

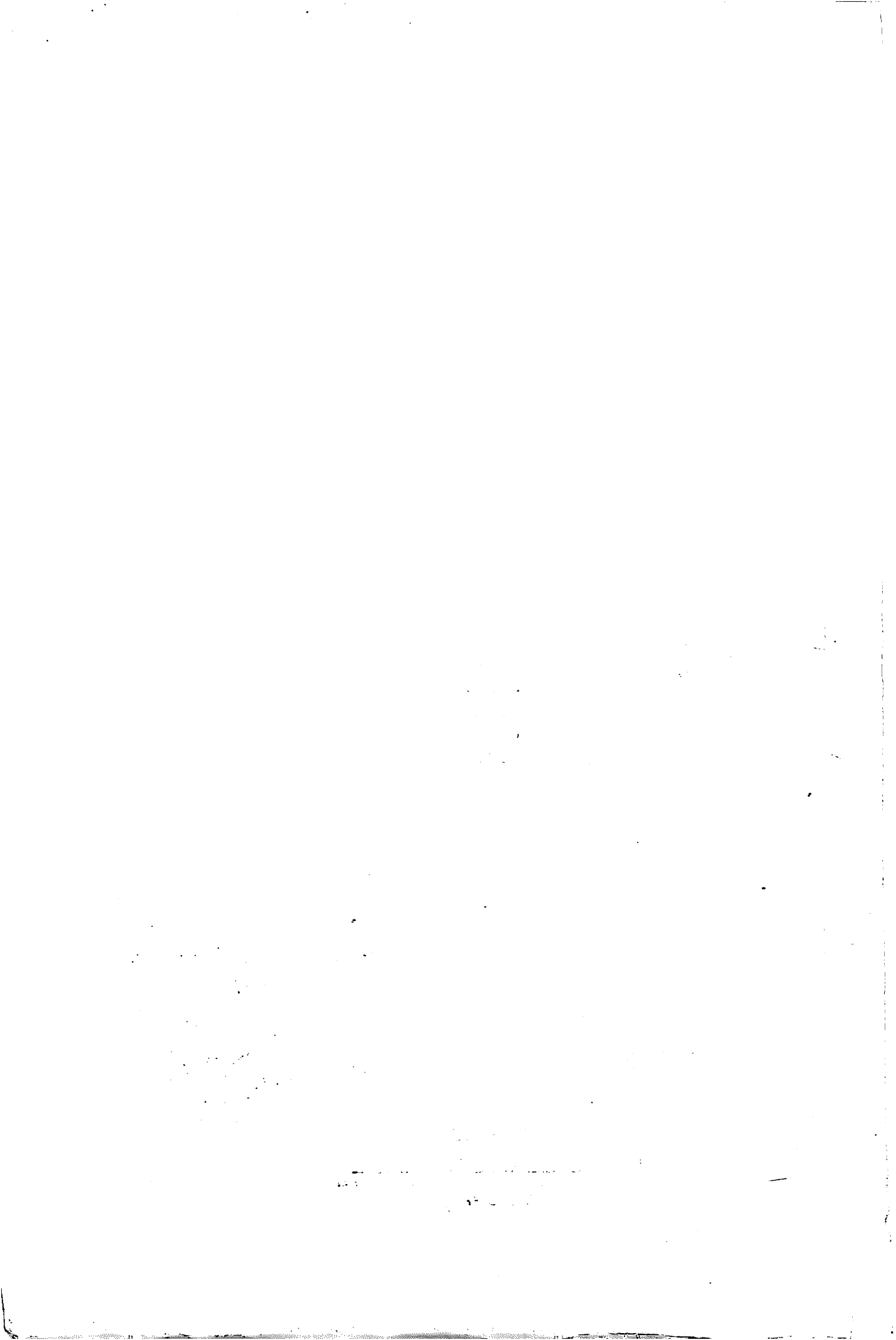
ANTONIO TEIXEIRA CAVALCANTI JUNIOR

MORFO-FISIOLOGIA DA GERMINAÇÃO E ESTABELECI-  
MENTO DA PLÂNTULA DO CAJUEIRO-ANÃO-PRECOCE  
( *Anacardium occidentale* L. )

Tese apresentada à Escola Superior de Agricul-  
tura de Lavras, como parte das exigências do curso  
de Doutorado em Agronomia, área de con-  
centração em Fitotecnia, para obtenção do título  
de "DOUTOR".

Orientador  
Prof. Antônio Carlos Fraga

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
1994



**ANTONIO TEIXEIRA CAVALCANTI JUNIOR**

**MORFO-FISIOLOGIA DA GERMINAÇÃO E ESTABELECIMENTO DA  
PLÂNTULA DO CAJUEIRO-ANÃO-PRECOCE (*Anacardium occidentale* L.)**

Tese apresentada à Escola Superior de  
Agricultura de Lavras, como parte das exigências  
do Curso de Doutorado em Agronomia, área de  
concentração em Fitotecnia, para obtenção do  
título de "DOUTOR".

**Orientador**

Prof. ANTÔNIO CARLOS FRAGA

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
1994**



Ficha catalográfica preparada pela seção de catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da ESAL

Cavalcanti Junior, Antonio Teixeira.

Morfo-fisiologia da germinação e estabelecimento  
da plântula do cajueiro-anão-precoce (*Anacardium  
occidentale* L.)/Antonio Teixeira Cavalcanti Junior.

Lavras : ESAL, 1994.

84p. : il.

Orientador: Antônio Carlos Fraga.

Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura  
de Lavras.

Bibliografia.

1. Cajueiro-anão-precoce - Fisiologia. 2. Cajuei-  
ro-anão-precoce - Morfologia. 3. cajueiro-anão-pre-  
coce - Plântulas - Caracterização. 4. Cajueiro-anão  
precoce - sementes - Germinação. I. Escola Superi-  
or de Agricultura de Lavras. II. Título.

CDD-583.2804334

-634.57321

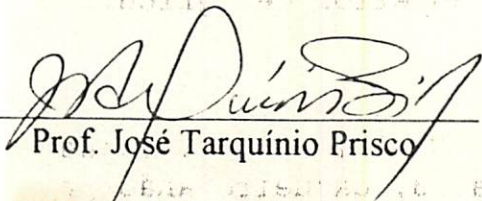


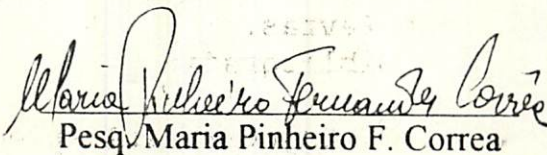
# ANTONIO TEIXEIRA CAVALCANTI JUNIOR

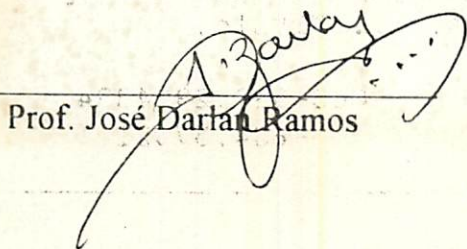
## MORFO-FISIOLOGIA DA GERMINAÇÃO E ESTABELECIMENTO DA PLÂNTULA DO CAJUEIRO-ANÃO-PRECOCE (*Anacardium occidentale* L.)

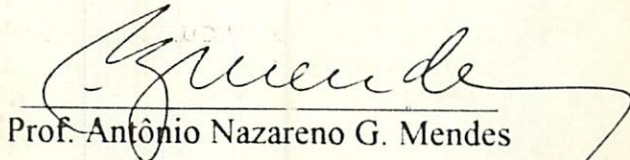
Tese apresentada à Escola Superior de  
Agricultura de Lavras, como parte das exigências  
do Curso de Doutorado em Agronomia, área de  
concentração em Fitotecnia, para obtenção do  
título de "DOUTOR".

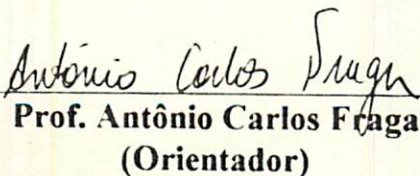
APROVADA em 09 de novembro de 1994

  
Prof. José Tarquínio Prisco

  
Pesq. Maria Pinheiro F. Correa

  
Prof. José Darlan Ramos

  
Prof. Antônio Nazareno G. Mendes

  
Prof. Antônio Carlos Fraga  
(Orientador)

*Aos meus pais, Teixeira Cavalcanti  
e Maria José, "IN MEMORIAM" -  
suas vidas foram minha luz.*

*Aos meus filhos, Raphael, Fabrício  
e Camila, e a minha esposa, Carolina,  
que são as fontes de minhas forças*

DEDICO



1952

A Comissão de Trabalho e de Emprego, criada pelo Decreto-Lei nº 158/52, de 15 de Maio, tem a honra de informar que, em virtude da publicação do Decreto-Lei nº 158/52, de 15 de Maio, e da consequente extinção do Conselho Nacional de Trabalho, a Comissão de Trabalho e de Emprego passou a exercer as funções que anteriormente eram exercidas pelo Conselho Nacional de Trabalho.

A Comissão de Trabalho e de Emprego, criada pelo Decreto-Lei nº 158/52, de 15 de Maio, tem a honra de informar que, em virtude da publicação do Decreto-Lei nº 158/52, de 15 de Maio, e da consequente extinção do Conselho Nacional de Trabalho, a Comissão de Trabalho e de Emprego passou a exercer as funções que anteriormente eram exercidas pelo Conselho Nacional de Trabalho.

A Comissão de Trabalho e de Emprego, criada pelo Decreto-Lei nº 158/52, de 15 de Maio, tem a honra de informar que, em virtude da publicação do Decreto-Lei nº 158/52, de 15 de Maio, e da consequente extinção do Conselho Nacional de Trabalho, a Comissão de Trabalho e de Emprego passou a exercer as funções que anteriormente eram exercidas pelo Conselho Nacional de Trabalho.

Aos Professores Dr. João Gomes Pinho, Doutoramento em Ciências Sociais e Dr. João Gomes Pinho, Doutoramento em Ciências Sociais, do Departamento de Biologia e Botânica, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, a quem se refere o presente processo, a Comissão de Trabalho e de Emprego, criada pelo Decreto-Lei nº 158/52, de 15 de Maio, tem a honra de informar que, em virtude da publicação do Decreto-Lei nº 158/52, de 15 de Maio, e da consequente extinção do Conselho Nacional de Trabalho, a Comissão de Trabalho e de Emprego passou a exercer as funções que anteriormente eram exercidas pelo Conselho Nacional de Trabalho.

Ao Dr. Paulo de Faria, a quem se refere o presente processo, a Comissão de Trabalho e de Emprego, criada pelo Decreto-Lei nº 158/52, de 15 de Maio, tem a honra de informar que, em virtude da publicação do Decreto-Lei nº 158/52, de 15 de Maio, e da consequente extinção do Conselho Nacional de Trabalho, a Comissão de Trabalho e de Emprego passou a exercer as funções que anteriormente eram exercidas pelo Conselho Nacional de Trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Antonio Carlos Fraga, do Departamento de Fitotecnia da Escola Superior de Agricultura de Lavras (**ESAL**), pela orientação acadêmica.

Ao Professor Dr. José Tarquinio Prisco, do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da Universidade federal do Ceará (**UFC**), pela coorientação, dedicação, acompanhamento e sugestões.

À Dra. Maria Pinheiro Fernandes Corrêa, do Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical (**CNPAT/EMBRAPA**), por todo o incentivo, acompanhamento, apoio técnico e administrativo para a concretização deste trabalho.

Aos amigos do Laboratório de Solo do **CNPAT/EMBRAPA**, e, em especial, ao Sr. Luiz Alves de Oliveira pela presteza na alocação e manutenção de equipamentos e de materiais essenciais ao trabalho.

Aos Professores Dr. Enéas Gomes Filho, Dr. Joaquim Enéas Filho e Dra. Ana Lúcia Ponte Freitas, do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da UFC pela ajuda na determinação dos teores de proteínas e gorduras das sementes.

Ao Dr. Paulo de Tarso Vieira Ramos e à Dra. Mary Coeli Bezerra Férrer pela colaboração nas correções da redação técnica.





## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS .....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	vii
RESUMO .....	ix
SUMMARY .....	xii
INTRODUÇÃO .....	1
REFERENCIAL TEÓRICO .....	3
1 Informações Gerais .....	3
1.1 Aspectos Taxonômicos .....	6
1.2 Origem e Distribuição Geográfica .....	7
1.3 Aspecto Morfológico .....	8
1.4 Composição Química .....	10
1.4.1 Pericarpo .....	11
1.4.2 Tegumento .....	12
1.4.3 Embrião .....	13
1.5 Colheita, Umidade e Armazenamento .....	15
2. Germinação .....	17
2.1 Fatores que Afetam a Germinação .....	18
3 Metabolismo das Reservas .....	23
MATERIAL E MÉTODOS .....	25
1 Determinação da Umidade da Castanha .....	27
2 Colheita e Secagem da Castanha para o Armazenamento .....	27
3 Curva de Embebição da Castanha .....	28
4 Germinação e Desenvolvimento da Plântula .....	30
4.1 Caracterização Morfológica .....	30
4.2 Caracterização Física e Química .....	32





	Página
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
4.1 Determinação da Umidade da Castanha .....	35
4.2 Secagem das Castanhas para Armazenamento .....	38
4.3 Germinação e Estabelecimento da Plântula .....	40
4.3.1 Curva da Embebição .....	40
4.3.2 Caracterização Morfológica dos Estágios de Desenvolvimento .....	42
4.3.3 Caracterização Física e Química .....	51
5 CONCLUSÕES .....	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	71
ANEXO .....	77





## LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Análise de variância da determinação da umidade (com base no peso úmido) de castanhas inteiras e cortadas do cajueiro-anão-precoce ( <i>Anacardium occidentale</i> L.). Dados transformados em $\text{arc sen } \sqrt{x/100}$ .....	36
2	Porcentagem de umidade (com base no peso úmido inicial) das castanhas inteiras (CI) e cortadas (CC) do cajueiro-anão-precoce ( <i>Anacardium occidentale</i> L.) em função do tempo de secagem .....	36
3	Análise de variância dos métodos de secagem para armazenamento de castanhas do cajueiro-anão-precoce ( <i>Anacardium occidentale</i> L.). Dados transformados por $\text{arc sen } \sqrt{x/100}$ .....	38
4	Porcentagem de umidade das castanhas do cajueiro-anão-precoce ( <i>Anacardium occidentale</i> L.) em função do método de secagem para armazenamento .....	39
5	Absorção de água pela castanha do cajueiro-anão-precoce ( <i>Anacardium occidentale</i> L.) durante a germinação e primeiras etapas do crescimento da plântula .....	42
6	Índices de desenvolvimento (I.D.) e porcentagem de castanhas ou plântulas do cajueiro-anão-precoce ( <i>Anacardium occidentale</i> L.), por estágios de desenvolvimento (ED) .....	49
7	Pesos frescos e seco, e teores de proteínas e lipídios nos estágios da germinação e desenvolvimento da plântula do cajueiro-anão-precoce ( <i>Anacardium occidentale</i> L.) .....	52
8	Teor de umidade (%), com base no peso úmido, nos estágios da germinação e desenvolvimento da plântula do cajueiro-anão-precoce ( <i>Anacardium occidentale</i> L.) .....	54
9	Extração de lipídios a frio e a quente em farinha de cotilédones de cajueiro-anão-precoce ( <i>Anacardium occidentale</i> L.) .....	56

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Representação da distribuição de freqüência da amostragem de 963 castanhas (8kg) de caju, seca à sobra, do clone CCP-76, safra 1992. As classes escolhidas representaram cerca de 35% do total colhido .....	26
2	Marcador de covas para semeadura .....	31
3	Bandeja para semeadura com as covas abertas .....	31
4	Variação do peso seco das castanhas do cajueiro-anão-precoce ( <i>Anacardium occidentale</i> L.) ao longo de 144 horas de secagem em estufa .....	37
5	Peso seco das castanhas do cajueiro-anão- precoce ( <i>Anacardium occidentale</i> L.) em função do peso inicial. Valores calculados a partir dos dados da Figura 4 .....	37
6	Curva de embebição da castanha de cajueiro-anão- precoce ( <i>Anacardium occidentale</i> L.) durante as etapas iniciais do processo germinativo e de estabelecimento da plântula .....	41
7	Estágios de desenvolvimento da plântula do cajueiro- anão-precoce ( <i>Anacardium occidentale</i> L.) .....	44
8	Estágio 0 (zero). Castanha no estado quiescente .....	44
9	Estágio 1. Castanha intumescida .....	45
10	Estágio 2. Castanha com radícula emergida .....	45
11	Estágio 3. Radícula ultrapassando o limite inferior da castanha .....	46
12	Estágio 4. Emergência do cotilédone .....	46
13	Estágio 5. Epicótilo embutido nos cotilédones .....	47
14	Estágio 6. Epicótilo ereto .....	47
15	Estágio 7. Folhas com disposição alterna .....	48
16	Estágio 8. Gemas axilares visíveis .....	48

Figura	Página
17	Curva do Desenvolvimento da plântula do cajueiro-anão-precoce ( <i>Anacardium occidentale</i> L.), clone CCP - 76, ao longo de 25 dias de germinação ..... 50
18	Peso seco, fresco, protéico e lipídico nos diferentes estágios de desenvolvimento da plântula do cajueiro-anão-precoce ( <i>Anacardium occidentale</i> L.) na presença e ausência de luz ..... 53
19	Variação no teor de umidade, com base no peso úmido, de cotilédones e eixos de plântulas do cajueiro-anão-precoce ( <i>Anacardium occidentale</i> L.) cultivadas na luz (—) e no escuro (—). Gravura correspondente aos estágios com luz ..... 58
20	Peso fresco dos cotilédones e dos eixos da plântula do cajueiro-anão-precoce ( <i>Anacardium occidentale</i> L.), nos diferentes estágios de desenvolvimento. Plântulas cultivadas na luz (—) e no escuro (—). Gravura dos estágios com luz ..... 60
21	Peso seco dos cotilédones e do eixo nos diversos estágios de desenvolvimento da plântula do cajueiro-anão-precoce ( <i>Anacardium occidentale</i> L.). Plântulas cultivadas na luz (—) e no escuro (—). Gravura dos estágios com luz ..... 61
22	Teores de proteínas nos cotilédones e no eixo da plântula do cajueiro-anão-precoce ( <i>Anacardium occidentale</i> L.), nos diferentes estágios de desenvolvimento. Plântulas cultivadas na luz (—) e no escuro (—). Gravura dos estágios com luz ..... 65
23	Teores de lipídios nos cotilédones e no eixo da plântula do cajueiro-anão-precoce ( <i>Anacardium occidentale</i> L.), nos diferentes estágios de desenvolvimento. Plântulas cultivadas na luz (—) e no escuro (—). Gravura dos estágios com luz ..... 66
24	Relação peso seco do eixo/peso seco dos cotilédones da plântula do cajueiro-anão-precoce ( <i>Anacardium occidentale</i> L.), nos diferentes estágios de desenvolvimento. Plântulas cultivadas na luz (—) e no escuro (—). Gravura dos estágios com luz ..... 67



## RESUMO

**CAVALCANTI JUNIOR, Antonio Teixeira. Morfo-fisiologia da germinação e estabelecimento da plântula do cajueiro-anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.). Lavras: ESAL, 1994. 84p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia).\***

Castanhas de cajueiro-anão precoce (*Anacardium occidentale* L.), clone CCP-76, do Campo Experimental da EMBRAPA, Pacajus, Ceará, foram utilizadas com o objetivo de contribuir para o esclarecimento das mudanças morfo-fisiológicas e bioquímicas que ocorrem durante a germinação e o estabelecimento da plântula.

Estudou-se, inicialmente, as condições de armazenamento das castanhas destinadas ao plantio, a metodologia para determinação da umidade e a curva de embebição das castanhas. Quando se comparou castanhas não submetidas a secagem com castanhas secas ao sol e à sombra, verificou-se que a secagem à sombra foi a mais adequada para retirar o excesso de umidade. Na determinação de umidade das castanhas pode ser feita a secagem em estufa com temperatura de 105°C, até atingir peso constante, tanto em castanhas inteiras como cortadas. Caso se deseje diminuir este tempo, sem prejuízo da precisão na determinação de umidade, pode-se secar por

---

\* Orientador: Antônio Carlos Fraga. Membros da banca: José Tarquínio Prisco, Maria Pinheiro F. Correa, José Darlan Ramos e Antônio Nazareno G. Mendes.

sessenta horas as castanhas cortadas ou por noventa horas as inteiras. A curva de embebição foi traçada pelos valores percentuais da umidade ao longo de 240 horas de germinação em vermiculita umedecida com água. A cinética de absorção apresentou o padrão trifásico. A fase inicial (fase I), caracterizada por intensa absorção de água, estendeu-se por 156 horas. Daí até 180 horas (fase II), praticamente não ocorreu aumento na taxa de absorção de água, mas no final desta fase, quando as castanhas possuíam cerca de cinquenta por cento de umidade, apareceram as primeiras radículas emergidas. A partir de 180 horas, início da fase III, a absorção voltou a crescer e durante este período verificou-se o estabelecimento da plântula.

As mudanças morfo-fisiológicas e bioquímicas que ocorreram durante o processo germinativo e de estabelecimento da plântula foram estudadas após a semeadura das castanhas em bandejas plásticas, contendo vermiculita umedecida com água. As bandejas foram colocadas em germinadores programados para 30°C de temperatura, doze horas de luz e doze horas de escuro. As mudanças morfológicas ocorridas no período de 25 dias após a semeadura (DAS) foram agrupadas em 9 estágios de desenvolvimento, os quais foram expressos, quantitativamente, pelo Índice de Desenvolvimento (ID). Os valores de ID, calculados ao longo de 25 DAS e expressos em função do tempo, comprovaram a existência de uma curva sigmóide, típica dos processos de crescimento. O período de mais intensa velocidade de crescimento estendeu-se do 7<sup>o</sup> ao 16<sup>o</sup> DAS, ou seja, do estágio 1 ao 7. A percentagem de umidade dos cotilédones e dos eixos, tanto de plântulas cultivadas na luz como no escuro, aumentou durante o processo de germinação e de estabelecimento da plântula. Nos cotilédones este aumento foi aparentemente constante do estágio 0 (castanha quiescente) até o estágio 8 (plântula bem estabelecida), enquanto que nos eixos ocorreu um aumento inicial brusco até o estágio 2 (radículas emergidas) e a partir deste ponto apresentou pequenas variações. Quando as plântulas emergiram do solo, os eixos das que foram

cultivadas no escuro apresentaram percentagens de umidade mais elevadas. Os cotilédones funcionaram como drenos de água até o início do crescimento do epicótilo, quando ocorreu um incremento mais rápido até o início da emergência da radícula; entretanto, praticamente não houve mobilização de reservas destes órgãos durante esta fase. A mobilização de reservas dos cotilédones para o eixo tornou-se mais aparente a partir da emergência da radícula, e sua velocidade aumentou progressivamente à medida que o eixo se desenvolvia. Foram identificadas três etapas distintas de mobilização após a emergência da radícula: a primeira, mais lenta, estendeu-se do estágio 2 (emergência da radícula) até o estágio 5 (plântula sem epicótilo desenvolvido); a segunda, de velocidade intermediária, correspondeu ao início do desenvolvimento do epicótilo (do estágio 2 ao 6), e, finalmente, a de maior velocidade, que correspondeu à fase de intenso crescimento do eixo raiz-hipocótilo-epicótilo (do estágio 6 ao 8). A presença da luz estimulou o aparecimento de um forte dreno que provocou a aceleração do crescimento das plântulas cultivadas nestas condições. A expressão das mudanças morfológicas em termos de estágios de desenvolvimento, e não apenas em termos de tempo (**DAS**), facilitou a associação de eventos fisiológicos e bioquímicos com determinados estágios de desenvolvimento. Discute-se, neste trabalho, as vantagens do uso e as possíveis aplicações desta metodologia em estudos de fisiologia e bioquímica da germinação.



## SUMMARY

### **MORPHO-PHYSIOLOGICAL STUDIES OF GERMINATION AND SEEDLING ESTABLISHMENT OF EARLY-DWARF CASHEW (*Anacardium occidentale* L.).**

Cashew (*Anacardium occidentale* L.) nuts harvested from CCP-76 early-dwarf clone grown in EMBRAPA Experimental Farm at Pacajus, Ceará, were used with the objective of studying morphophysiological and biochemical changes occurring during germination and seedling establishment.

The storage conditions of the nuts used for planting, the methodology for nut moisture determination, and the nuts imbibition curve were studied first. When comparisons between non dried nuts, sun dried and shade dried nuts, were made, it was observed that the most adequate to take out excess of moisture for nut storage was the latter. Nut drying for moisture determination can be made for both whole or cut nuts by pacing them in an oven at 105°C until the nuts reach a constant weight. If one wishes to decrease the time of drying without losing precision in the moisture determination it can be done by drying the cut nuts for 60 hours and the whole ones for 96 hours. The imbibition curve was made by plotting the percentage of moisture of the nuts along 240 hours of germination in wetted vermiculite. The absorption kinetics was the standard triphasic. The initial phase (phase I) characterized by a fast water absorption, comprised 156 hours. From this time until 180 hours (phase II) there was no increase in the absorption rate, but at the end of this phase, when the nuts had about 50% moisture, the first emerged radicles

appeared. Phase III started after 180 hours when the rate of absorption returned to increase, and during this period seedling establishment occurred.

Morphophysiological and biochemical changes occurring during germination and seedling establishment were studied after the nuts were sown in plastic trays containing wetted vermiculite. The Trays were then placed in germinators previously set for 30°, 12 hours light and 12 hours of darkness. The morphological changes occurring 25 days after sown (25 DAS) were grouped in 9 stages of development, which were quantitatively expressed by the Developmental Index (DI). The DI values calculated along the 25 DAS and expressed as a function of time have shown a typical 'sigmoid growth curve. The period of highest growth rate was from the 7th until the 16th DAS, that is, from stage 1 to 7. Both in light and dark grown seedling the percentage of moisture of both cotyledons and axis increased during germination and seedling establishment. This increase was apparently constant for cotyledons from stage 0 (quiescent nut) until stage 8 (well established seedlings), while for axis there was a sharp initial increase until stage 2 (emerged radicles), and then it showed small variations. When the seedlings emerged from soil the dark grown seedlings showed higher moisture contents as it was expected. The cotyledons functioned as water drain until the epicotyl started to grow. There was a rapid increase in cotyledons water absorption until radicle emergence started; however, practically there was no reserve mobilization from these organs during this phase. Cotyledon reserve mobilization toward the axis was apparent after radicle emergence, and its rate increased as the axis developed. Three distinct steps of reserve mobilization after radicle emergence were observed: the first one, slower, extended from stage 2 (radicle emergence) until stage 5 (seedlings without epicotyl); the second one, of intermediate rate, corresponded to the start of epicotyl development (from stage 5 to 6), and, finally, the one having the fastest rate, which corresponded to the phase of intense axis growth (from stage 6 to 8). Light

has stimulated the appearance of a strong drain in the axis which caused an increase in seedling growth under these conditions.

Morphological changes expressed in terms of stages of development, and not only in terms of time (DAS) made easier the association of physiological and biochemical events with certain developmental stages. The advantages and applications of this methodology in studies of physiology and biochemistry of seed germination are discussed in this paper.



## 1 INTRODUÇÃO

Na década de 70, a demanda mundial por amêndoa de caju atingiu valores muito acima da capacidade de oferta, razão pela qual o Governo brasileiro decidiu criar incentivos fiscais e subsídios, priorizando a expansão da agroindústria da castanha e da área cultivada com cajueiros na Região Nordeste do país, especialmente nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí. Como resultado dessa medida, a área com cajueiros passou de 82.500 ha, em 1974, para quase 500.000 ha, em 1988. Este aumento de área, entretanto, não foi acompanhado pelo incremento de produção que se esperava, pois a produtividade média da cultura na região, que era de 3.404kg/ha de castanha, em 1975, decresceu para 2.829kg/ha, em 1984 (Parente, Paula Pessoa e Nemekato, 1991). Atribui-se essa diminuição ao descaso dado à pesquisa durante todo esse processo, que redundou no estabelecimento de grandes plantios feitos a partir de sementes portadoras de elevado grau de heterozigose, em regiões com clima e solos inadequados para a cultura. Associou-se a isso o uso de práticas culturais insuficientes e inadequadas.

Tal situação agravou-se, no final da década passada, em consequência da recuperação da capacidade produtiva dos países da África e do fortalecimento da Índia como exportadora de amêndoa para o mercado norte-americano. O investimento feito com essa cultura em nosso país exige um esforço adicional em termos de pesquisa para que se possam recuperar as plantações existentes e instalar novas, mais produtivas, a fim de se adquirir maior competitividade,

não só no mercado externo, mas também no interno. Para que o Brasil adquira esse poder competitivo, o esforço de pesquisa deve enfatizar, entre outras coisas, o aprofundamento dos conhecimentos fisiológicos sobre propagação desta espécie, não só a vegetativa, mas também a obtida por via seminífera.

O conhecimento mais detalhado da morfologia e da fisiologia da germinação e do estabelecimento da plântula é de fundamental importância, mesmo quando a cultura não é propagada por semente, comercialmente. Estas informações podem fornecer subsídios relevantes para os melhoristas que usam a propagação do cajueiro por sementes com a finalidade de aproveitar a variabilidade genética existente nas populações nativas e comerciais. Quando o cajueiro é propagado por enxertia, estes conhecimentos podem ser usados para se saber qual a melhor maneira de se produzir o porta-enxerto, a melhor fase de desenvolvimento da plântula, e o melhor local para se fazer enxerto.

Pretende-se, preliminarmente, estudar, nas castanhas, as condições de secagem para o armazenamento, a metodologia para determinação da umidade e a curva de embebição. Espera-se, também, contribuir para o conhecimento das mudanças morfológicas e bioquímicas que ocorrem nas castanhas e nas plântulas durante as diferentes fases do processo de propagação por via seminífera.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Informações gerais

No livro *Singularité de la France Antartique*, publicado em 1558 pelo francês André Thevet, foram encontradas as primeiras descrições sobre o cajueiro (Peixoto, 1960), mas somente em 1623, no livro *Pinax theatri botanici*, publicado em Basileia, Suíça, por Caspar Bauhinus, é que foi mencionado o termo *Anacardia*, que viria a designar o cajueiro (Angely, 1986).

Quando os primeiros colonizadores chegaram ao Brasil, logo notaram que o cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) era uma importante fonte de subsistência dos aborígenes. Dele era aproveitado o caju - denominação da maçã do cajueiro, tanto *In natura* como nas formas de sucos e bebidas fermentadas; a amêndoa, que era consumida após a assadura da castanha - o verdadeiro fruto -, bem como outros subprodutos da casca e das folhas da planta, que eram utilizados como recursos medicinais. Até se pensava, na época, que tudo no cajueiro tinha propriedades medicinais (Johnson, 1974 e Lima, 1988).

O uso culinário e as qualidades nutricionais e medicinais do cajueiro conquistaram de imediato os colonizadores e exploradores (Angely, 1986), os quais visualizaram, na planta, grande potencial de exploração mercantil (Johnson, 1974). Logo se integrou aos hábitos



alimentares do Brasil-Colônia, bem como de vários países tropicais, mas continuou, por vários séculos, caracterizado pela exploração extrativista, ou, quando muito, por plantio desordenado e em consórcio com culturas anuais (Parente, Paula e Nemekato, 1991). Entretanto, chegou aos tempos atuais com aproveitamento de quase tudo que produz:

As **raízes** são utilizadas como aperientes ou purgativas, conforme o modo de preparar e a dose administrada (Lima, 1988).

As **cascas do caule e das ramificações** são aproveitadas no uso medicinal, no combate a hemorragias, diarreia, úlcera, asma e como diurético (Lima, 1988), e no industrial, utilizando-se o tanino no curtimento e a seiva, extraída pelo cozimento, como tintas e como fundente na solda de metais (Johnson, 1974; Nair et al., 1979 e Mota, 1982). Ainda, do tronco e ramos, aproveita-se um exudato gomoso (**resina**), de coloração que varia do amarelo ao castanho, parcialmente solúvel na água, e que escorre da planta, naturalmente, ou por incisões e ferimentos. Essa goma é cada vez mais usada nas encadernações devido a sua ação repelente ao inseto, e freqüentemente é citada como sendo uma alternativa ao uso das gomas do tipo arábica (Johnson, 1974; Soares, 1986; Lima, 1988 e EMBRAPA, 1994). A goma do cajueiro, além da cola, pode ser utilizada na indústria de panificação, sorvetes, salsicharia, cápsulas de remédios e até nas cervejarias como estabilizante da espuma (EMBRAPA, 1994). É também utilizada como antitussígena, expectorante, depurativo, coagulante e hemostático (Lima, 1988).

As **folhas**, quando novas, são consumidas em saladas e como condimento para peixe e arroz (Johnson, 1974). Têm ação medicinal na terapêutica das avitaminoses (Mota, 1982), escorbuto infantil e nas ginecopatias comuns (Lima, 1988). Também são utilizadas em curtumes devido ao seu alto teor de tanino (Johnson, 1974 e Lima, 1988).

Do **pericarpo** da castanha é retirado o **LCC** (Líquido da Casca da Castanha) cujas patentes de aplicações industriais chegam a mais de 200, tais como para a indústria de plástico, de verniz, isolantes, tintas e, na indústria automotiva, nas formulações das lonas de freio (Johnson, 1974; Nair et al., 1979; Soares, 1986; Lima, 1988 e Telles, 1988). Após a retirada do LCC, os pericarpos são utilizadas como fonte de combustível nas fornalhas (Telles, 1988) e, devido ao alto teor de matérias glucídicas e protídicas, são indicados para componente de rações animais (Pereira Junior, Borralho e Pereira, 1962a).

A **película** (tegumento da semente), por ter bom balanceamento de proteína (10,7% em média) e carboidratos (37,4%) é aproveitada na composição de rações para aves e bovinos, e, em face da riqueza em tanino, é também utilizada na indústria de curtume (Pereira Junior e Pereira, 1963; Lima, 1988; Telles, 1988). A **amêndoa** (cotilédones e eixo embrionário), em face do elevado valor nutritivo, é denominada de “carne vegetal” e constitui-se no principal elemento de utilização do cajueiro. Atualmente é mais consumida na forma assada e salgada, mas também é muito utilizada na confecção de bolos, doces, bombons, chocolates (Johnson, 1974 e Lima, 1988) e cremes (Telles, 1988).

O **pseudofruto** (receptáculo) é utilizado nas mais variadas formas na alimentação animal e humana. O consumo humano é feito tanto na forma *in natura* como processada. Destaca-se o consumo nas formas de doces, compotas e sucos. As opções tecnológicas de maior importância econômica restringem-se à produção de suco turvo integral e, secundariamente, à elaboração de sucos clarificados, denominados de cajuínas (Soares, 1986). Em menor escala, também é consumido nas formas de refrescos, refrigerantes (Soares, 1986), vinhos, vinagres e aguardentes (Johnson, 1974 e Lima, 1988).



Existe grande variação de produção entre as árvores, e os principais fatores apontados por esta variação são idade e vigor da planta, número de flores hermafroditas, eficiência da polinização, peso das castanhas, incidências de pragas e doenças, queda prematura dos frutos (Wait, 1986) e variabilidade genética (Crisóstomo et al., 1994).

### 2.1.1 Aspectos Taxonômicos

Etimologicamente, o termo *Anacardium* vem do grego *aná* = igual e *kardia* = coração (Pereira Junior, Borralho e Pereira, 1962a; Angely, 1986). A denominação binomial de *Anacardium occidentale* foi dada por Linnaeus por volta de 1753, quando então o cajueiro foi classificado como pertencente à família *Anacardiaceae* (Johnson, 1973; Mitchell e Mori, 1987), classe *Decandria* e ordem *Monoginya* (Mitchell e Mori, 1987). Deste então, o número de espécies que ocorrem no gênero e na família ainda não foi bem definido. Alguns autores citam que a família *Anacardiaceae* é constituída por 500 espécies de países de clima quente e temperado (Font Quer, 1965), enquanto outros enumeram mais de 60 gêneros e 400 espécies (Bailey, 1964). Dentro do gênero *Anacardium*, as primeiras classificações agrupam até 20 espécies (Peixoto, 1960; Johnson, 1974; Nambiar, 1977 e Angely, 1986), entretanto, mais recentemente, com a utilização da classificação taxonômica numérica, pôde-se eliminar algumas descrições sinônimas e concluir que o gênero *Anacardium* é composto apenas por 10 espécies (Mitchell e Mori, 1987).

Destaca-se, neste gênero, o cajueiro-comum, classificado como *Anacardium occidentale* L., e o cajueiro-anão-precocidade, também conhecido como cajueiro-de-seis-meses. Esta espécie apresenta características agrônômicas próprias, com diferenciações das do cajueiro-comum e tem como principais vantagens o porte reduzido, a precocidade e a duração do período

de floração. Botanicamente ainda não possui uma classificação definida, pois tanto é citado como *A. occidentale* var. *namum* (Braga, 1976) como *Anacardium namum* (Peixoto, 1960), ou simplesmente como um ecotipo ou forma botânica do cajueiro-comum (Barros et al., 1993). É a espécie de maior importância econômica, sendo que as demais carecem de melhores conhecimentos (Mitchell e Mori, 1987).

### 2.1.2 Origem e Distribuição Geográfica.

O gênero *Anacardium* está distribuído, naturalmente, desde Honduras na América Central até o sul do Paraná no Brasil e a parte oriental do Paraguai, formando dois principais centros de diversificações - Amazônia e o Planalto Central do Brasil (Mitchell e Mori, 1987).

A espécie *Anacardium occidentale* L. é considerada a mais brasileira de todas (Angely, 1986), e embora provas circunstanciais, tais como, primeiras referências, distribuição geográfica, utilização humana e outras, já indicassem o Brasil como origem (Soares, 1986 e Barros et al., 1993), estudos recentes, tomando-se por base o *habitat* e a forma de crescimento da planta, confirmam que a espécie é originária da América Tropical e parece ser nativa das savanas da parte Norte da América do Sul, bem como da Amazônia e Planalto Central brasileiro (Mitchell e Mori, 1987). Mas, ainda no século XVI, introduziram-na na Índia e daí transplantaram-na para o Sudeste da Ásia (Johnson, 1973; Nambiar, 1977 e Soares, 1986). É reconhecida como um vegetal rústico adaptado ao clima dos trópicos, numa faixa que vai a 25° norte ou sul do equador (Wait e Jamieson, 1986), quer como planta aclimatada ou cultivada (Nambiar, 1977).

Johnson (1973, 1974) estudou a origem e distribuição do cajueiro cultivado, e afirma que ele originou-se das restingas do Nordeste brasileiro. Isto é comprovado com as

características morfológicas das árvores cultivadas, tanto no Novo como no Velho Mundo, que são idênticas às observadas nas plantas hoje encontradas nas restingas nordestinas e nos plantios comerciais brasileiros (Mitchell e Mori, 1987).

No Brasil é encontrado em todo o território, mas com predominância no Nordeste, no qual encontra-se a maior concentração de plantas espontâneas, distribuídas desde o litoral até o alto sertão (Maia, 1978). O cajueiro-anão-precoce tem sua ocorrência mais restrita na Região Amazônica (Peixoto, 1960 e Braga, 1976) e no Nordeste. No Ceará, encontra-se, principalmente, nas regiões litorâneas e zonas de transição litoral-sertão, dando preferência aos solos de aluvião (Maia, 1978).

### **2.1.3 Aspectos Morfológicos**

O cajueiro-comum é uma árvore de folhas perenes, coreáceas, simples, inteiras e alternas, com ramificações baixas e com a copa atingindo uma altura de 10m a 15m (Johnson, 1974; Nambiar, 1977; Ohler, 1979 e Soares, 1986). Em geral, tem o caule com diâmetro superior a 20 cm, erecto, com copa simétrica e na forma de umbela (Ohler, 1979). A planta, quando adulta, apresenta envergadura entre 12m a 14m (Barros et al., 1993), o tecido externo fendido e com aspecto de rugosidade (Barros et al., 1984).

O cajueiro-anão-precoce é uma planta de porte baixo que pode atingir a altura média de 5,4m quando em plantio por semente, mas, em média, não ultrapassa 4m. O caule apresenta tecidos externos mais lisos e diâmetro menor que o do cajueiro-comum. A envergadura varia de 6,0m a 8,0m (Barros et al., 1993).

Tanto no cajueiro-comum como no anão precoce, as flores são pequenas, de cor verde-esbranquiçada ou vermelhas. A inflorescência é uma panícula terminal com forma cônica (Nambiar, 1977 e Ohler, 1979), piramidal ou irregular (Ohler, 1979), que tem ramificações secundárias racimosas e os últimos ramos da panícula são do tipo cimeiras (Nambiar, 1977). As flores são, geralmente, hermafroditas ou masculinas (Johnson, 1974; Nambiar, 1977; Wait e Jamieson, 1986), podendo, também, ocorrer os dois tipos na mesma inflorescência (Northwood, 1966; Paiz, 1975 e Nambiar, 1977), com uma proporção de 75% a 90% de flores estaminadas. Esta proporção varia com a época do ano, localização e características da planta (Northwood, 1966 e Nambiar, 1977). Na morfologia da flor é freqüente a ocorrência de variações e anormalidades (Ascenso e Mota, 1957), entretanto, é considerada normal a flor composta por cinco sépalas, cinco pétalas, um ovário simples e seis a dez estames, dos quais apenas um é funcional (Rao e Hassan, 1972; Damodaram, Vilasachan e Valsalakumart, 1979).

O estigma normalmente é mais longo que os estames, mas, ocasionalmente, pode ser do mesmo tamanho ou menor (Northwood, 1966). O ovário é supero, reniforme e monocarpelar, originando um aquênio (Font Quer, 1965 e Nambiar, 1977) que completa seu desenvolvimento em seis a oito semanas, após a polinização (Wait e Jamieson, 1986). É preso à extremidade de um pedúnculo hipertrofiado, comumente chamado de maçã do cajueiro ou pseudofruto (Johnson, 1974).

O fruto, denominado vulgarmente de castanha, é constituído pelo pericarpo (casca) e pela semente. A casca ou pericarpo é formada pelo epicarpo, mesocarpo e endocarpo, ao passo que a semente propriamente dita é constituída pela película (tegumento) e pelo embrião, comumente denominado de amêndoa (Ohler, 1979; Wait, 1986 e Lima, 1988). Segundo Pereira Junior, Borralho e Pereira (1962a), a distribuição percentual, em peso, das partes da castanha é,

em média, 65,3% de pericarpo, 31,0% de amêndoa e 3,7% de tegumento. O mesocarpo representa a maior parte do pericarpo e, na sua parte mediana, ocorrem as bolsas oleíferas que armazenam o líquido da casca da castanha (Pereira Junior, Borralho e Pereira, 1962a; Paula e Heringer, 1978; Ohler, 1979; Mitchell e Mori, 1987).

A forma característica do fruto deve-se à folha carpelar que se desprende da nervura principal, começando pelo ápice até aproximadamente a metade. Como consequência, resulta uma curvatura para dentro (reentrância) (Paula e Heringer, 1978).

#### 2.1.4 Composição Química

Uma etapa importante durante o desenvolvimento da semente é a formação dos tecidos de reservas (Pollock e Roos, 1972 e Dure III, 1975), cujo metabolismo é revertido durante a germinação (Bewley e Black, 1978). Células que sintetizaram proteínas, carboidratos, lipídios e fitina (Ching, 1973; Mayer, 1973; Mayer, 1974 e Dure III, 1975), durante a embriogênese, reverterem completamente o processo ao iniciarem a hidrólise dessas substâncias.

As reservas podem ser acumuladas nos cotilédones, no endosperma ou no perisperma (Ashton, 1976; Copeland, 1976; Popinigis, 1977; Carvalho e Nakagawa, 1983). Nas monocotiledôneas, o principal tecido de reservas é o endosperma, enquanto nas dicotiledôneas elas são conspícuas nos cotilédones, embora outros tecidos também possam armazená-las (Ashton, 1976). As espécies do gênero *Anacardium*, que pertencem à classe das dicotiledôneas, armazenam as reservas nos tecidos cotiledonários (Mitchell e Mori, 1987).

As mudanças do estado de quiescência para um estado dinâmico são rápidas. O metabolismo, nas sementes, aumenta rapidamente, pois, do início da germinação até a plântula



tornar-se autotrófica, o eixo embrionário depende de energia e de substâncias orgânicas para a elaboração de novos componentes, tais como protoplasma, componentes estruturais e substâncias de crescimento. Essa energia inicial para os processos metabólicos e para o crescimento vem dos compostos orgânicos e dos tecidos de reservas que atuam como reservatório e fornecedores (Ashton, 1976 e Popinigis, 1977).

Segundo Pollock e Roos (1972), as reservas nutricionais que controlam o desenvolvimento das plântulas são fatores potenciais do vigor dessas plântulas, e as condições ambientais que influenciam no acúmulo das reservas nutricionais das sementes têm potencial para interferirem no vigor da geração seguinte.

A composição química das reservas é, basicamente, determinada por fatores genéticos. Mas o ambiente e as práticas culturais, tais como fertilidade, suprimento de água e épocas de plantio, também interferem em suas composições. E é também devido a fatores genéticos que a composição química das sementes varia entre as espécies e mesmo entre as variedades (Copeland, 1976). A importância da composição química destaca-se por interferir na germinação, na longevidade e na capacidade de armazenamento das sementes, no vigor das plântulas e por influir na nutrição humana e animal (Copeland, 1976).

#### **2.1.4.1 Pericarpo**

Em estudos realizados por meio de esgotamento com diferentes solventes voláteis - tetracloreto de carbono, trielina e hexano - no pericarpo das castanhas de caju procedentes de Moçambique, observou-se um bálsamo de consistência sólida e cristalino. O produto obtido representou 34,90% do peso do pericarpo e um elevado índice de iodo, fato que

implica na riqueza de substâncias não saturadas (Pereira Junior, Borralho e Pereira, 1962a). Em trabalho subsequente, os autores isolaram, desse bálsamo, o ácido anacárdico, pela precipitação com subacetato de chumbo (Pereira Junior, Borralho e Pereira, 1962b). Os autores relatam que os resíduos do esgotamento, quando devidamente moídos, talvez pudessem vir a ser utilizados como componentes de rações para animais, pois é rico em glicídios (17,34%) e proteínas (4,55%), além da ausência de alcaloides. Em castanhas procedentes do Ceará, Trevas Filho (1971) observou valores médios de 10,2% de umidade; 31,5% de estrato etéreo; 3,1% de proteína; e 1,1% de cinzas.

Na indústria, pelos métodos usados, o bálsamo é comumente obtido na forma viscosa e denominado de LCC (Líquido da Casca da Castanha). Quando extraído *in natura* por meio de prensagem, é composto de 10% de um difenol conhecido como cardol e 90% de ácido anacárdico. Na extração por aquecimento, ou quando obtido por prensagem e aquecido posteriormente, o ácido anacárdico perde o radical carboxila (COOH) e transforma-se em um fenol monoidrídico, o cardanol (Soares, 1986). Em geral, a percentagem do LCC nas castanhas varia de região para região (Maia, 1971).

#### 2.1.4.2 Tegumento

O tegumento das sementes de *Anacardium occidentale* L. possui apreciável quantidade de esteróides e é rico em substâncias tânicas e lipídicas (Pereira Junior e Pereira, 1963; Wait e Jamieson, 1986). Em estudos espectrofotométricos associados a análise cromatográfica em coluna de  $Al_2O_3$  revelou pequenas percentagens de ácido anacárdico, embora esta substância não seja um de seus componentes normais, mas sim, resultado da contaminação pelo LCC existente

no pericarpo (Pereira Junior e Pereira, 1963). Na composição do tegumento os autores também encontraram, entre outros, 10,46% de umidade; 9,84% de celulose; 9,20% de proteína; 20,52% de taninos e 1,57% de cinzas. Nos estudos de Trevas Filho (1971), os valores médios foram de 9,5% de umidade, 10,7% de proteínas, 3,3% de estrato etéreo e 1,1% de cinzas.

#### 2.1.4.3 Embrião

A análise da amêndoa da castanha de caju *in natura*, realizada no Núcleo de Fontes de Alimentos não Convencionais da Universidade Estadual do Ceará foi constatada a ocorrência de 10,70% de umidade, 18,55% de proteína, 46,70% de gorduras, 1,28% de fibras, 1,98% de cinzas e 20,82% de extratos não nitrogenados (Soares, 1986).

Preocupados com o potencial de exportação das amêndoas da castanha de caju, pesquisadores da Índia caracterizaram quimicamente dezesseis variedades das mais produtivas da região. Para tanto, utilizaram diferentes sistemas de cromatografia para separar individualmente os aminoácidos, os açúcares, os ácidos orgânicos e fenólicos. Com respeito às proteínas, os amidos e aminoácidos, não houve diferença significativa entre as variedades. O conteúdo dos açúcares redutores, para todas as variedades, apresentou valores desprezíveis quando comparado com o dos açúcares totais, os quais variaram de 9,34 a 19,24%. O conteúdo fenólico variou de 28,26 a 59,37%. E entre os vários constituintes minerais analisados, somente o sódio não mostrou variação significativa entre as variedades. Os demais elementos analisados, K, P, Ca Mg e Fe tiveram comportamentos variados (Nagaraja e Krishnan, 1986).

Na avaliação das características químicas e físicas da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) proveniente dos municípios de Cascavel, Caucaia, Pacajus, Paracuru e

Umburetama, constatou-se que houve diferenças na composição química, dadas as diversas regiões. Com referência aos minerais, o cálcio mostrou uma variação mais pronunciada (Maia, 1971).

Estudos realizados na Índia sobre o valor nutritivo da amêndoa do *Anacardium occidentale* L. apresentaram a seguinte composição: 21,0% de proteínas, 22,0% de carboidratos, 47,0% de ácidos graxos e 5,9% de umidade, 0,45% de P, 0,05% Ca, 5,0 mg de Fe/100g, 322 I.U. de vitamina A, 111 I.U. de vitamina B<sub>1</sub> e 46mg de vitamina E/100g. Foi demonstrado que 82,0% das gorduras eram compostas de ácidos graxos insaturados, predominando o ácido oleico com 59,60 e o ácido linoleico com 19,62% (Índia, 1989). Maia e Stull (1977) concluíram que 97% dos ácidos graxos da amêndoa são compostos pelos ácidos oléico, linoléico, palmítico e esteárico.

Através de exame cromatográfico, em fase gasosa, dos ésteres metílicos obtidos pela hidrogenação catalítica em presença do paládio, foi possível detectar, no óleo da amêndoa da castanha de caju, a seguinte composição dos ácidos graxos : ácido palmítico 14%, ácido palmítoleico 2%, ácido esteárico 9%, ácido oleico 59%, ácido linoleico 15% e ácido araquídico 1%. Os resultados não revelaram a presença dos ácidos mirístico e linolênico que alguns pesquisadores afirmaram existir (Pereira Junior e Pereira, 1963).

Andrade (1984), estudando a composição da amêndoa em estado natural, encontrou 11,62% de glicídios totais, 21,25% de proteína e 21,29% de amido, mas, quando a amêndoa sofria o processo de tostamento em óleo de coco de babaçu, os percentuais de glicídios, proteína e amido se alteravam para 11,26%, 21,56% e 21,70% respectivamente.

### 2.1.5 Colheita, Umidade e Armazenamento

A colheita geralmente se inicia com 60 a 90 dias após a floração. Tradicionalmente é feita através de coletas das castanhas maduras caídas no solo. A periodicidade da coleta é condicionada às conveniências do produtor, mas quando se deseja aproveitar o pedúnculo para o consumo humano, a colheita é feita diretamente na planta (Barros et al., 1993). Outro método de colheita, é através da varredura, quando então, se coleta tudo de uma só vez no final da safra (Wait e Jamieson, 1986).

As castanhas, ao se desprenderem da árvore, ainda contêm alto teor de umidade. Entretanto, este teor depende das condições climáticas, da umidade do solo onde elas caem, da densidade da população das invasoras e do tempo que vai da queda ao recolhimento dos frutos (Ohler, 1979).

Elevados teores de umidade da castanha de caju podem causar deterioração devido à ação de enzimas endógenas ou ao crescimento de fungos e de bactérias, provocando perda da qualidade das castanhas (Ohler, 1979). Em geral, o alto teor de umidade da castanha compromete o armazenamento, podendo gerar conseqüências danosas durante a germinação e o estabelecimento da plântula do cajueiro (Peixoto, 1960). Como solução, utiliza-se a secagem das castanhas ao sol, por um período de 2 a 3 dias (Almeida, 1988 e Barros et al., 1993), em camadas de 10cm, esparramadas no chão batido, ou sobre lonas ou terraços cimentados (Russel, 1969). Esta prática ainda hoje é usada sem nenhuma diferenciação: se para plantio ou para comercialização.

Na determinação do teor de umidade, os métodos prescritos estabelecem que a umidade seja expelida em forma de vapor pela aplicação de calor sob condições controladas, ao



mesmo tempo que seja reduzida a oxidação, a decomposição ou perda de outras substâncias voláteis enquanto dura a operação (Brasil, 1992). Em ensaios comparativos entre métodos de determinação de umidade com castanhas de caju, os teores obtidos pelo método padrão da estufa foram maiores do que os teores determinados pela destilação em correntes de vapor de toluol (Esteves, 1961) e a diferença foi atribuída as perdas de substâncias voláteis durante a secagem na estufa e, por esta razão, apontam o método de destilação como mais rigoroso (Esteves, 1961 e Pereira Junior et al., 1963). Admite-se que na determinação de umidade, tanto o processo por aquecimento em estufa, quanto por destilação com substâncias não miscíveis com água, não é de se aconselhar, pois pelo método da estufa o valor da umidade determinada é mais elevado do que por qualquer outro método, e pela destilação se requer maiores quantidades de materiais, mais tempo e trabalho para triturar o pericarpo duro das sementes (Pereira Junior e Pereira, 1963). Este autor aconselha, contudo, a utilização do método de secagem em estufa com a temperatura pouca elevada e a pressão reduzida.

A recomendação para o armazenamento das castanhas aponta locais cobertos, secos e ventilados como os ideais (Barros et al., 1993). Para armazenar por período mais longo é aconselhável que sejam acondicionadas em sacos de pano ou de papel (Almeida, 1988 e Barros et al., 1993). Entretanto, não se tem informações precisas sobre a umidade das castanhas antes, durante e após o armazenamento, nem sobre o armazenamento a baixas temperaturas e a baixas umidades relativas do ar, condições estas recomendadas para a maioria das espécies. Como regra prática considera-se o teor de 12% por ser um provável ponto de equilíbrio hídrico das sementes (Esteves, 1961).

## 2.2 Germinação

Do ponto de vista do tecnologista de semente germinação é o processo que se inicia com a absorção de água e termina com o estabelecimento da plântula (Copeland, 1976). Já os botânicos (fitofisiologistas) consideram germinação como o processo que se inicia com a absorção de água e termina quando parte do embrião, em geral, a radícula, emerge da semente. As etapas que se seguem até o estabelecimento da plântula são definidas como as de crescimento do eixo embrionário, que se completa com o estabelecimento da plântula (Bewley e Black, 1978).

Em castanhas contendo sementes viáveis, a germinação se processa normalmente desde que elas estejam em ambiente úmido e com temperaturas de 15 a 45°C (Rocchetti e Panerai, 1968), não apresentando, portanto, período de dormência (Rocchetti e Panerai, 1968; Ascenso e Milheiro, 1971 e Almeida, 1988). A parte do embrião que primeiro emerge do fruto é a radícula, que se dirige para baixo, e serve de suporte à plântula. Em seguida, o hipocótilo cresce e curva-se libertando os cotilédones. Simultaneamente, o epicótilo cresce, curva-se e força a abertura dos cotilédones, libertando a gêmula (Ascenso e Milheiro, 1971). Dependendo das práticas culturais adotadas, a emergência acima do solo se dá com 12 a 25 dias.

Durante o processo germinativo, a absorção de água é de fundamental importância tendo em vista que ela acelera as atividades metabólicas, as quais provocam a retomada do crescimento do eixo embrionário. A proporção e a quantidade de água absorvida variam em função da temperatura de embebição, da natureza da capa protetora, da composição química e do tamanho e peso da semente, (Ching, 1973 e Esteves, 1961). A embebição se inicia devido à diferença de potencial hídrico existente entre a semente, que, quando madura e seca, é baixo, e o substrato úmido, de valores mais elevados, ou seja, menos negativos (Bewley e Black, 1978).



Varia com a espécie de semente, existindo as que absorvem água por toda a superfície e as que praticamente só absorvem por determinados ponto da superfície (Simon, 1984).

Com base na velocidade de absorção a semente em germinação passa por três etapas denominadas de **fases I, II e III** (Bewley e Black, 1978). A **fase I** é uma consequência das forças matriciais da semente e ocorre tanto em sementes viáveis como em dormentes ou mortas (Bewley e Black, 1978). A absorção é rápida e caracteriza-se pela hidratação de organelas (mitocôndrias, ribossomos, núcleos, membranas, etc.) e macromoléculas (enzimas, tRNA, mRNA, etc.) e por um acentuado aumento respiratório, (Ching, 1972; Bewley e Black, 1978). A **fase II** caracteriza-se, principalmente, por uma estabilização na atividade respiratória e corresponde a um período de equilíbrio dinâmico na absorção de água (Bewley e Black, 1978), que pode permanecer assim por algumas horas ou até mesmo dias. O reinício da absorção de água, de modo significativo, ocorre após a emergência da radícula (Ching, 1973), que, corresponde ao começo da **fase III** (Ching, 1973; Carvalho e Nakagawa, 1983). Nesta fase, a absorção é exponencial e está associada a um decréscimo do potencial hídrico da semente, resultante do aumento de solutos osmoticamente ativos no embrião. Não ocorre em sementes dormentes ou mortas (Bewley e Black, 1978 e Simon, 1984).

### **2.2.1 Fatores que Afetam a Germinação**

#### **- Substrato**

Para uma boa avaliação da germinação o substrato deve interferir o mínimo possível nos fatores que afetam a germinação da espécie. Em laboratório, os substratos mais

utilizados são o papel de filtro, o papel toalha ou o papel mata-borrão; entretanto, outros materiais, tais como areia, a turfa e a vermiculita também se prestam (Justice, 1972 e Brasil, 1992) e seus requisitos básicos são: a não toxicidade para as sementes em germinação, estar livre de associações com patógenos, adequada aeração e boa capacidade de retenção de umidade (Justice, 1972).

Em sementeiras os solos minerais são bons substratos devido à alta capacidade de infiltração, adequada aeração e por permitir um contato mais estreito entre as partículas do solo e a semente. Substratos vegetais não decompostos (palhas de arroz, raspa de madeira etc.) são menos eficientes que os solos minerais por aquecerem mais vagarosamente, dificultarem a penetração das raízes e devido a um melhor contato da semente com os minerais do solo. Substratos vegetais decompostos também podem formar excelentes sementeiras para as sementes florestais, provavelmente por sua capacidade de retenção da umidade (Kozlowski e Gun, 1972).

Embora as **Regras Para Análise de Sementes** (Brasil, 1992) não façam nenhuma referência ao tipo de substrato que se deva utilizar na germinação das espécies do gênero *Anacardium*, elas recomendam que, na escolha de substratos, deve-se levar em consideração o tamanho da semente, sua exigência ou não por luz e, ainda, a facilidade que o mesmo ofereça para a realização das contagens e para as avaliações das plântulas. Identifica, também, o “rolo de pano” como o preferencial para sementes grandes. Para Taumy e Korstin, citados por Ramos e Bianchete (1984), os substratos mais utilizados para sementes de árvores e arbustos são as areias, a turfa e a terra vegetal. Embora alguns pesquisadores prefiram utilizar a areia como substrato na germinação das castanhas de cajueiro (Rocchetti e Panerai, 1970 e Sampaio, 1974), ensaios conduzidos na Indonésia, visando a testar diferentes materiais, mostrou que o melhor ambiente para a germinação e crescimento das plântulas do cajueiro foi o esterco puro, seguido por uma

mistura de uma parte de esterco com uma parte de solo (Soenardi, 1980). Tradicionalmente, a semeadura no campo é feita em covas cheias com estrumes, compostos químicos e camadas superficiais do solo (Peixoto, 1960 e Johnson, 1974).

### **- Densidade**

A densidade da castanha é um parâmetro que pode ser tomado como um critério prático para se assegurar um bom vigor (Menon, Ravidran e Nair, 1979). O mesmo autor, analisando várias amostras de castanhas de caju com diferentes densidades, cultivadas em sacos de polietileno, concluiu que castanhas de grupos de maior densidade tiveram significativamente maior taxa de germinação, melhor crescimento da parte aérea e maior peso seco total.

Northwood (1967) demonstrou que as castanhas com maior densidade originavam mudas mais vigorosas, com rápido crescimento e que florescia e produziam abundantemente nos três primeiros anos consecutivos da produção, sendo que, no quarto ano, esta diferença em relação às castanhas menos densas era insignificante. Analogamente, com classes de castanhas cuja densidade era superior à unidade, a velocidade de emergência, a percentagem de germinação e o vigor sempre foram melhores (Turner, 1956; Ascenso e Milheiro, 1971; Feitosa e Feitosa, snt; Sampaio, 1974 e Wait e Jamieson, 1986). Entretanto, o critério de seleção das castanhas, somente por densidade, não é único, havendo quem prefira fazê-lo pelo peso. Alguns autores apontam as castanhas de peso médio como as que melhor germinam; outros afirmam não existir tal correlação (Almeida, 1988). Araújo Filho et al. (1978), adotando este critério, demonstraram que as castanhas pesadas originavam plântulas inicialmente menos vigorosas do que as castanhas de peso



médio, mas que esta diferença tendeu a desaparecer com o tempo, e ao fim de 60 dias não mais existia.

### **- Posição e Profundidade de Semeadura**

As primeiras informações de caráter científico sobre posição e profundidade de semeadura indicavam que as castanhas deveriam ser plantadas entre 5 e 8cm de profundidade (Rao, Dasaradhi e Rao, 1962). Recomendações da mesma profundidade, mas com o hilo voltado para cima e com a castanha inclinada em 45° foram feitas por Rao, Dasaradhi e Rao (1962), Aiyadurai, Lefebvre, citados por Johnson (1974). A dificuldade de se interpretar esta afirmação é que a castanha (fruto) não possui hilo. Já outros observaram que a semeadura da castanha de caju com a base (ponto de inserção do pedúnculo) para cima, sem inclinação, apresentava maior percentagem e velocidade de emergência do que qualquer outra posição e que a germinação variava na razão inversa da profundidade (Ascenso e Milheiro, 1971). Os mesmos autores recomendam que, na semeadura em viveiro, as castanhas devem ser colocadas superficialmente, entre 2 a 6 cm abaixo do nível do terreno.

Em condições de campo, semeadura na profundidade de 9cm não diferiu, em percentagem de germinação, das feitas a 3 e a 6cm, apenas levaram mais dias para completar toda a germinação. Nestas condições, as plântulas tiveram maior proteção contra a ação dos pássaros e roedores, pois não elevaram os cotiledones acima do solo (Nagabhushanam, 1981).

### **- Temperatura**

A temperatura ótima de germinação da castanha de caju é elevada. Trabalhando-se com temperaturas variando de 10°C até 40°C verificou-se que a melhor percentagem de germinação ocorreu a 35°C (Rocchetti e Panerai, 1968). Amostras procedentes de Kenya, Moçambique e Dahomey e analisadas em substrato de areia úmida mostraram que a temperatura de 35°C foi a ideal para a germinação, mesmo quando as sementes foram colocadas sobre a areia em vez de enterradas (Rocchetti e Panerai, 1970).

### **- Resistência dos Envoltórios da Castanha**

O pericarpo de alguns frutos ou o tegumento de certas sementes pode atuar como barreira ao desenvolvimento normal da germinação, impedindo ou dificultando a penetração da água e as trocas gasosas, ou atuando como obstáculo físico ao crescimento do embrião (Mayer, 1974; Thapliyal e Nautiyal, 1989).

A literatura consultada não menciona os efeitos deletérios da presença do pericarpo da castanha na germinação. Sabe-se, todavia, que por vezes prende os cotilédones, forçando-os a desligar-se total ou parcialmente do caule, (Ascenso e Milheiro, 1971). Entretanto, em beterraba (*Beta vulgaris*) a semente verdadeira, sem o pericarpo, germina mais rapidamente do que o fruto (aquênio) (Richard et al., 1989).

Em *Fraxinus micrantha* a remoção do pericarpo não só permitiu uma antecipação do início da germinação como também aumentou em três vezes a percentagem de sementes germinadas, quando comparadas com as sementes intactas. A emergência das radículas se deu em 48



horas em sementes nuas contra 96 horas nas que continham o pericarpo e a velocidade de germinação também foi fortemente favorecida nas sementes sem pericarpo. Todavia, a causa provável desta distorção foi apontada como sendo a existência de inibidores da germinação, fato evidenciado quando as sementes nuas foram tratadas com água extraída do pericarpo (Thapliyal e Nautiyal, 1989).

Em manga (*Mangifera indica* L.), que também pertence à família *Anacardiaceae*, recomenda-se que, antes da sementeira, se faça uma descorticagem da drupa (retirada do endocarpo) a fim de liberar o embrião (amêndoa) para o plantio. Este procedimento acarreta uma maior velocidade na germinação e produz plântulas mais uniformes (Medina, 1981).

### **2.3 Metabolismo das Reservas**

No período inicial da germinação, todos os nutrientes, inclusive o carbono, necessário ao crescimento e desenvolvimento do eixo embrionário, são derivados dos compostos armazenados nos tecidos de reservas da semente (Dalling e Bhalla, 1984). Inicialmente ocorre um decréscimo no peso seco das sementes, que torna a aumentar com o início da diferenciação da radícula (Simon, 1984 e Murray, 1984). Em semente de ervilha, somente após 24 horas, a 22°C, é que o peso seco começa a aumentar (Murray, 1984). Em geral, ocorre uma transferência do peso seco dos cotilédones para o eixo da plântula, onde compostos nitrogenados se acumulam (Ching, 1972). O peso fresco, inicialmente, aumenta nos cotilédones e no eixo embrionário, mas a partir de determinado ponto, o peso fresco do eixo continua a crescer e, nos cotilédones declinam (Ching, 1972).



Toda semente contém proteínas de reserva para suprir o nitrogênio requerido pela plântula antes que ela seja capaz de absorvê-lo pelas raízes. Estão armazenadas em organelas subcelulares chamadas de corpos protéicos, que nas dicotiledôneas ficam localizados nos cotilédones (Ashton, 1976). As proteínas armazenadas geralmente são classificadas em albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas, as quais são solúveis em água, sais, 70 a 80% de etanol e soluções ácidas ou alcalinas, respectivamente (Ashton, 1976; Copeland, 1976 e Higgins, 1984), sendo que as proteínas de reserva das dicotiledôneas são, principalmente, as globulinas (Higgins, 1984). Em geral, na plântula, ocorre um decréscimo lento do nitrogênio total, acompanhado por uma diminuição nos cotilédones e um aumento no eixo embrionário (Ching, 1972).

O crescimento da plântula e a mobilização dos lipídios parecem ser processos sincronizados, sugerindo que o eixo embrionário influencia diretamente na mobilização dessas reservas, quer pelo relacionamento fonte-dreno, quer como produtor de estímulos hormonais. Na jojoba, a mobilização ocorre nos primeiros 30 dias de germinação, quando, nos cotilédones, decresce de 0,3g de lipídios para aproximadamente 0,15g (Trelease e Doman, 1984).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Trabalhou-se com castanhas de cajueiro-anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.) da safra 1992, procedentes do jardim clonal CCP-76, do Campo Experimental da EMBRAPA - Pacajus-CE. As análises de umidade das sementes foram conduzidas em laboratório, utilizando-se uma estufa de aquecimento elétrico por convecção, Soc. Faber Ltda., Modelo 119, e uma balança Mettler modelo PN 1210. Em todas as determinações de umidade, a partir do item 3.2, foi utilizado o método de temperatura constante a 105°C, por 96h de calor e, para efeito de análise estatística, os dados em percentagens foram transformados em  $\text{arc sen}(\sqrt{x/100})$  e em  $\sqrt{x}$  quando os valores superaram a 90%.

Como o teor de umidade e a qualidade variam em função do peso da castanha (Esteves, 1961), para uma maior uniformidade da amostra, determinou-se, preliminarmente, a curva de distribuição de frequência (Figura 1) dos pesos unitários de 963 frutos (8 kg de castanhas). e em decorrência desta distribuição, todas as castanhas usadas no presente trabalho possuíam peso na faixa de 8,50g a 9,45g.

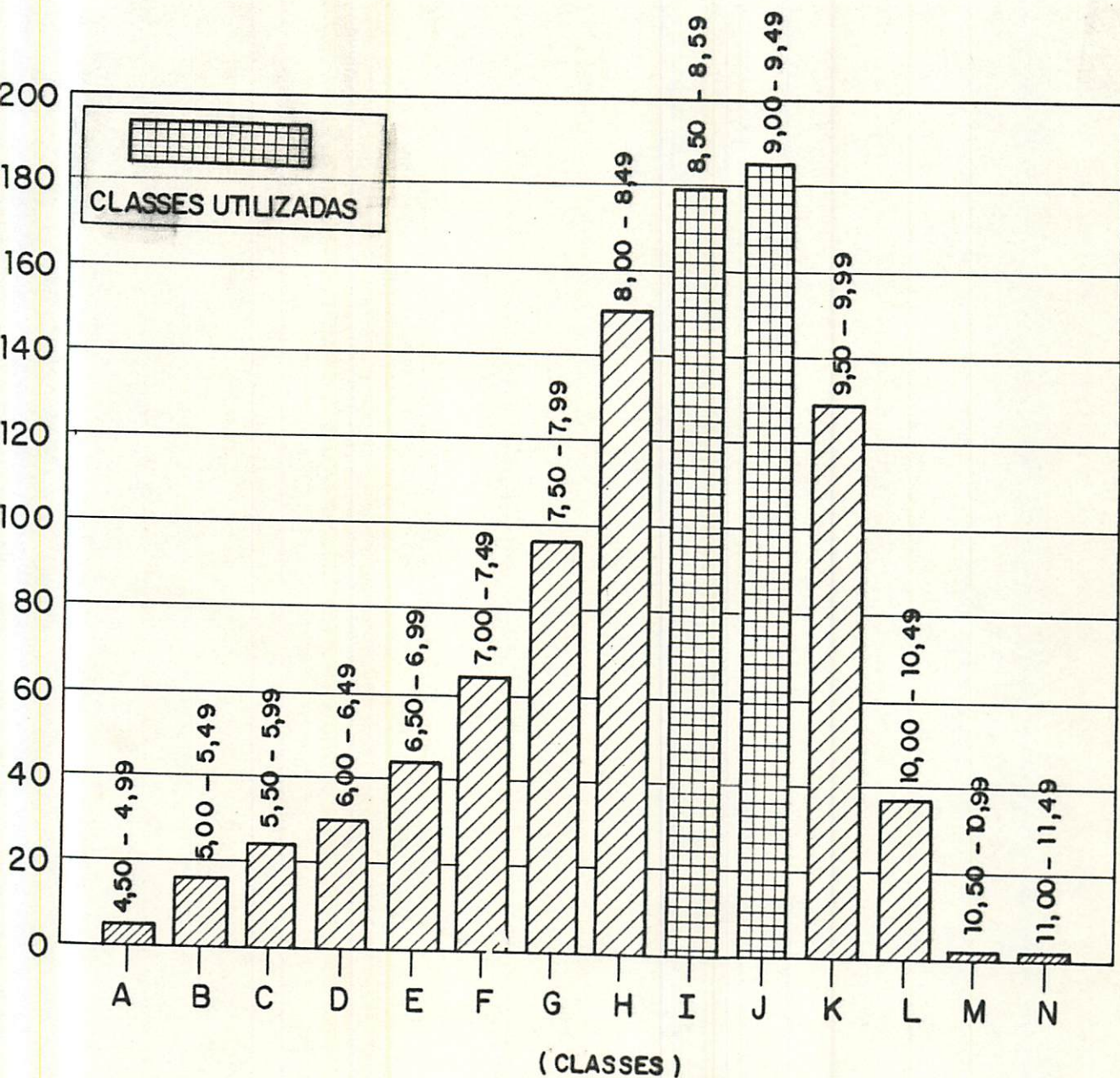


FIGURA 1. Representação da distribuição de frequência da amostragem de 963 castanhas (8kg) de caju, seca à sobra, do clone CCP-76, safra 1992. As classes escolhidas representaram cerca de 35% do total colhido



### ***3.1 Determinação da Umidade da Castanha***

Castanhas inteiras (CI) e castanhas cortadas (CC), secas á sombra, foram submetidas à temperatura constante de 105°C (Brasil, 1992) por diferentes períodos de tempo. Cada castanha do tratamento CC foi cortada transversalmente em quatro pedaços mais ou menos uniformes. Posteriormente, cada um dos pedaços foi subdividido em dois, no sentido da separação dos cotilédones.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em arranjo fatorial 2 (tipo de castanha) X 11 (tempo de secagem), com três repetições. Os blocos foram formados pelas prateleiras da estufa e cada parcela no bloco foi constituída por seis castanhas, as quais, após retiradas da amostra de trabalho, foram repassadas para placas de Petri com 10.0cm de diâmetro (tara), sendo então determinado o peso inicial da amostra. As determinações de peso seco foram feitas em 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108,120, 132 e 144 horas, após a colocação das castanhas na estufa. A percentagem de umidade das castanhas foi calculada de acordo com as Regras para Análise de Sementes com base no peso úmido (Brasil, 1992).

### ***3.2 Colheita e Secagem da Castanha para Armazenamento***

Visando a padronizar o sistema de colheita, secagem e armazenamento das castanhas, a fim de que as análises futuras ocorressem em condições homogêneas, foram estabelecidos os seguintes tratamentos:

1 - Castanhas recém-colhidas - coletadas das árvores, juntamente com o pedúnculo (pseudofruto) e descastanhadas pelo método “da linha” (Barros et al., 1993) diretamente para



dentro de latas de estanho, que, após fechadas foram levadas ao laboratório para as determinações de umidade.

2 - Castanhas secas à sombra - colhidas pelo método tradicional, ou seja, apanhadas do solo, sob as copas das árvores. Com a finalidade de garantir que a colheita representasse o total de um único dia de queda dos frutos, procedeu-se, na tarde anterior, a uma colheita de limpeza, e descartou-se o produto. Após colheita, as castanhas foram postas a secar sobre telas de arame, à sombra, por um período de dez dias. Diariamente, no final da tarde, eram recolhidas para o laboratório, a fim de evitar exposição à alta umidade noturna, tendo-se o cuidado de devolvê-las ao ambiente de secagem na manhã seguinte. Ao final do décimo dia foram acondicionadas em latas, devidamente fechadas, as quais foram transportadas para o laboratório, onde foram feitas as determinações de umidade.

3 - Castanhas secas ao sol - colhidas pelo método descrito no item anterior e secas ao sol por três dias. Em seguida, foram acondicionadas em latas, devidamente fechadas e levadas ao laboratório para as determinações de umidade.

As latas contendo as amostras foram armazenadas em câmara fria, a 20°C, e retiradas somente para as avaliações previstas no trabalho. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com seis repetições. Cada parcela foi constituída de seis castanhas retiradas casualmente.

### ***3.3 Curva de Embebição da Castanha***

Para determinar a curva de embebição, amostras de castanhas secas à sombra, passaram por uma cuidadosa seleção, no intuito de eliminar todas as que tivessem danificações por

rachaduras, lesões ou necroses, e de uniformizar a embebição em todas as suas fases. A quantidade de água absorvida pelas castanhas foi expressa em percentagem de umidade, com base no peso seco da castanha avaliado após 96 horas a 105°C.

O tempo de embebição foi representado pelo período em que as castanhas permaneceram no substrato de germinação e variou de zero a 240 horas. As castanhas foram postas para germinar individualmente, em recipientes de plástico com dimensões de 8 cm de diâmetro por 8 cm de altura, e, como substrato usou-se vermiculita umedecida com água na proporção de 2 para 1 (v/v). Para manter esta proporção constante, foram pesados, inicialmente, os componentes (recipiente, substrato, semente e água), e, a cada 12 horas, após pesagens, foi reposta a água perdida por evaporação. Após a semeadura, os recipientes de plástico foram mantidos em um germinador FANEM, modelo 374 CDG, programado para 30°C e fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas de escuro.

Cada amostra foi composta por duas repetições e cada repetição formada pelo conjunto de quatro castanhas. No tempo final do processo, as castanhas foram retiradas do substrato e submersas, rapidamente, em água para a limpeza das impurezas impregnadas, e, em seguida, foram enxutas com papel-toalha. Para complementar a limpeza, retirando os remanescentes da vermiculita, que ficavam presos, principalmente, na zona do hilo e do funículo, utilizou-se um compressor PRIMAR, modelo 141. Imediatamente após a operacionalização de cada amostra, as quatro castanhas eram pesadas novamente e postas em estufa a 105°C, por 96 horas, para se determinar o peso seco e, posteriormente, se calcular o teor de umidade das castanhas.

### **3.4 Germinação e Desenvolvimento da Plântula**

#### **3.4.1 Caracterização morfológica**

Para estas avaliações foram usadas castanhas secas à sombra por dez dias e armazenadas a, aproximadamente, a 20°C, em latas de estanho, hermeticamente fechadas, contendo sílica-gel.

O processo germinativo e de estabelecimento da plântula ocorreu em bandejas de plástico de 30cm de comprimento x 22cm de largura x 10cm de profundidade. As bandejas foram cheias até as bordas com vermiculita e umedecidas com água (na proporção de 2:1 v/v), e a sementeira foi feita após perfurações do substrato de germinação com um marcador de covas (tabuleiro de madeira contendo 25 furadores de 4cm de comprimento e 2cm de diâmetro, espaçados de 6,8cm nas entrelinhas e de 4cm dentro da linha), conforme ilustrado nas Figuras 2 e 3. As sementes foram semeadas na posição vertical, com o ponto de inserção castanha/pedúnculo voltado para cima (Ascenso e Milheiro, 1971). A linha central de cada bandeja foi usada como bordadura e as quatro linhas restantes, duas de cada lado, formaram as duas parcelas de cada bandeja. Após a sementeira, as bandejas contendo as sementes foram mantidas dentro de uma câmara de germinação Fanem, modelo 347 CDG, programada para temperatura constante de 30°C e fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas de escuro. Com a finalidade de compensar as perdas por evaporação, as bandejas eram pesadas diariamente para a reposição da água perdida. As castanhas foram semeadas de três em três dias, a partir do dia 19/10/92, de modo que por ocasião da colheita foram obtidas parcelas com 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22 e 25 dias após a sementeira. O material colhido de cada parcela foi devidamente separado, para que fossem feitas as





FIGURA 2. Marcador de covas para sementeira.



FIGURA 3. Bandeja para sementeira com as covas abertas.

caracterizações morfológicas e as coletas de dados para determinação do Índice de Desenvolvimento (**ID**), definido por Prisco (1988) como sendo:

$$\mathbf{ID} = \frac{\sum(E_i \times n_i)}{\sum n_i}, \text{ onde:}$$

$E_i$  = estágios de desenvolvimento;

$n_i$  = número total de castanhas ou plântulas com característica do Estágio  $E_i$ , por parcela.

Em decorrência da seqüência de mudanças morfológicas que ocorrem durante a germinação e estabelecimento da plântula, foram determinados, *a priori*, nove estágios de desenvolvimento, com características próprias e diferenciadas para cada estágio, assim denominados: **Estágio 0 (zero)** - castanhas quiescentes; **Estágio 1** - castanhas intumescidas; **Estágio 2** - castanhas com radículas emergidas; **Estágio 3** - plântulas com o comprimento do eixo hipocótilo-radícula superior ao limite inferior da ponta da castanha, mas ainda sem ter emergido do solo; **Estágio 4** - plântulas iniciando a emersão do solo; **Estágio 5** - plântulas com o epicótilo ainda preso pelos cotilédones; **Estágio 6** - com epicótilo erecto, mas com os quatro folíolos na extremidade apical; **Estágio 7** - plântulas com folhas alternas; e, finalmente, **Estágio 8** - plântulas com início de formação das gemas axilares.

### 3.4.2 Caracterização física e química

As castanhas foram postas para germinar da maneira anteriormente descrita, sendo que cada bandeja foi destinada a um **Estágio** da germinação. Quando as plântulas apresentaram as



características pré-estabelecidas, foram colhidas e separados os cotilédones dos eixos. Acima do terceiro estágio o processo foi também simultaneamente repetido para germinação no escuro, de modo que, no final do oitavo estágio, se tinha cotilédones e eixos representando todos os estágios da germinação, ocorridos tanto na luz como no escuro. Determinaram-se os pesos fresco e seco dos cotilédones e eixos embrionários durante o processo de germinação e estabelecimento da plântula. A matéria seca foi obtida por secagem em estufa a 105°C, por 96 horas.

O restante do material foi colocado em sacos de plástico, lacrados e perfurados com um estilete. Em seguida, foi congelado em nitrogênio líquido e liofilizado. Após a liofilização foi moído, sendo a farinha guardada em recipiente de vidro à temperatura de aproximadamente 0°C (Bastos, 1991).

O desengorduramento da farinha foi feito com 25ml de hexana a partir de 1g do material liofilizado, deixando-se o conjunto em repouso com agitações ocasionais. Após 24 e 48 horas, a hexana foi trocada e o processo repetido até decorridas 72 horas. A farinha desengordurada foi repassada cuidadosamente para cápsulas de vidro, previamente pesadas, a fim de se processar a completa evaporação da hexana. Em seguida, as cápsulas permaneceram mais 24 horas em dessecadores com sílica-gel, quando então foram novamente pesadas, e calculados os percentuais de gorduras extraídas.

Do material desengordurado a frio retiraram-se quatro amostras de 20mg, cada, para as determinações do teor de nitrogênio, segundo Baethgen e Alley (1989), usando-se sulfato de amônio para confecção da curva padrão. Utilizou-se para a determinação da percentagem de nitrogênio (%N) na amostra, a seguinte fórmula:

$$\%N = \frac{A \times f \times V}{v \times P \times 10} \text{ onde;}$$

A = absorvância em 650nm

f = fator da curva padrão

v = volume do mineralizado

P = peso da amostra testada

V = volume da diluição da amostra

A percentagem de proteínas foi calculada pela fórmula: **% Proteína = %N x 6,25.**

Utilizaram-se, também, 200mg de cada amostra do material desengordurado a frio para o desengorduramento a quente, usando-se o aparelho extrator Soxhlet e com procedimentos indicados pelo Instituto Adolfo Lutz (1985).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Determinação da Umidade da Castanha

A metodologia de secagem em estufa (Brasil, 1992), que foi escolhida para a determinação de umidade das castanhas, apresenta problemas quando se trata de sementes de tamanho grande, pois recomenda-se o uso de sementes cortadas ou trituradas para facilitar a secagem, necessária para obtenção do peso seco (Esteves, 1961; Pereira Junior, Borralho e Pereira, 1962b). No caso da castanha de caju (Tabela 1), o valor da umidade não dependeu da forma como as castanhas foram expostas ao calor, ou seja, não houve diferença estatisticamente significativa, quando o peso seco foi determinado em castanhas inteiras ou castanhas cortadas. Entretanto, houve diferença estatisticamente significativa, para tempo de secagem e para a interação tempo *versus* tipo de castanha. Isto sugere que o tempo de exposição ao calor foi responsável pela diferença estatística da interação. Os dados agrupados na Tabela 2 confirmam o exposto, pois, mesmo não havendo diferença estatisticamente significativa entre as umidades das castanhas inteiras e cortadas (Tabelas 1 e 2), a duração mínima necessária para que as castanhas atingissem peso seco constante e, por via de consequência, umidades constantes, foi de 60 horas para castanhas cortadas e de 96 horas para castanhas inteiras (Tabela 2 e Figura 4).

TABELA 1. Análise de variância da determinação da umidade (com base no peso úmido) de castanhas inteiras e cortadas do cajueiro-anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.).

Dados transformados em  $\text{arc sen } \sqrt{x/100}$ .

FONTE VARIAÇÃO	GRAU DE LIBERDADE	QUADRADO MÉDIO	F
REPETIÇÃO	2	7,9454	193,35
CASTANHA	1	0,0259	0,639 <sup>ns</sup>
TEMPO	10	2,2027	53,60 <sup>**</sup>
CAST × TEMPO	10	0,4026	9,80 <sup>**</sup>
RESÍDUO	42	0,0411	
TOTAL	65		

C.V. = 0.97%

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 2. Percentagem de umidade (com base no peso úmido inicial) das castanhas inteiras (CI) e cortadas (CC) do cajueiro-anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.) em função do tempo de secagem.

TEMPO (h)	UMIDADE <sup>1</sup>	
	C.I.	C.C.
24	10,56 g	12,03 d
36	11,74 f	12,35 cd
48	12,23 ef	12,52 bcd
60	12,55 de	12,63 abcd
72	12,79 cde	12,74 abc
84	13,05 bcd	12,88 abc
96	13,29 abc	13,03 ab
108	13,47 ab	13,17 ab
120	13,58 ab	13,21 a
132	13,76 a	13,27 a
144	13,76 a	13,27 a
MÉDIA	12,798 A	12,829 A

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, ou precedidas da mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As taxas de perda de água nas castanhas inteiras e cortadas, foram bastante parecidas (Figuras 4 e 5). Houve uma acentuada perda inicial de umidade, seguida por perdas menores até atingirem a estabilização. A perda mais rápida ocorreu nas primeiras 24 horas, sendo seguida por uma perda de menor intensidade de 24 a 36 horas. A partir deste tempo as perdas

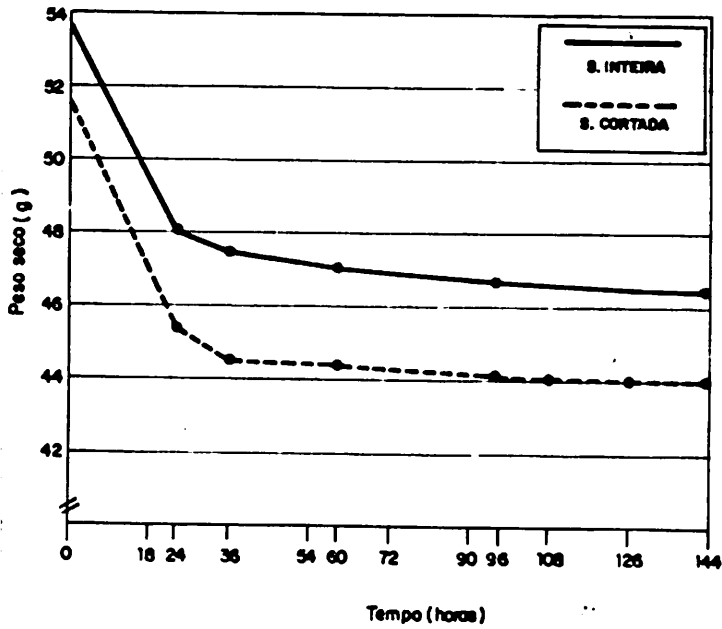


FIGURA 4. Variação do peso seco das castanhas do cajueiro-anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.) ao longo de 144 horas de secagem em estufa.

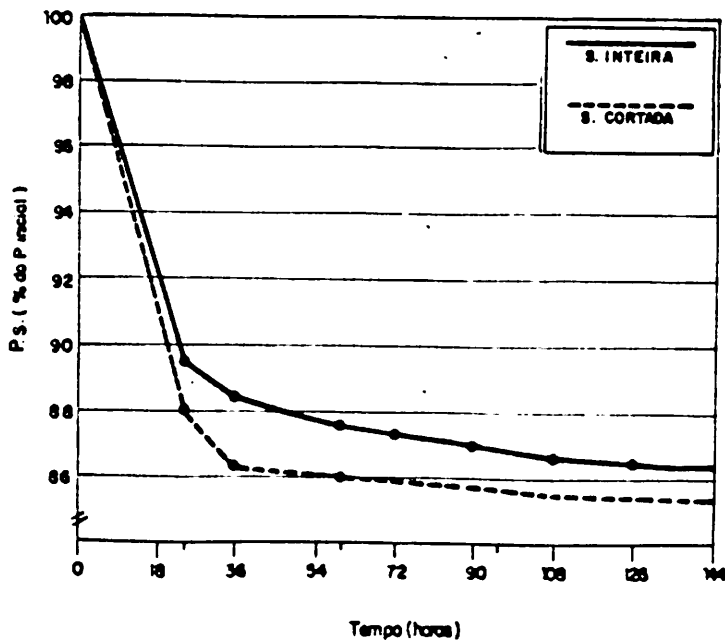


FIGURA 5. Peso seco das castanhas do cajueiro-anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.) em função do peso inicial. Valores calculados a partir dos dados da Figura 4.



foram cada vez menores até o ponto de estabilização dos pesos (Figuras 4 e 5). Apesar das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992) recomendarem a secagem por 24 horas para sementes que não requerem moagem, os resultados obtidos demonstram claramente que, após este tempo de secagem, as castanhas inteiras e cortadas ainda continuam perdendo peso (Figuras 4 e 5). Quando se analisam as perdas de umidade das castanhas, com base no peso úmido inicial (Tabela 2), verifica-se que as castanhas cortadas só estabilizam a perda de umidade, após 60 horas, enquanto que este tempo pode estender-se até 96 horas, no caso das castanhas inteiras. Por esta razão, sugere-se, para cajueiro, 96 horas como tempo de secagem para determinação da umidade de castanhas inteiras e de 60 horas para castanhas cortadas.

#### 4.2 Secagem das Castanhas para Armazenamento

Castanhas recém-colhidas e não submetidas a secagem, colhidas e submetidas a secagem à sombra e colhidas e secas ao sol apresentaram umidades, com base no peso úmido, que diferiram estatisticamente (Tabela 3).

TABELA 3. Análise de variância dos métodos de secagem para armazenamento de castanhas do cajueiro-anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.). Dados transformados por  $\arcsen \sqrt{x/100}$ .

FONTE DE VARIAÇÃO	GRAU DE LIBERDADE	QUADRADO MÉDIO	F
BLOCOS	5	0,5117	1,88
TRATAMENTOS	2	64,0278	235,38 **
RESÍDUO	10	0,2720	
TOTAL	17		

C.V. = 2.24%;

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Quando se compararam as médias (Tabela 4) observou-se que as castanhas não submetidas a secagem tinham um teor de umidade mais elevado do que as demais. Entretanto, a umidade das castanhas secas à sombra (13,05%) ou secas ao sol (13,70%) não diferiram entre si. Verificou-se, também, que a secagem ao sol provocou mudanças na cor das castanhas, que adquiriram a coloração róseo-claro, diferente da observada nas castanhas não submetidas a secagem e daquelas que foram secas à sombra, as quais possuíam cor cinza.

TABELA 4. Percentagem de umidade das castanhas do cajueiro-anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.) em função do método de secagem para armazenamento.

TRATAMENTO	UMIDADE(%) <sup>1</sup>
Castanhas não secas	20,73 a
Castanhas secas ao sol	13,71 b
Castanhas secas à sombra	13,05 b

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

Mesmo sabendo-se que a secagem ao sol é o método mais sugerido, e até mesmo recomendado, para as castanhas destinadas ao armazenamento de comercialização ou de plantio (Peixoto, 1960; Johnson, 1974; Ohler, 1979; Almeda, 1988; Barros et al., 1993), optou-se pela secagem à sombra. Isto deveu-se ao fato de não ter havido diferença, estatisticamente significativa, entre os dois métodos de secagem, bem como ao temor de que as mudanças de coloração, observadas quando as castanhas foram submetidas ao sol, resultassem de alterações químicas que tivessem efeitos deletérios sobre o poder germinativo das sementes.

### ***4.3 Germinação e Estabelecimento da Plântula***

#### **4.3.1 Curva da Embebição**

A curva de embebição da castanha (Figura 6) apresentou o padrão trifásico de absorção de água, descrito por Bewley e Black (1978), e foi semelhante ao encontrado por Prisco, Haddad e Bastos (1992) em semente de algodão, milho e sorgo.

A fase I do processo, que se caracteriza por uma rápida absorção de água, intumescimento do fruto ou semente, é acompanhada da hidratação de organelas e macromoléculas bem como aumento da atividade respiratória (Ching, 1972; Bewley e Black, 1978 e Simon, 1984). No cajueiro, ocorreu durante as primeiras 156 horas de embebição, quando as castanhas já haviam absorvido 77,31% de água e atingido a 47,35% de umidade (Tabela 5). A fase II, denominada de período de preparação para a germinação, caracteriza-se pelo equilíbrio existente entre os potenciais hídricos da semente ou fruto e o do meio externo (Bewley e Black, 1978). Nas castanhas, iniciou-se após 156 horas de embebição e concluiu-se 180 horas, quando a radícula começou a emergir. Nesta ocasião as castanhas já haviam absorvido quase 90% de água e atingido a 50,38% de umidade (Tabela 5). A partir deste ponto, a absorção de água voltou a crescer significativamente, embora com taxas menores ou iguais às da fase I e assemelhando-se ao que foi observado em algodão (Prisco, Haddad e Bastos, 1992), mas diferindo um pouco da curva padrão de Bewley e Black (1978), que apresentou, após a emergência da radícula, aumento exponencial na taxa de absorção de água que é muito mais rápida do que na fase I. Pode-se justificar este efeito de redução na taxa de absorção de água, ocorrido nesta última fase da germinação, levando-se em conta que a castanha é um cariopse, o qual, possui pericarpo por

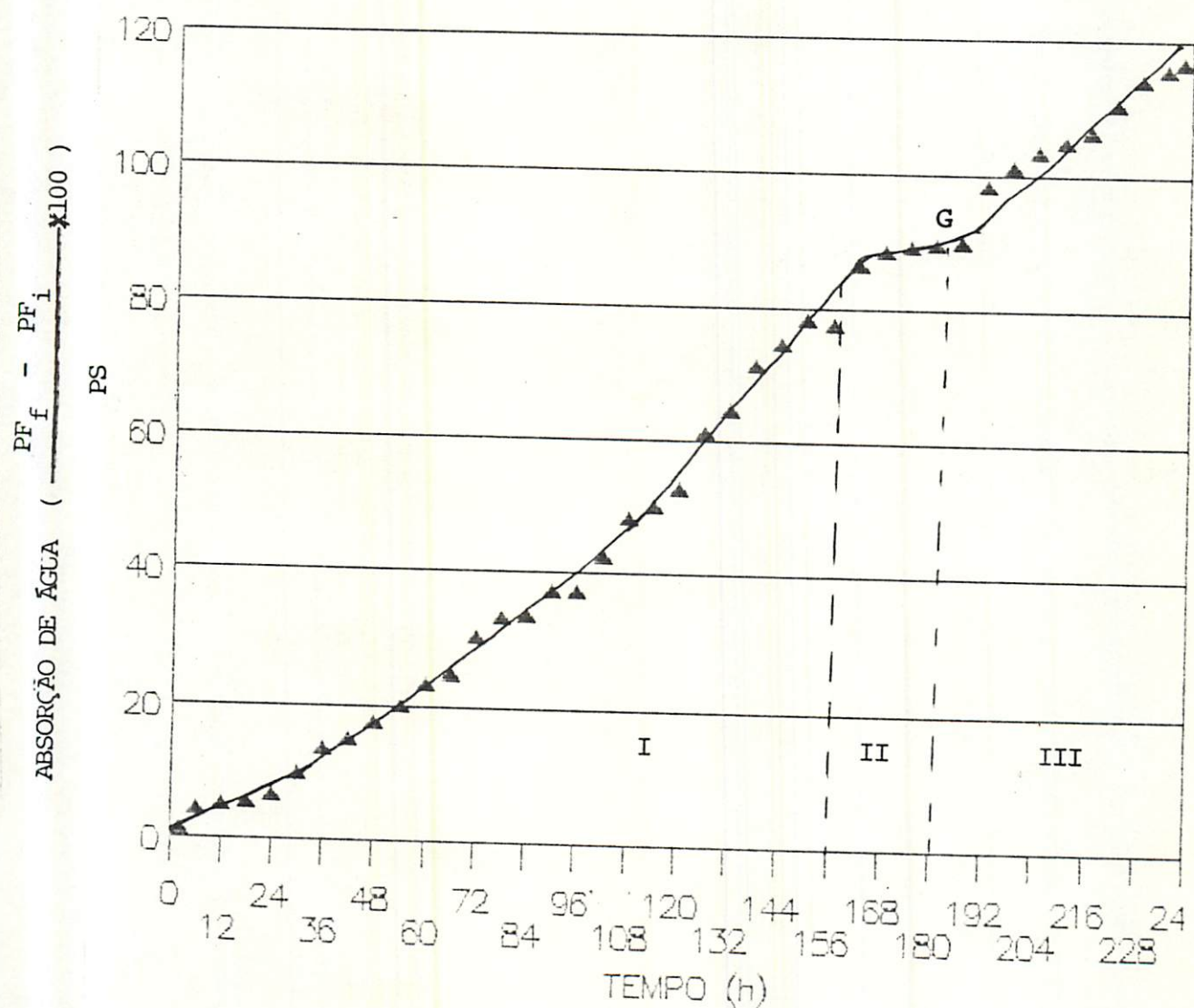


FIGURA 6. Curva de embebição da castanha de cajueiro-anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.) durante as etapas iniciais do processo germinativo e de estabelecimento da plântula.

TABELA 5. Absorção de água pela castanha do cajueiro-anão- precoce (*Anacardium occidentale* L.) durante a germinação e primeiras etapas do crescimento da plântula.

TEMPO(h)	Absorção <sup>(1)</sup> (% do peso seco)
0	0,00 (10,69) a
48	17,85 (22,95) b
96	37,22 (32,97) c
144	74,23 (46,33) d
156	77,31 (47,35) de
162	86,18 (47,68) de
168	88,45 (50,10) def
174	89,09 (49,51) ef
180	89,54 (50,38) ef
192	98,44 (52,46) fg
216	106,31 (54,22) gh
240	116,70 (56,27) h

<sup>(1)</sup> Os valores entre parêntese correspondem à percentagem de umidade das castanhas, expressa com base no peso úmido.

demais poroso, e que, provavelmente no momento da emersão da radícula, já esteja saturado de água e em condição de diminuir, no início da fase III, a grande demanda por parte do embrião.

#### 4.3.2 Caracterização Morfológica dos Estágios de Desenvolvimento

As descrições dos estágios de desenvolvimento das plântulas de cajueiro (Figura 7) basearam-se nas características das castanhas ou plântulas, quando elas se encontravam abaixo da superfície do solo (estágios de 0 a 3), ou nas características morfológicas da parte aérea, quando as plântulas já haviam emergido do solo (estágios de 4 a 8). Enquadraram-se no estágio 0 (zero) as das castanhas em estado quiescente (Figura 8). Como resultado da absorção de água as castanhas atingiram o estágio 1 que se caracterizou pelo intumescimento das mesmas (Figura 9). Em decorrência da embebição de água ocorre ativação do metabolismo do embrião, que redund



na emergência da radícula (Bewley e Black, 1987). As castanhas, cujas radículas emergidas possuíam comprimento que não ultrapassava a extremidade inferior do fruto foram consideradas como pertencentes ao **estágio 2** (Figura 10), enquanto as que ultrapassavam este limite, mas em que a plântula ainda não havia emergido do solo, foram enquadradas no **estágio 3** (Figura 11). Foram consideradas como pertencentes ao **estágio 4** as plântulas cujos cotilédones haviam emergido do solo (Figura 12). Após a emergência dos cotilédones do solo, que pode ocorrer com ou sem o pericarpo, o epicótilo iniciou seu desenvolvimento, mas ainda permaneceu encurvado entre os cotilédones (**estágio 5**, Figura 13). Com a continuação do processo de desenvolvimento da plântula observou-se que o epicótilo, inicialmente, tornou-se erecto, mas com os quatro folíolos inseridos em um mesmo ponto, próximo da gema apical (**estágio 6**, Figura 14). Finalmente, as folhas alternas do epicótilo cresceram, os entre-nós tornaram-se visíveis (**estágio 7**, Figura 15), e, quando as gemas axilares desenvolveram-se (**estágio 8**, Figura 16) as plântulas foram consideradas como estabelecidas.

Ao analisar-se quantitativamente o processo germinativo e de desenvolvimento da plântula (Tabela 6 e Figura 17) verificou-se que, no quarto dia após a semeadura (4<sup>o</sup> DAS), todas as castanhas estavam embebidas (I.D. = 1,0), e no 10<sup>o</sup> DAS, as plântulas tinham I.D. = 2,4, ou seja, já haviam suplantado o **estágio 2** (radículas emergidas). Este valor do I.D. significa que nesta ocasião as plântulas estavam em um estágio intermediário de desenvolvimento, entre o que foi caracterizado como **estágio 2** e **estágio 3**, mais precisamente, com 60% das plântulas no **estágio 2** e 40% no **estágio 3**. Do 10<sup>o</sup> DAS para o 13<sup>o</sup> DAS houve um desenvolvimento mais rápido das plântulas, cujos I.D. aumentaram de 2,4 para 4,3, significando que foi neste período que as plântulas emergiram do solo, pois já estavam (70%) **estágio 4** e 30% o suplantavam. Após todas as plântulas terem emergido do solo, observou-se o maior incremento no I.D., ou seja, passou de

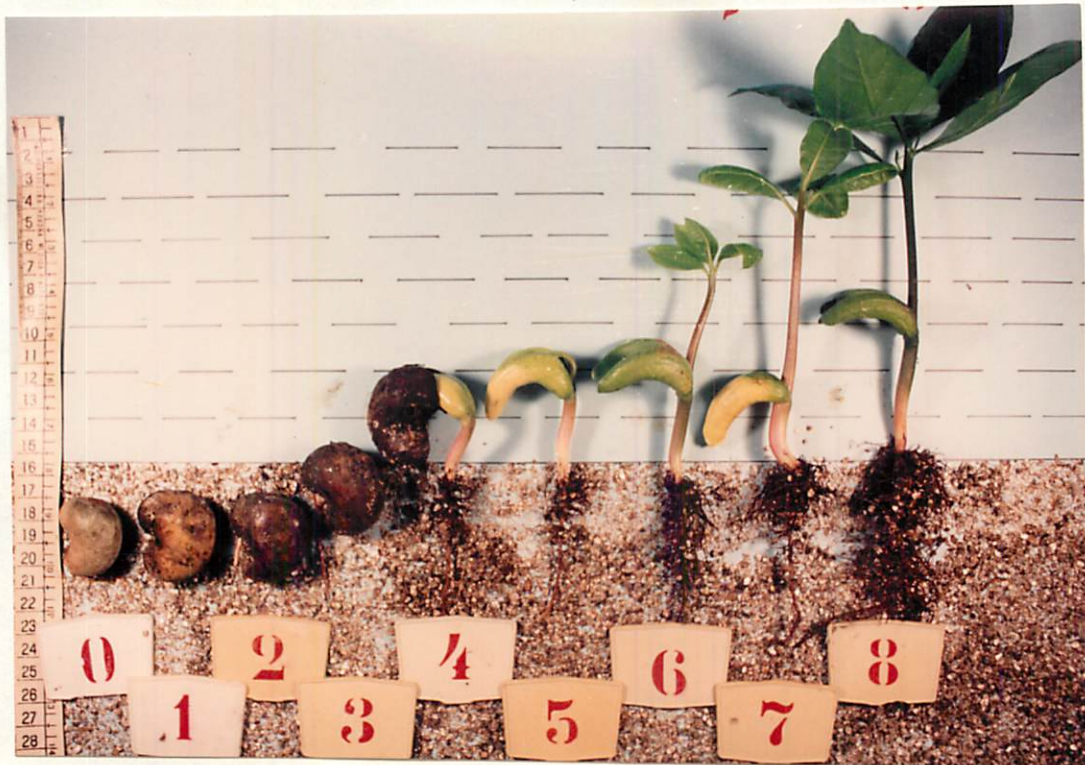


FIGURA 7. Estágios de desenvolvimento da plântula do cajueiro- anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.).



FIGURA 8. Estágio 0 (zero). Castanha no estado quiescente.





FIGURA 9. Estágio 1. Castanha intumescida.



FIGURA 10. Estágio 2. Castanha com radícula emergida.





FIGURA 11. Estágio 3. Radícula ultrapassando o limite inferior da castanha.



FIGURA 12. Estágio 4. Emergência do cotilédone.





FIGURA 13. Estágio 5. Epicótilo embutido nos cotilédones.



FIGURA 14. Estágio 6. Epicótilo ereto.



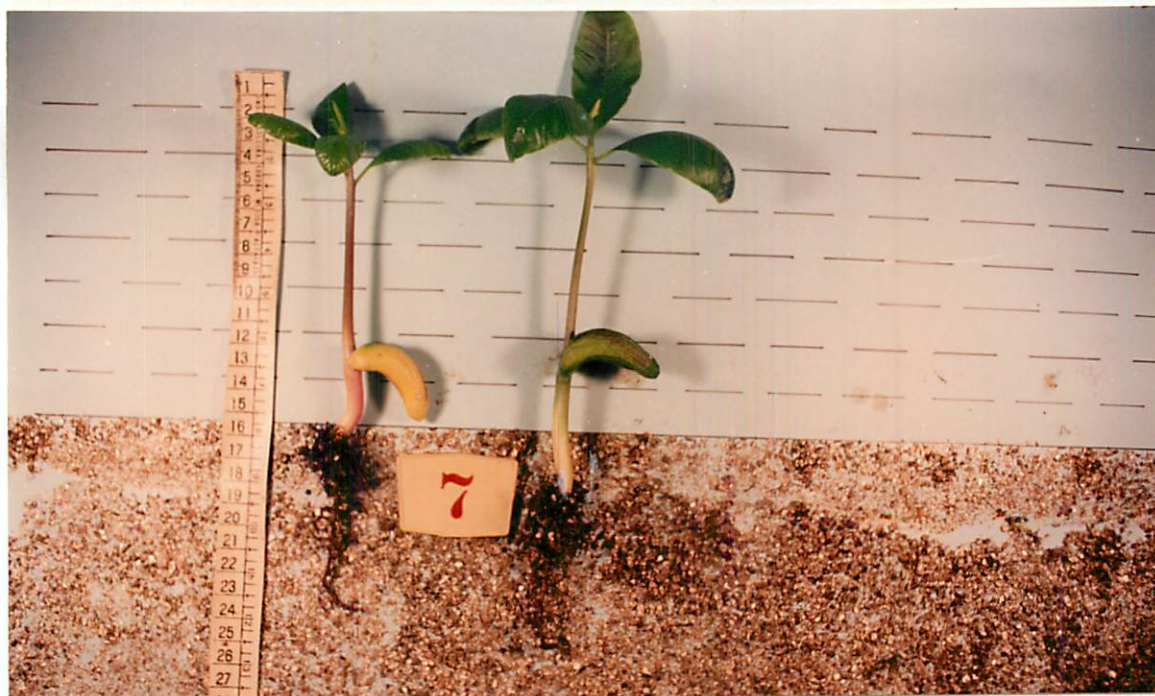


FIGURA 15. Estágio 7. Folhas com disposição alterna.



FIGURA 16. Estágio 8. Gemas axilares visíveis.

TABELA 6. Índices de desenvolvimento (I.D.) e percentagem de castanhas ou plântulas do cajueiro-anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.), por estágios de desenvolvimento (ED).

DIAS APOS SEMEADURA (DAS)	% DE CASTANHAS OU PLÂNTULAS POR ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO									
	I.D. <sup>1</sup>	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0,0	100								
1	1,0		100							
4	1,0		100							
7	1,2		80	20						
10	2,4			60	40					
13	4,3					70	30			
16	6,8							20	80	
19	7,3								70	30
22	7,6								40	60
25	7,8								20	80

<sup>(1)</sup> A fórmula para o cálculo do I.D. encontra-se descrita em Material e Métodos.

4,3 no 13<sup>o</sup> DAS para 6,8 no 16<sup>o</sup> DAS. Convém salientar que, a partir desse ponto, o desenvolvimento foi mais lento, chegando a atingir I.D. de 7,8 (80% das plântulas no estágio 8 e 20% no estágio 7. Estes resultados sugerem, que a amostra de castanhas era uniforme no que se refere a sua qualidade fisiológica, pois houve uma boa sincronia de desenvolvimento ao longo do processo de germinação e de estabelecimento da plântula (Tabela 6).

O processo de germinação e estabelecimento da plântula do cajueiro, quando observado em termos de I.D. em função do tempo, resultou em uma curva sigmóide (Figura 17), típica de qualquer processo de crescimento. Como característica, apresentou um lento desenvolvimento nos primeiros 7 dias, seguido por uma fase de desenvolvimento mais rápido, entre o 7<sup>o</sup> e o 16<sup>o</sup> DAS, para, em seguida, voltar a um ritmo tão lento quanto o inicial.

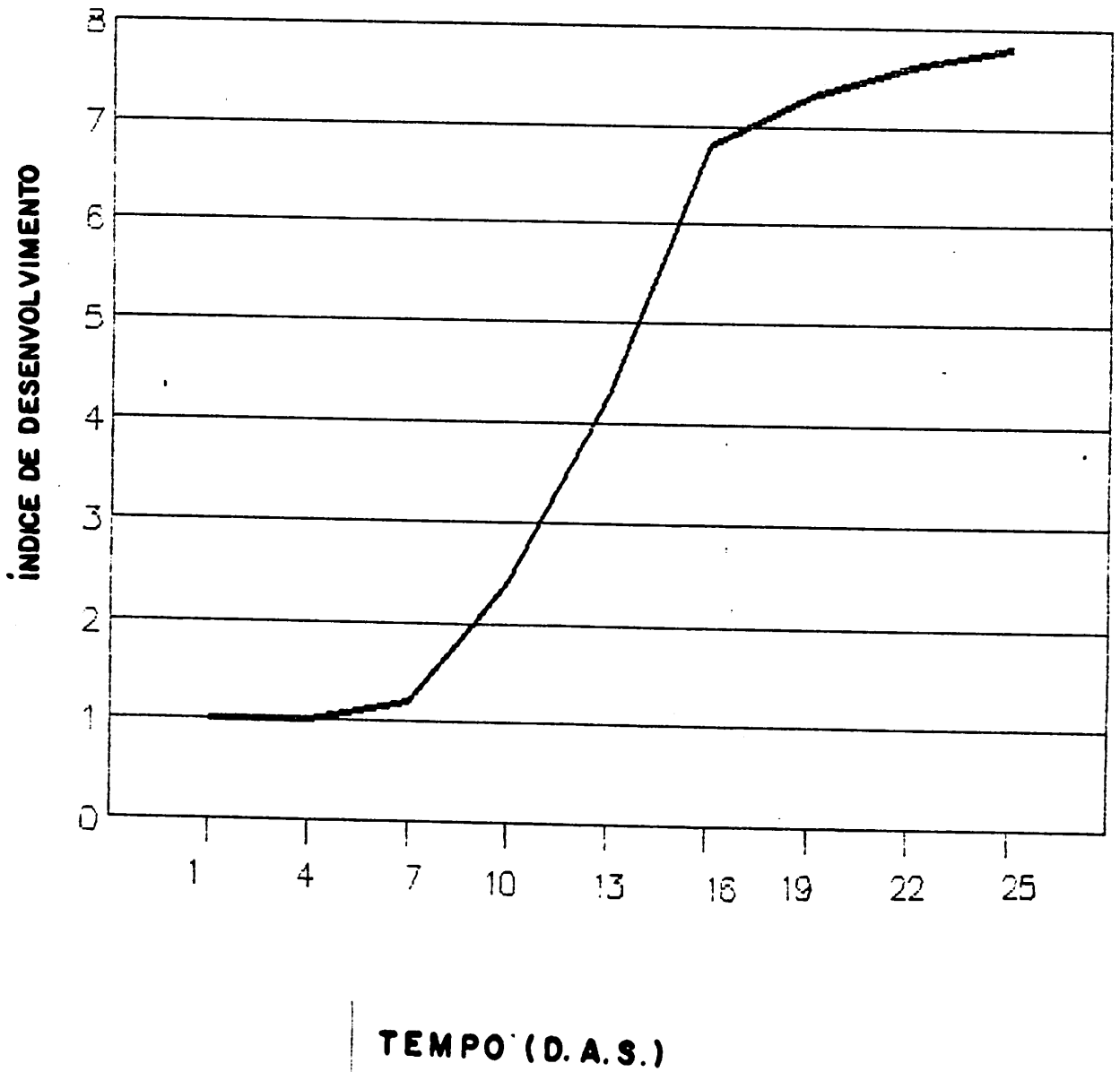


FIGURA 17. Curva do Desenvolvimento da plântula do cajueiro- anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.), clone CCP - 76, ao longo de 25 dias de germinação.

Sabe-se que uma amostra de sementes em germinação pode apresentar, para um determinado tempo, e dependendo da sua qualidade fisiológica, plântulas em diferentes fases de desenvolvimento, dificultando a interpretação das correlações entre os eventos fisiológicos e bioquímicos com o tempo de germinação. Entretanto, ao se analisar uma população pelo método dos estágios de desenvolvimento, estuda-se um conjunto de fases definidas que ocorrem dentro de cada estágio, tais como o início e o fim da emergência da radícula, e o início e o fim do estabelecimento da plântula. Portanto, relacionando-se os eventos fisiológicos e bioquímicos aos estágios de desenvolvimento pode-se deixar de correlacioná-los com o tempo. Caso se pretenda estudar as transformações químicas que ocorrem durante o início da emergência da radícula seria mais conveniente analisar estas transformações na população que atingisse o **estágio 2** do que se pensar em termos de 10<sup>o</sup> DAS, isto porque a população de sementes com 10 DAS poderá conter não somente sementes em início de emergência, mas também em outras fases bem distintas.

A metodologia permite, ainda, verificar o grau de sincronização das fases ao longo do processo germinativo e de estabelecimento de plântulas, bem como avaliar a própria qualidade fisiológica correlacionando os I.D. com o tempo levado para alcançá-los.

### **4.3.3 Caracterização física e química**

Os resultados da caracterização física e química nos estágios de germinação e desenvolvimento da plântula, encontram-se na Tabela 7 e Figura 18.

No **estágio 0 (zero)** os cotilédones das sementes do cajueiro apresentaram, em média, 8,37% de umidade e os eixos embrionários 13,33% (Tabela 8), com uma umidade média para amêndoa de 8,40%. Estes valores enquadram-se dentro dos níveis esperados e citados por

TABELA 7. Pesos frescos e seco, e teores de proteínas e lipídios nos estágios da germinação e desenvolvimento da plântula do cajueiro-anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.).

Estágio	PESO FRESCO <sup>1</sup>				PESO SECO <sup>1</sup>				PROTEÍNA <sup>1</sup>				LIPÍDIOS <sup>1</sup>			
	COT		EIXO		COT		EIXO		COT		EIXO		COT		EIXO	
	L	E	L	E	L	E	L	E	L	E	L	E	L	E	L	E
0	2271	2271	15	15	2081	2081	13	13	491,37	491,37	4,88	4,88	11,08	11,08	3,04	3,04
1	2868	2868	25	25	2034	2034	16	16	461,19	461,19	5,31	5,31	1094	1094	3,51	3,51
2	3650	3650	245	245	2026	2026	42	42	450,00	450,00	13,63	13,63	10,57	10,57	4,35	4,35
3	3893	38,93	686	686	1852	1852	100	100	369,13	369,13	31,38	31,38	922	922	9,27	9,27
4	4521	4521	1641	1641	1837	1837	213	213	331,13	331,13	68,75	68,75	914	914	10,84	10,84
5	5107	5138	2489	2092	1747	1753	278	265	270,06	321,69	90,00	79,19	903	912	12,34	11,58
6	50,73	5397	2777	2571	1572	1643	446	401	220,81	275,0	145,25	120,50	825	906	17,97	16,92
7	4506	5312	5003	5165	1118	1219	774	590	162,63	182,94	261,94	184,50	524	717	24,30	23,36
8	3317	4868	7117	6561	638	893	1223	813	81,19	96,56	426,38	262,06	270	577	38,65	25,85

<sup>1</sup> - mg x órgão; L = cultivados na luz, E = cultivados x escuro



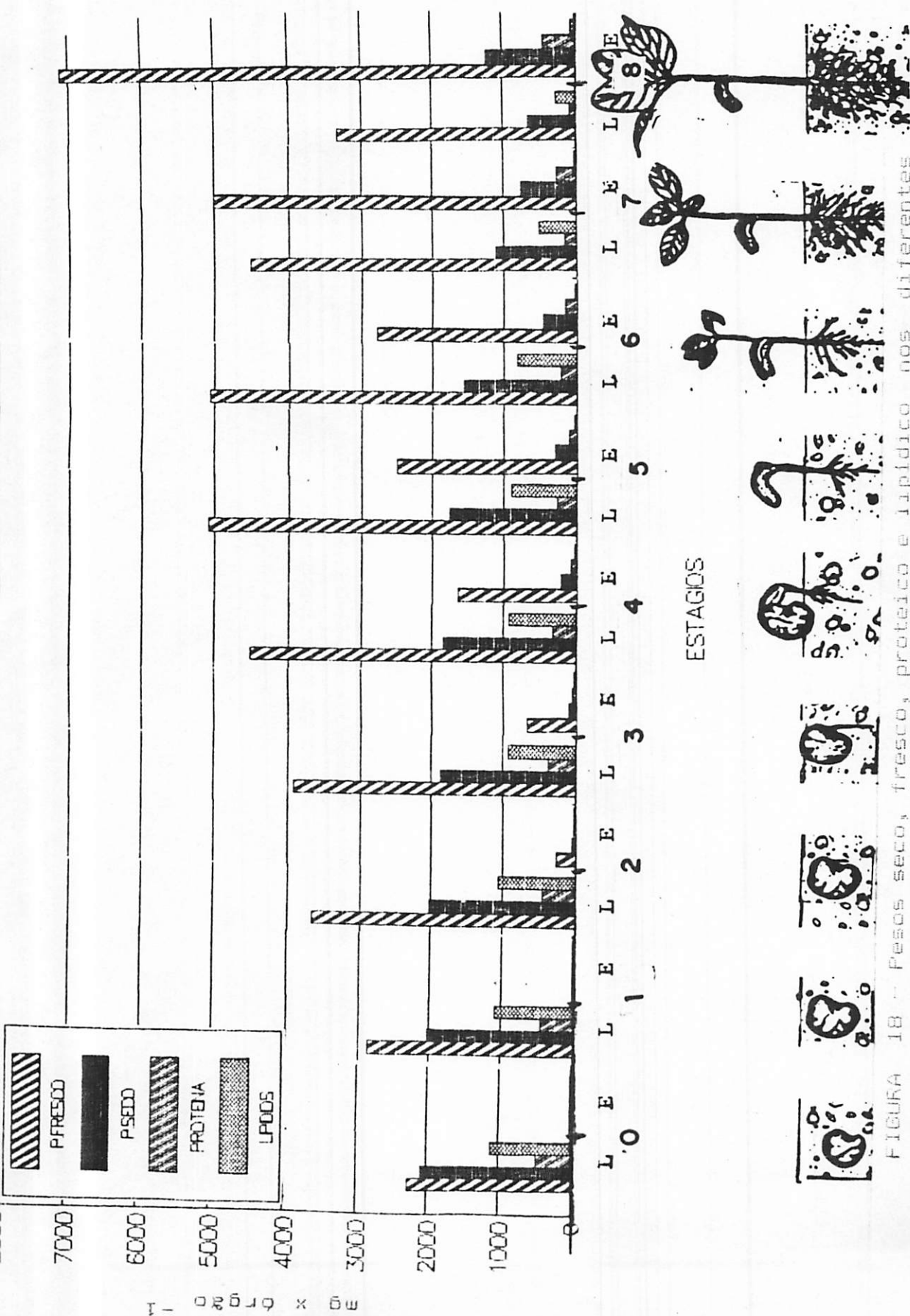


FIGURA 18 - Pesos seco, fresco, proteico e lipídico nos diferentes estágios de desenvolvimento da planta do cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) na presença e ausência de luz.

TABELA 8. Teor de umidade (%), com base no peso úmido, nos estágios da germinação e desenvolvimento da plântula do cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.).

ESTÁGIO	COTILÉDONE <sup>1</sup>		EIXO <sup>1</sup>	
	LUZ	ESCURO	LUZ	ESCURO
0	8,37	8,37	13,33	13,33
1	29,08	29,08	36,00	36,00
2	44,49	44,49	83,46	83,46
3	52,43	52,43	85,42	85,42
4	59,37	59,37	87,02	87,02
5	65,79	65,88	88,83	87,33
6	69,01	69,56	83,94	91,23
7	75,19	77,05	84,53	88,58
8	80,77	81,66	82,82	87,61

<sup>1</sup> L = cultivadas na luz; E = cultivadas no escuro.

Trevas (1971), Soares (1986) e Barros et al. (1984). O peso fresco médio dos cotilédones foi de 2.271,00mg e de 15,00mg para o eixo embrionário, enquanto que os pesos secos médios foram de 2.081,00mg e 13,00mg para cotilédones e eixo, respectivamente. A média do teor de proteína, por órgão, foi de 491,37mg para os cotilédones e 4,88mg para os eixos embrionários, correspondendo a um teor de 21,64% de proteína por cotilédone e de 21,74% por amêndoa. Estes resultados para amêndoas do cajueiro-anão-precoce são praticamente idênticos aos obtidos para amêndoas de cajueiro comum encontrados por Cavalcanti (1983) e por Andrade (1984). Os teores de lipídios foram de 1.108,00mg para os cotilédones e de 3,04mg para os eixos, que totalizaram 1.111,04mg para a amêndoa. Este total correspondeu a 48,60% de lipídios, superando portanto, aos 46,70% e aos 47,00% encontrados por Soares (1986) e por Índia (1989), respectivamente.

No estágio 1 os cotilédones apresentaram, em média, 29,08% de umidade e os eixos embrionários 36,00%. Neste estágio, o peso fresco médio foi de 2.868,00mg para os cotilédones e de 25,00mg para os eixos, enquanto que o peso seco médio foi 2.034,00mg e 16,00mg para cotilédones e eixo embrionário, respectivamente. Os teores de proteínas e de

lipídios foram para 461,19mg e 1.094,00mg, para cotilédones e de 5,31mg e 3,51mg para o eixo embrionário.

No **estágio 2** os percentuais de umidade foram de 44,49% para os cotilédones e de 83,46% para o eixo embrionário. Os pesos fresco e seco, bem como os teores de proteínas e lipídios, foram: 3.650,00mg, 2.026,00mg, 450,00mg e 1.057,00mg, para cotilédones, e 254,00mg, 42,00 mg, 13,63mg e 4,35mg para o eixo embrionário.

No **estágio 3** os cotilédones apresentaram: 52,43% de umidade, 3.893,00mg de peso fresco, 1.852,00mg de peso seco, 369,13mg de proteína e 922,00mg de lipídios. Enquanto que os eixos embrionários apresentaram, em média: 686,00mg de peso fresco, 100,00mg de peso seco, 31,38mg de proteína e 9,27mg de lipídios.

A partir do **estágio 4**, os parâmetros foram avaliados não só em plântulas cultivadas na obscuridade como também naquelas que se desenvolveram na presença da luz. Apesar disto, neste estágio, não houve diferença em nenhum dos parâmetros estudados no que diz respeito a presença ou ausência de luz no ambiente de cultivo. O teor de umidade e os pesos fresco e seco, bem como os teores de proteínas e lipídios foram: 59,37%, 4.521,00mg, 1.837,00mg, 331,31mg e 914mg para cotilédones e de 87,02%, 1.641,00mg, 213,00mg, 68,75mg e 10,84mg para eixo embrionário.

Convém salientar que, no **estágio 0(zero)**, 99,00% dos lipídios foram extraídos a frio (Tabela 9) e que esta percentagem foi aumentando ao longo do processo germinativo, atingindo valores próximos a 100,00% no **estágio 3**. Em razão disto, a partir do **estágio 4**, passou-se a fazer a extração dos lipídios, somente com hexana a frio.

TABELA 9. Extração de lipídios a frio e a quente em farinha de cotilédones de cajueiro-anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.).

ESTÁGIO	LIPÍDIOS (% DO TOTAL)	
	A FRIO (%)	A QUENTE (%)
0	99,00	1,00
1	99,29	0,71
2	99,62	0,38
3	99,87	0,13

No **estágio 5**, a umidade dos cotilédones e dos eixos provenientes de plântulas cultivadas na luz foi praticamente a mesma daquelas cultivadas no escuro (Tabela 8). Nos tratamentos com luz, os pesos fresco e seco, e os teores de proteínas e de lipídios foram de 5.107,00mg, 1.747,00mg, 270,06mg e 903,00mg para os cotilédones, e de 2.489,00mg, 278,00mg, 90,00mg e 12,34mg para os eixos. Na ausência de luz os pesos fresco e seco, e os teores de proteínas e lipídios foram de 5.138,00mg, 1.753,00mg, 321,69mg e 912,00mg para os cotilédones e de 2.092,00mg, 265,00mg, 79,19mg e 11,58mg para os eixos.

No **estágio 6** os cotilédones das plântulas cultivadas com luz tiveram o mesmo teor de umidade das plântulas cultivadas no escuro (cerca de 69,00%), mas, nos eixos, o teor de umidade das plântulas cultivadas no escuro foi 7,30% maior do que nas plântulas cultivadas na luz. Nos tratamentos com luz, os pesos fresco e seco, bem como os teores de proteínas e de lipídios, foram de 5.073,00mg, 1.572,00mg, 220,81mg e 825,00mg para os cotilédones e de 2.777,00mg, 446,00mg, 145,25mg e 17,97mg para os eixos. Na obscuridade, os pesos fresco e seco, e os teores de proteína e lipídios foram de 5.397,00mg, 1.643,00mg, 275,00mg e 906,00mg para os cotilédones e de 4.571,00mg, 401,00mg, 120,50mg e 16,92mg para os eixos.

No **estágio 7**, a umidade dos cotilédones provenientes de plântulas cultivadas na luz e no escuro foi praticamente a mesma, mas, nos eixos, as plântulas cultivadas no escuro

apresentaram teores de umidade cerca de 4,00% acima dos observados nos eixos das plântulas cultivadas na luz. Os pesos fresco e seco, e os teores de proteínas e de lipídios foram de 4.506,00mg, 1.118,00mg, 162,63mg, e 524,00mg para os cotilédones e de 5.003,00mg, 774,00mg, 261,94mg e 24,30mg para os eixos. Na ausência de luz os pesos fresco e seco, bem como os teores de proteínas e de lipídios, foram de 5.312,00mg, 1.219,00mg, 182,94mg e 717,00mg, para os cotilédones, e de 5.165,00mg, 590,00mg, 184,50mg e 23,36mg para os eixos.

Da mesma maneira que nos estágios anteriores, os teores de umidade dos cotilédones de plântulas cultivadas na luz e no escuro não diferiram entre si, no **estágio 8**. Já nos eixos das plântulas cultivadas no escuro, observou-se que os teores de umidade foram cerca de 5,00% maiores do que os das plântulas cultivadas na luz. Os pesos fresco e seco, e os teores de proteínas e de lipídios, na luz, foram de 3.317,00mg, 638,00mg, 81,19mg e 270,00mg para os cotilédones, e de 7.117,00mg, 1.223,00mg, 426,38mg e 38,65mg para os eixos. Na ausência da luz os pesos fresco e seco, e os teores de proteínas e de lipídios, foram de 4.868mg, 893mg, 96,66mg e 577mg para os cotilédones, e de 6.561mg, 813mg, 262,06mg e 25,85mg para os eixos.

Quando se analisaram as variações de umidade nos estágios (Figura 19), observou-se que, nos cotilédones provenientes de plântulas cultivadas tanto na luz como no escuro, houve aumento desde o **estágio 0** até o **estágio 8** e que não houve diferença entre cotilédones de plântulas cultivadas na luz e no escuro. No caso da umidade dos eixos pode-se afirmar que ocorreu um aumento inicial brusco até o **estágio 2** e, a partir deste ponto ocorreram pequenas variações. Até o **estágio 5**, não houve diferença na umidade dos eixos provenientes de plântulas cultivadas na luz e no escuro, pois até esta fase de desenvolvimento as plântulas estavam submersas ou recém-emergidas do substrato, e não era esperado detectar efeito destas condições ambientais na umidade dos eixos. A partir do **estágio 6** observou-se que a umidade dos eixos



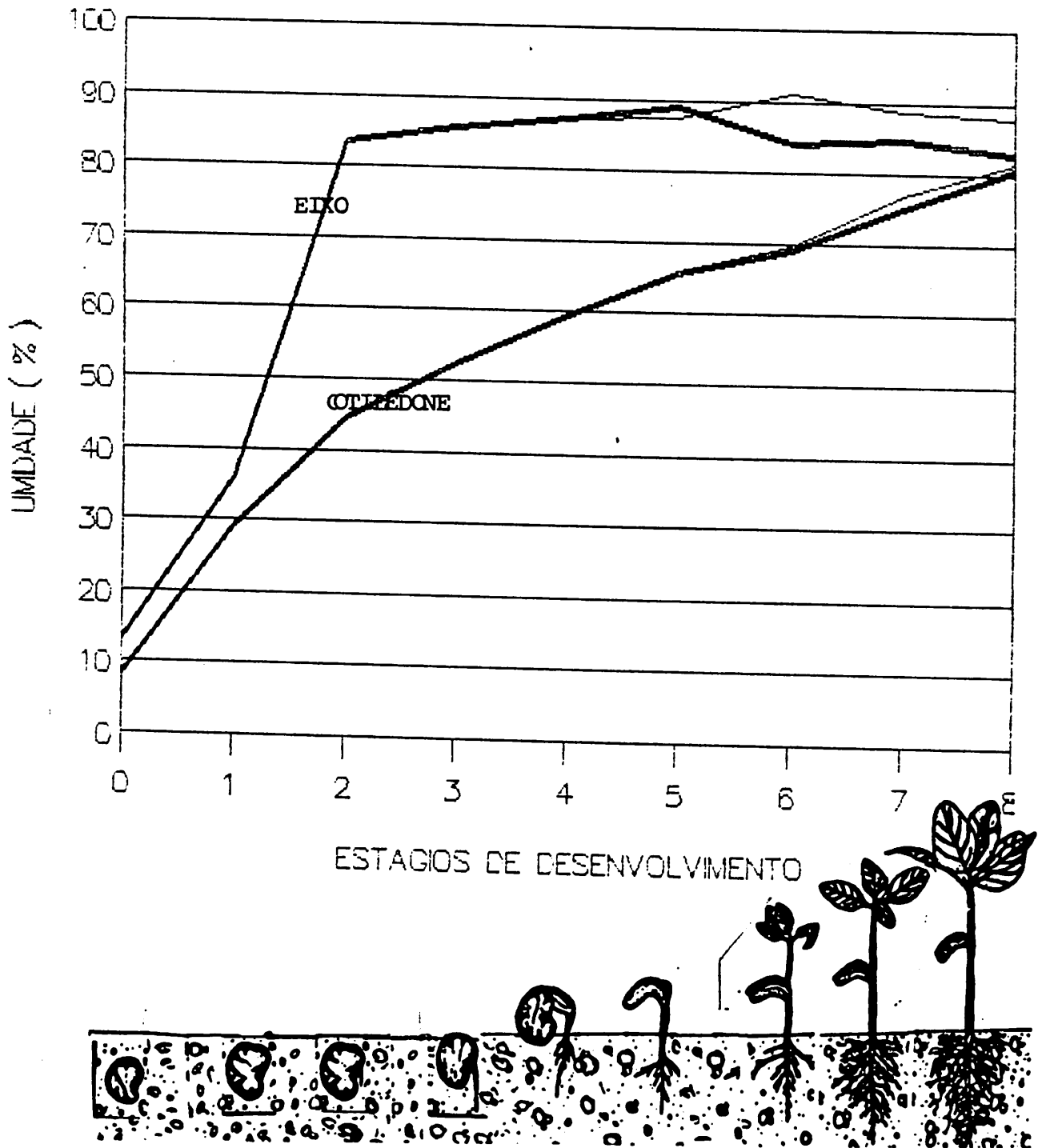


FIGURA 19. Variação no teor de umidade, com base no peso úmido, de cotilédones e eixos de plântulas do cajueiro-anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.) cultivadas na luz (—) e no escuro (---). Gravura correspondente aos estágios com luz.

provenientes de plântulas cultivadas no escuro foi sempre superior à daquelas oriundas de plântulas cultivadas na luz. Isto pode ser interpretado como consequência de dois fatores: 1 - maior crescimento dos eixos, especialmente das folhas, das plântulas cultivadas na luz (Figura 21), acarretando uma maior superfície de transpiração das plântulas neste tratamento; 2 - como a luz provoca abertura de estômatos (Taiz e Zeiger, 1991), as plântulas cultivadas nestas condições apresentam maior perda d'água.

O peso fresco dos cotilédones aumentou significativamente até o **estágio 5** para tratamento com luz e até o **estágio 6** para tratamento no escuro (Figura 20 e Tabelas 2A e 3A), demonstrando que os cotilédones até os referidos estágios continuam sendo um forte dreno de umidade. A partir destes estágios o peso fresco decresceu até o final do período experimental, sendo este decréscimo maior nos cotilédones provenientes de plântulas cultivadas na presença da luz. No caso dos eixos, o peso fresco também aumentou significativamente e, ao final do oitavo, estágio os eixos provenientes de plântulas cultivadas na luz e no escuro apresentaram pesos equivalentes (Tabela 7A). Resultados semelhantes foram encontrados em outras espécies (Ching, 1972).

O exame das Figuras 20 e 21 sugere, para o cajueiro-anão-precoce, a existência de fases características de desenvolvimento. A primeira fase vai do **estágio zero (0)** ao **2** e pode ser caracterizada por um rápido aumento do peso fresco dos cotilédones, acompanhado de um aumento lento do peso dos eixos embrionários. Esta etapa corresponde às fases **I** e **II** da curva da cinética de embebição (Figura 5). O eixo, nesta fase, apesar de ter iniciado o crescimento da raiz-hipocótilo, aumentou lentamente de peso, fresco e seco. Do **estágio 2** ao **5** observou-se um incremento menor nos cotilédones, e maior nos eixos. Estes incrementos são quase que paralelos nos dois órgãos e independem da presença da luz. Convém lembrar que, a partir do **estágio 2**,

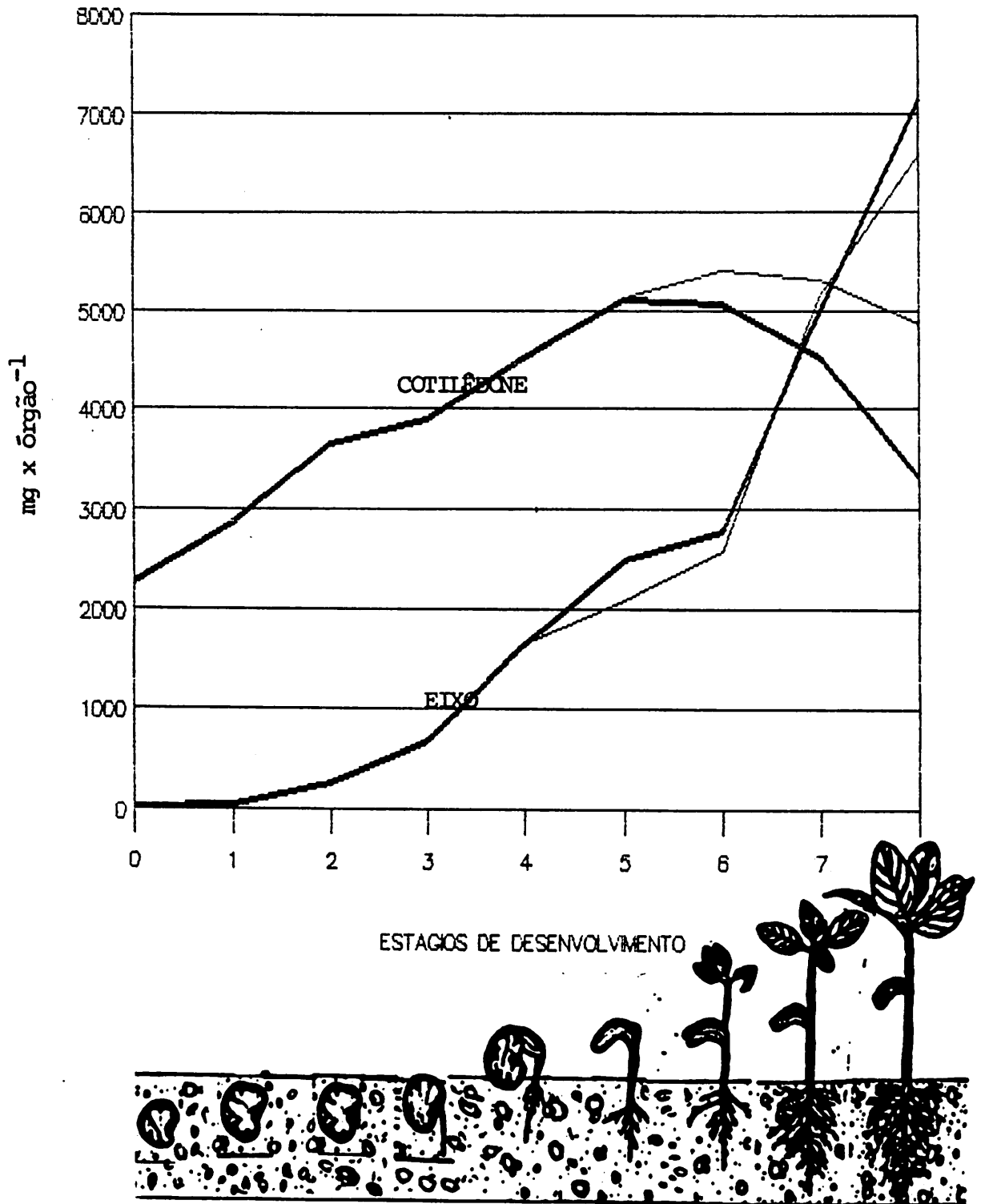


FIGURA 20. Peso fresco dos cotilédones e dos eixos da plântula do cajueiro-anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.), nos diferentes estágios de desenvolvimento. Plântulas cultivadas na luz (—) e no escuro (---). Gravura dos estágios com luz.

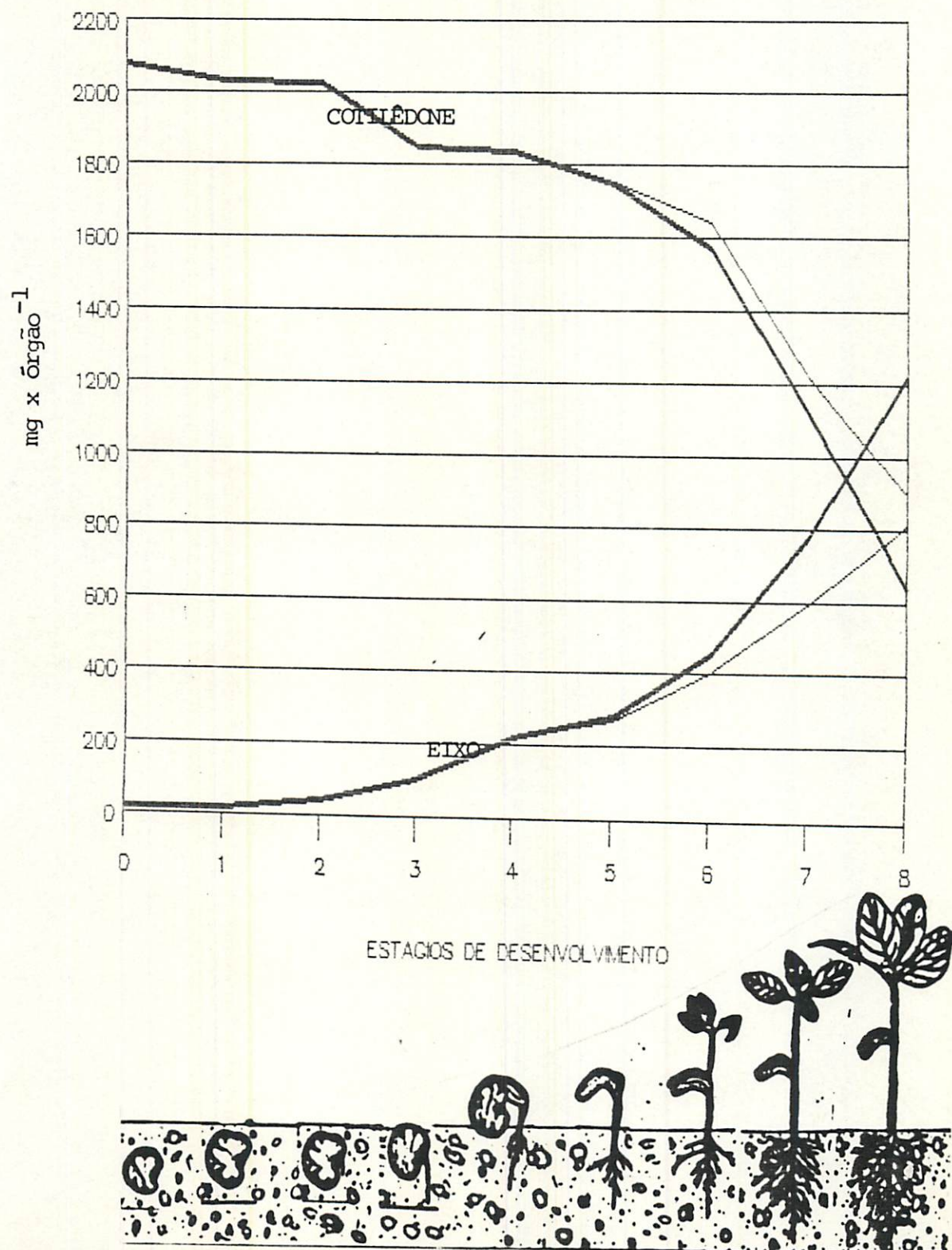


FIGURA 21. Peso seco dos cotilédones e do eixo nos diversos estágios de desenvolvimento da plântula do cajueiro-anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.). Plântulas cultivadas na luz (—) e no escuro (---). Gravura dos estágios com luz.

iniciou-se a fase **III** da curva da cinética de embebição (Figura 6). A mobilização das reservas tornou-se mais intensa, transferindo o peso seco para o crescimento do eixo hipocótilo-radícula. Isto coincide com o que foi descrito por Bewley e Black (1978) ou seja, a mobilização se intensifica na fase **III** da cinética de embebição. Com o início da terceira fase (estágios 5 e 6), observou-se o crescimento do epicótilo, o qual cresceu mais, em termos de peso seco, na presença da luz. Isto acarretou uma drenagem maior nos cotilédones cultivados na luz, que foram obrigados a mobilizarem significativamente mais reservas do que os desenvolvidos no escuro (Figura 21 e Tabela 5A). O peso fresco dos cotilédones, nesta fase, atingiu o máximo (5.107,0mg) no estágio 5. Para as plântulas cultivadas na presença da luz e naquelas cultivadas no escuro este máximo (5.397,00mg) foi atingido no estágio 6. O fato de os cotilédones das plântulas cultivadas no escuro terem apresentado, no estágio 6, valores maiores, pode ser interpretado como devido à maior mobilização das reservas dos cotilédones de plântulas cultivadas na luz e, provavelmente, ao maior conteúdo d'água dos cotilédones provenientes de plântulas com tratamento no escuro. Este conteúdo d'água mais elevado poderia ser consequência do potencial osmótico mais negativo no escuro (menor exportação de reservas solubilizadas), que resultaria em maior gradiente de potencial hídrico entre cotilédones e meio ambiente, portanto em maior absorção de água. Além disto, como os estômatos tendem a abrirem-se na presença da luz (Taiz e Zeiger, 1991), constatou-se que os cotilédones de plântulas cultivadas na luz perderam mais água. A quarta fase iniciou-se a partir do estágio 6, quando se intensificaram a mobilização de reservas cotiledonárias e o crescimento do eixo raiz-hipocótilo-epicótilo. A presença da luz acelerou, significativamente, o crescimento da plântula, em termos de peso seco, além de ter provocado o aparecimento de um dreno mais forte no eixo raiz-hipocótilo-epicótilo. Em consequência, os cotilédones transferiram



maior quantidade de matéria seca para o eixo. A curva ao longo dos estágios apresentou a mesma tendência encontrada em outras espécies (Ching, 1972; Murray, 1984; Simon, 1984).

A relação entre a matéria seca dos eixos e a dos cotilédones, em cada estágio, foi uma curva ascendente, evidenciando o contínuo aumento do peso seco dos eixos com o concomitante decréscimo dos pesos dos cotilédones (Figura 24). A relação para os tratamentos com luz apresentou uma curva mais acentuada, devido às razões acima discutidas.

O teor de proteínas, tanto nos cotilédones como nos eixos, acompanhou a tendência do peso seco, e caracterizou também as fases de desenvolvimento. Nos cotilédones, variou significativamente entre os estágios de desenvolvimento e, a partir do **estágio 2**, fase em que se deu a emergência da radícula, (primeira fase), decresceu uniformemente até o **estágio 8**. Ao longo dos estágios, a proteína variou com a luminosidade (Tabela 10A). O teor de proteínas nos tratamentos, com e sem luz, se diferenciou a partir do **estágio 4**, mas só apresentou valores significativos para a luminosidade, depois do **estágio 5** (segunda fase). De um modo geral, nos cotilédones, tanto no claro como no escuro, houve um decréscimo significativo do teor de proteína ao longo dos estágios, todavia, com uma perda mais acentuada nos cotilédones das plântulas que se desenvolveram com luz. Esta tendência foi totalmente revertida nos eixos embrionários, quando se constatou pequeno valor de proteína no **estágio 0** (4,88mg) e, a partir daí, um acréscimo constante até o **estágio 8** (262,06mg) (Figura 22). Após o **estágio 5**, os eixos embrionários das plântulas desenvolvidas com luz apresentaram valores de proteína significativamente maiores (Tabela 12A). A soma do nitrogênio total da plântula - eixo + cotilédone - decresceu ao longo dos oito estágios (Tabela 7), fato que também foi observado com ervilha (Beever e Guernsey, citados por Ching, 1972).

Tal como na matéria seca e na proteína, houve um decréscimo no teor de lipídios nos cotilédones ao longo do desenvolvimento. Em geral, os cotilédones das plântulas desenvolvidas com luz perderam gordura mais rapidamente que os desenvolvidos no escuro (Figura 23). Nos eixos embrionários, praticamente não houve acúmulo de gordura ao longo do desenvolvimento. Genericamente, a mobilização das gorduras na semente de cajueiro foi semelhante à encontrada em jojoba (Trelease e Doman, 1984) e em pinheiro (Ching, 1972), uma perda acentuada de gorduras nos cotilédones e apenas um ligeiro aumento no eixo embrionário (Figura 23). Este fato sugere que os lipídios armazenados nos cotilédones do cajueiro são metabolizados da mesma maneira das de outras sementes oleaginosas, via ciclo do glioxilato, ou seja, são transformados em açúcares nos cotilédones e depois translocados para o eixo (Taiz e Zeiger, 1991). Os açúcares solúveis que chegam ao eixo são metabolizados para produzirem energia necessária aos processos biossintéticos desses órgãos, bem como para formarem esqueletos de carbono que será usado na síntese de outras substâncias necessárias ao seu crescimento, sendo, portanto, mínima a re-síntese de gorduras no eixo (Bewley e Black, 1978).

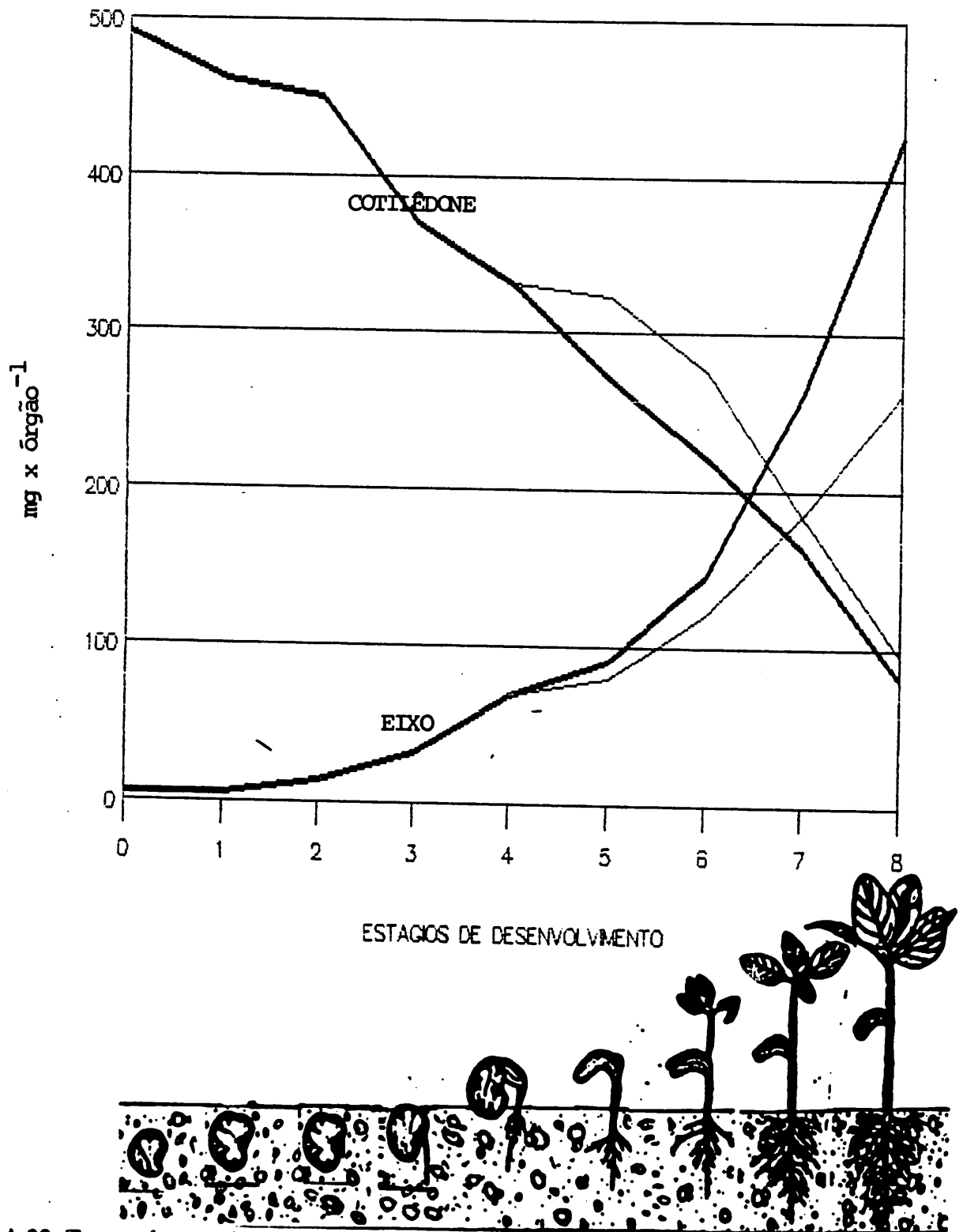


FIGURA 22. Teores de proteínas nos cotilédones e no eixo da plântula do cajueiro-anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.), nos diferentes estágios de desenvolvimento. Plântulas cultivadas na luz (—) e no escuro (---). Gravura dos estágios com luz.

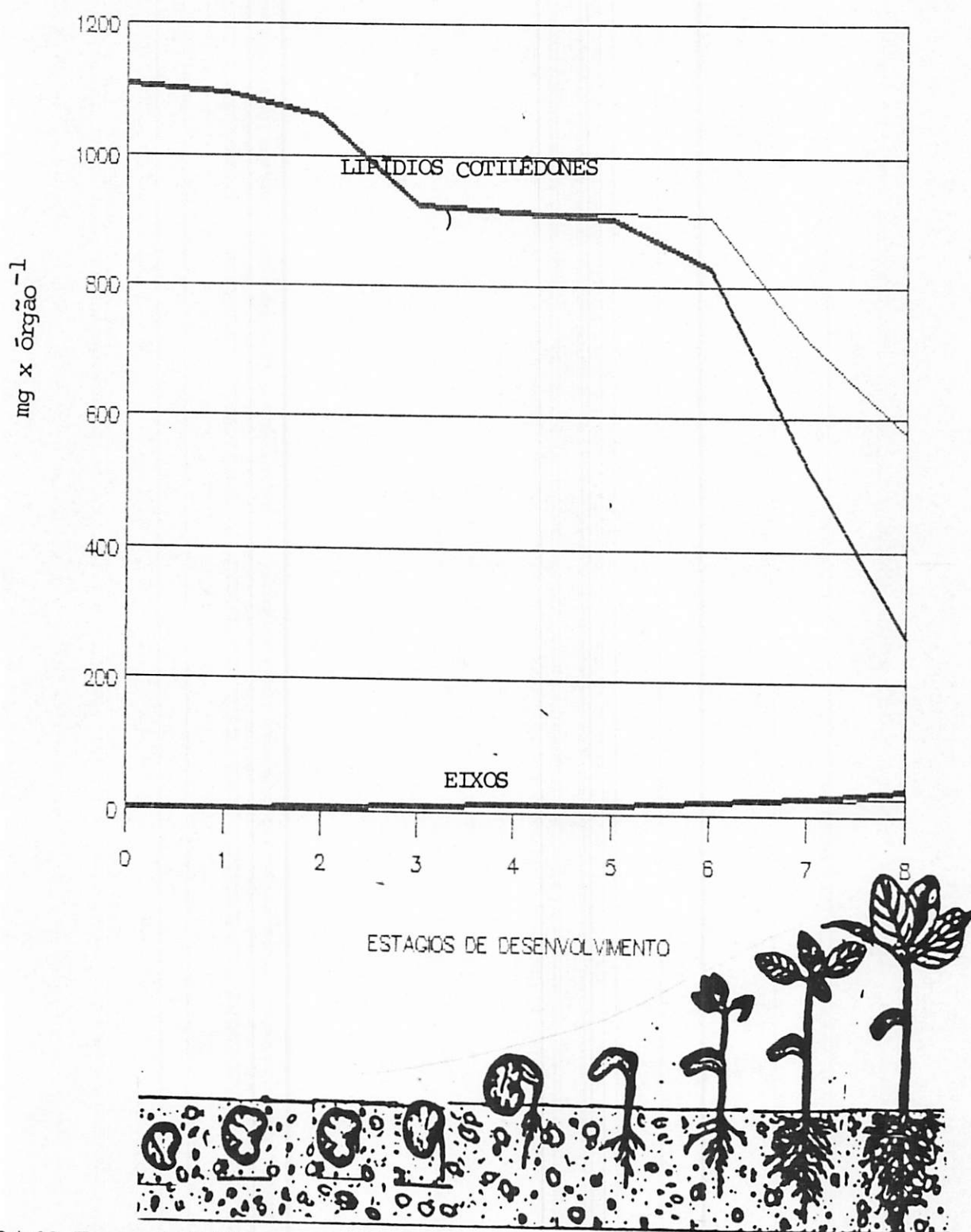


FIGURA 23. Teores de lipídios nos cotilédones e no eixo da plântula do cajueiro-anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.), nos diferentes estágios de desenvolvimento. Plântulas cultivadas na luz (—) e no escuro (---). Gravura dos estágios com luz.



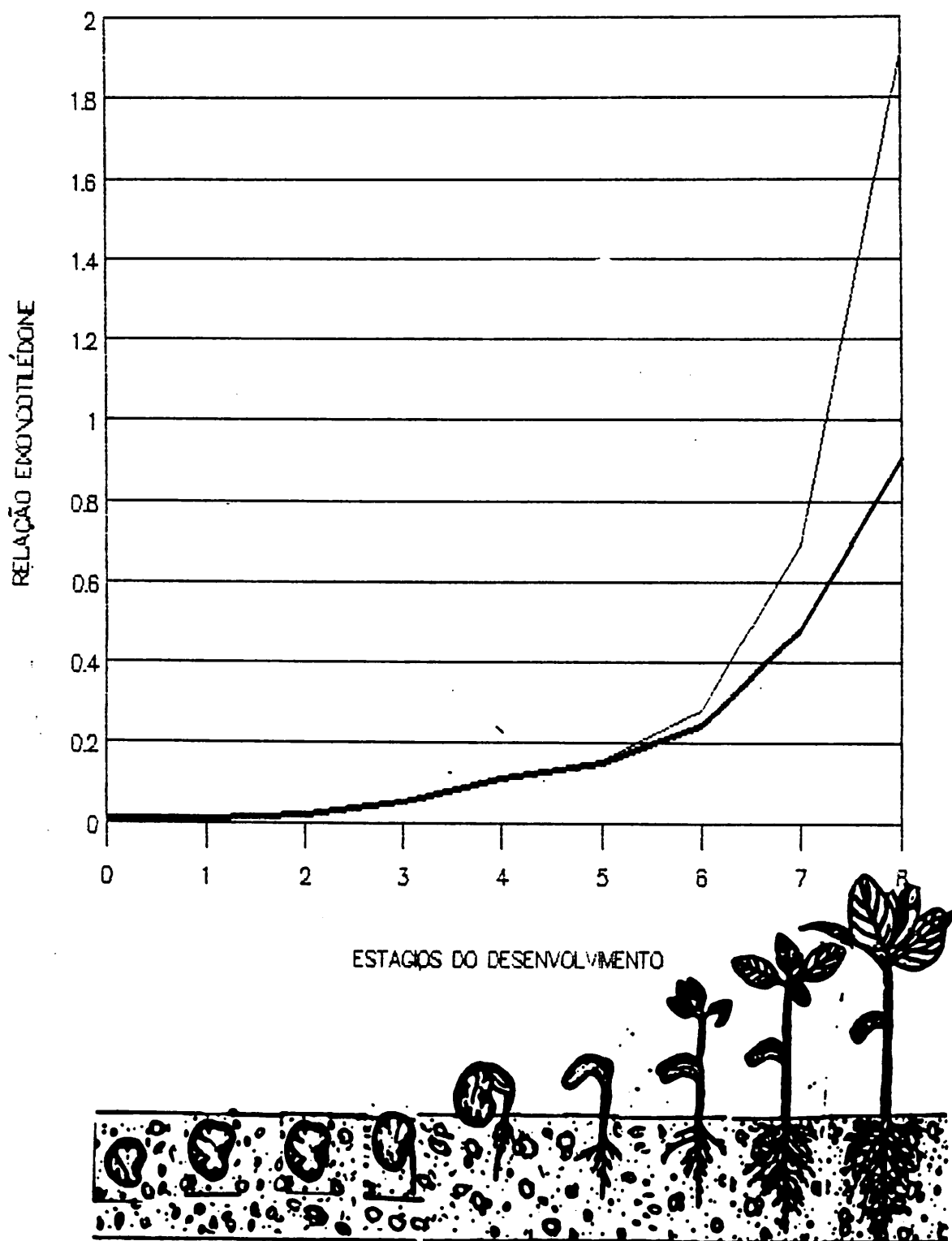


FIGURA 24. Relação peso seco do eixo/peso seco dos cotilédones da plântula do cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.), nos diferentes estágios de desenvolvimento. Plântulas cultivadas na luz (---) e no escuro (—). Gravura dos estágios com luz.

## 5 CONCLUSÕES

A secagem à sombra é a mais adequada para retirar o excesso de umidade das castanhas destinadas ao plantio.

Para determinação da umidade das castanhas, pode ser feita a secagem em estufa à temperatura de  $(105 \pm 3^{\circ}\text{C})$  até atingir peso constante, tanto em castanhas inteiras como em cortadas. Utilizando-se esta metodologia gasta-se cerca de 132 horas com secagem. Caso se deseje diminuir este tempo, sem prejuízo da precisão na determinação de umidade, pode-se secar por 60 horas as castanhas cortadas ou por 96 horas as inteiras.

Tomando-se como base a curva de embebição, a emersão da radícula inicia-se quando a umidade da castanha atinge aproximadamente cinquenta por cento. As maiores taxas de absorção da água ocorrem durante as primeiras 156 horas - fase I do processo germinativo - e após 180 horas de embebição, quando inicia-se a fase III

As mudanças morfológicas que ocorrem durante o processo germinativo e de estabelecimento da plântula podem ser agrupadas em 9 estágios de desenvolvimento bem definidos e expressos, quantitativamente, pelo Índice de Desenvolvimento (ID). Os valores de ID, calculados ao longo de 25 dias após a semeadura (DAS) e expressos em função do tempo (DAS), comprovam a existência de uma curva sigmóide, típica dos processos de crescimento.

O período de mais intensa velocidade de crescimento estende-se do 7<sup>º</sup> - ao 16<sup>º</sup> - DAS, ou seja, do estágio 1 ao 7.

As variações em percentagem de umidade, peso seco, peso fresco, teor de proteína e de gordura dos cotilédones e do eixo, ao longo da germinação e estabelecimento da plântula, tanto na luz como no escuro, demonstram que:

1. a percentagem de umidade dos cotilédones e dos eixos aumenta tanto em plantas cultivadas na luz, como no escuro; entretanto, enquanto o aumento nos cotilédones é mais ou menos constante do estágio 0 (castanha quiescente) até o estágio 8 (plântula bem estabelecida), nos eixos ocorre um aumento brusco até o estágio 2 (castanha com radículas emergidas) e a partir deste ponto apresenta pequenas variações;

2. os cotilédones apresentam um rápido incremento na absorção até o início da emergência da radícula, mas praticamente não há mobilização de reservas destes órgãos durante este período; eles continuam como dreno de água até que a plântula inicie o crescimento do epicótilo;

3. a mobilização de reservas dos cotilédones para o eixo torna-se mais aparente a partir da emergência da radícula, e sua velocidade aumenta progressivamente à medida que o eixo se desenvolve;

4. após a emergência da radícula identificam-se três etapas bem distintas de mobilização: a primeira, mais lenta, estende-se do estágio 2 (emergência da radícula) até o estágio 5 (plantas sem epicótilo desenvolvido); a segunda, de velocidade intermediária, corresponde ao início do desenvolvimento do epicótilo (do estágio 5 ao 6) e, finalmente, a de maior velocidade, que corresponde à fase de intenso crescimento do eixo raiz-hipocótilo-epicótilo (do estágio 6 ao 8);

5. a presença da luz provoca o aparecimento de um forte dreno no eixo raiz-hipocótilo-epicótilo, que resulta na aceleração do crescimento das plantas cultivadas nestas condições.

A expressão das mudanças morfológicas em termos de estágios de desenvolvimento, e não apenas em termos de tempo (**DAS**), facilita a associação de eventos fisiológicos e bioquímicos com determinados estágios de desenvolvimento. Esta metodologia pode ser aplicada, não só na comparação entre populações de sementes de qualidades fisiológicas diferentes, como também no estudo dos efeitos de fatores do ambiente sobre o processo germinativo e de estabelecimento da plântula. Pode-se, ainda, verificar o grau de sincronização das fases (estágios de desenvolvimento) ao longo do processo germinativo e de estabelecimento da plântula, informação importante para se inferir sobre a qualidade fisiológica de determinada população de sementes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEDA, J.I.L. de. Método de Propagação. In: LIMA, V.P.M.S. org. **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**: Fortaleza, Banco do Nordeste do Brasil, ETENE, 1988. p. 119-157 (BNB Estudos Econômicos e Sociais, 35)
- ANDRADE, J. de S. **Aspecto da industrialização da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.)**. Fortaleza: UFC, 1984. 149p. (Dissertação - Mestrado em Tecnologia de Alimentos).
- ANGELY, J. Estudo sobre anacardiaceae. Sua origem. O gênero *Anacardium*. A espécie tipo. Notícia sobre os livros de Bauhin, Piso, Rheede, Tournefort, Meriam e Catesby. Colaboração a história e geografia do Brasil. **Jornal de Botânica**, São Paulo, v.2, n.335, p.1-3, 1986.
- ARAÚJO FILHO, G.C.; MACIEL, R.P.; ARAGÃO, R.G.M.; ALVES, J.F.; OLIVEIRA, H.G. de. Influência da pré-embebição e do peso das castanhas na germinação e vigor das mudas de cajueiro. *Anacardium occidentale* L. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.8, p.41-50, dez. 1978.
- ASCENSO, J.C.; MILHEIRO, A.V. Ensaio de sementeira de castanha de caju. **Agronomia Moçambicana**, Moçambique, v.5, n.2, p.85-95, 1971
- ASCENSO, J.C.; MOTA, I. Studies on the Flower Morphology of Cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Agronomia Moçambicana**, Moçambique, v.27, p.277-288, 1957.
- ASHTON, F.M. Mobilization of storage protons of seeds. **Annual Review of Plant Physiology**, Georgia, v.27, p.95-117, 1976.
- BAETHGEN, W.E.; ALLEY, M.M. A manual colorimetric procedure for measuring ammonium nitrogen in soil and plant Kjeldahl digests. **Community Soil Science and Plant Anal.**, v.20, n.9/10, p.961-969, 1989.
- BAILEY, L.H. **Manual of cultivated plants**. New York: S.I., 1964.
- BARROS, L. de M.; ARAUJO, F.E. de; ALMEIDA, J.I.L.; TEIXEIRA, L.M.S. **A cultura do cajueiro-anão**. Fortaleza: EPACE, 1984. 64p.
- BARROS, L. de M.; PIMENTEL, C.R.M.; CORREA, M.P.F.; MESQUITA, A.L.M. **Recomendações técnicas para a cultura do cajueiro-anão-precocce**. Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 1993. 65p.



- BASTOS, J.L.P. **Purificação e Caracterização de uma  $\alpha$ -Amilase cotiledonária de feijão-de-corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp].** Fortaleza: UFC, 1991. 69p. (Dissertação - Mestrado em Biologia e Bioquímica Molecular).
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Physiology and Biochemistry of seed in relation to germination. Vol. 1 development, germination, and growth.** New York: Springer - Verlag, 1978. 307p.
- BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará.** 3.ed. Fortaleza: ESAM, 1976. 540p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras Para Análise de Sementes.** Brasília: SNAD, 1992.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Germinação. In: \_\_\_\_\_. **Sementes, ciência, tecnologia e produção.** 2.ed. Campinas: Cargill, 1983. p.107-143.
- CAVALCANTI, J.F.M. **Une contribution a l'étude de la valeur nutritive de la noix de (*Anacardium occidentale* L.) au Brasil.** Belgica: Faculte des Sciences Naturelles Appliquees, 1983. 61p: (Dissertação - Mestrado).
- CHING, T.M. Biochemical aspects of seed vigor. **Seed Science & Technology**, New Delhi, v.1, p.73-88, 1973.
- CHING, T.M. Metabolism of germinating seeds. In: KOZLOWSKI, T.T. **Seed biology.** New York: Academic Press, 1972. v.2, cap. 2, p.103-201.
- COPELAND, L.O. **Principles of seed science and technology.** Minnesota: Burgess, 1976. 369p.
- CRISÓSTOMO, J.R.; GADELHA, J.W.R.; PEREIRA de A.J.P.; BARROS, L.M. Conseqüências do plantio de sementes oriundas de plantas enxertadas ("clones") ou de plantas de "pé-franco" de cajueiro. **Caju informativo**, Fortaleza, v.1, n.3, p.1-4, ago. 1994.
- DALLING, M.J.; BHALLA, P.L. Mobilization of nitrogen and phosphorus from endosperm. In: \_\_\_\_\_. **Seed physiology. Germination and reserve mobilization.** New York, 1984. v.2, p.77-115.
- DAMODARAM, V.K.; VILASACHAN, Y.; VALSALAKUMART, P.T. Research on cashew in India. **Technical Bulletin**, Kerala Agricultural University, p.10-35, 1979.
- DURE III, L.S. Seed formation. **Annual Review of Plant Physiology**, Georgia, v.26, p.259-278, 1975.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical. Descoberto substituto para a goma arábica. **Agroindustrial Tropical**, Fortaleza, v.1, p.2-3, 1994.
- ESTEVES, A.B. Avaliação do teor de humidade da castanha de caju. **Estudo Agrônômico**, Lisboa, v.2, n.2, p.59-65, 1961.

- FEITOSA, J. de; FEITOSA, J.P. de A. **Sementes e mudas de cajueiro *Anacardium occidentale* L.** [s.n.t.] 6p. (Mimeografado).
- FONT QUER, P. **Dicionário de botânica.** Barcelona, Labor, 1965. 1244p.
- HIGGINS, T.J.V. Synthesis and regulation of major proteins in seeds. **Annual Review of Plant Physiology**, Georgia, v.35, p.191-221, 1984.
- ÍNDIA. Nutritive value of cashew nuts. **Indian Cashew Journal**, Cochin, v.19, n.3, p.9-14, 1989.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz.** São Paulo, 1985. v.1, p.42-43.
- JANN, R.C.; AMEN, R.D. What is germination? In: KHAN A.A. **The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination.** New York: North-Holland, 1977. p.7-28
- JOHNSON, D.V. The botany, origin, and spread of cashew, *Anacardium occidentale* L. **The Journal of Plantation Crops**, Kerala, v1, n.1/2, p.1-7, 1973.
- JOHNSON, D.V. **O caju do nordeste do Brasil: um estudo geográfico.** Fortaleza: ETENE/BNB, 1974. 169p.
- JUSTICE, O.L. Essentials of seed testing. In: KOZLOWKI, T. **Seed biology.** v.3. New York, Academic Press, 1972. p.301-370.
- KOZLOWSKI, T.T.; GUN, C.R.. Importance and characteristics of seeds. In: KOZLOWSKI, T.T. **Seed biology.** London: Academic Press, 1972. v.1, p.1-20.
- LIMA, V. de P.M.S. Botânica. In: \_\_\_\_\_. **A Cultura do Cajueiro no Nordeste do Brasil.** Fortaleza: Banco do Nordeste, 1988. p.15-61.
- MAIA, D. **Esboço da ecologia agrícola do Nordeste.** Brasília: SEPLAN/MA, 1978. 372p.
- MAIA, G.A.; HOLANDA, L.F.F. de; MARTINS, C.B. Características químicas e físicas da castanha do caju *Anarcadium occidentale* L. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.1, n.1, p.39-46, jul. 1971.
- MAIA, G.A.; STULL, J.W. Composição de ácido graxos dos lipídios do caju *Anacardium occidentale* L. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.7, n.1/2, p.49-51, 1977.
- MAYER, A.M. The control of the initial stages of germination: some biochemical investigation. **Seed Science & Technology**, New Delhi, v.1, p.51-72, 1973.
- MAYER, A.M. Control of seed germination. **Annual Review of Plant Physiology**, Georgia, v.25, p.167-193, 1974.
- MEDINA, J.C.M. Cultura. In: \_\_\_\_\_. **Manga.** Da cultura ao processamento e comercialização. São Paulo, 1981. p. 9-241.

- MENON, M.A.; RAVIDRAN P.N.; NAIR, B.P. Influence of seed vigor on seedling of cashew (*Anacardium occidentale* L.). *Planter, Malaysia*, v.55, n.638, p.199-205, 1979.
- MITCHELL, J.D.; MORI, S.A. The cashew and its relatives (*Anacardium occidentale* L.). *Memor. of the New York Botanical Garden, New York*, v.42, p.1-76. June 1987.
- MOTA, M.O. *Cajueiro Nordestino*. 3.ed. Recife, Fundação de Cultura Cidade do Recife, 1982. 182p.
- MURRAY, D.R. Cotyledon relationships during reserve mobilization. In: \_\_\_\_\_. **Seed physiology. Germination and reserve mobilization.** New York, 1984. v.2, p.247-280.
- NAGARAJA, K.V.; KRISHNAN N.V.M. Chemical characterization of high-yielding varieties of cashew (*Anacardium occidentale*). **Quality of Plant Foods and Human Nutrition**, v.36, p.201-206, 1986.
- NAGBHUSHANAM, S. A study on germination value (GV) in cashew (*Anacardium occidentale* L.) sown at different depths. *Malaysian Agricultural Journal, Malaysia*, v.53, n.2, p.113-115, 1981.
- NAIR, M.K.; RAO, E.V.V.; NAMBIAR, K.K.N.; NAMBIAR, M.C. **Cashew (*Anacardium occidentale* L.)**. Kerala: Central Plantation Crops Research Institute, 1979. 260p.
- NAMBIAR, M.C. Cashew. In: KOZLOWSKI, T.T. **Ecophysiology of tropical crops.** London, Academic Press, 1977. p.502.
- NORTHWOOD, P.J. The effect of specific gravity of seed and the growth and yield of cashew (*Anacardium occidentale* L.). *East African Agricultural and Forestry Journal, Nairobi*, v.33, n.2, p.159-162, 1967
- NORTHWOOD, P.J. Some observations on flowering and fruit-setting in the cashew, *Anacardium occidentale* L.. *Tropical Agriculture, Sunney*, v.43, n.1, p.35-42, 1966.
- OHLER, J.G. **Cashew.** Amsterdam: Department of Agricultural Research, 1979. 260p.
- PAIZ, R.G. La progamacion por semilla del jacot marañon. *Revista Cafetalera, Guatemala*, v.21/22, ene. 1975.
- PARENTE, J.I.G.; PAULA P.P.F.A.; NEMEKATO, Y. **Diretrizes para a recuperação da cajucultura do Nordeste.** Fortaleza: EMBRAPA-CNPCa, 1991. 56p. (Documentos, 04)
- PAULA, J.E. de; HERINGER, E.P. Estudo anatômico do fruto de *Anacardium curatellifolium* St. Hil. com vistas a sua forma e às bolsas olíferas. *Brasil Florestal, Rio de Janeiro*, v.9, n.34, p.33-39, abr./jul., 1978.
- PEIXOTO, A. **Caju. Produtos Rurais**, Rio de Janeiro, v.13, p.1-61, 1960.
- PEREIRA Jr. A.; BORRALHO da G.J.; PEREIRA, M.M. Composição química da castanha de caju. 1. Subsidio para o estudo do pericarpo de *Anacardium occidentale* L.. *Estudos Agronômicos, Lisboa*, v.3, n.3, p.95-106, 1962a.

- PEREIRA Jr. A.; BORRALHO da G.J.; PEREIRA, M.M. Composição química da castanha de caju. 2. Obtenção do bálsamo de *Anacardium occidentale* L. em estado cristalino. **Estudos Agronômicos**, Lisboa, v.3, n.3, p.107-118, 1962b.
- PEREIRA Jr. A.; BORRALHO da G.J.; GODINHO, L.S.; PEREIRA, M.M. Composição química da castanha de caju. 3. Contribuição para o estudo do tegumento das sementes de *Anacardium occidentale* L.. **Estudos Agronômicos**, Lisboa, v.4, n.4, p.115-132, 1963.
- PEREIRA Jr. A.; PEREIRA, M.M. Composição química da castanha de caju. 4. Presença do ácido palmítico no óleo de amêndoa de *Anacardium occidentale* L. revelado por cromatografia em fase gasosa. **Estudos Agronômicos**, Lisboa, v.4, n.4, p.133-140, 1963.
- POLLOCK, B.M.; ROOS E.E. Seed and seedling vigor. In: KOZLOWSKI, T.T. **Seed biology**. New York: Academic Press, 1972. p.314-387.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289p.
- PRISCO, J.T. Effect of salinity on seed germination and seedling establishment. **Tagungsband. Deutsche Botanische Gesellschaft Vereinigung für Angewandte Botanik**, Giesen Bundesrepublik Deutschland, 1988. p.30. (Abst.).
- PRISCO, J.T.; HADDAD B.; BASTOS, J.L.P. Hydration -dehydration seed pre-treatment and its effects on seed germination under water stress conditions. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.15, n.1, p.31-35, 1992.
- RAO, C.D.; DASARADHI, T.B.; RAO, Y.Y. Standardization of posture and depth of sowing seed in cashew *Anacardium occidentale* L. under east coast conditions. **Andhra Agricultural Journal**, Bapatla, v.9, n.5, p.275-280, 1962.
- RAO, V.N.M.; HASSAN, M.V. Preliminary Studies on the Floral Biology of Cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v.27, p.277-88, 1972.
- RAMOS, A.; BIANCHETTI, A. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes florestais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL. **Métodos de produção e controle de qualidade de sementes e mudas florestais**. Curitiba: UFPa, 1984. p.252-270.
- RICHARD, G.; RAYMOND, P.; CORBINEAU, F. and FRADET, A. Effect of pericarp on sugar beet (*Beta vulgaris* L.). **Seed Science & Technology**, New Delhi, v.17, p.485-497, 1989.
- ROCCHETTI, G.; PANERAI, L.L. Effetto delle temperature sulla germinazione delle castagne di anacardio. **Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale**, Firenze, v.62, n.7/9, p.228-235, giugl. 1968.
- ROCCHETTI, G.; PANERAI, L. Ulteriori indagini sulla germinazione delle castagne di anacardio. **Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale**, Firenze, v.64, n.4-6/7-9, p.151-160, mag. 1970.
- RUSSEL, D.C. Cashew nut processing. **Agricultural Services Bulletin**, v.6, p.1-86, 1969.

- SAMPAIO, L.S. de V. **Biometria das sementes e sua influência na germinação e no vigor de plântulas de caju (*Anacardium occidentale* L.)**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 84p. (Dissertação - Mestrado).
- SIMON, E.W. Early events in germination. In: MURRAY, D.R. **Seed physiology**. Germination and reserve mobilization. New York, 1984. v.2, p.77-115.
- SOARES, J.B. **O Caju: aspectos tecnológicos**. Fortaleza, BNB, 1986. 256p. (Monografia, 24)
- SOENARDI. The effect of some media on seedling growth of cashew nut. In: **Lembaga Penelitian Tanaman Industri**, Indonesia. n.32, p.61-68, 1974. In: **ABSTRACTS ON TROPICAL AGRICULTURE**, v.6, n.8, p.31645, Aug. 1980. (abst. 31646).
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. California: Benjamin/Cummings, 1991. 559p.
- TELLES, P.R.S. Industrialização do pseudofruto e da castanha. In: **BANCO DO NORDESTE. A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1988. p.357-401.
- THAPLIYAL, T.; NAUTIYAL, A.R. Inhibition of seed germination by pericarp in *Fraxinus micrantha* Lang. **Seed Science & Technology**, New Delhi, v.17, p.125-130, 1989.
- TRELEASE, R.N.; DOMAN, D.C. Mobilization of Oil and Wax Reserves. In: MURRAY, D.R. **Seed physiology**. Germination and reserve mobilization. New York, 1984. v.2, p.201-245.
- TREVAS FILHO, V. **Tecnologia dos produtos do pedúnculo do caju**. Fortaleza, 1971. 101p. (Mimeografado)
- TURNER, D.J. Some observation on the germination and grading of cashew nuts. **East African Agricultural and Forestry Journal**, Nairobi, v.22, n.1, p.35-39, 1956.
- WAIT, A.J.; JAMIESON, A.I. The cashew: its botany and cultivation. **Queensland Agricultural Journal**, v.12, n.5, p.253-257, Sept./Oct. 1986.



**ANEXO**

TABELA 1A. Análise de variância do peso fresco dos cotilédones do cajueiro-anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) ao longo dos estágios de desenvolvimento - mg/cotilédone.

FONTE DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE	QUADRADO MÉDIO	VALOR DE F
LUMINOSIDADE	1	1641370,01	23,03 **
ESTÁGIOS	8	8252125,84	115,79 **
LUM. x ESTÁG.	8	586485,05	8,23 **
RESÍDUO	54	71265,67	
TOTAL	71		

C.V. = 6,57 %      MÉDIA GERAL = 4061,90

\*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 2A. Médias dos pesos frescos dos cotilédones do cajueiro-anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) desenvolvidos nos estágios com luminosidade - mg/cotilédone.

ESTÁGIOS	MÉDIAS	CONTRASTES <sup>1</sup>
0	2271,00	a
1	2868,00	ab
8	3317,25	bc
2	3650,50	c
3	3893,00	c
7	4505,50	d
4	4520,50	d
6	5064,75	d
5	5107,25	d

<sup>1</sup> Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade do teste TUKEY.

TABELA 3A. Médias dos pesos frescos dos cotilédones do cajueiro-anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) desenvolvidos nos estágios sem luz - mg/cotilédone.

ESTÁGIOS	MÉDIAS	CONTRASTES <sup>1</sup>
0	2270,75	a
1	2868,00	a
2	3650,50	b
3	3890,50	b
4	4520,50	c
8	4868,25	cd
5	5138,25	d
7	5312,25	d
6	5397,00	d

<sup>1</sup> Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade do teste TUKEY.

TABELA 4A. Análise de variância para peso seco dos cotilédones do cajueiro-anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) nos estágios - mg/cotilédone.

FONTE DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE	QUADRADO MÉDIO	VALOR DE F
LUMINOSIDADE	1	41616,13	16,20 **
ESTAGIO	8	1568373,52	610,51 **
LUM. x ESTÁG	8	14830,03	5,77 **
RESÍDUO	54	20234,76	
TOTAL	71		

C.V. = 3,02% MÉDIA GERAL = 1680,13

\*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 5A. Média do peso seco dos cotolédones das plântulas do cajueiro-anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) desenvolvidas com luz e no escuro - mg/cotilédone.

ESTÁGIOS	MÉDIAS <sup>1</sup>	
	LUZ	ESCURO
0	2081,00 A a	2081,00 A a
1	2034,00 A a	2034,00 A a
2	2025,75 A a	2025,75 A a
3	1852,25 A b	1852,25 A b
4	1836,75 A b	1836,75 A b
5	1747,00 A b	1753,25 A bc
6	1572,00 A c	1643,00 A c
7	1118,00 A d	1218,75 B d
8	638,00 A e	892,75 B e

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, ou precedidas da mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 6A. Análise de variância para o peso fresco do eixo raiz-hipocótilo-epicótilo do cajueiro-anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) - mg/eixo.

FONTE DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE	QUADRADO MÉDIO	VALOR DE F
LUMINOSIDADE	1	223892,01	3,01 ns
ESTÁGIOS	8	47860448,21	644,23 **
LUMIN. X EST.	8	900064,67	12,12 **
RESIDUO	54	74290,86	
TOTAL	71		

C. V. = 11,96%      MÉDIA GERAL = 2278,65

ns = Não significativo

\*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 7A. Pesos frescos médios dos eixos raiz-hipocótilo-epicótilo do cajueiro-anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) ao longo dos nove estágios de desenvolvimento - mg/eixo.

ESTÁGIOS	MÉDIAS <sup>1</sup>	
	LUZ	ESCURO
0	14,75 A a	14,75 A a
1	24,75 A a	24,75 A a
2	254,00 A ab	254,00 A ab
3	685,75 A b	685,75 A b
4	1641,00 A c	1641,00 A c
5	2489,25 A d	2092,50 B c
6	2776,75 A d	4571,00 B d
7	5003,00 A e	5164,25 A d
8	7116,75 A f	6560,75 A e

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna ou precedida da mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 8A. Análise da variância do peso seco do eixo raiz-hipocótilo-epicótilo do cajueiro-anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) - mg/eixo.

FONTE DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE	QUADRADO MÉDIO	VALOR DE F
LUMINOSIDADE	1	94685,01	75,87 **
ESTAGIO	8	954409,94	764,79 **
LUM. x ESTÁG.	8	39206,89	31,42 **
RESÍDUO	54	1247,93	
TOTAL	71		

C.V. = 11,44

MÉDIA GERAL = 308,79

\*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade.



TABELA 9A. Peso seco médio dos eixos raiz-hipocótilo-epicótilo do cajueiro-anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) ao longo dos estágios de desenvolvimento - mg/eixo.

ESTÁGIOS	MÉDIAS <sup>1</sup>	
	LUZ	ESCURO
0	12,50 A a	12,50 A a
1	15,50 A a	15,50 A a
2	42,00 A ab	42,00 A ab
3	100,25 A b	100,25 A b
4	214,00 A c	214,00 A c
5	278,25 A c	264,50 A c
6	445,75 A d	400,75 A d
7	774,25 A e	590,25 B e
8	1223,00 A f	813,00 B f

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna ou precedidas da mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 10A. Análise de variância do teor de proteína nos cotilédones do cajueiro-anão precoce (*Anacardium occidentale* L.), ao longo dos estágios de desenvolvimento - mg/cotilédone.

FONTE DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE	QUADRADO MÉDIO	VALOR DE F
LUMINOSIDADE	1	8149,39	6,44 *
ESTÁGIOS	8	151265,26	119,51 **
LUM. x EIXO	8	1314,06	1,06 ns
RESÍDUO	54	12265,70	
TOTAL	71		

C. V. = 10,92      MÉDIA GERAL = 325,88

ns = Não significativo

\* = Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 11A. Análise de variância do teor de proteína nos eixos raiz-hipocótilo-epicótilo do cajueiro-anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) ao longo dos estágios de desenvolvimento- mg/eixo.

FONTE DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE	QUADRADO MÉDIO	VALOR DE F
LUMINOSIDADE	1	17118,28	936,18 **
ESTÁGIOS	8	107486,21	5878,28 **
LUM. x ESTAGIO	8	6330,15	346,19 **
RESIDUO	54	18,29	
TOTAL	71		

C.V. = 4,23

MÉDIA GERAL = 101,02

\*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 12A. Médias do teor de proteína no eixo raiz-hipocótilo-epicótilo do cajueiro-anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) ao longo dos estágios de desenvolvimento - mg/eixo.

ESTÁGIOS	MÉDIA <sup>1</sup>	
	LUZ	ESCURO
0	4,88 A a	4,88 A a
1	5,31 A a	5,31 A a
2	13,63 A a	13,63 A a
3	31,38 A b	31,38 A b
4	68,75 A c	68,75 A c
5	90,00 A d	79,19 B d
6	45,25 A e	120,50 B e
7	261,94 A f	184,50 B f
8	426,38 A g	262,06 B g

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, ou precedidas da mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 13A. Análise de variância dos teores de umidade com base no peso úmido - dados transformados em  $\text{arc sen} \sqrt{x/100}$ .

FONTE DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE	QUADRADO MÉDIO	VALOR DE F
BLOCO	1	2,51	11,08
TRATAMENTOS	11	157,37	694,84 **
RESÍDUO	11	0,23	
TOTAL	23		

C.V. = 1,17%      MÉDIA GERAL = 40,84

\*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 14A. Análise de variância para absorção de água - dados transformados por  $\text{arc sen} \sqrt{x/100}$ .

FONTE DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE	QUADRADO MÉDIO	VALOR DE F
BLOCO	1	0,92	4,53
TRATAMENTOS	11	297,16	1459,62 **
RESÍDUO	11	0,20	
TOTAL	23		

C.V. = 1,35      MÉDIA GERAL = 33,39

\*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

