies frutíferas tropicais da Amazônia. *Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental*, Belém, p. 59, 1996.
- CAVALCANTE, A. da S. L.; COSTA, J. G. da. Situação atual e perspectivas da cultura do cupuaçuzeiro no Estado do Acre, Amazônia Ocidente Brasileira. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1., 1996, Belém. *Anais...* Belém: Embrapa Amazônia Oriental / JICA, 1997. p.119-124. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).
- CHEN, Y.; BURRIS, J. S. Desiccation tolerance in maturing maize seed: membrane phospholipid composition and thermal properties. *Crop Science*, v.31, n.6, p.766-770, 1991.
- ; ————. Role of carbohydrates in desiccation tolerance and membrane behavior in maturing maize seed. *Crop Science*, v.30, n.7, p.971-975, 1990.
- CÍCERO, S.M.; MARCOS FILHO, J.; TOLEDO, F.F. de. Efeitos do tratamento fungicida e de três ambientes de armazenamento sobre a conservação de semente de seringueira. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, Piracicaba, v.43, n. 2, p. 763-787, 1986.
- CORBINEAU, F.; CÔME, D. Storage of recalcitrant seeds of four tropical species. *Seed Science and Technology*, v. 16, n. 1, p. 97-103, 1988.
- CUATRECASAS, J. Cacao and its allies: a taxonomic revision of the genus *Theobroma*. *Contribution US Natural Herbarium*, v.35, p.379-614, 1964.
- DAWYER, L. M; ANDREWS, C. J; STEWART, D. W; MA, B. L.; DUGAS, J. A. Carbohydrate levels in field-grown leafy and normal maize genotypes. *Crop Science*, v.34, n.8, p.1020-1027, 1995.
- DOUGLASS, S. K.; JUVIK, J. A.; SPLITTSTOESSER, W. E. Sweet corn seedling emergence and variation in carbohydrate reserves. *Seed Science & Technology*, v.21, p.433-445, 1993.
- FERREIRA, S. A. do N.; SANTOS, L. A. dos. Efeito da velocidade de secagem sobre a emergência e vigor de sementes de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). *Acta Amazonica*, v.23, n.1, p.3-8, 1993.
- FIGUEIRÊDO, F.J.C.; ROCHA NETO, O.G. da; CARVALHO, C.J.R. de. *Emergência e mobilização de reservas de sementes de cupuaçuzeiro na ausência da luz*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 37p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 8).
- GASPAROTTO, L.; ARAÚJO, R. da C.; SILVA, S. E. L. da. Cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais - programa SHIFT. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1., 1996, Belém. *Anais...* Belém: Embrapa Amazônia Oriental / JICA, 1997. p.103-108. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).
- GATO, A. M. G. *Conservação de sementes de Theobroma grandiflorum (Willd. ex. Spreng) Schum. - Sterculiaceae*. 1992. 110 p. Dissertação (Mestrado) – INPA/FUA, Manaus, 1992.

- GRAZIANO, T. T.; DIETRICH, S. M. de C.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R. de C. L. Characterization of starch of the underground system of *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott (Araceae) during plant development. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.4, n.1, p.7-10, 1992.
- GUERRERO MARADIAGA, J. B. M. *Doses de boro no desenvolvimento, metabolismo e nutrição mineral de plantas jovens de cupuaçuzeiro inoculadas e não-inoculadas com Crinipellis pernicioso (Stahel) Singer em casa de vegetação*. 1997. 150 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 1997.
- KOSTER, K. L.; LEOPOLD, A. C. Sugars and desiccation tolerance in seeds. *Plant Physiology*, v.88, p.829-832, 1988.
- KRAUS, E.; KOLLÖFFEL, C.; LAMBERS, H. The effect of handling on photosynthesis, transpiration, respiration, and nitrogen and carbohydrate content of populations of *Lolium perenne*. *Physiologia Plantarum*, v.91, p.631-638, 1994.
- LARA, A. B. W. H.; NAZÁRIO, G.; ALMEIDA, M. E. W. de; PREGNOLATTO, W. (Coords.) *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. 2. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1976. v.1.
- LePRINCE, O.; BRONCHART, R.; DELTOUR, R. Changes in starch and soluble sugars in relation to the acquisition of desiccation tolerance during maturation of *Brassica campestris* seed. *Plant Cell and Environment*, v.13, p.539-546, 1990.
- ; Van Der WERF, A; DELTOUR, R.; LAMBERS, H. Respiratory pathways in germinating maize radicles correlated with desiccation tolerance and soluble sugars. *Physiologia Plantarum*, v. 84, p. 581-588, 1992.
- MANOHARAN, T. H.; JAYACHANDRAN, N.; KARUNAGARAN, D.; NATARAJAN, K. R. Influence of fluchloralin on the growth and metabolism of maize seedlings. *The Plant Biochemical Journal*, v.8, n.2, p.103-116, 1981.
- MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. *The germination of seeds*. 2.ed. New York: Pergamon Press, 1975. 192p.
- McBEE, G. G.; MILLER, F. R. Carbohydrate and lignin partitioning in sorghum stems and blades. *Agronomy Journal*, v.82, p.687-690, 1990.
- MOTA, P. P. C. da. *Cultura do cupuaçuzeiro: informações básicas*. Belém: CEPLAC/CORAM/COREX, 1990. 18 p. (Cadernos de Extensão Rural da Amazônia, 6).
- NELSON, N. N. A. A photometric adaptation of the Somogy method for the determination of glucose. *Journal of Biological Chemistry*. v.153, p.375-380, 1944.
- NOGUEIRA, O. L.; CONTO, A. J. do; CALZAVARA, B. B. G.; TEIXEIRA, L. B.; KATO, O. R.; OLIVEIRA, R. F. de. *Recomendações para o cultivo de espécies perenes em sistemas consorciados*. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1991. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 56).
- PEREIRA, M. G.; MELO, G. R. P. de; PIRES, J. L.; RIBEIRO, N. C. de A. Influência do progenitor paterno sobre caracteres físicos e químicos da semente F₁ relacionados com a qualidade do cacau. *Agrotrópica*, v.6, n.2, p.31-40, 1994.
- RAMOS, A.; SOUZA, G. B. *Utilização de reservas alimentícias de sementes de araucária durante o armazenamento*. Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1991. p. 21-27. (EMBRAPA-CNPF. Boletim de Pesquisa Florestal, 22/23)