

Boletim de Pesquisa

ISSN 0100-8102

Ministério
da Agricultura
e do Abastecimento

Número, 188

Dezembro, 1998

**RESPIRAÇÃO DE SEMENTES
DE CUPUAÇUZEIRO**

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente
Fernando Henrique Cardoso

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO
Ministro
Francisco Sérgio Turra

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
Presidente
Alberto Duque Portugal

DIRETORES
Dante Daniel Giacomelli Scolari
Elza Ângela Battaglia Brito da Cunha
José Roberto Rodrigues Peres

CHEFIA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

Emanuel Adilson Souza Serrão – Chefe Geral
Jorge Alberto Gazel Yared – Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Antonio Carlos Paula Neves da Rocha – Chefe Adjunto de Apoio Técnico
Antonio Ronaldo Teixeira Jatene – Chefe Adjunto de Administração

RESPIRAÇÃO DE SEMENTES DE CUPUAÇUZEIRO

Francisco José Câmara Figueirêdo
Cláudio José Reis de Carvalho
Olinto Gomes da Rocha Neto



Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa-CPATU

Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n

Telefones: (091) 246-6653, 246-6333

Telex: (91) 1210

Fax: (091) 226-9845

e-mail: cpatu@cpatu.embrapa.br

Caixa Postal, 48

66095-100 – Belém, PA

Tiragem: 200 exemplares

Comitê de Publicações

Leopoldo Brito Teixeira – Presidente

Antonio de Brito Silva

Exedito Ubirajara Peixoto Galvão

Joaquim Ivanir Gomes

Oriel Filgueira de Lemos

Eduardo Jorge Maklouf Carvalho

Maria do Socorro Padilha de Oliveira

Célia Maria Lopes Pereira

Maria de N. M. dos Santos – Secretária Executiva

Revisores Técnicos

Moacyr Bernardino Dias Filho – Embrapa-CPATU

Oriel Filgueira de Lemos – Embrapa-CPATU

Expediente

Coordenação Editorial: Leopoldo Brito Teixeira

Normalização: Célia Maria Lopes Pereira

Revisão Gramatical: Maria de Nazaré Magalhães dos Santos

Moacyr Bernardino Dias Filho (texto em inglês)

Composição: Euclides Pereira dos Santos Filho

FIGUEIRÊDO, F.J.C.; CARVALHO, C.J.R. de; ROCHA NETO, O.G. da. **Respiração de sementes de cupuaçuzeiro**. Belém: Embrapa-CPATU. 1998. 22p. (Embrapa-CPATU. Boletim de Pesquisa, 188).

1. Semente de cupuaçuzeiro – Respiração. 2. Semente de cupuaçuzeiro – Fisiologia. I. Carvalho, C.J.R. de, colab. II. Rocha Neto, O.G. da, colab. III. Título. III. Embrapa. Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental (Belém, PA). IV. Título. V. Série.

CDD: 581.15

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	6
MATERIAL E MÉTODOS	9
RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
CONCLUSÕES	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

RESPIRAÇÃO DE SEMENTES DE CUPUAÇUZEIRO

Francisco José Câmara Figueirêdo¹
Cláudio José Reis de Carvalho¹
Olinto Gomes da Rocha Neto¹

RESUMO: Sementes de cupuaçuzeiro, *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum., foram submetidas à avaliação da respiração, pelo método manométrico de Warburg, com o objetivo de determinar os efeitos do período de duração dos testes (15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 minutos), da preservação (com ou sem resíduos de polpa) ou não do tegumento e do tempo de hidratação (zero, 12, 24, 36 e 48 horas) antes da realização da respirometria e das classes de pesos de sementes com (< 11 g, 11 a 13 g, >13 a 15 g, >15 a 17 g e > 17 g) e sem (< 7g, 7 a 8 g, >8 a 9 g, >9 a 10 g e > 10 g) tegumento. Os resultados alcançados permitem inferir que os melhores índices de respiração foram obtidos aos 60 minutos ($92,68 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$) após o início dos testes; as sementes sem o tegumento apresentaram maior atividade respiratória ($149,15 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$); a hidratação, pelo período de 24 horas, proporcionou às sementes maior estímulo à respiração ($134,15 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$) e, as mais pesadas, com ($85,358 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$) ou sem ($214,31 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$) tegumento, consumiram maiores quantidades de oxigênio.

Termos para indexação: *Theobroma grandiflorum*, hidratação, peso de semente, fisiologia.

¹Eng.- Agr., Dr., Embrapa Amazônia Oriental, Caixa Postal 48, CEP 66017-970, Belém, PA.

RESPIRATION OF CUPUAÇU SEEDS

ABSTRACT: Aiming to estimate the effects of testing period (15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 and 120 min) and of preservation (with and without pulp residue) or no preservation of the tegument and hydration period (0, 12, 24, 36 and 48 h) before respirometry; and of weight classes with (<11 g, 11 to 13 g, >13 to 15 g, >15 to 17 g and >7 g) and (<7 g, 7 to 8 g, >8 to 9 g, >9 to 10 g and > 10 g) tegument, seeds of *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum., were subjected to respiration tests according to Warburg method. The results indicate that the best respiration indexes were obtained at 60 minutes period ($92,68 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$); seeds without coat showed greater respiratory activity ($149,15 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$); seeds imbibed for 24 hours had the highest respiratory stimulus and the heaviest seeds with coat ($85,35 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$) or without coat ($214,31 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$) consumed the higher oxygen amounts.

Index terms: *Theobroma grandiflorum*, imbibition; weight of seeds, physiology.

INTRODUÇÃO

No sistema celular das sementes, a respiração consiste da oxidação das substâncias orgânicas e da liberação gradativa de energia. Essa energia é aproveitada, em grande parte, na conservação das reservas contidas no protoplasma e nas paredes celulares. A fração menor é utilizada nas atividades celulares relacionadas com os movimentos citoplasmáticos, dos cromossomas e das substâncias de reservas através de tecidos e órgãos, além de ser aproveitada nas reações de sínteses de lipídios, proteínas e outras moléculas (Popinigis, 1985).

As condições intrínsecas das sementes, como o grau de umidade e a permeabilidade das membranas celulares; e do meio ambiente, como a temperatura, a tensão de oxigênio e a luz, influenciam a atividade respiratória, confor-

me comprovaram os trabalhos de Pammenter et al. (1997), Pesis & Ng (1986), Ivens (1983), Yentur & Leopold (1976) e Bewley & Black (1985), respectivamente.

Segundo Jann & Amen (1980), entre os diversos eventos que se sucedem durante a formação de uma nova planta, destacam-se os metabólicos. Estes são ativados a partir da respiração, que é dependente de substratos (amino-ácidos ou açúcares) armazenados no eixo embrionário, para a produção de ATP, e de outras hexoses produzidas pela hidrólise de amido, lipídios e proteínas durante o estágio inicial da germinação.

O oxigênio é fundamental para que as reações metabólicas se processem nas sementes e, em especial, para a respiração, que nos momentos iniciais é, de modo geral, anaeróbica (etanólica ou láctica), mas logo em seguida passa a ser absolutamente dependente de oxigênio (Borges & Rena, 1993).

A hidratação das sementes vem acompanhada pela dispersão dos colóides celulares e pela iniciação dos processos enzimáticos a velocidades crescentes, porém, a primeira consequência é o incremento dos fenômenos respiratórios (Córdoba, 1976).

A ativação do metabolismo acelera as funções germinativas, iniciadas com a reidratação, seguido do aumento da respiração e da produção de energia. Segundo Burch & Delouche (1969), Brown (1972), Gulliver & Heydecker (1974), Córdoba (1976), Reichardt (1979), Popinigis (1985), Perl (1987), Woodstock (1988), Attridge (1990) e Madden & Burris (1995), as consequências da ação metabólica são a reativação enzimática, responsável pelas reações bioquímicas e as transformações das substâncias de reservas que concorrem para o aumento do embrião; e a diferenciação dos tecidos até a formação de nova plântula.

A respiração é um imprescindível fator de avaliação da qualidade fisiológica, pois é fundamental às diversas etapas do metabolismo que culminam com a germinação das sementes, fenômeno responsável pela sobrevivência das espécies vegetais. Logo, é de suma importância o conhecimento desse processo biofísico, fato esse que justifica a determinação de procedimentos que possam padronizar a realização dos testes de respiração em laboratório, uma vez que as sementes respondem de modo diferenciado às condições do ambiente a que estão expostas (Normah & Chin, 1991; Skre, 1991; Clifford, 1988; Tylkowski, 1976).

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* [Wild. ex Spreng.] K. Schum.), espécie frutífera da família *Sterculiaceae*, nativa do Estado do Pará, é considerado uma das principais opções agrícolas para o desenvolvimento socioeconômico da região amazônica (Calzavara et al. 1984; Mota, 1990), por isso tem sido objeto de pesquisas básicas e tecnológicas com vistas à sua domesticação. Esse fato determinou a realização deste estudo de respiração, a partir da hipótese de que as sementes dessa espécie, extratificadas por diferentes classes de pesos, com ou sem tegumento, e após terem sido submetidas a tratamentos de hidratação, consomem quantidades variáveis de oxigênio, quando expostas a diferentes períodos de exposição no respirômetro.

O objetivo básico deste trabalho foi o de definir, com base no método manométrico de Warburg, as melhores condições para a determinação, em laboratório, da respiração, avaliada pelo tempo de duração do teste; pelo efeito da presença ou não do tegumento, com ou sem resto de polpa; pelo tempo de hidratação prévia e pelas classes de pesos das sementes de cupuaçu.

MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de cupuaçuzeiro coletados na base física da Embrapa Amazônia Oriental, em Belém, Estado do Pará, foram beneficiados manualmente e, as sementes, despulpadas mecanicamente. Em seguida, foram excluídas do lote, as sementes consideradas fora dos padrões normais, como as de tamanho pequeno, as chochas e as danificadas no decorrer do processo de despulpamento. Desse lote, foram retiradas as amostras utilizadas para a execução dos experimentos componentes deste trabalho.

Na primeira fase deste estudo, 200 sementes foram mantidas em câmara de crescimento (NAPCO, modelo 304 – EUA), sob temperatura constante de 35 °C, e submetidas a 24 horas de hidratação entre quatro dobras de papel-toalha umedecido com água destilada até a saturação. Em seguida, foram extraídas oito subamostras de dez sementes, que representaram os tratamentos correspondentes aos tempos de 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 minutos de exposição em respirômetro manométrico de Warburg (Ohtake OTST-7, Japan), precedidos da extirpação do tegumento e de tomadas de pesos individuais de cada semente. Ao final de cada período foi anotado o valor correspondente ao deslocamento do fluido nas colunas milimetradas do manômetro.

Na fase seguinte, com a finalidade de avaliar os efeitos do tegumento sobre os resultados finais de respiração, foram tomadas três amostras de 250 sementes, que representaram os tratamentos referentes àqueles em que as sementes mantiveram os restos de polpa aderida ao tegumento (CR), as sem restos de polpa (SR) e as sem tegumento (ST), respectivamente. De cada tratamento, 50 sementes foram subamostradas e, em seguida, identificadas e pesadas individualmente.

Para a avaliação da respiração, essas subamostras foram desmembradas em grupos de dez sementes, que representaram os períodos de zero, 12, 24, 36 e 48 horas de hidratação, entre quatro dobras de papel-toalha umedecido com água destilada até a saturação, em câmara de crescimento, a 35 °C.

Na última fase, as sementes restantes do lote foram divididas em duas novas amostras de trabalho. A primeira agrupou as sementes nas seguintes classes de peso: < 11 g, 11 a 13 g, 13 a 15 g, 15 a 17 g e > 17 g. As sementes da outra amostra foram submetidas à extração do tegumento e, logo em seguida, classificadas em classes de peso de < 7g, 7 a 8 g, 8 a 9 g, 9 a 10 g e > 10 g. De cada classe de peso, foram tomadas ao acaso dez sementes, que foram submetidas aos testes de respiração, após o período de incubação de 24 horas, a 35 °C.

A respiração ou consumo de oxigênio ($\mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$) foi medida em respirômetro de Warburg, a $35^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$. O consumo total de O_2 foi calculado multiplicando-se os valores obtidos a partir das leituras manométricas pela constante de oxigênio de Warburg (K), segundo Umbreit et al. (1972), determinada pela fórmula:

$$K = \frac{Vg \cdot \frac{273}{T} + Vf \cdot \alpha}{Po},$$

onde: Vg = volume total do gás do frasco e do manômetro (103,6 mL); T = temperatura absoluta K (35 C + 273); Vf = volume de hidróxido de potássio (KOH) 0,2 N, colocado na cisterna do frasco (0,7185 mL) para captação de CO_2 liberado mais o volume de sementes, estimado com o auxílio de proveta graduada com água destilada; α = valor constante que representa o coeficiente de solubilidade do oxigênio à temperatura de 35 °C, calculado

por curva de regressão polinomial ($r^2=0,99$) a partir dos valores para a solução de Ringer's; e P_0 = pressão padrão, calculada com base na fórmula:

$$P_0 = 760 \cdot \frac{13,60}{d_{lm}} = 10.281,92,$$

d_{lm} : densidade do líquido usado como fluído no manômetro (Tween 80 a 1,0 % + azul de metileno = $1,00526 \text{ g.mL}^{-1}$).

Nos cálculos de consumo de oxigênio, foram levados em consideração as leituras manométricas, a partir do momento zero e dos intervalos de leitura (a cada 15 minutos), até o tempo máximo de 60 minutos; a diferença entre os valores de leitura do manômetro no intervalo de referência e a do valor inicial; a correção da leitura do termobarômetro feita por subtração do valor da leitura subsequente e a correspondente à inicial; o valor referente à variação em determinado intervalo de leitura, calculado pela diferença entre os valores registrados nas leituras anteriores.

Na primeira e na última fases deste estudo, o delineamento experimental distribuiu os tratamentos de modo inteiramente casualizado em cinco repetições. Na segunda, utilizando-se aquele mesmo modelo de delineamento, os tratamentos foram arranjados em um fatorial (3×5), com cinco repetições, onde as parcelas foram representadas pelas características do tegumento e da ausência deste e, as subparcelas, pelos períodos de hidratação. A comparação entre médias não-transformadas foi feita pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa ESTAT – Sistema para Análise Estatística, versão 2.0 (UNESP/FCAV, Campus de Jaboticabal, SP), com base no modelo matemático $y = m + E_i + e_{ij}$, onde: y = valor observado para cada variável de resposta; m = média geral; E_i = efeito i -ésimo correspondente às condições das sementes ou períodos de hidratação; e_{ij} = erro de observação j -ésima do i -ésimo das condições das sementes ou períodos de hidratação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferenças de consumo de oxigênio entre os tempos de duração do teste de respiração e da influência do tegumento versus períodos de hidratação foram altamente significativas. Os coeficientes de variação foram de 9,3 % e 6,2 %, com as diferenças mínimas significativas de $4,03 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$ e de $3,85 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$ e $5,82 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$, respectivamente. Para os estudos de classes de pesos de sementes, com ou sem o tegumento, os coeficientes de variação e as diferenças médias significativas foram de 5,2 % e 5,7 % e de $75,02 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$ e $172,23 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$, respectivamente.

Os resultados médios de consumo de oxigênio, no decorrer dos diferentes períodos de duração do teste de respiração, estão ilustrados na Fig. 1.

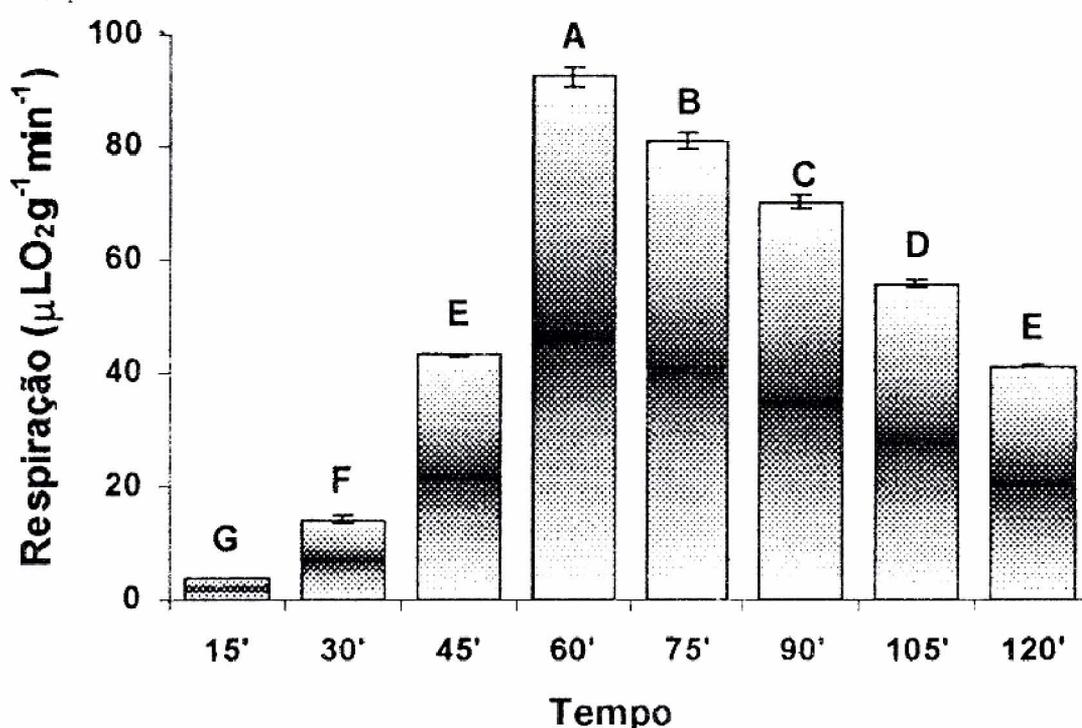


FIG. 1. Respiração média de sementes de cupuaçuzeiro (letras maiúsculas diversas indicam diferenças significativas entre os tratamentos - Tukey, 5%), em função do tempo de avaliação, pelo método manométrico de Warburg, e erro o padrão da média (I).

Pode-se observar que o consumo de oxigênio aumentou progressivamente até a duração do teste de 60 minutos, tempo este que foi estatisticamente superior aos demais. Para as condições estudadas, os testes com duração superior a 60 minutos não concorreram para melhor expressar a atividade respiratória de sementes de cupuaçuzeiro, fato este responsável pelas diferenças estatísticas entre as médias desses tratamentos, assim como foram significativamente diversas aquelas correspondentes aos períodos de tempo inferiores ao daquele tratamento.

Na Fig. 2 estão ilustrados os resultados médios de consumo de oxigênio no decorrer do teste de respiração de sementes com ou sem resto de polpa e sem o tegumento.

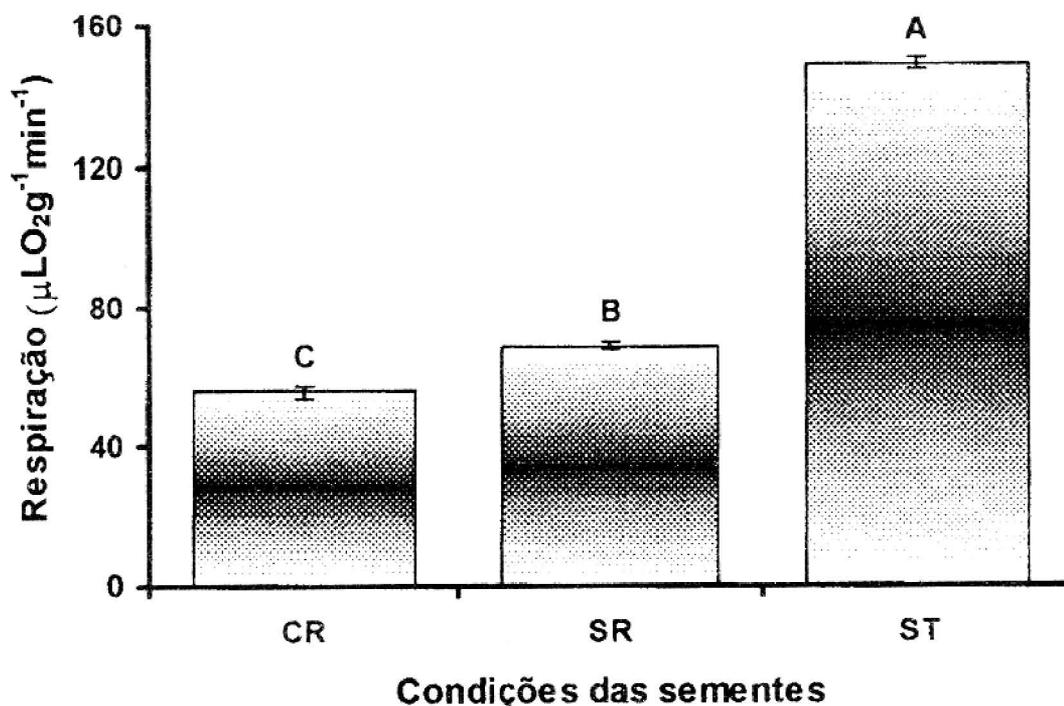


FIG. 2. Respiração média de sementes de cupuaçuzeiro (letras maiúsculas diversas indicam diferenças significativas entre os tratamentos – Tukey, 5%), com (CR) ou sem (SR) restos de polpa e sem o tegumento (ST), pelo método manométrico de Warburg, e o erro padrão da média (I).

Verificou-se que as respostas aos tratamentos foram diferentes entre si e a melhor atividade respiratória foi registrada para as sementes do tegumento ST ($149,15 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$), seguidas daquelas do SR ($68,61 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$). Esses resultados são concordantes com aqueles obtidos por Pesis & Ng (1986), quando trabalharam com cultivares de melão e observaram que os maiores consumos de oxigênio foram registrados para as sementes sem o tegumento.

Pode-se inferir que o tegumento da semente de cupuaçuzeiro exerce certo controle sobre as trocas gasosas com o meio ambiente, com as maiores restrições sendo promovidas por aquele com resto de polpa. Esse controle não pode ser entendido no sentido de impermeabilidade, mas como um mecanismo que reduziu a respiração, provavelmente, associado à taxa de hidratação, que pode ter sido menor devido à presença de restos de polpa. Johnston & Fernandez (1978) concluíram, quando trabalharam com sementes de *Atriplex repanda* Phil., que a respiração foi temporariamente reduzida durante o período de embebição.

Por outro lado, é possível especular que os resíduos de polpa e o próprio tegumento, podem gerar um microambiente consumidor de oxigênio, pois as bactérias e os fungos, consumidores de açúcares e outras substâncias remanescentes, podem ser os responsáveis pela ocorrência de uma condição hipóxica para semente.

Na Fig. 3 estão representadas as médias de consumo de oxigênio, durante os testes de respiração de sementes de cupuaçuzeiro submetidas a diferentes períodos de hidratação.

Observou-se que o maior consumo de oxigênio foi registrado para o período de 24 horas de hidratação ($134,15 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$), fato que o fez diferir estatisticamente dos demais períodos. Por outro lado, a hidratação por

36 (95,77 $\mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$) horas também foi significativamente diferente da de 12 (88,16 $\mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$), zero (70,78 $\mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$) e 48 (67,05 $\mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$) horas, mas estes dois últimos não diferiram entre si.

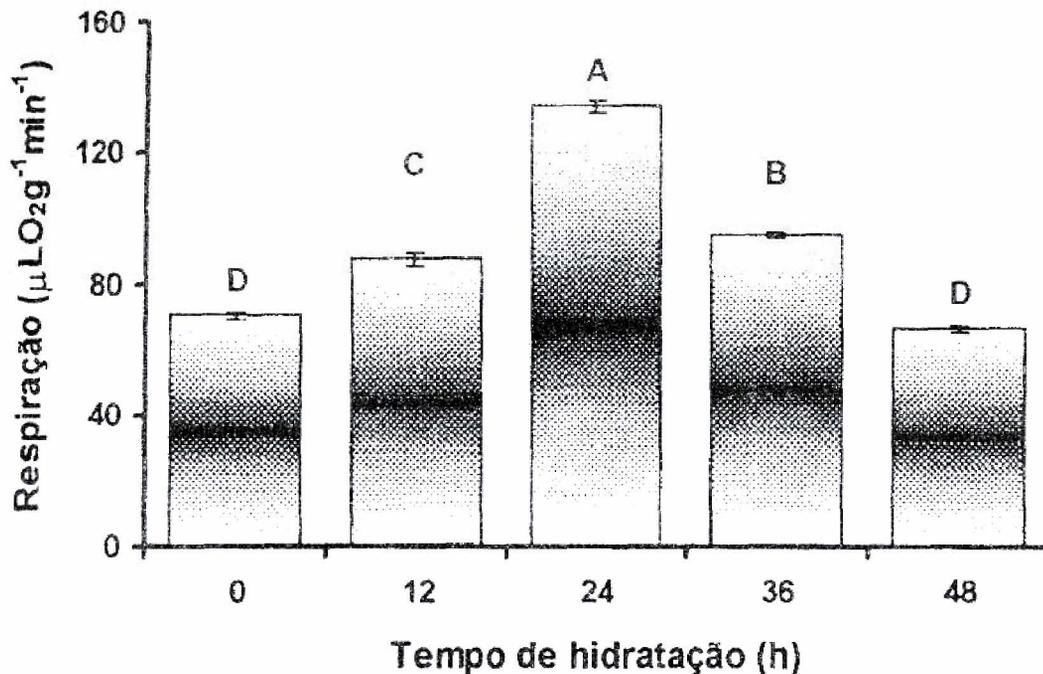


FIG. 3. Respiração média de sementes de cupuaçuzeiro (letras maiúsculas diversas indicam diferenças significativas entre os tratamentos – Tukey, 5%) submetidas previamente a diferentes períodos de hidratação, pelo método manométrico de Warburg, e erro padrão da média (I).

Pode-se inferir que, muito embora as sementes de cupuaçuzeiro apresentassem altos teores de umidade antes da hidratação (> 45 %), a hidratação prévia foi fundamental para a condução dos testes de respiração. É possível pressupor que mesmo com esses elevados graus de umidade, as sementes dessa espécie necessitam de maior grau de umidade para que possam manifestar maior atividade metabólica. Leadem & Edwards (1993), quando estudaram a respiração de sementes de *Abies lasiocarpa*, *Pinus monticola* e *Pseudotsuga menziesii*, observaram que houve rápido incremento nas trocas gasosas após a embebição.

Os valores médios de consumo de oxigênio observados para as sementes de cupuaçuzeiro, com o tegumento e classificadas por classes de peso, estão ilustrados na Fig. 4.

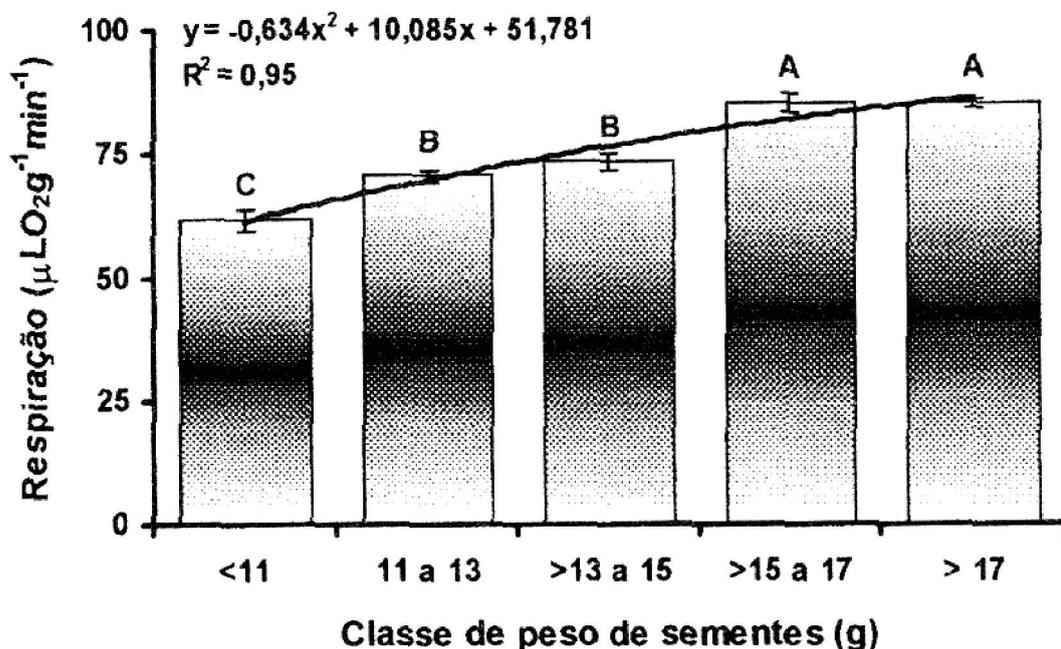


FIG. 4. Respiração média de sementes de cupuaçuzeiro (letras maiúsculas diversas indicam diferenças significativas entre os tratamentos – Tukey, 5%) classificadas em diferentes classes de peso (g), pelo método manométrico de Warburg, o erro padrão da média (I) e a curva da análise de regressão.

Verificou-se que o consumo de oxigênio durante a respiração aumentou gradativamente com o peso das sementes. Desse modo, foi possível observar que os maiores consumos médios de oxigênio foram registrados às representativas dos tratamentos >15 a 17 g (85,35 μLO₂g⁻¹min⁻¹) e >17 g (85,19 μLO₂g⁻¹min⁻¹), que foram estatisticamente iguais entre si e significativamente superiores às dos demais. Pode-se observar, também, que não houve diferença estatística entre os tratamentos >13 a 15 g (73,21 μLO₂g⁻¹min⁻¹) e >11 a 13 g (70,20 μLO₂g⁻¹min⁻¹), mas estes foram diferentes do <11 g (61,36 μLO₂g⁻¹min⁻¹), que apresentou a menor média de consumo de oxigênio.

Esses resultados estão de acordo com os observados por Garwood & Lighton (1990), quando estudaram o comportamento respiratório de diversas espécies tropicais, como a *Jacaranda copaia* e *Maripa panamensis*, e concluíram que o consumo de oxigênio depende, em parte, do tamanho das sementes, mensurado pela massa ou volume, que se correlacionaram de forma positiva.

A partir da equação de regressão, apresentada na Fig. 4, pode-se estimar que o consumo de oxigênio aumentou, em média, 3,66 μLO_2 por classe de peso de sementes. A curva que melhor se ajustou aos resultados médios obtidos foi a do tipo polinomial.

As médias de consumo de oxigênio observadas para as sementes de cupuaçuzeiro, sem o tegumento e classificadas por classes de peso, estão ilustradas na Fig. 5.

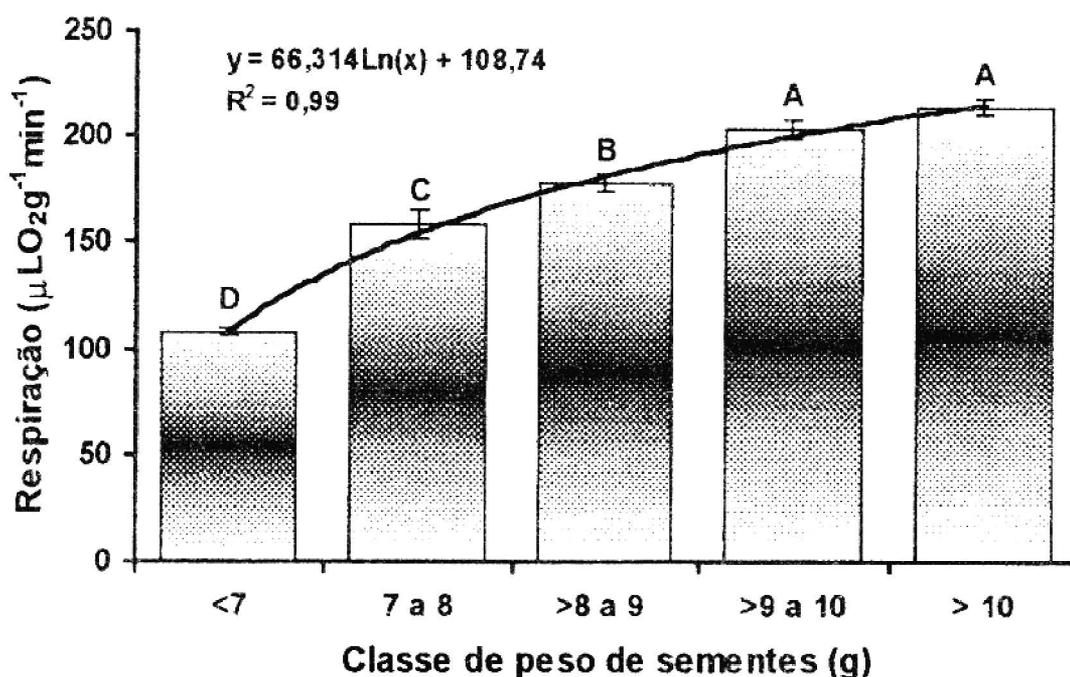


FIG. 5. Respiração de sementes de cupuaçuzeiro sem o tegumento (letras maiúsculas diversas indicam diferenças significativas entre os tratamentos – Tukey, 5%) agrupadas em diferentes classes de peso (g), pelo método manométrico de Warburg, o erro padrão da média (I) e a curva da análise de regressão.

Pode-se observar, que os maiores valores de consumo médio de oxigênio foram registrados para as sementes com pesos > 10 g ($214,31 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$) e entre >9 a 10 g ($203,26 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$), que foram estatisticamente iguais entre si e significativamente superiores às dos outros tratamentos. Por outro lado, verificou-se que não houve diferença estatística entre as sementes com pesos entre >8 a 9 g ($177,82 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$), 7 a 8 g ($158,19 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$) e <7 g ($107,59 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$). Esses resultados são compatíveis com os observados nos testes de respiração feitos com sementes com o tegumento.

A curva que melhor se ajustou aos resultados obtidos foi do tipo logarítmica. Com base na equação de regressão, ilustrada na Fig. 5, pode-se deduzir que o consumo de oxigênio cresceu, em média, de $25,92 \mu\text{LO}_2$ por classe de peso de sementes sem o tegumento.

Em termos médios, a diferença de consumo de oxigênio entre as sementes com ($75,02 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$) e sem ($172,23 \mu\text{LO}_2\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$) o tegumento foi cerca de $56,4\%$ maior para as últimas, o que ratifica a influência do tegumento no processo respiratório das sementes de cupuaçuzeiro.

Os resultados obtidos nesta fase do trabalho estão de acordo com os alcançados no estudo em que foram testadas as classes de peso de sementes com o tegumento e ratificam a importância dos testes de respiração de sementes de cupuaçuzeiro serem realizados após a extirpação do tegumento.

CONCLUSÕES

Os resultados de respiração alcançados com sementes de cupuaçuzeiro permitem inferir que:

a) a avaliação final deve ser realizada aos 60 minutos de exposição das sementes ao respirômetro;

b) os maiores consumos de oxigênio foram obtidos pelas sementes sem o tegumento;

c) o melhor período de hidratação prévia foi o de 24 horas sob temperatura constante de 35 °C;

d) as sementes mais pesadas, com (> 15 a 17 g e > 17 g) ou sem (> 10 g e de > 9 a 10 g) tegumento, consumiram maiores quantidades de oxigênio ao final dos testes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATTRIDGE, T.H. Seedling development. In: **Light and plant responses: a study of plant photophysiology and natural environment**. New York: Edward Arnold, 1990. p.65-113.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds**. Berlin: Springer-Verlag, 1985. 367p.
- BORGES, E.E. de L.; RENA, A. B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I.B. de, PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B., eds. **Sementes florestais tropicais**. Brasília, ABRATES, 1993. p.83-135.
- BROWN, R. Germination. In: STEWARD, F.C., ed. **Plant physiology: a treatise**. New York: Academic Press, 1972. p.3-48.
- BURCH, T.A.; DELOUCHE, J.C. Absorption of water by seeds. **Proceedings Association Official Seed Analysts**, v.49, n.1, p.142-150, 1969.
- 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).
- CLIFFORD, H. T. The taxonomic significance of the ability of grass seed to germinate under waterlogged conditions. **Kew Bulletin**, v.43, n.2, p.327-328, 1988.

- CÓRDOBA, C.V. **Fisiologia vegetal**. Madrid: H. Blume, 1976. 439p.
- GARWOOD, N.C.; LIGHTON, J.R.B. Physiological ecology of seed respiration in some tropical species. **New Phytologist**, v.115, n.3, p.549-558, 1990.
- GULLIVER, R.L.; HEYDECKER, W. Establishment of seedling in a changeable environment. In: HEYDECKER, W., ed. **Seed ecology**. University Park: Pennsylvania State University, 1974. p.433-462.
- IVENS, G.W. The influence of temperature on germination of gorse (*Ulex europaeus* L.). **Weed Research**, v.23, p.207-216, 1983.
- JANN, R.C.; AMEN, R.D. What is germinations? In: KHAN, A.A., ed. **The physiology and biochemistry of seed dormancy and germinations**. New York: North-Holland, 1980. p.7-28.
- JOHNSTON, B.M.; FERNANDEZ, H.G. Effect of the seed coat on germination of *Atriplex repanda*. II. Determination of respiratory activity. **Phyton**, v.36, n.2, p.103-109, 1978.
- LEADEM, C.L.; EDWARDS, D.G.W. **Respiration of tree seeds**. In: PROCEEDINGS OF AN INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF IUFRO. Dormancy and barriers to germination, Victoria, 1991. p.57-66, 1993.
- MADDEN, R.F.; BURRIS, J.S. Respiration and mitochondrial characteristics of imbibing maize embryos damaged by high temperatures during desiccation. **Crop Science**, v.35, p.1661-1667, 1995.
- MOTA, P.P.C. da. **Cultura do cupuaçuzeiro: informações básicas**. Belém: CEPLAC/CORAM/COREX, 1990. 18p. (CEPLAC. Cadernos de Extensão Rural da Amazônia, 6).

- NORMAH, M. N.; CHIN, H. F. Changes in germination, respiration rate and leachate conductivity during storage of *Hevea* seeds. **Pertanika**, v.14, n.1, p.1-6, 1991.
- PAMMENTER, N.W., MOTETE, N.; BERJAK, P. The response of hydrated recalcitrant seeds to long-term storage. In: ELLIS, R.H., BLACK, M., MURDOCH, A.J.; HONG, T.D., ed. **Basic and applied aspects of seed biology**. London: Kluwer Academic Pub., 1997. p.673-687.
- PERL, M. Biochemical aspects of the maturation and germination seeds. In: Matthews, S., ed. **Advances in research and technology of seeds**. Wageningen: Purdoc, 1987. Part.10, p.1-27.
- PESIS, E.; N.G, T. J. The effect of seed coat removal on germination and respirations of muskmelon seeds. **Seed Science and Technology**, v.1, n.14, p.117-125, 1986.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.
- REICHARDT, K. A água: absorção e translocação. In: FERRI, M.G., ed. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: USP, 1979. v.1, p.3-24.
- SKRE, O. Temperature effects on the growth of nountain berch (*Betula pubescens* Ehrh). Elm (*Ulmus glabra* Huds.) and maple (*Acer platanoides* L.) seedlins in continuos lighth. **Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning**, v.44, n.5, p.44,1991.
- TYLKOWSKI, T. Respiration of northerm red oak (*Quercus borealis* Michx.) acorns. **Arboretum kornickie**, v.21, p.313-322, 1976.
- UMBREIT, W, W., BURRIS, R.H.; STAUFFER, J. F. **Manometric and biochemical techniques**. 5. ed. Minneapolis: Burgess, 1972. 385p.

- WOODSTOCK, L.W. Seed imbibition: a critical period for successful germination. **Journal of Seed Technology**, v.12, n.1, p.1-15, 1988.
- YENTUR, S.; LEOPOLD, A. C. Respiratory transition during seed germination. **Plant Physiology**, v.57, n.2, p.274-276, 1976.