

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA - INPA  
UNIVERSIDADE DO AMAZONAS - UA

BIBLIOTECA DO  
INPA

**MATURAÇÃO FISIOLÓGICA DE SEMENTES  
DE PUPUNHA (*Bactris gasipaes* Kunth)**

**Sidney Alberto do Nascimento Ferreira**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do Convênio INPA/UA como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências, área de concentração em Botânica.

Manaus - Amazonas - Brasil

1996

À meu pai Agenor Ferreira *in memoria*,

minha mãe Maria de Lourdes,

meus Irmãos ...

minha esposa Solange e meus

filhos Raoni & Rodrigo

D e d i c o

## AGRADECIMENTOS

À Dra. Isolde Dorothea Kossmann Ferraz pelo estímulo e orientação na execução desse trabalho.

Aos Srs. Lenoir, técnico de laboratório, Josias, Walderico, Diomar e Vitor, estes auxiliares de campo, todos pertencentes a CPCA do INPA, pelo apoio nas marcações das anteses, colheitas dos racimos e biometria de frutos e sementes.

Ao Sr. Jaime Aguiar da CPCS do INPA pelas análises de composição química centesimal dos frutos e sementes.

A M.Sc. Suely Costa pela colaboração nas análises de regressões.

Ao Dr. Charles Clement, a M.Sc. Vânia Varela e a Dra. Jerusa Andrade pelas sugestões apresentadas.

A Banca Examinadora, formada pela Dra. Isolde Ferraz, Dra. Rozane da Cunha, Dra. Rita Borges, Dr. Rubens Sader, Dr. José Marcos Barbosa, Dr. Hiroshi Noda e Dr. Charles Clement, pelas sugestões que melhoraram a apresentação desse trabalho.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, a Universidade do Amazonas e a Coordenação de Pesquisas em Botânica do INPA por terem proporcionado a realização do curso de doutoramento.

A Coordenação de Pesquisas em Ciências Agronômicas do INPA por ter oferecidas todas as condições para o desenvolvimento do trabalho de tese e conclusão deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq por ter financiado o projeto em que se incluía o trabalho de tese.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
1. RESUMO.....	1
2. SUMMARY.....	3
3. INTRODUÇÃO.....	5
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
4.1. <i>Aspectos gerais sobre a pupunha</i> .....	7
4.2. <i>Florescimento e frutificação de pupunha</i> .....	10
4.3. <i>Maturação de sementes</i> .....	13
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
5.1. <i>Origem dos frutos</i> .....	18
5.2. <i>Colheitas de frutos e sementes</i> .....	18
5.3. <i>Mudança na cor dos frutos</i> .....	20
5.4. <i>Avaliações físicas dos frutos e sementes</i> .....	23
5.5. <i>Análises das composições químicas de frutos e sementes</i> .....	23

5.6. <i>Avaliações da viabilidade e vigor das sementes</i> .....	24
5.7. <i>Maturação artificial das sementes</i> .....	25
5.8. <i>Análise estatística dos resultados</i> .....	25
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
6.1. <i>Mudanças na coloração dos frutos e outros eventos visuais</i> .....	28
6.2. <i>Alterações físicas dos frutos</i> .....	32
6.3. <i>Variação na composição química do mesocarpo</i> .....	38
6.4. <i>Alterações físicas das sementes</i> .....	42
6.5. <i>Variação na composição química das sementes</i> .....	46
6.6. <i>Alterações fisiológicas das sementes</i> .....	51
6.7. <i>Amadurecimento artificial das sementes</i> .....	58
7. CONCLUSÕES.....	62
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65

## LISTA DE TABELAS

Tabela N <sup>o</sup>	Página
1 Caracterização dos racimos de pupunha, de uma progênie de meios-irmãos (318P), empregados nas avaliações físicas de frutos e sementes e nos estudos de germinação e vigor das sementes.....	21
2 Mudanças visuais durante o processo de maturação de frutos e sementes de pupunha, em uma progênie de meios-irmãos (318P), em Manaus-AM.....	29

## LISTA DE FIGURAS

Figura N <sup>o</sup>		Página
1	Variação climática no período entre a antese e a colheita dos frutos de pupunha utilizados na caracterização física dos frutos e sementes e no estudo da germinação. Dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia: I Distrito, Estação 82331, Manaus - AM.....	19
2	Alterações visuais no epicarpo de frutos de um racimo de pupunha durante a maturação (dias após a antese), em uma planta desenvolvida em Manaus-AM....	30
3	Modificações do comprimento (A), diâmetro (B) e razão entre estes (C) de frutos de pupunha com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P).....	33
4	Modificações do peso (A), volume (B) e gravidade específica (C) de frutos de pupunha com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P).....	34
5	Modificações do peso da matéria seca da polpa (mesocarpo+epicarpo) de frutos de pupunha com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P).....	37
6	Modificações no teor de umidade do mesocarpo de frutos de pupunha com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P).....	38
7	Composição química centesimal da matéria seca do mesocarpo de frutos de pupunha com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P): A) proteínas; B) gorduras; C) carboidratos; D) cinzas.....	40

8	Modificações no comprimento (A), diâmetro (B) e razão entre estes (C) em sementes de pupunha com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P).....	43
9	Modificações no peso (A), volume (B) e gravidade específica (C) de sementes de pupunha com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P).....	44
10	Modificações no peso da matéria seca de sementes (endocarpo+semente propriamente) de pupunha com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P).....	45
11	Modificações no teor da matéria seca de sementes (endocarpo+semente propriamente) de pupunha com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P).....	47
12	Composição química centesimal do endosperma de sementes de pupunha com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P).....	49
13	Modificações no teor de umidade (A), número de dias para início da emergência (D.I.E.) (B), percentagem de emergência (C) e índice de velocidade de emergência (I.V.E.) (D), de sementes de pupunha com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P).....	52
14	Modificações na emergência acumulada de sementes de pupunha com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P).....	54
15	Percentual de sementes de pupunha ainda viáveis (dormentes), após 150 dias de semeadas, referentes a frutos com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P).....	56
16	Modificações na emergência acumulada de sementes de pupunha com a idade de 90 dias após a antese, em cada uma das plantas da progênie estudada (318P).	57
17	Modificações no teor de umidade de sementes de pupunha (318P) com diferentes idades e períodos de adiamento do beneficiamento, referentes à plantas com maturações tardia (L9P2) e precoce (L19P4).....	59



18	Modificações na emergência de sementes de pupunha (318P) com diferentes idades e períodos de adiamento do beneficiamento, referentes à plantas com maturações tardia (L9P2) e precoce (L19P4).....	60
----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## MATURAÇÃO FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE PUPUNHA (*Bactris gasipaes* Kunth)

### 1. RESUMO

No estabelecimento de uma cultura, um dos pré-requisitos para se lograr êxito é o uso de sementes de boa qualidade. No entanto, a qualidade da semente depende de inúmeros fatores dentre os quais destaca-se a época de colheita. A finalidade desta pesquisa, realizada em Manaus (Amazonas, Brasil), foi identificar o período de colheita em que a germinação e o vigor das sementes de uma progênie de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) são máximos, bem como descrever as alterações visuais, físicas e bioquímicas em frutos e sementes que ocorrem durante o processo de maturação. Foram avaliados também os efeitos do armazenamento das sementes nos frutos (tardios e precoces) com diferentes idades. As maiores taxas de germinação e vigor foram alcançadas aos 80 dias após a antese, quando se considerou que as sementes tinham atingido a maturidade fisiológica. A mudança de coloração de verde para amarela ou alaranjada na porção transversal maior dos frutos, em pelo menos 50% dos frutos de um racimo, foi considerada um bom índice de maturidade da semente. No intervalo de 60 a 130 dias após a antese, em geral, os atributos físicos dos frutos (diâmetro, comprimento, peso fresco, volume e peso da matéria seca do mesocarpo) cresceram continuamente enquanto os das sementes permaneceram inalterados. Deste modo, tanto os atributos físicos dos frutos quanto os das sementes não puderam ser associados ao período de máxima emergência e vigor das sementes de pupunha. Os frutos que tenderam a flutuar em água normalmente apresentaram

sementes com baixas taxas de germinação. Os teores de umidade, proteína e cinza do mesocarpo decresceram com a maturação e ao atingirem 55,7%, 7,5% e 1,4%, respectivamente, mostraram estreita relação com a maturidade das sementes. O teor de matéria seca das sementes alcançou valor mais elevado (55%) ao mesmo tempo que a germinação e o vigor atingiram o máximo, sugerindo que esta variável poderia ser utilizada como indicador da maturidade das sementes. Da mesma forma, em sementes, a redução no teor de umidade para 45%, assim como a redução no teor de gordura até atingir 29% e a elevação de carboidratos até 59%, apenas no endosperma, podem servir como indicadores de maturidade das sementes. Com o aumento da idade dos frutos/sementes, o número de dias para o início da emergência diminuiu progressivamente: passou de 80 dias, em sementes com 60 dias após a antese, para 47 dias, em sementes com 130 dias de formação. À medida que aumentou a idade dos frutos e/ou progrediu a maturação das sementes, o percentual de sementes com dormência também aumentou. Após a colheita dos frutos de maturação tardia, a dormência foi superada parcialmente, tanto mais quanto maior o período de permanência das sementes nos frutos. Por outro lado, o armazenamento das sementes de maturação precoce nos frutos provocou redução na taxa de emergência.

## PHYSIOLOGICAL MATURATION OF PEJIBAYE (*Bactris gasipaes* Kunth) SEEDS

### 2. SUMMARY

High quality seeds are a pre-requisite for successful farming. Seed quality depends on many factors, of which the timing of seed harvest is one. The objectives of this research, done in Manaus (Amazonas, Brazil), were to identify the period in which the germination and the vigour of a progeny of pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth) showed the highest values, and to describe morphological, physical and biochemical changes that occur in fruits and seeds during maturation. Maintaining seeds (with different ages) after harvest within the fruits was also studied to compare early ripening and late ripening plants. Highest germination and vigour were achieved in seeds with 80 days after anthesis (physiological maturity). A partial change in colour of more than 50 % of the fruits from green to yellow or orange could be used as a guide to physiological maturity of the seeds. In the period from 60 to 130 days after anthesis the physical characteristics of the fruits (diameter, length, fresh weight, volume and dry weight of the mesocarp) increased continuously. The same physical characteristics of the seeds showed no alterations. Neither the physical characteristics of the fruits nor these of the seeds were correlated with the germination rate and vigour of the seeds. Fruits that floated in water normally contained seeds with low germination. Mesocarp moisture, protein and ash content decreased with maturation and reached levels of 55.7 %, 7.5 % and 1.4 %, respectively, and showed good correlations with seed maturity. Seed dry weight reached its highest value (55 %) at

the time germination and vigour were highest, indicating that this variable may be used as a maturity indicator. A reduction in seed moisture content to 45 % and in endosperm fat content to 29 %, together with an increase in carbohydrate content to 59 %, were observed and could also be useful as indicators of maturity. With increasing age of fruits/seeds the number of days necessary to start germination decreased progressively from 80 days, in seeds with 60 days after anthesis, to 47 days in seeds with 130 days of formation. The percentage of seeds with dormancy increased with increasing age of the fruits. Dormancy could be reduced by maintaining seeds of late ripening plants in the fruits after harvesting. However, when seeds of early ripening plants were maintained in the fruits, germination capacity was reduced.

### 3. INTRODUÇÃO

A pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth, Palmae) é uma das espécies nativas que mais se desenvolve como cultura na Amazônia nas últimas duas décadas, indo além da costumeira produção de subsistência. Em outras áreas do país, como nos Estados da Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Pernambuco, essa espécie tem despertado grande interesse de agricultores, os quais vêem grandes perspectivas econômicas com a exploração da pupunha para produção de palmito.

Como em diversas outras palmeiras, a pupunha se propaga normalmente por meio de sementes. Conseqüentemente, em função do grande interesse pela espécie nos últimos anos, há uma demanda crescente de sementes.

O sucesso na implantação de uma cultura depende de inúmeros fatores, dentre os quais a boa qualidade da semente é primordial. Esta, por sua vez, depende de fatores genéticos e ambientais, métodos de colheita e beneficiamento e do estágio de maturação da semente.

Em frutos carnosos, nem sempre há a necessidade de se esperar a completa mudança de cor ou maturação visual do fruto para se obter a maturação fisiológica das sementes. Deixar as sementes na árvore, após terem atingido a maturidade, corresponde a um armazenamento no campo, onde estão sujeitas às variações climáticas, além de pragas e doenças, que diminuem a sua qualidade (Piña Rodrigues,

1985). Inúmeras enfermidades têm sido associadas a sementes de pupunha (Valerin, 1982; Coates-Beckford & Chung, 1987; Ferreira, 1988). Por outro lado, há a necessidade de se tomar cuidado para que a colheita não seja antecipada demais, o que também pode levar a prejuízos. Em coco (*Cocos nucifera* L.), por exemplo, à medida que se antecipa a colheita de sementes, eleva-se acentuadamente o número de plântulas anormais (Wuidart & Lamothe, 1981). O ponto ideal de colheita, quando se deseja obter sementes da mais alta qualidade fisiológica, é o de máximo peso da matéria seca, que é também o de máxima germinação, máximo vigor e de menor deterioração da semente (Popinigis, 1985).

Embora se disponha de certo volume de conhecimento sobre a germinação, principalmente, e armazenamento das sementes de pupunha (Cardoso, 1944; Peixoto, 1958; Braun, 1970; Jordan, 1970; Koebernik, 1971; Germek, 1977; Gonzales & Dominguez, 1977; Mora Urpí, 1979; Calzada Benza, 1980; Coates-Beckford & Chung, 1987; Matthes & Castro, 1987; Ferreira, 1988; Ferreira & Santos, 1992 e 1993), até o presente se desconhecem informações sobre o momento mais adequado para a colheita das mesmas, com a máxima viabilidade e vigor. Em geral, sementes de pupunha para propagação são colhidas de frutos completamente maduros, prontos para o consumo.

A presente pesquisa teve por objetivo identificar o período em que a viabilidade e o vigor das sementes de uma progênie de pupunha são máximos, associa-lo a alterações visuais, físicas e bioquímicas dos frutos e sementes, assim como avaliar os efeitos do retardamento do beneficiamento das sementes (sua extração dos frutos e limpeza) sobre o teor de umidade e a germinação.

#### 4. REVISÃO DE LITERATURA

Neste item, inicialmente foi feita uma abordagem generalizada sobre pupunha, na qual se tratou da distribuição da espécie, as condições de ambiente em que se adapta, uso e perspectivas de seus produtos e sua diversidade genética. Em seguida, fez-se um relato sumarizado sobre o florescimento e a frutificação da pupunha. Por fim, considerando a ausência de dados sobre a maturação de sementes de pupunha, abordou-se este tema com informações de diversas outras espécies.

##### 4.1. Aspectos gerais sobre a pupunha

A pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) é uma palmeira nativa do neotrópico úmido que foi domesticada e, ainda hoje, amplamente utilizada pelos ameríndios. Seu centro de origem, até o momento, não se tem determinado com exatidão. São citadas certas áreas que vão do Panamá a Bolívia. Atualmente, a pupunha é cultivada desde Honduras, na América Central, até o norte da Bolívia e Brasil. É ainda encontrada em Trinidad, Jamaica, Porto Rico, Cuba e Malásia (Almeyda & Martin, 1980).

Devido à sua vasta distribuição geográfica, a pupunha se adapta à diferentes condições ecológicas. É encontrada em elevações que vão desde próximo ao nível do mar até cerca de 2000 m, devendo-se levar em conta que sua produção é reduzida quando acima de 700 m (Almeyda & Martin, 1980). No Equador e Colômbia é



encontrada em ambos os lados dos Andes, porém raramente em altitudes de 1200 m. Desenvolve-se bem em temperaturas variando de 24 a 28°C e é encontrada naturalmente em áreas que se diferenciam consideravelmente quanto ao regime de chuvas, entre 1900 a 6000 mm/ano, embora cresça melhor em áreas com chuvas abundantes e bem distribuídas. Quanto ao tipo de solo, a pupunha não parece ser muito exigente, tolerando solos ácidos e de baixa fertilidade, desde que sejam bem drenados (Mora Urpí *et al.*, 1982).

Desde a época pré-colombiana esta palmeira tem sido uma espécie de grande importância para os ameríndios (Clement, 1988), os quais ainda exploram quase toda a planta. No interior da Amazônia, a pupunha constitui-se em uma valiosa e versátil planta de subsistência. Dela se podem aproveitar os frutos para consumo direto (após cozimento em água e sal), fabrico de farinha de utilização variada e extração de óleo, além de fornecer palmito de excelente qualidade. Nos maiores centros urbanos da região o consumo dos frutos cozidos é a principal forma de utilização da pupunha. Normalmente esses são usados nas refeições, lanches ou como entrada. Frequentemente, são consumidos com café, manteiga, maionese ou vinagrete. Após o cozimento dos frutos, uma farinha seca também pode ser obtida. Para tanto, são removidas a casca e a semente, secando-se a polpa ao sol ou em forno e moendo-a posteriormente. Com este processo obtém-se uma farinha amarela que pode ser consumida junto com outros alimentos, utilizada na feitura de bolo, ou mesmo para substituir a farinha de milho (fubá) em diversos produtos culinários. Em Mitu (Rio Vaupes), na Colômbia, é comum o preparo de farinha de pupunha (textura semelhante à farinha de mandioca), amplamente consumida pelos nativos, cujo excedente é comercializado nas vendas locais.

Dada a diversidade de uso desta planta, bem como a preferência por um determinado tipo de fruto ou planta, hoje podemos encontrar uma ampla variação

genética nesta espécie, produto do intenso processo de seleção realizado pelos nativos (Clement, 1988). Nas diversas áreas onde a pupunha vem sendo cultivada, tem-se observado a indicação de variedades locais. Normalmente, a denominação destas variedades está associada à expressão da grande variabilidade genética existente na espécie, tais como: coloração dos frutos (vermelho, amarelo ou laranja); presença ou ausência de rachaduras na casca do fruto; maior ou menor conteúdo de óleo e amido nos frutos; tamanho e formato dos frutos; presença ou ausência de espinhos na planta; dentre outras. Contudo, apesar de existirem algumas características marcantes entre diferentes populações, dentro de cada uma são observadas variações consideráveis (Bovi *et al.*, 1994), o que não permite definí-las como variedades cultivadas *stricto sensu* (Lima, 1955; Camacho, 1976; Almeyda & Martin, 1980; Mora Urpí *et al.*, 1982).

Mora Urpí (1984), tentando separar as diversas populações de pupunha, resolveu definí-las como raças. Inicialmente, tomando como referência a cordilheira dos Andes, separou a pupunha em dois grandes grupos, que chamou de "raças ocidentais" e "raças orientais". As primeiras compreendem as populações localizadas à oeste dos Andes (Equador, Colômbia, Panamá, Costa Rica e Nicarágua) e que encerram algumas características comuns que parecem consistentes para diferenciá-las do conjunto de populações que crescem à este dos Andes, principalmente na Bacia Amazônica, as "raças orientais". Ainda segundo esse autor, ao longo do Rio Amazonas, entre a costa atlântica do Brasil e Iquitos no Peru, se encontram três grupos de raças com características bem distintas. Entre a costa brasileira, no Estado do Pará, até a confluência do Rio Negro com o Amazonas, no Estado do Amazonas, é encontrada uma população com frutos pequenos, de formas variadas, alto conteúdo de óleo, baixo perfilhamento, cachos pequenos, sementes pequenas com endocarpo fino e pericarpo também delgado. Subindo o Rio Amazonas, após o Rio Negro, até chegar o

município de Fonte Boa-AM, predomina uma raça de pupunha de frutos medianos, com um teor de óleo equilibrado, sendo um dos tipos preferidos pelas pessoas que consomem apenas o fruto cozido. A partir de Benjamim Constant-AM, até Iquitos no Peru, é encontrada uma outra raça que se diferencia bastante das anteriores. Nesta, os frutos são de tamanho grande, bastante farinhosos, com baixo teor de óleo, secos e muito susceptíveis ao ataque de insetos. Devido à introdução de raças de diversas localidades, Mora Urpí (1984) sugere ainda três zonas de hibridações que estão associadas às áreas urbanas mais importantes da Amazônia: Belém e Manaus no Brasil e Iquitos no Peru. Seguindo estes estudos, Mora Urpí & Clement (1989) ampliaram o número de raças e propuseram uma classificação baseada no tamanho ou peso dos frutos: microcarpa ( $< 20$  g); mesocarpa (20 a 70 g); e macrocarpa ( $> 70$  g).

No Brasil e na Costa Rica, assim como em outros países da América Latina, atualmente são realizadas inúmeras pesquisas que vão desde a coleta, caracterização e avaliação de germoplasma para o melhoramento, até estudos agronômicos e tecnológicos de aproveitamento do fruto e palmito de pupunha. Na área de melhoramento, esses dois países, embora não adotem a mesma escala de prioridades, definiram os seguintes objetivos: 1) Frutos para consumo humano; 2) Plantas para a produção de palmito; 3) Frutos para produção de farinha; 4) Ração animal de frutos e de todos os resíduos; 5) Frutos para produção de óleo (Clement & Mora Urpí, 1987).

#### ***4.2. Florescimento e frutificação de pupunha***

A pupunha é uma palmeira monóica que possui flores unissexuadas masculinas e femininas em uma mesma inflorescência; esta é protegida por uma espata coriácea, resistente, revestida de espinhos pequenos (Lima, 1955).

Um estipe individual de pupunha produz várias inflorescências em uma mesma safra, escalonadas no tempo; em um determinado dia, freqüentemente, somente uma espata por estipe é aberta, expondo a inflorescência (Beach, 1984).

Em sistema de cultivo, a pupunha inicia o florescimento um ano e meio a dois anos após o plantio em campo definitivo, quando as plantas atingem entre 3 e 4 metros de altura. Sob condições adensadas, semelhantes às silvestres, em que a planta necessita competir pela luz, o início do florescimento leva de 4 a 7 anos, quando a palmeira alcança de 6 a 10 metros (Mora Urpí & Solís, 1980).

Os primórdios florais se diferenciam do meristema apical quase ao mesmo tempo que as folhas, em cujas axilas se desenvolvem, de tal modo que uma planta potencialmente pode produzir tantas inflorescências quantas são as folhas (Mora Urpí, 1981), semelhante ao que ocorre com dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.) (Hartley, 1977). O desenvolvimento da inflorescência está intimamente ligado à idade da folha (Mora Urpí, 1981 e Clement, 1987). Clement (1987) diferenciou dois estádios principais, relacionados ao crescimento das inflorescências: 1) período de crescimento lento, vai desde a diferenciação da gema floral até o momento em que a folha que acompanha cada inflorescência já passou pela fase de palmito; 2) fase de crescimento rápido, a qual vai até a antese, quando a folha que a protege está senescente ou já morta (5 a 25 cm de comprimento). Uma inflorescência, dependendo de fatores genéticos e do estado nutricional da planta, além das condições do meio ambiente, pode completar seu desenvolvimento entre dois anos e dois anos e meio. Dentro deste período, a primeira fase leva de 10 a 18 meses, enquanto a de crescimento rápido, até a abertura da espata (florescimento), varia de 11 a 14 meses (Mora Urpí, 1981).

O período de floração da pupunha varia grandemente em função das condições ecológicas e da variação climática onde cada população se encontra (Mora Urpí & Solís, 1980). Em regiões onde há uma maior disponibilidade de chuva, sem um período

de estiagem pronunciado, ocorre floração duas vezes no ano, sendo que em uma destas há uma maior frequência de florescimento (Mora Urpí & Solís, 1980 e Beach, 1984). Por outro lado, em área de menor precipitação, com período de estiagem marcado, o florescimento ocorre em uma só época, alcançando proporcionalmente um pico de floração superior àqueles descritos para a situação anterior (Mora Urpí & Solís, 1980). Mora Urpí (1981) sugere que a uniformidade da umidade ambiental pode induzir um florescimento contínuo e uma produção de frutos durante todo o ano.

O ciclo de floração da pupunha é um processo há muito tempo estudado (Barbosa Rodrigues, 1898 (apud Schroeder, 1978); Barbosa Rodrigues, 1903 (apud Mora Urpí & Solís, 1980); Lima, 1955; Schroeder, 1978), que mais recentemente foi pesquisado em maior profundidade (Mora Urpí & Solís, 1980 e Beach, 1984). Embora Mora Urpí & Solís (1980) tenham adotado o período de três dias para se completar o ciclo de florescimento da pupunha, a maioria dos autores descreveram que as principais etapas deste processo se dão durante dois dias.

A inflorescência da pupunha é basicamente proterógina. No primeiro dia, em geral no final da tarde, ocorre a abertura da espata, o que coincide com o início da receptividade da flor feminina, a qual se mantém fértil por aproximadamente 24 horas. Antes do rompimento da bráctea há uma sensível elevação da temperatura da inflorescência (Barbosa Rodrigues, 1898 (apud Schroeder, 1978); Lima, 1955; Schroeder, 1978), o que segundo Beach (1984), pode auxiliar na volatização do odor almiscarado que funciona como atrativo para os insetos polinizadores. No segundo dia, normalmente 24 horas após a abertura da espata, ocorre a antese das flores masculinas, seguida da liberação do pólen e queda dessas flores. Com este comportamento há uma prevalência da xenogamia, sem descartar a possibilidade de geitonogamia devido às variações que ocorrem nos períodos de tempo para o encerramento da receptividade da flor feminina e do início de liberação do pólen, dentro de uma mesma inflorescência.

Em pupunha ocorrem três mecanismos de polinização. Considera-se que o mais importante seja aquele efetuado pelos insetos, principalmente Coleópteras (Curculionidae e Scarabaeidae), seguido do vento e, em menor importância, da gravidade. Os coleópteras normalmente chegam quando da abertura da bráctea e partem no dia seguinte, logo após a antese da flor masculina e início de liberação de pólen da mesma, migrando para outras inflorescências.

Até o momento, há poucas informações sobre a fase de desenvolvimento dos frutos de pupunha. Segundo Mora Urpí (1984), o tempo para a formação dos frutos, desde a floração até o início da maturação dos mesmos, é de aproximadamente 115 dias. Apesar de não terem observado efeito significativo, Clement *et al.* (1993) admitem a possibilidade de metaxenia (efeito imediato do pólen nos tecidos somáticos que dão origem ao fruto) no processo de maturação dos frutos de pupunha. Em uma mesma matriz, utilizando dois pais distintos (plantas que forneceram pólen), estes autores encontraram uma variação de 32 dias de diferença na maturação dos frutos, ou seja, foram coletados racimos com frutos no estágio maduro com 99 e 131 dias após a antese, com a média de 128 dias. O período de tempo em que as sementes são colhidas para a propagação da espécie, coincide aproximadamente com as idades apresentadas para a maturação dos frutos.

#### **4.3. Maturação de sementes**

Da mesma forma como acontece com a maturação dos frutos, são poucas as informações sobre o desenvolvimento das sementes de pupunha, assim como de outras palmeiras em geral. A seguir, são feitas algumas considerações generalizadas sobre a maturação de sementes.

O desenvolvimento de uma semente começa com a formação de uma simples célula ovo fertilizada e geralmente termina quando a semente está madura. Entre estes eventos ocorrem mudanças morfológicas, celulares e bioquímicas, as quais são reguladas de uma maneira coordenada de tal modo que, para uma determinada progênie, de uma espécie em particular, são expressas fenotipicamente de formas semelhantes (Bewley & Black, 1994).

Tomando como base as mudanças no peso fresco, peso seco e conteúdo de água da semente, Bewley & Black (1994) distinguiram três grandes fases durante o desenvolvimento das mesmas: a) período de ganho rápido de peso fresco, tendo em vista a divisão e o início da expansão celular; b) ganho rápido no peso seco, devido ao aumento do tamanho celular para acomodar a deposição de reservas; c) perda de peso fresco, quando a semente perde umidade para alcançar a maturidade.

Edwards (1980) menciona o reconhecimento de pelo menos dois tipos de maturação das sementes: a) *morfológica*, caracterizada pelo completo desenvolvimento do embrião, endosperma e das outras estruturas que compõem cada tipo de semente; e b) *fisiológica*, alcançada quando da conclusão da acumulação de compostos orgânicos nas sementes, identificada por valores máximos de peso seco, germinabilidade e vigor. Ainda segundo esse autor, nem sempre um embrião morfológicamente maduro significa estar fisiologicamente pronto ou capaz de germinar. Acrescenta-se a isto que esses dois tipos de maturação não são excludentes: maturação morfológica e fisiológica freqüentemente ocorrem concomitantemente, embora em diferentes estádios de desenvolvimento.

Harrington (1972) define como "ponto de maturidade fisiológica" o momento em que a semente alcança o seu máximo peso seco, além do qual esta não mais acumula nutrientes, mesmo permanecendo na planta por algum tempo a mais. Já Popinigis (1985) associa ao "ponto de maturidade fisiológica", conforme definido por

Harrington (1972), os alcances de máximos poder germinativo e vigor. Contudo, esta associação nem sempre acontece ao mesmo tempo, como no caso de *Crotalaria juncea* L. (Mozambani *et al.*, 1993), em que os máximos poder germinativo e vigor ocorreram bem antes das sementes atingirem o peso de matéria seca máximo. De acordo com Harrington (1972), há casos em que os embriões são imaturos, quando do peso da matéria seca máximo, e que estes continuam a se desenvolver mesmo após a semente ser removida da planta. Esse mesmo autor, apesar de levar em conta que a maturidade fisiológica não seja um ponto preciso ou determinável com exatidão, considera a mesma de extrema importância, uma vez que marca o momento em que a semente começa a envelhecer. Neste instante a semente tem seu maior vigor, o qual declina a partir daí, com o início da senescência e, eventualmente, não germina mais.

Algumas modificações observadas durante o amadurecimento de frutos e sementes têm sido utilizadas como indicadores de maturidade. Segundo Edwards (1980), estes índices podem ser convenientemente agrupados em dois grandes grupos: *índices físicos e índices bioquímicos* de maturidade. Dentre os índices físicos, muitos frutos e sementes, maduros ou imaturos, podem ser distinguidos através da coloração, decréscimos no conteúdo de umidade e gravidade específica (relação entre peso e volume) ou mudanças em suas dimensões. Por outro lado, entre os índices bioquímicos encontram-se os teores de gordura, açúcares (reduzidos e não-reduzidos) e amido, com os quais se tem buscado correlações com a germinação e o vigor das sementes.

Dependendo da espécie, diferentes indicadores ou combinações destes têm sido eficientes na determinação da maturidade fisiológica das sementes. A maturidade fisiológica de sementes de *Casuarina equisetifolia* J.R. & G. Forst., entendida como alcances de máximos peso seco e germinabilidade, coincidiu com a mudança de cor do cone de verde para marrom e com um decréscimo no conteúdo de umidade para menos de 50% (Maideen *et al.*, 1990). Kanashiro & Viana (1982) obtiveram as melhores



taxas de emergência quando os frutos de freijó (*Cordia goeldiana* Huber) estavam mudando da cor verde para a marrom, o que é muito fácil de se observar. Os índices que melhor definiram a maturação das sementes de cabreúva (*Myroxylon balsamum* (L.) Harms), foram teor de umidade de 45% e a coloração amarela dos frutos/sementes (Aguiar & Barciela, 1986). O teor de umidade juntamente com a coloração das sementes de copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) também mostraram-se como os melhores indicadores de maturidade (Barbosa *et al.* 1992). Para angico (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) o ponto de maturação e a época de colheita das sementes ocorrem aos 220 dias após a frutificação, quando os frutos adquirem uma cor verde amarronzada e as sementes atingem o peso fresco mais elevado (Souza & Lima, 1985). Em diversas espécies de pinus, a aplicação da gravidade específica em campo, com o uso de fluidos de diversas densidades, tem demonstrado ser conveniente (Edwards, 1980). Mercier & Langlois (1992), trabalhando com sementes de "white spruce" (*Picea glauca*), obtiveram como indicadores de maturidade das sementes os seguintes índices: a) quando o embrião alcança 90 % do comprimento da cavidade onde o mesmo se aloja; b) quando o teor de umidade do cone alcança 63 %; c) quando a gravidade específica do cone é de 0,99 g/litro; e d) quando aproximadamente 80 % dos cones flutuaram em uma solução aquosa de metanol (densidade igual a 0,93 g/litro).

Ao mesmo tempo em que as sementes se desenvolvem fisicamente, com o aumento do peso da matéria seca, há acumulação de compostos orgânicos. É inerente à própria semente o fato de conter relativamente grande quantidade de substâncias de reserva, as quais suportam o crescimento e desenvolvimento da plântula até que esta possa se estabelecer como uma planta fotossintetizante e autotrófica (Bewley & Black, 1994). Em muitas das sementes maduras existem pelo menos duas ou três substâncias de reserva armazenadas em quantidades apreciáveis. As que se encontram em maiores

quantidades são os carboidratos (principalmente amido), os triglicerídeos e as proteínas. As sínteses destes compostos se efetuam em diferentes compartimentos da célula: amido e ácidos graxos nos plastídios e proteínas no citossol (citoplasma) e retículo endoplasmático (Bewley & Black, 1994). Em geral, segundo Edwards (1980), esses compostos são relativamente estáveis durante a fase inicial de desenvolvimento da semente, sofrendo mudanças significativas quando a maturidade é atingida. Contudo, há casos em que a mudança na quantidade relativa de um composto ocorre muito cedo ou inexistente, como o que acontece em girassol (*Helianthus annuus* L.), em que o teor de proteína se mostrou invariável durante todo o período de observação (Bittencourt *et al.*, 1991). Em diversas espécies florestais, a quantidade de açúcares redutores se mostra um bom índice de maturidade, decrescendo com a proximidade do estágio maduro; em outros casos a gordura bruta aumenta rapidamente, o suficiente para que seja utilizada como indicador de maturidade (Edwards, 1980).

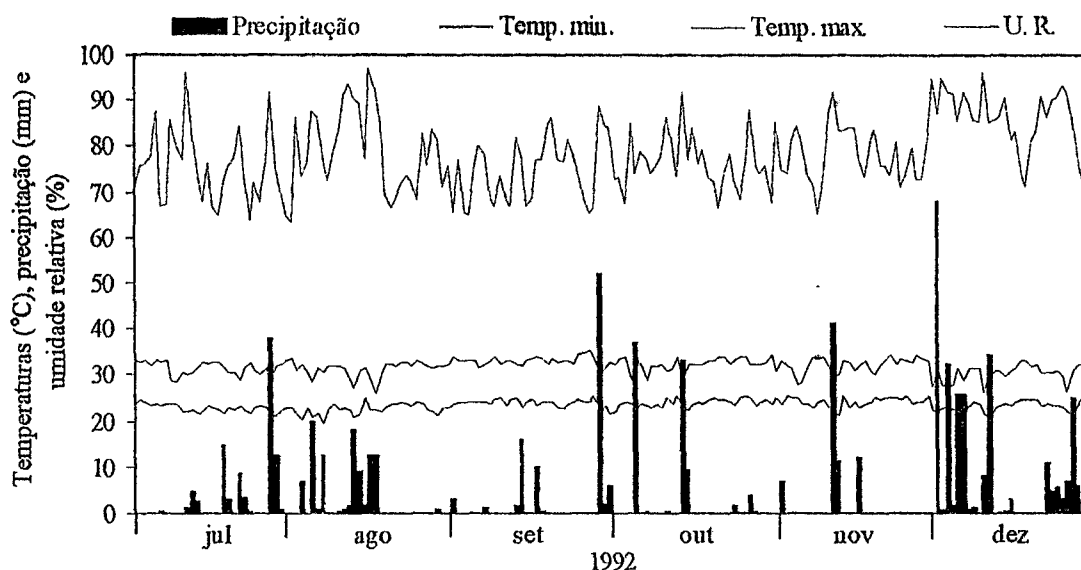
## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1. *Origem dos frutos*

Os frutos de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth), pertencentes a raça Pará do grupo Microcarpa (Mora Urpí & Clement, 1989), foram colhidos em um plantio de uma progênie de meios-irmãos (318P) com oito anos de idade, de polinização livre, situado no Campus do INPA/V-8, em Manaus-AM, Brasil. As coordenadas do local são aproximadamente 3°08' S e 60°01' W. O clima da região é do tipo "Afi", de acordo com Köppen, com uma temperatura média anual de 26,7°C e precipitação média anual de 2.286,2 mm de chuva (Brasil, 1992a). As variações das temperaturas (máxima e mínima), da precipitação e da umidade relativa do ar, ocorridas durante o período de registro da antese (26/07 a 22/09/92) até a colheita dos frutos e sementes (06/11 a 27/12/92) estão representadas na Figura 1. Para as análises da composição química centesimal, os frutos foram colhidos no início da safra de 1991/92, enquanto para os demais estudos as colheitas foram realizadas no início da safra de 1992/93.

### 5.2. *Colheitas de frutos e sementes*

Com o objetivo de obter frutos e sementes com diferentes idades, em cada período de colheita, primeiramente aguardou-se o momento em que aproximadamente 50% das plantas da progênie 318P tinham iniciado a abertura das espatas. Esta espera,



**Figura 1.** Variação climática no período entre a antese e a colheita dos frutos de pupunha utilizados na caracterização física dos frutos e sementes e no estudo da germinação. Dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia: I Distrito, Estação 82331, Manaus - AM.

baseando-se em Mora Urpi (1981), visava alcançar um momento de maior frequência de pólen no ar e, conseqüentemente, um maior número de frutos férteis por racimo. Neste instante, procedeu-se a identificação das plantas que apresentavam a possibilidade de abertura de pelo menos 8 inflorescências por planta, as quais passaram a ser acompanhadas diariamente, registrando-se a data da antese de cada racimo. Vale ressaltar que a abertura da bráctea (espata), estrutura que protege a inflorescência, praticamente coincide com a antese da flor feminina e início de receptividade (fertilidade) de seu estigma (Lima, 1955; Mora Urpi & Solis, 1980; Beach, 1984). Em seguida, elaborou-se um calendário de colheitas, onde previa-se, para cada uma das plantas marcadas, a obtenção de racimos (frutos e sementes) de pupunha com as seguintes idades: 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120 e 130 dias após a antese. Visando minimizar as interferências de possíveis fatores climáticos (precipitação, insolação, temperatura, etc.), tendo em vista o intervalo de 70 dias entre os frutos/sementes mais

jovens e os de maior idade, além de que as anteses não ocorreram em um só momento e sim seqüencialmente dentro de cada planta, as primeiras anteses registradas foram aquelas deixadas para se colher frutos/sementes de maiores idades e vice-versa. Devido à queda prematura dos frutos (aborto, pragas, doença, etc.), nem sempre foi possível estudar todos os períodos estabelecidos ou dispor do mesmo número de amostragens (ou plantas) para as diferentes idades dos frutos ou sementes. Outro fator restritivo foi o número mínimo de frutos estabelecido por racimo. Dentro de uma planta, cada racimo, que correspondia a uma idade específica, deveria possuir no mínimo 150 frutos/sementes: 100 para teste de emergência (germinação); 40 para determinação de umidade; e 10 para caracterização física de frutos e sementes. De um total de 32 plantas acompanhadas na floração da safra de 1992/1993, nas quais previa-se a possibilidade de obtenção de 8 racimos/planta em boas condições de trabalho, apenas 9 plantas foram efetivamente utilizadas e, mesmo assim, em algumas não foi possível colher as idades extremas, principalmente 60 e/ou 130 dias após a antese.

Na avaliação da composição química centesimal, empregaram-se 4 plantas e foram analisados os períodos de 60 a 120 dias após a antese. Já para a caracterização física dos frutos e sementes, determinação do teor de umidade, germinação e vigor das sementes, foram utilizadas 9 plantas, avaliando-se de 60 a 130 dias, cujos racimos encontram-se caracterizados na Tabela 1.

### **5.3. Mudança na cor dos frutos**

Em dez plantas de pupunha da progênie 318P, para os frutos de diferentes racimos e/ou idades, descreveram-se as alterações quanto a mudança de cor do epicarpo (casca), do mesocarpo (polpa) e da corola, órgão persistente nos frutos (Mora Urpi *et al.*, 1993; Henderson, 1995), algumas vezes erroneamente chamado de cálice (Morera, 1981).

Tabela 1. Caracterização dos racimos de pupunha, de uma progênie de meios-irmãos (318P), empregados nas avaliações físicas de frutos e sementes e nos estudos de germinação e vigor das sementes.

Identif. Planta/ racimo	Data antese	Data coleta	Idade frutos (dias)	Peso racimo (g)	Peso frutos (g)	Peso ráquis (g)	Número frutos
L1P1/9	17/09/92	16/11/92	60	4400	4200	200	318
L1P1/8	17/09/92	26/11/92	70	3940	3500	440	274
L1P1/7	06/09/92	25/11/92	80	4500	3950	250	305
L1P1/6	06/09/92	05/12/92	90	3720	2140	580	189
L1P1/4	20/08/92	28/11/92	100	4100	3540	560	201
L1P1/3	17/08/92	05/12/92	110	3440	2940	500	153
L1P1/2	11/08/92	09/12/92	120	4600	3900	700	208
L1P1/1	07/08/92	15/12/92	130	4600	4000	600	199
L1P3	-	-	60	-	-	-	-
L1P3/8	22/09/92	01/12/92	70	5180	4740	440	345
L1P3/7	20/09/92	09/12/92	80	5800	5150	630	380
L1P3/6	12/09/92	11/12/92	90	7200	6380	820	483
L1P3/5	07/09/92	16/12/92	100	7100	6300	800	466
L1P3/4	31/08/92	19/12/92	110	5900	5160	740	348
L1P3/3	29/08/92	27/12/92	120	4100	3420	680	268
L1P3	-	-	130	-	-	-	-
L3P3	-	-	60	-	-	-	-
L3P3/10	13/09/92	22/11/92	70	4000	3400	600	184
L3P3/9	06/09/92	25/11/92	80	5800	5120	680	248
L3P3/7	24/08/92	22/11/92	90	7000	6300	700	253
L3P3/6	19/08/92	27/11/92	100	7200	6420	780	232
L3P3/4	10/08/92	28/11/92	110	5300	4600	700	144
L3P3/3	06/08/92	04/12/92	120	5540	4880	660	134
L3P3	-	-	130	-	-	-	-
L10P3/10	18/09/92	17/11/92	60	3300	2820	480	188
L10P3/9	13/09/92	22/11/92	70	4200	3700	500	203
L10P3/8	13/09/92	02/12/92	80	4300	3560	740	169
L10P3/6	09/09/92	08/12/92	90	4900	4200	700	180
L10P3/5	06/09/92	15/12/92	100	5450	4800	650	216
L10P3/3	02/09/92	21/12/92	110	5320	4680	640	211
L10P3/1	24/08/92	22/12/92	120	4860	4310	550	180
L10P3/2	27/08/92	04/01/93	130	3900	3380	520	164
L16P3	-	-	60	-	-	-	-
L16P3/7	28/08/92	06/11/92	70	2200	1800	400	142
L16P3/6	19/08/92	07/11/92	80	3400	2970	430	190
L16P3/5	15/08/92	13/11/92	90	3500	2900	600	174
L16P3/4	09/08/92	17/11/92	100	3400	2950	450	150
L16P3/3	04/08/92	22/11/92	110	4300	3800	500	245
L16P3/1	26/07/92	23/11/92	120	3100	2660	440	106
L16P3	-	-	130	-	-	-	-

Tabela 1. Continuação...

Identif. Planta/ racimo	Data antese	Data coleta	Idade frutos (dias)	Peso racimo (g)	Peso frutos (g)	Peso ráquis (g)	Número frutos
L17P3	-	-	60	-	-	-	-
L17P3/11	18/09/92	27/11/92	70	2260	1900	360	139
L17P3/6	09/09/92	28/11/92	80	2300	1880	420	124
L17P3/5	08/09/92	07/12/92	90	2400	1950	450	114
L17P3/4	05/09/92	14/12/92	100	3800	3240	560	140
L17P3/2	04/09/92	23/12/92	110	3700	3180	520	171
L17P3	-	-	120	-	-	-	-
L17P3	-	-	130	-	-	-	-
L19P4/14	12/09/92	11/11/92	60	2500	2170	330	168
L19P4/13	03/09/92	12/11/92	70	2600	2220	380	181
L19P4/9	23/08/92	11/11/92	80	4500	4000	500	319
L19P4/5	14/08/92	12/11/92	90	4160	3660	500	346
L19P4/4	11/08/92	19/11/92	100	4900	4350	550	248
L19P4/3	07/08/92	25/11/92	110	4700	4200	500	274
L19P4/1	29/07/92	26/11/92	120	3400	2940	460	169
L19P4	-	-	130	-	-	-	-
L20P3/9	08/09/92	07/11/92	60	2800	2600	200	177
L20P3/7	30/08/92	08/11/92	70	3250	3000	250	156
L20P3/6	26/08/92	14/11/92	80	3600	3120	380	160
L20P3/5	20/08/92	18/11/92	90	4300	3900	400	178
L20P3/4	15/08/92	23/11/92	100	3500	3160	340	122
L20P3/3	11/08/92	29/11/92	110	3200	2820	380	108
L20P3/2	05/08/92	03/12/92	120	3500	3180	320	124
L20P3/1	02/08/92	10/12/92	130	3300	2800	500	126
L24P1/9	20/09/92	19/11/92	60	5400	4900	500	311
L24P1/8	16/09/92	25/11/92	70	6900	6200	700	402
L24P1/7	12/09/92	01/12/92	80	6020	5340	680	310
L24P1/6	11/09/92	10/12/92	90	6500	5800	700	336
L24P1/5	05/09/92	14/12/92	100	4100	3580	520	170
L24P1/4	05/09/92	24/12/92	110	3000	2460	540	168
L24P1	-	-	120	-	-	-	-
L24P1	-	-	130	-	-	-	-

A partir dos pontos comuns e de maior frequência, procurou-se estabelecer, para a progênie estudada, um padrão médio de comportamento em função da idade.

#### 5.4. *Avaliações físicas dos frutos e sementes*

Em cada racimo colhido, foram separados aleatoriamente 10 frutos, de onde se obtiveram as médias das seguintes variáveis: *diâmetro* (mm) - mensuração, com paquímetro, da porção transversal mais ampla dos frutos; *comprimento* (mm) - medida, com paquímetro, da distância entre os extremos dos frutos; *peso* (g) - registro em balança semi-analítica do peso do fruto fresco; *volume* (cm<sup>3</sup>) - registro da força exercida sobre a balança para que o fruto submergisse em água, com conversão de gramas para centímetros cúbicos; *gravidade específica* (g/cm<sup>3</sup>) - relação obtida entre o peso e o volume do fruto; *matéria seca da polpa* (g) - peso do epicarpo (casca) mais o mesocarpo (polpa) após a secagem em estufa a 105°C, durante 24 horas. Estes mesmos parâmetros foram também avaliados nas sementes dos frutos utilizados, tendo sido incluído nas medidas o endocarpo, parte do pericarpo de difícil dissociação da semente propriamente dita.

#### 5.5. *Análises das composições químicas de frutos e sementes*

Foram escolhidos, ao acaso, cerca de 10 frutos por racimo, os quais foram separados em mesocarpo (polpa) e semente (sem o endocarpo que a envolve) e estas secas em estufa a 60°C, até peso constante, quando então foram moídas. Seguindo as normas da AOAC (1975), as mesmas foram submetidas às análises, em triplicata, de *proteínas*, determinada pelo método micro-Kjeldahl; *gorduras*, a fração extrato etéreo foi determinada em extrator intermitente de Soxhlet, utilizando eter de petróleo p.a.



como solvente; *cinzas*, determinada por gravimetria em mufla a 550°C até peso constante; *carboidratos totais*, obtido por diferença.

### 5.6. *Avaliações da viabilidade e vigor das sementes*

As sementes destinadas à determinação de umidade e teste de germinação, foram extraídas dos frutos e limpas com o auxílio de um canivete, de modo a remover todo o resto de polpa que por acaso se encontrava aderido as mesmas. As atividades acima citadas foram todas realizadas na mesma data de colheita dos racimos, logo após o beneficiamento das sementes.

De cada racimo colhido, foram separadas aleatoriamente 40 sementes (quatro repetições de dez) para determinação de umidade e 100 sementes (quatro repetições de vinte e cinco) para os testes de emergência (germinação) e vigor. Quando o número de sementes (fruto) por racimo foi pequeno (ver Tabela 1), reduziu-se o número de sementes dentro de cada repetição da determinação de umidade, ajustando-se ao disponível.

As determinações dos teores de umidade foram feitas logo após o beneficiamento, com as sementes inteiras e com endocarpo, em estufa a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ , durante 24 horas, de acordo com o que prescrevem as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992b).

Os testes de emergência foram desenvolvidos em casa de vegetação em condições não controladas, em caixas de madeira, onde as sementes foram dispostas horizontalmente a uma profundidade de 1 cm, em substrato de serragem parcialmente decomposta. A avaliação da emergência foi realizada a cada cinco dias, considerando-se como germinadas as sementes que mostravam o primeiro ou segundo prófalo (folha modificada) acima da superfície do substrato.

Como parâmetro de vigor foi calculado o Índice de Velocidade de Emergência, de acordo com Maguire (1962), sendo que, para efeito de cálculo, em vez de considerar o número de sementes germinadas foi empregada a porcentagem de plântulas emergidas.

### ***5.7. Maturação artificial das sementes***

Em ensaio piloto, observou-se que, entre plantas, havia grande discrepância quanto à mudança de cor dos frutos e porcentagem total de germinação para uma mesma idade. Com isto, instalou-se um experimento à parte, denominado "maturação artificial", visando avaliar o efeito do retardamento do beneficiamento das sementes (sua retirada do fruto e limpeza) sobre o teor de umidade e a germinação das mesmas. Foram utilizadas duas plantas, uma de maturação tardia (L9P2 - planta cujos frutos levavam mais tempo para iniciar a mudança de cor) e outra precoce (L19P4 - planta em que os frutos mudavam de cor muito cedo), de onde foram obtidos um total de 18 racimos, sendo 9 de cada planta, colhidos com diferentes idades: 70, 80 e 90 dias após a antese. Posteriormente, os mesmos foram armazenados em uma sala, com meia luz natural e temperatura ambiente, por períodos de 0, 10 e 20 dias, quando então procedeu-se o beneficiamento das sementes, seguido da determinação de umidade e teste de germinação (emergência). Os procedimentos para as determinações de umidade e os testes de germinação foram os mesmos já citados anteriormente, inclusive com igual número de sementes e repetições por racimo.

### ***5.8. Análise estatística dos resultados***

A partir dos dados médios obtidos por planta e idade dos frutos/sementes, para cada variável avaliada, a fim de se representar a progênie estudada (318P) calculou-se

uma nova média e seu respectivo erro-padrão, por idade. Quando possível, com o conjunto das médias por planta e idade, procurou-se identificar, utilizando o "pacote" SAS (SAS/STAT, 1992), entre os modelos de regressão linear, polinomial quadrática e logarítmica, o que melhor se ajustasse a cada um dos parâmetros, sendo estes representados graficamente. No caso específico sobre "maturação artificial" das sementes foram apenas calculadas as médias para cada planta, idade e período de retardamento, com posterior representação gráfica.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em quase todos os parâmetros estudados, foram encontradas variações consideráveis (elevado erro padrão) em relação a seus valores médios. Sem excluir a possibilidade de interferências de fatores climáticos e erros amostrais, em função de fatores não controláveis, foi marcante a discrepância dos resultados entre uma planta e outra, o que está associado mais provavelmente à grande variação genética encontrada no material trabalhado. Vale salientar que nesta pesquisa foi utilizada apenas uma progênie de meios-irmãos, o que, de certa forma, deveria restringir a variabilidade genética. Contudo, considerando que a pupunha é uma espécie predominantemente alógama, torna-se mais fácil a compreensão de tamanha variabilidade encontrada entre as plantas estudadas.

Como em outras espécies do gênero *Bactris*, as inflorescências de pupunha são proteróginas, preferencialmente xenogâmicas e polinizadas principalmente por insetos, presumivelmente, advindos de diversas outras plantas (Lima, 1955; Essig, 1971; Mora Urpi & Solís, 1980; Mora Urpi, 1982; Beach, 1984). Assim, espera-se que em cada descendente, em função do grande fluxo gênico dentro da espécie, encerrem-se características bem distintas em relação às de seus irmãos. Segundo Piña Rodrigues (1985), a interação de fatores genéticos e ambientais promovem uma variação da maturação dentro das árvores, entre as mesmas e entre locais e anos, dificultando uma determinação exata do período de ocorrência da maturidade.

### 6.1. *Mudanças na coloração dos frutos e outros eventos visuais*

A mudança de cor nos frutos de pupunha foi um processo que, em média, teve início aos 70 dias após a antese e foi concluído por volta dos 110 dias. Essa alteração na cor dos frutos, de um modo geral, normalmente é explicada como resultado de um decréscimo no pigmento clorofila e um aumento de carotenóides e da razão carotenos/xantofila (Borenstein & Bunnell *apud* Rolz *et al.*, 1972). Uma descrição das alterações das cores dos frutos de pupunha, onde também são relacionados outros eventos que se associaram à maturação de frutos e sementes, é apresentada na Tabela 2. Na Figura 2, são mostradas algumas modificações visuais no epicarpo dos frutos de uma determinada planta de uma população sem espinhos, com comportamento semelhante ao da progênie 318P.

Aos 50 dias após a antese, em observações eventuais, verificou-se que as sementes de pupunha apresentavam a maior parte do endosperma ainda no estado líquido, estando este inteiramente solidificado aos 60 dias. Em sementes de dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.), que morfologicamente muito se assemelham às de pupunha, o endosperma permanece líquido até 60 a 70 dias após a antese e gelatinoso até aproximadamente 100 dias (Crombie *apud* Corley & Gray, 1976).

Durante o amadurecimento dos frutos existiram situações extremas, apesar de estabelecido para cada idade um padrão de comportamento quanto à mudança da cor. Os frutos iniciaram este processo aos 70 dias após a antese. Contudo, houve um caso em que aos 60 dias se percebeu que a alteração da coloração já havia sido iniciada há algum tempo. Foram observadas também, plantas cujos frutos apresentaram o início da mudança de cor tardiamente, com 80 dias. Fato semelhante ocorreu com o período final da mudança de cor dos frutos, com variações consideráveis, para mais ou para menos, em relação aos 110 dias após a antese. O comportamento de sementes de plantas chamadas tardias e precoces é avaliado mais adiante com maiores detalhes.

Tabela 2. Mudanças visuais durante o processo de maturação de frutos e sementes de pupunha, em uma progênie de meios-irmãos (318P), em Manaus-AM.

<i>Idade (dias)</i>	<i>Aspectos observados nos frutos e sementes</i>
50	Corola e epicarpo completamente verdes. Mesocarpo esbranquiçado, fortemente aderido ao endocarpo. Este se apresentava com manchas irregulares nas cores branca e café. A maior parte do endosperma se encontrava no estado líquido, a outra parte gelatinosa ou solidificada, algumas vezes meio a meio.
60	Corola e epicarpo verdes. Mesocarpo de cor variando de creme a esbranquiçada, fortemente aderido ao endocarpo. Semente aparentemente formada, com endosperma solidificado. Endocarpo, o qual envolve a semente, de cor café.
70	Corola completamente verde. Em cerca de 30% dos racimos desta idade os frutos apresentavam epicarpo completamente verde, nos 70% restante predominava o verde com a porção mediana dos frutos levemente amarela ou alaranjada, dependendo da cor final dos frutos de cada racimo, amarela ou vermelha, respectivamente. Mesocarpo creme ou alaranjado, dependendo da cor do epicarpo (amarelo/vermelho), um pouco aderido ao endocarpo. Algumas vezes, na região que envolve a semente, o mesocarpo assumia tonalidades mais intensas das cores mencionadas.
80	Na maioria dos frutos, corola verde. Em 20% dos racimos, coincidentemente em frutos que mais tarde teriam o epicarpo vermelho, as corolas possuíam manchas alaranjadas, normalmente situadas na região central das mesmas. Em quase todos os racimos, havia ainda frutos com epicarpo completamente verde, porém a maioria apresentava diferentes graus de mudanças para o amarelo ou alaranjado, principalmente na porção mediana dos frutos. Mesocarpo creme ou alaranjado, pouco aderido ao endocarpo, as vezes soltando com facilidade. Em certos casos, na região que envolve a semente, o mesocarpo assumia tonalidades mais intensas.
90	Em 50% dos racimos, todos os frutos apresentavam corola completamente verde, nos outros 50% dos racimos alguns frutos possuíam corola verde com a região central da mesma amarela ou laranja. Em todos os racimos, 100% dos frutos já haviam iniciado a mudança de cor. Estes normalmente apresentavam o epicarpo, na porção mediana dos frutos, de cor amarela, laranja ou avermelhada, com as regiões do ápice e da base dos frutos esverdeadas; de racimo para racimo houveram variações nas intensidades das cores. Mesocarpo de cor creme, laranja ou avermelhada. Algumas vezes na porção que envolve a semente, o mesocarpo era de tonalidade mais forte. As sementes se desprendiam do mesocarpo com bastante facilidade, sem resistência.
100	Na maioria dos racimos (80%), um grande número de frutos possuíam a corola completamente verde, enquanto uma menor parte desses apresentavam a porção central do cálice de cor amarela, laranja ou vermelha. No restante dos racimos (20%), em todos os frutos os cálices eram totalmente verdes. Epicarpo vermelho ou amarelo. Quando amarelo, nas regiões do ápice e base dos frutos podiam ser esverdeadas. Já quando vermelho, essas áreas apresentavam-se esverdeadas, amareladas ou alaranjadas. Mesocarpo amarelo, creme ou laranja, algumas vezes com a região que envolve a semente de tonalidade mais forte. O mesmo soltava-se do endocarpo com facilidade.
110	Normalmente, corola verde com sua região central amarela, laranja ou vermelha. Algumas vezes, o verde se restringia à área próxima da borda da corola. Epicarpo, em geral, amarelo ou vermelho. Em poucos casos, uma pequena porção da base e do ápice do fruto apresentavam variação de cor. Mesocarpo amarelo, creme ou laranja, algumas vezes com a região que envolve a semente de tonalidade mais forte. As sementes se desprendiam com facilidade.
120 e 130	Nestas idades não se observou mudanças na coloração dos frutos em relação às idades anteriores. Foi marcante apenas a alteração no estado fitossanitário dos mesmos. Aumentou a incidência de pragas (broca) e doenças (podridão negra, fusariose e antracnose).



**Figura 2.** Alterações visuais no epicarpo de frutos de um racimo de pupunha durante a maturação (dias após a antese), em uma planta desenvolvida em Manaus-AM.

Os primeiros sinais visuais de maturação foram encontrados no epicarpo, na porção transversal maior dos frutos (Tabela 2 e Figura 2). Nesta região teve início a mudança de cor que, passando por diferentes matizes entre o verde e o amarelo ou vermelho, expandiu-se para a base e o ápice do fruto. Esse padrão de comportamento se enquadra naquele de maior ocorrência em frutos de pupunha, dentre os quatro identificados por Morera (1981): 1) desde a base do fruto (20,5%); 2) desde o centro (39,2%); 3) desde o ápice (8,4%); 4) e irregularmente (31,9%).

O mesocarpo (polpa) também sofreu modificação da cor. Inicialmente, entre 50 e 60 dias após a antese, era esbranquiçado, passando por creme até alcançar sua cor final amarela ou laranja (aos 110 dias), de acordo com a cor definitiva do epicarpo, amarelo ou vermelho, respectivamente. Algumas vezes, ao redor do endocarpo, a polpa assumia tonalidades mais fortes.

Dependendo da idade do fruto, o mesocarpo apresentou diferentes graus de aderência ao endocarpo (estrutura que envolve a semente, normalmente indissociável durante toda manipulação até a sementeira da mesma), desde fortemente aderido, entre 50 e 60 dias, até casos em que se encontrava completamente desprendido, a partir de 90 dias após a antese. Vale ressaltar que em função da idade do fruto, o beneficiamento das sementes (limpeza) foi demorado em frutos jovens e facilitado quando estes se encontravam com mais idade, pois o resto de polpa que ficava aderido à semente era removido com maior facilidade.

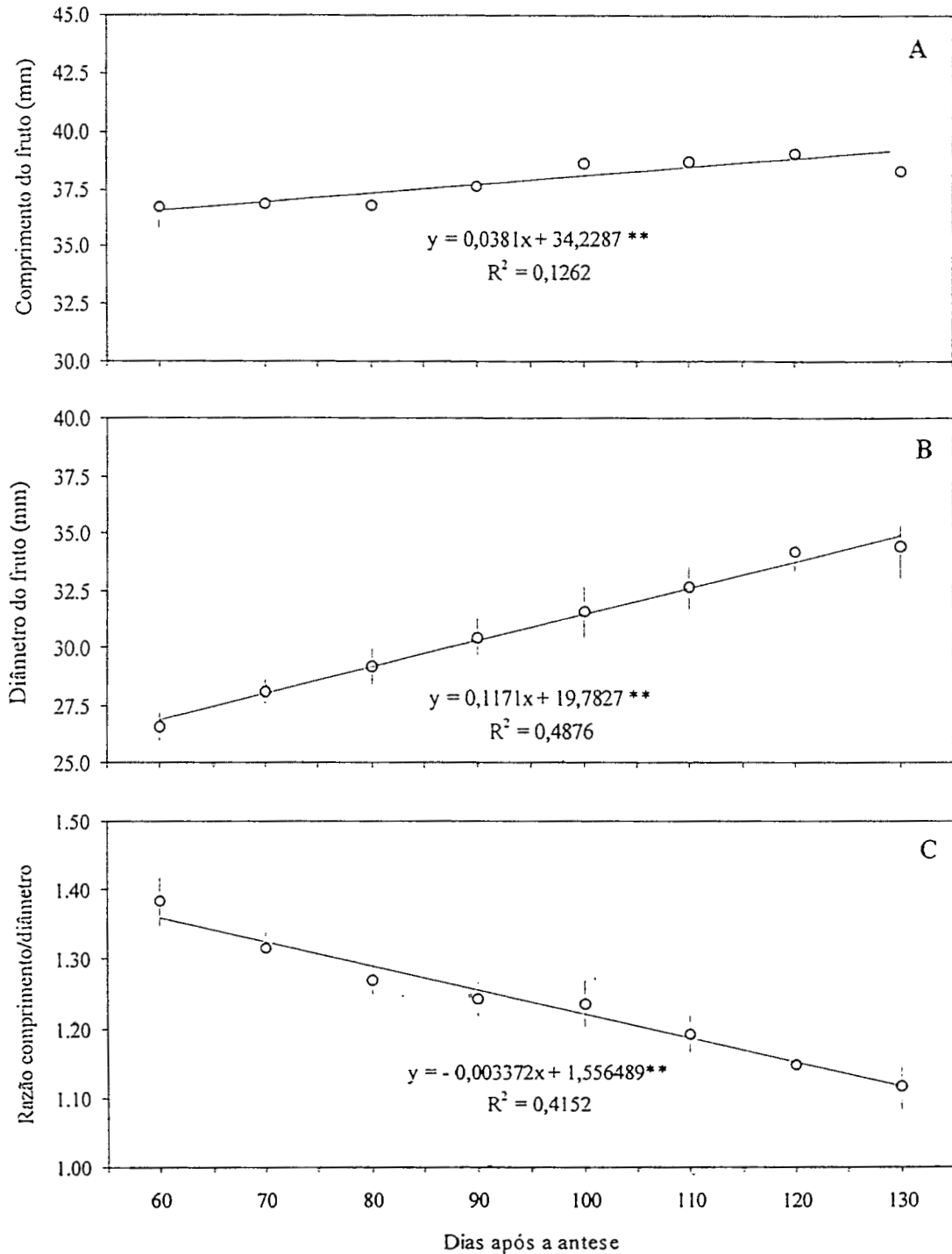
Aos 80 dias após a antese, em cada racimo, ainda havia frutos com o epicarpo completamente verde, contudo a maioria dos frutos ou pelo menos a metade destes apresentavam algum sinal de mudança de cor. Este aspecto, nesta idade, é interessante e deve ser levado em consideração pois é neste período que a germinação alcançou valor elevado, aparentemente sem diferir da emergência na idade de 90 dias após a antese, que também foi alta. Com este comportamento, parece possível associar o



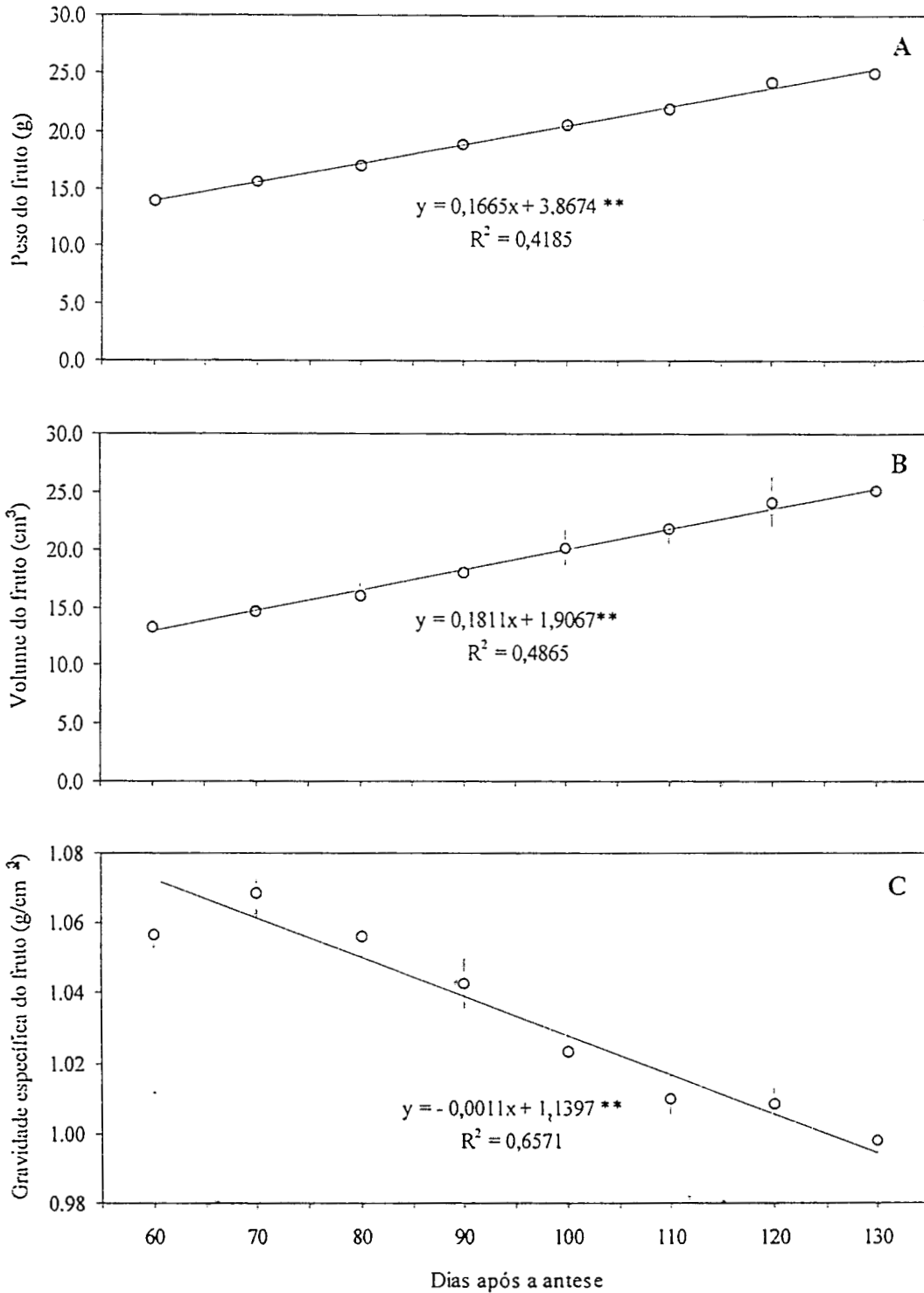
período de máxima emergência das sementes de um determinado racimo com a mudança de cor dos frutos pertencentes ao mesmo. Na maioria das vezes, a mudança de cor dos frutos (ou sementes), quando esta é utilizada como índice de maturidade das sementes, constitui-se em uma prática simples e fácil de ser observada, não requerendo muito tempo para realização (Edwards, 1980). Isoladamente ou em conjunto com outros índices, a mudança de cor é um recurso utilizado com sucesso na identificação da maturidade de sementes de diversas espécies: coco (*Cocos nucifera* L.) (Wuidart & Lamothe, 1981); feijó (*Cordia goeldiana* Huber) (Kanashiro & Viana, 1982); guaraná (*Paullinia cupana* H.B.K.) (Carvalho *et al.*, 1983); angico (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) (Souza & Lima, 1985); cabreúva (*Myroxylon balsamum* (L.) Harms) (Aguiar & Barciela, 1986); palmitero (*Euterpe edulis* Mart.) (Lin, 1986); *Ailanthus excelsa* Roxb. (Ramakrishnan *et al.*, 1990); *Casuarina equisetifolia* J.R. & G.Forst. (Maideen *et al.* 1990).

## 6.2. Alterações físicas dos frutos

No período de 60 a 130 dias após a antese, os frutos de pupunha apresentaram valores crescentes para os parâmetros físicos avaliados, com exceção da relação comprimento/diâmetro e gravidade específica, que decresceram (Figura 3 e 4). Aqui, todas as variáveis ajustaram-se melhor à regressão linear. É possível que, se fosse considerado o desenvolvimento dos frutos desde a fecundação até a maturidade, outros ajustes seriam encontrados. Segundo Awad (1993), a curva de crescimento do fruto, que relaciona o aumento do seu volume, diâmetro, peso fresco ou peso seco com o tempo, pode ser de dois tipos: sigmóide simples e sigmóide dupla. A primeira é encontrada em frutos de crescimento inicial rápido, seguido de um crescimento lento. A curva sigmóide dupla caracteriza frutos com crescimento inicial rápido seguido de um crescimento lento e um período final de crescimento rápido.



**Figura 3.** Modificações do comprimento (A), diâmetro (B) e razão entre estes (C) de frutos de pupunha com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P).



**Figura 4.** Modificações do peso (A), volume (B) e gravidade específica (C) de frutos de papunha com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P).

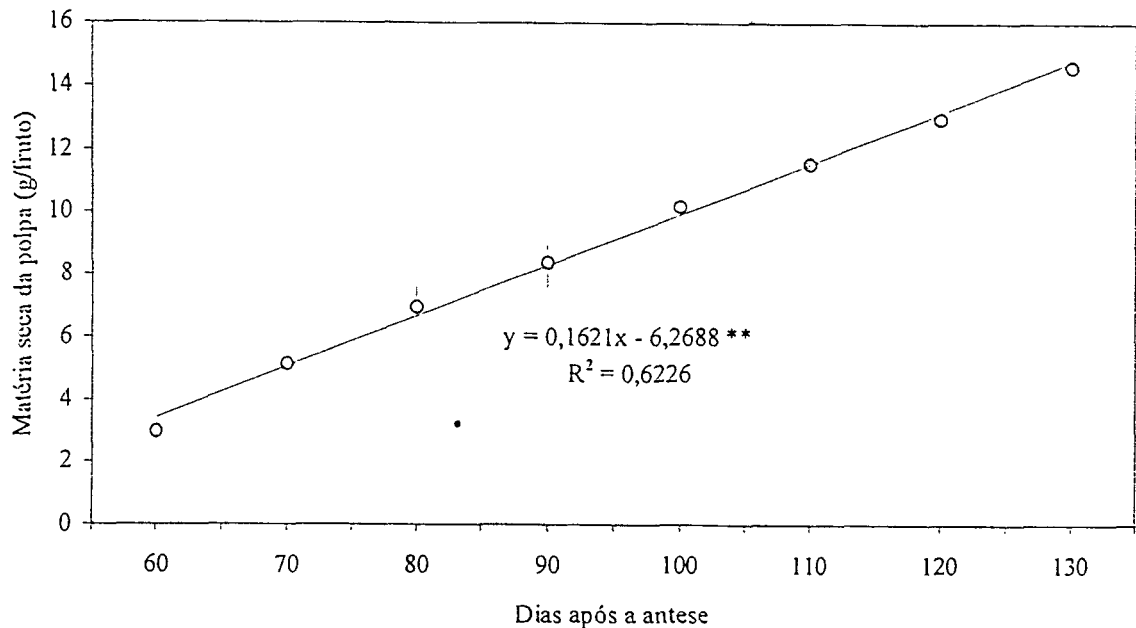
O diâmetro do fruto (Figura 3-B) apresentou taxas de incremento superiores àquelas apresentadas pelo comprimento do fruto (Figura 3-A). O comprimento do fruto mostrou um aumento de 4 % entre o primeiro e o último período de avaliação, enquanto o aumento no diâmetro foi de 29 %. Como consequência, a relação entre o comprimento e o diâmetro do fruto (Figura 3-C) foi decrescente. Sem levar em conta os ajustes feitos, visualizando exclusivamente os valores médios, o comprimento do fruto parece que cessou ou diminuiu seu crescimento mais cedo (100 dias), ao passo que o diâmetro aumentou até aos 120 dias após a antese. Deste modo, nota-se que as alterações nas dimensões dos frutos são difíceis de serem associadas com o período de máxima emergência e vigor das sementes, uma vez que essas aumentaram linearmente até muito além da maturidade das sementes (máxima emergência e vigor). Em outras espécies, como em palmitreiro (Lin, 1986) e em cabreúva (Aguiar & Barciela, 1986), ocorreu justamente o contrário: os frutos atingiram o tamanho máximo antes da maturidade das sementes ser alcançada. Cones de *Casuarina equisetifolia* J.R. & G. Forst. também não mostraram associação entre suas dimensões e a maturidade da semente (Maideen *et al.* 1990).

O peso e o volume do fruto (Figura 4-A e B) também foram crescentes, com aparentes estabilizações aos 120 dias, mesmo período em que o diâmetro do fruto tendeu a parar de crescer. Morera (1981) verificou que o peso do fruto da pupunha depende do diâmetro e do comprimento do fruto, do peso da semente e do número de frutos por racimo. Ao longo do período de tempo estudado, o volume apresentou maior taxa de incremento, conseqüentemente, a gravidade específica (Figura 4-C), a qual relaciona peso e volume, decresceu à medida em que o fruto amadurecia. Deste modo, com a progressão da idade dos frutos, estes tendiam a flutuar ou aproximar-se da superfície quando colocados em água. Associando-se estes dados aos de emergência e vigor, os quais são discutidos mais adiante, pode-se inferir que frutos que tendem a

flutuar apresentam sementes de menor germinabilidade e vigor, quando comparados àqueles que submergem. Contudo, ressalta-se que isto não é válido para frutos muito jovens, que também submergem, pois suas sementes ainda se encontram em formação ou não atingiram a maturidade.

O aumento do volume e do peso de frutos resulta da divisão celular, seguida do alongamento celular e algumas vezes da expansão dos espaços intercelulares. Geralmente, o crescimento inicial se deve à divisão celular e, portanto, ao aumento no número de células, o que é realizado num espaço de tempo variável, dependendo da espécie e de fatores climáticos associados à sua fase de desenvolvimento. O aumento posterior do volume do fruto se deve ao alongamento celular, que resulta no acréscimo do volume das células (Awad, 1993).

Em termos absolutos, o peso da matéria seca do mesocarpo (polpa) por fruto (Figura 5), semelhante ao que ocorreu com o peso do fruto fresco (Figura 4-A) e as medidas das dimensões do mesmo (Figura 3-A,B), teve um comportamento linear e ascendente, equivalente a um aumento de 360 % no intervalo de tempo estudado. Durante todo este período, o mesocarpo de pupunha acumula substâncias de reserva e parece ser o principal responsável pelo aumento do peso fresco e de matéria seca dos frutos. Vale salientar que, em termos relativos, o ganho de peso do fruto fresco, e neste a elevação do peso da matéria seca do mesocarpo, foi inferior ao aumento do volume do fruto e com isto a gravidade específica do fruto foi sempre decrescente. Conseqüentemente, os frutos quando maduros apresentavam menor massa específica, aparentemente se tornavam "mais leves", o que não era verdade, apenas o volume havia evoluído mais que o peso do fruto.



**Figura 5.** Modificações do peso da matéria seca da polpa (mesocarpo+epicarpo) de frutos de pupunha com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P).

A elevação constante do peso da matéria seca do mesocarpo chama a atenção em virtude de não ter sido notada uma tendência de estabilização ou de diminuição dos valores, apesar do aparente estágio de senescência nas idades mais avançadas dos frutos (Tabela 2 e Figura 2). Em algum momento do período de estudo, com a maturidade do fruto, esperava-se que tal fato ocorresse, como o detectado por Aguiar & Barciela (1986) em frutos de cabreúva (*Myroxylon balsamum*), onde inicialmente o peso da matéria seca do fruto teve uma fase crescente e, a partir de um determinado momento, normalmente quando se atinge a maturidade, os valores foram constantes. Há casos, como em copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) (Barbosa *et al.*, 1992), em que a matéria seca dos frutos atingiu esta fase bem antes do amadurecimento, permanecendo elevada (não apresentando alterações significativas) por um longo período, neste caso desde 35 até 294 dias após o florescimento.

Analisando o erro padrão de cada média do peso da matéria seca do mesocarpo

de pupunha (Figura 5), observa-se que este aumentou progressivamente com o aumento da idade dos frutos. Com isto, evidencia-se que no início das observações, entre as diferentes plantas estudadas, os pesos da matéria seca do mesocarpo foram muito próximos uns dos outros e se distanciaram bastante, com o passar do tempo. Este aumento na variação pode estar associado aos diferentes períodos de tempo requeridos para que os frutos de cada indivíduo da progênie atingisse a maturidade ou à capacidade de cada planta para completar seu desenvolvimento, o que parece ser controlado também por fatores genéticos.

### 6.3. *Variação na composição química do mesocarpo*

O teor de umidade do mesocarpo (Figura 6) foi progressivamente reduzido, à medida que a idade dos frutos avançava. Confirmando as observações de Morera (1981), o teor de umidade dos frutos de pupunha varia muito de uma amostra para outra, dependendo em grande parte do grau de amadurecimento dos mesmos.

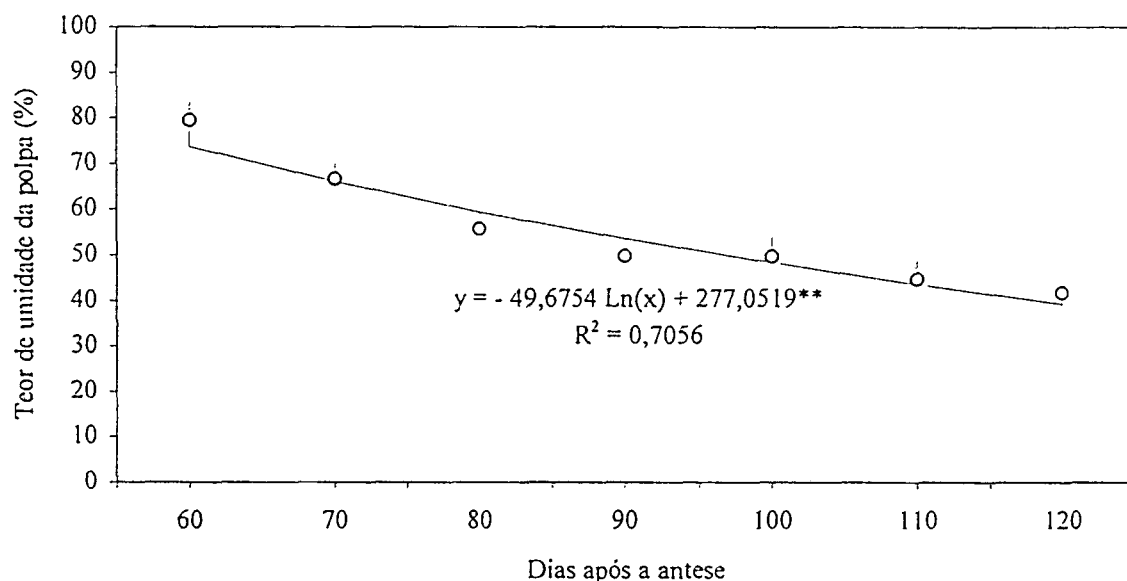
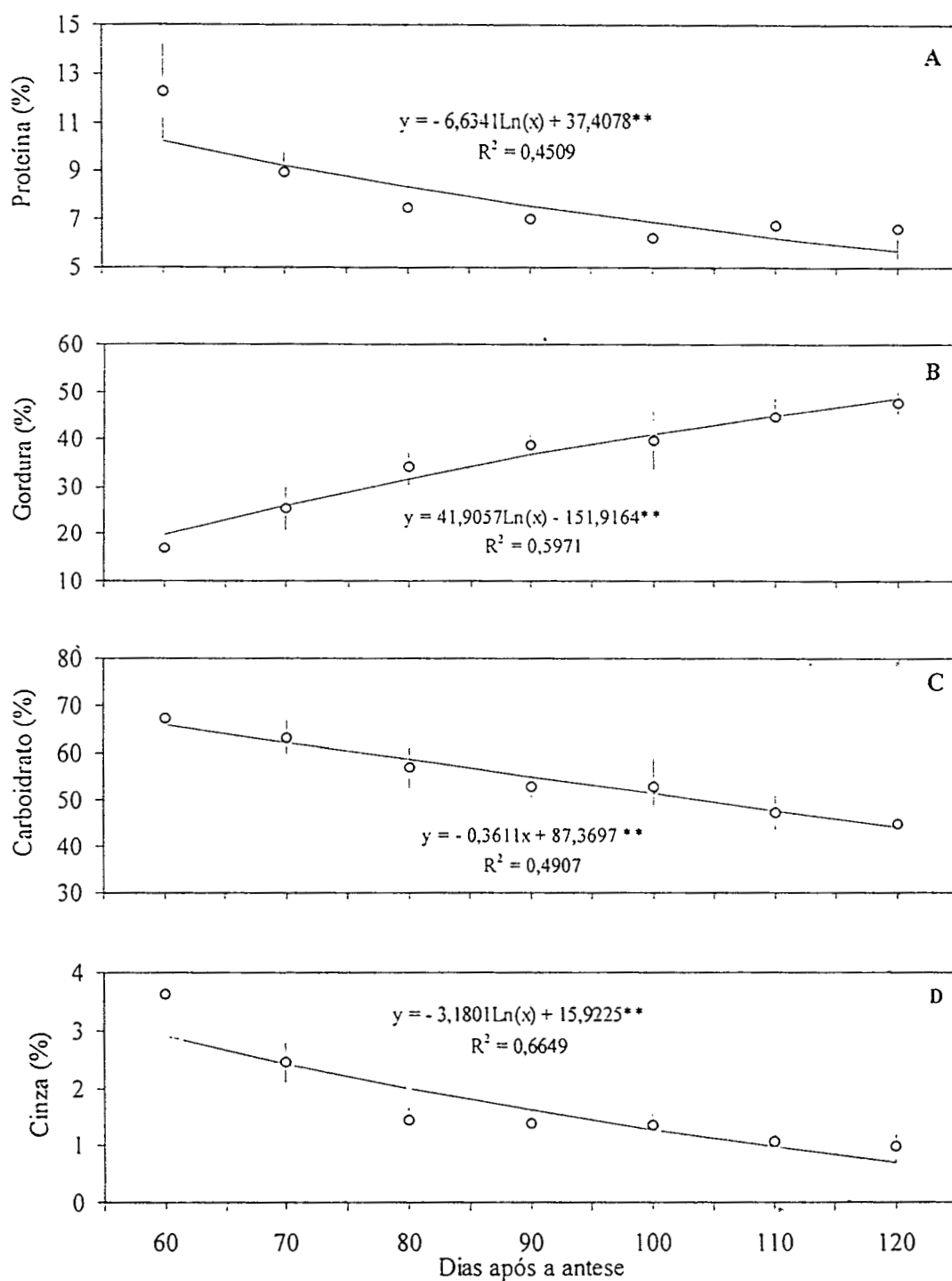


Figura 6. Modificações no teor de umidade do mesocarpo de frutos de pupunha com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P).

Durante o período estudado, observando-se apenas os valores médios, na maturação de frutos de pupunha identificam-se três fases distintas de perda natural do teor de umidade do mesocarpo. A primeira é uma etapa de perda de água mais acentuada, entre os períodos de 60 e 80 dias após a antese. Em seguida, entre 80 e 100 dias, a umidade do mesocarpo se mantém mais ou menos estável, com apenas uma pequena redução. Na terceira e última fase, a partir dos 100 dias após a antese, o teor de umidade do mesocarpo volta a cair, um pouco acentuado. Morera (1981) sugere que, uma vez atingida a maturação fisiológica, a perda de umidade dos frutos é muito pequena, o que se confirma neste trabalho. Reportando-se à Tabela 2, nota-se que foi justamente após a primeira etapa, depois de uma grande perda de umidade do mesocarpo, que as sementes (endocarpo) começaram a se desprender com maior facilidade, tornando-as assim mais fáceis para serem beneficiadas.

A composição química centesimal da matéria seca do mesocarpo de pupunha variou em seus constituintes principais em cada uma das idades de observação (Figura 7). À medida que aumentou a idade dos frutos, proporcionalmente elevou-se o teor de gordura (Figura 7-B) e decresceram os de proteína (Figura 7-A), carboidratos totais (Figura 7-C) e cinzas (minerais) (Figura 7-D). Ao atingir a maturidade, o mesocarpo de frutos da palmeira "dourm" (*Hyphaene thebaica* Mart.) também se comportou de modo semelhante: diminuiu o teor de proteínas e elevou o de gorduras, com o nível de carboidratos, ao contrário de pupunha, mantendo-se aproximadamente constante, para o período estudado (Bonde *et al.* 1990).





**Figura 7.** Composição química centesimal da matéria seca do mesocarpo de frutos de pupunha com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P): A) proteínas; B) gorduras; C) carboidratos; e D) cinzas.

Assim como em dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.) (Corley & Gray, 1976; Southworth, 1976), a acumulação de gordura no mesocarpo de pupunha parece ocorrer durante praticamente todo o período em que os frutos permanecem na planta. O acúmulo médio, no início das observações (frutos com 60 dias), representava cerca de 20 % da matéria seca. Aos 120 dias após a antese alcançou por volta de 49%, o equivalente a um aumento de 145 %, podendo ainda ser muito maior (181%) se levar em conta os valores médios reais obtidos. Como se pode observar, a idade dos frutos exerce grande influência no conteúdo de óleo do mesocarpo de pupunha, o que pode explicar, sem desconsiderar a importância que tem o fator genético, parte da ampla variação (2,2 a 61,7%) encontrada por Arkcoll & Aguiar (1984). A acumulação de gordura no mesocarpo de pupunha parece ocorrer bem mais cedo que em dendê. Revisando trabalhos com esta espécie, Southworth (1976) verificou que a acumulação de óleo no mesocarpo se inicia por volta dos 100 dias após a antese e, aumentando rápida e linearmente, vai até aos 160 dias. O *et al.* (1986) afirmam que em dendê a deposição de óleo no mesocarpo começa entre 84 a 96 dias após o florescimento e continua até o fruto amadurecer, 140 dias após o florescimento.

O teor de carboidratos (66%), que inicialmente era muito maior que o teor de gordura (20%), aos 120 dias mostrou-se equivalente (44%). Juntos, no início das observações (60 dias após a antese) representavam 85 % da matéria seca, e aos 120 dias após a antese significavam 93%. Somando-se estes dois compostos em cada ponto de observação, a partir de 80 dias após a antese, obtém-se um valor aproximadamente constante, o que sugere que, durante a maturação, pelo menos parte da gordura acrescida em termos relativos se deve a transformações dos carboidratos já existentes.

Sem levar em conta os ajustes feitos, proteína e cinzas (minerais) foram os constituintes do mesocarpo que sofreram reduções acentuadas no intervalo entre 60 e

80 dias após a antese, mantendo-se mais ou menos constantes depois disto. Os níveis de proteína (7,5%) e cinzas (1,4%) alcançados aos 80 dias, início da germinação e vigor máximos, poderiam de certo modo ser utilizados como indicadores da maturidade das sementes. No entanto, tendo em vista os requerimentos para suas determinações, não são práticos, além dos custos elevados para a obtenção dos resultados.

#### 6.4. Alterações físicas das sementes

Ao contrário dos frutos, as sementes completaram seu desenvolvimento morfológico antes do período de 60 dias após a antese. As variáveis físicas das sementes (comprimento, Figura 8-A; diâmetro, Figura 8-B; razão comprimento/diâmetro, Figura 8-C; peso, Figura 9-A; volume, Figura 9-B; gravidade específica, Figura 9-C; e matéria seca, Figura 10) não apresentaram nenhum tipo de ajuste significativo, o que significa que em média, durante o período de observação (60 a 130 dias após a antese), mantiveram-se constantes. De acordo com Morera (1981), os parâmetros físicos da semente de pupunha não sofrem influência do ano e da época de colheita, o que os tornam características úteis para diferenciar populações com suficiente variabilidade. Por outro lado, não foi possível relacionar os atributos físicos das sementes de pupunha com a maturidade das mesmas.

Para os parâmetros aqui relatados, algumas tendências de valores reduzidos, no início (60 dias após a antese) e no final das observações (130 dias), devem-se a um menor número de plantas utilizadas nestas idades, além de, coincidentemente, alguns indivíduos que só foram amostrados no intervalo de 70 a 120 dias terem proporcionado valores em geral um tanto superiores aos da média da progênie.

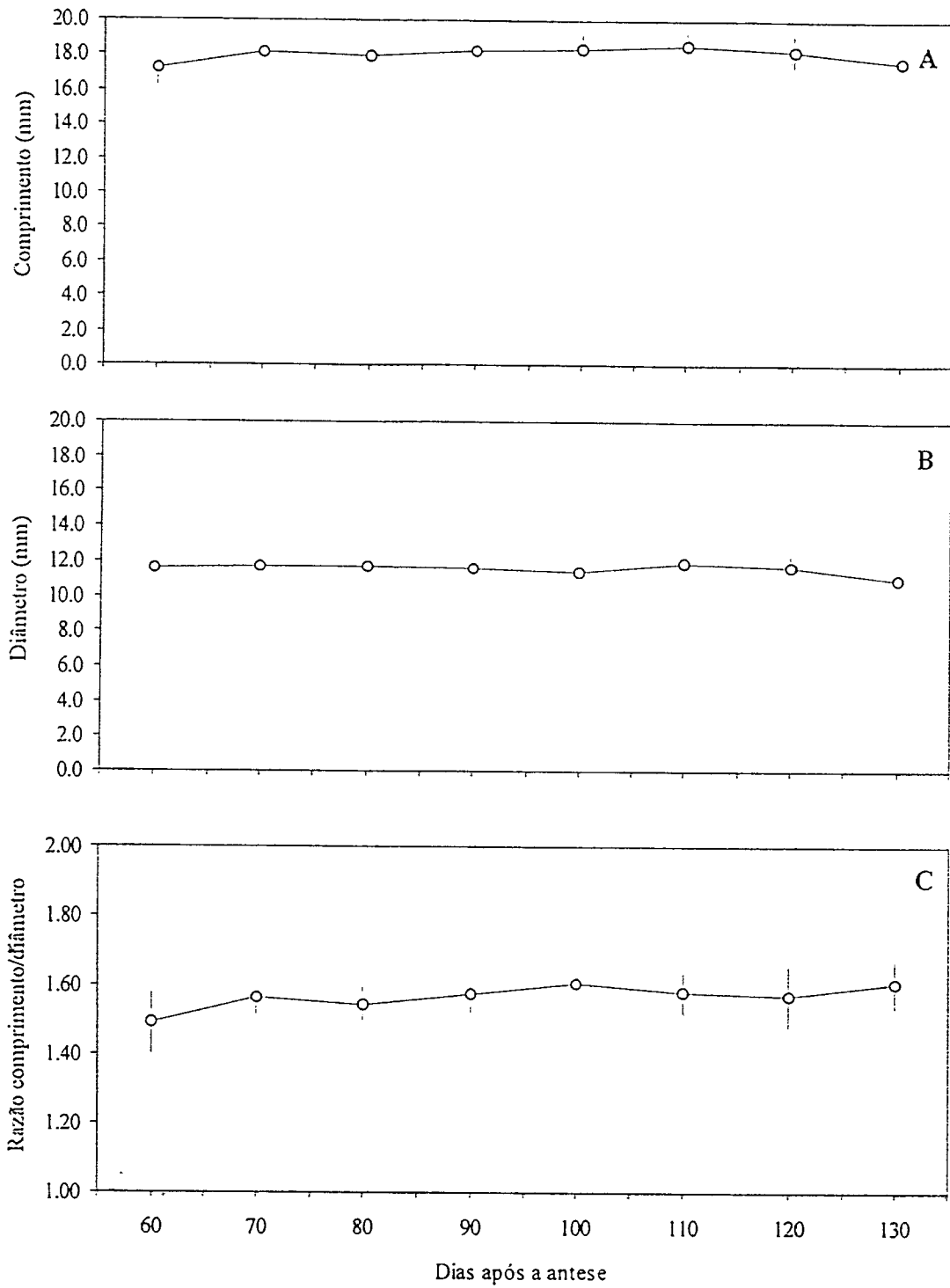
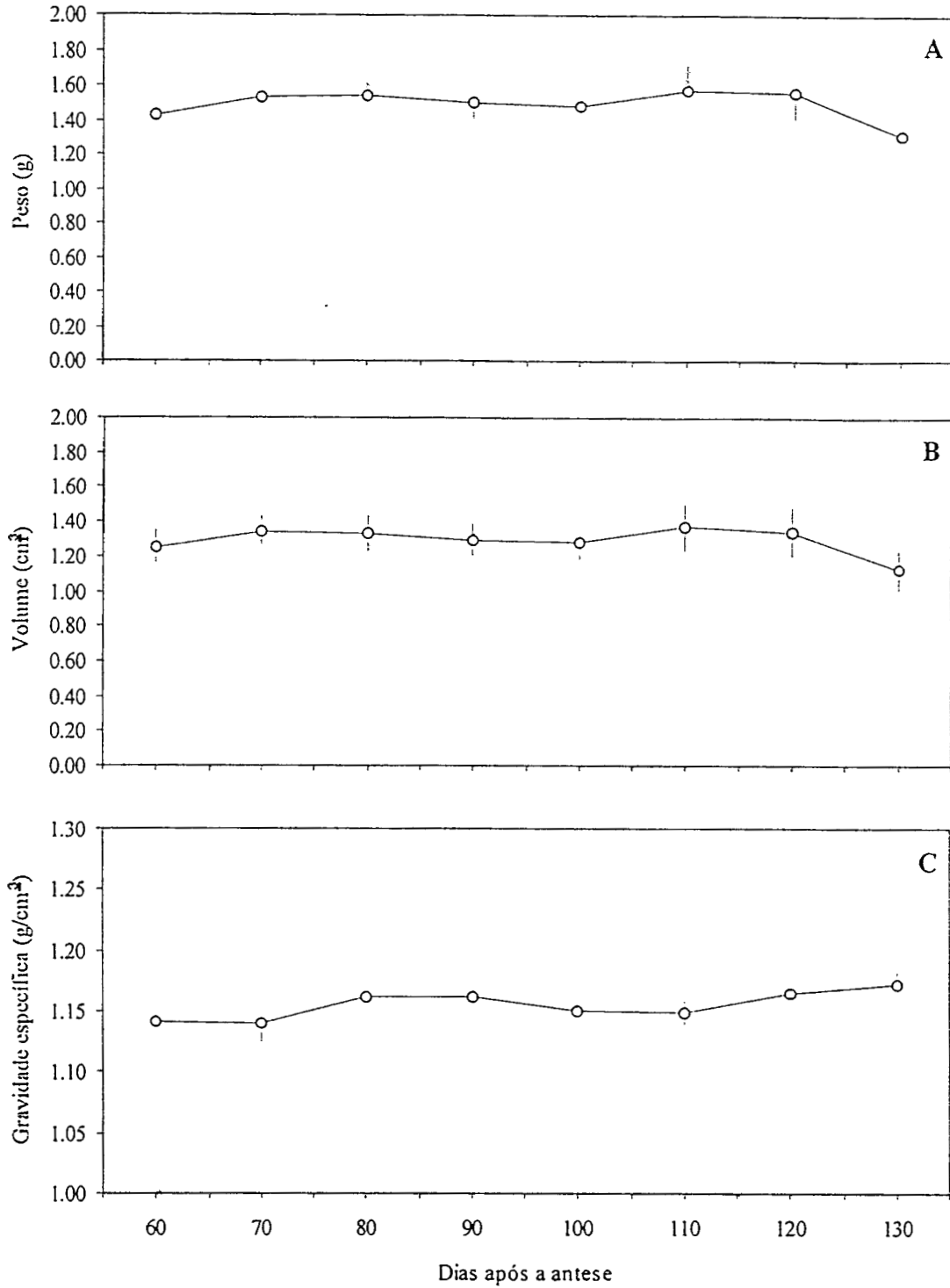
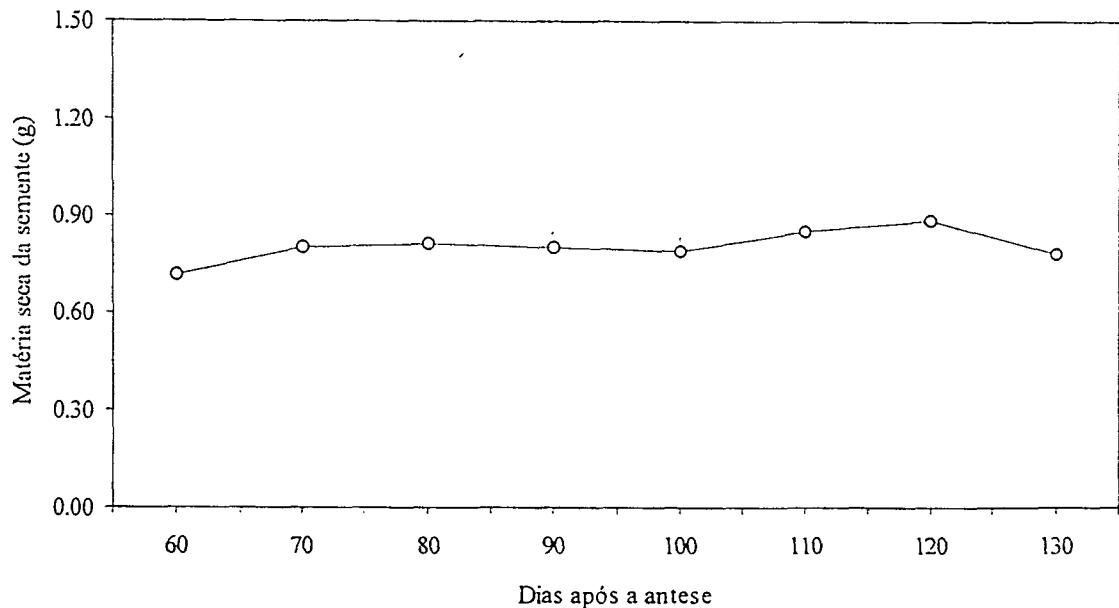


Figura 8. Modificações no comprimento (A), diâmetro (B) e razão entre estes (C) em sementes de pupunha com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P).



**Figura 9.** Modificações no peso (A), volume (B) e gravidade específica (C) de sementes de pupunha com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P).



**Figura 10.** Modificações no peso da matéria seca de sementes (endocarpo+semente propriamente) de pupunha com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P).

De todas as variáveis acima mencionadas, apesar da falta de ajuste significativo, o peso da matéria seca por semente foi a que apresentou uma melhor tendência de comportamento, ou seja, crescente com o aumento da idade do fruto/semente (Figura 10). É importante ressaltar que nesta variável foi incluído o peso do endocarpo, o qual se encontra intimamente ligado à semente, mas que botanicamente não faz parte da mesma. É possível que, se na determinação da matéria seca fosse considerada apenas a semente propriamente dita, os valores deste parâmetro teriam uma melhor definição.

Assim como em pupunha, outras espécies não apresentam correlação entre o desenvolvimento dos atributos físicos e a maturidade das sementes. O máximo peso da matéria seca de sementes de cabreúva (*Myroxylon balsamum* (L.) Harms) foi alcançado duas semanas antes do momento em que as mesmas atingiram percentuais de germinação mais elevados (Aguiar & Barciela, 1986). A maturidade fisiológica de sementes de crotalária (*Crotalaria juncea* L.) aconteceu antes da semente atingir o

máximo peso da matéria seca (Mozambani *et al.*, 1993). Em sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.), suas dimensões máximas foram atingidas praticamente ao mesmo tempo em que a germinação foi mais elevada, enquanto o peso máximo da matéria seca foi alcançado muito tempo depois (Bittencourt *et al.*, 1991). De acordo com Barbosa *et al.* (1992), o tamanho e o peso da matéria seca das sementes foram inconsistentes como indicadores da maturidade fisiológica de sementes de copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.). No entanto, há casos como o do guaraná (*Paullinia cupana* H.B.K.) em que, segundo Carvalho *et al.* (1983), o peso das sementes aumentou gradativamente à medida em que o fruto completava a maturação, atingindo valor máximo por ocasião da deiscência, instante em que a germinação e o vigor também foram mais elevados. Em *Casuarina equisetifolia* J.R. & G. o peso da matéria seca máximo foi associado com o pique de germinabilidade das sementes além de coincidir com a mudança de cor dos cones, de verde para marrom, e um decréscimo no conteúdo de umidade do cone para menos de 50% (Maideen *et al.*, 1990). Conforme Harrington (1972), nem sempre a maturidade fisiológica é um processo tão fácil de se determinar.

### 6.5. *Variação na composição química das sementes*

Proporcionalmente, à medida em que se elevou a idade do fruto, a porcentagem de matéria seca da semente de pupunha mostrou um comportamento linear e crescente (Figura 11), o que praticamente confirma a tendência do peso da matéria seca (Figura 10) de também ser crescente. No intervalo de 60 a 120 dias após a antese, a perda relativa de umidade do mesocarpo de frutos de pupunha (Figura 6) foi muito maior que a perda relativa de umidade da semente (discutida em detalhe mais adiante). Aos 60 dias após a antese, o valor relativo da matéria seca do mesocarpo foi muito menor do que o da semente. Contudo, vale salientar que, aos 50 dias após a antese, conforme

Tabela 2, muito provavelmente esta situação seria inversa uma vez que o endosperma, maior porção da semente, era líquido ou gelatinoso, ainda não tendo sido solidificado.

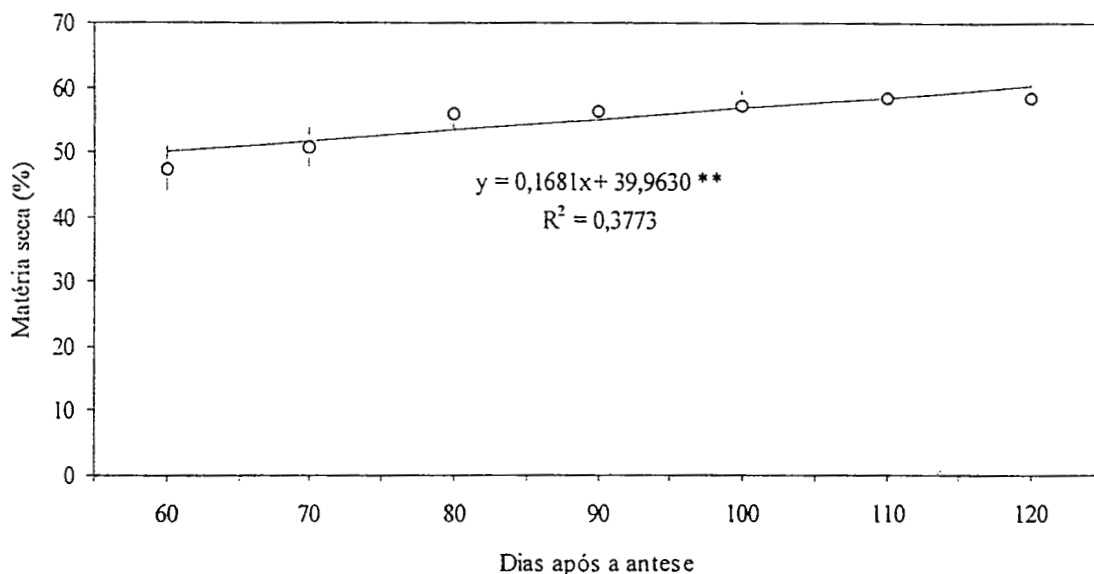


Figura 11. Modificações no teor da matéria seca de sementes (endocarpo+semente propriamente) de pupunha com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P).

Analisando apenas os valores médios da Figura 11, é possível abstrair duas fases no comportamento do teor de matéria seca das sementes. Na primeira, entre 60 e 80 dias após a antese, as médias foram crescentes com o aumento da idade. Seguindo-se a essa fase, tendo as sementes alcançado, aos 80 dias, a média mais elevada (cerca de 56%), os valores se apresentaram mais ou menos constantes, com pequena elevação (entre 56 e 58%). Assim, parece mais razoável utilizar como indicador de maturidade das sementes o teor de matéria seca das mesmas, em vez do peso da matéria seca, considerando-se que o primeiro apresentou um ponto de mudança de comportamento (80 dias após a antese), o qual coincide com o início do período de mais alta germinabilidade das sementes de pupunha.



Os valores do percentual de proteína e cinzas no endosperma da semente, Figura 12-A e D respectivamente, mostraram-se inalterados ao longo de todo o período de amostragem. O teor de proteína manteve-se por volta de 9,4 % e o de cinzas representou aproximadamente 2 %. Bittencourt *et al.* (1991) verificaram também que o teor de proteína mostrou-se invariável, ao redor de 15%, em sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) durante um longo período de observação (16 a 49 dias após o florescimento). Por outro lado, durante a maturação de sementes da palmeira "doum" (*Hyphaene thebaica* Mart.) o teor de proteína apresentou um decréscimo expressivo (Bonde *et al.*, 1990). Considerando que em geral a deposição de proteína é rápida, além de ocorrer muito cedo, torna-se difícil sua correlação com a maturidade das sementes. Contudo, Basha (1990), através de exame de perfis de proteína, sugeriu a utilização deste composto como indicador da maturidade de sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.).

Os teores de gordura e carboidratos totais (Figura 12-B e C), nos períodos de 60 a 120 dias após a antese, apresentaram algumas alterações, em sentidos contrários. Enquanto o percentual de gordura decresceu com o aumento da idade dos frutos, o de carboidratos se elevou, o que configura uma situação inversa ao que ocorreu com estes mesmos compostos na matéria seca do mesocarpo de frutos de pupunha. Prendendo-se apenas nos valores médios dos gráficos destes compostos, o ponto de inflexão observado no período de 80 dias após a antese chama atenção. A partir deste momento, em que o teor de gordura registrava cerca de 29% e carboidratos por volta de 59%, as médias foram mais ou menos constantes. Com isto, os valores alcançados aos 80 dias podem ser utilizados como indicadores do início do período de maturidade das sementes de pupunha, pelo menos para esta progênie.

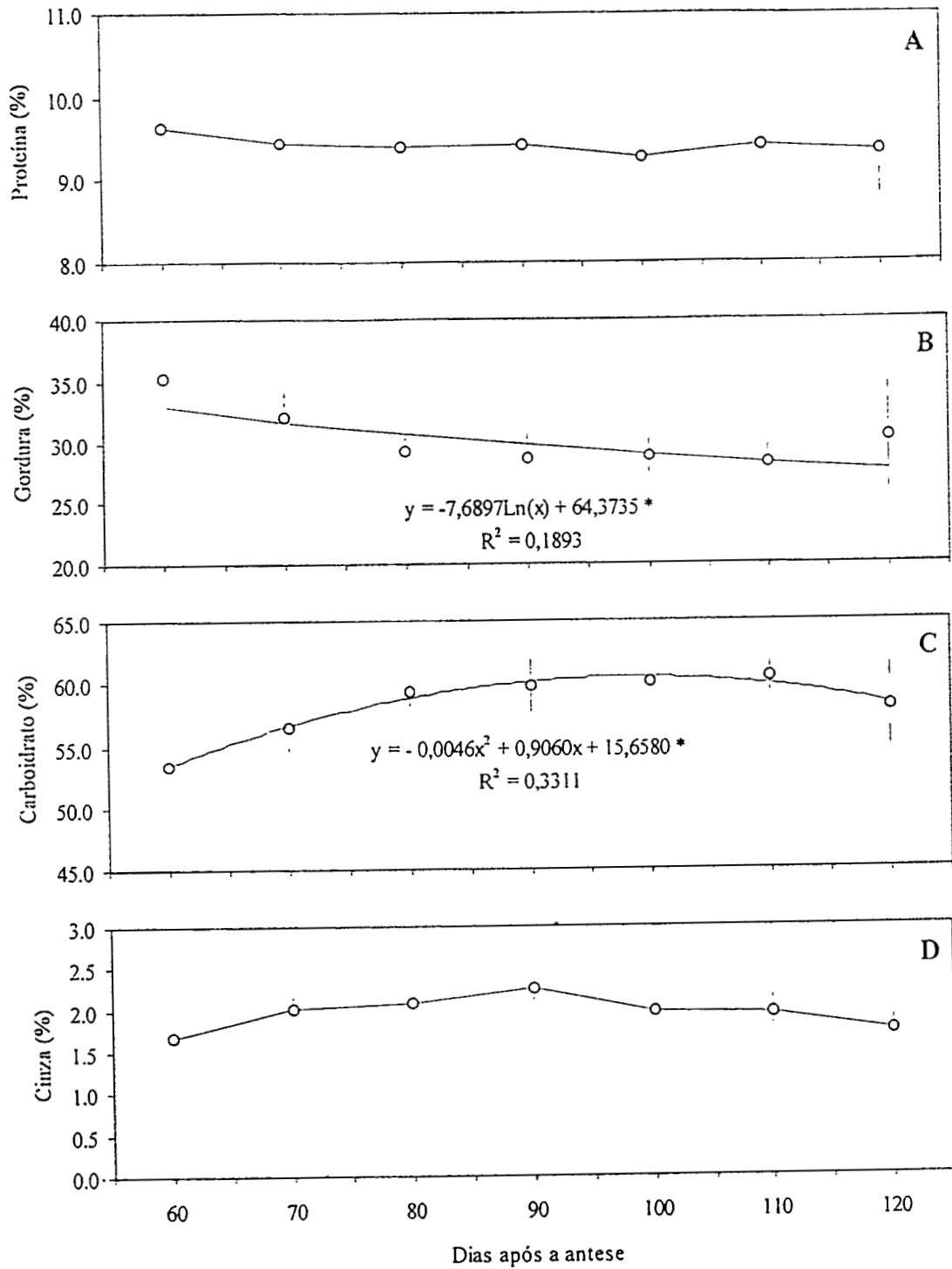


Figura 12. Composição química centesimal do endosperma de sementes de pupunha com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P).

Segundo Alang *et al.* (1988), em sementes de dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.) carboidratos insolúveis e lipídeos representam 36 e 47% do peso do endosperma seco, respectivamente. De Mason *et al.* (1983), através de estudo histoquímico, verificaram que em sementes de tâmara (*Phoenix dactylifera* L.) o endosperma armazena preferencialmente lipídios. Já De Mason (1986), também por meio da histoquímica, observou que no endosperma da palmeira *Washingtonia filifera* (Lindl.) Wendl. as maiores reservas são de carboidratos. No endosperma da palmeira "doum", assim como na maturação de sementes de pupunha, o conteúdo de gordura decresceu enquanto o de carboidratos se elevou (Bonde *et al.*, 1990). Contrário a estes comportamentos, em sementes de girassol o teor de óleo aumentou progressivamente com o aumento da idade das mesmas (Bittencourt *et al.*, 1991), o que provavelmente se deve a síntese de lipídios em diferentes tecidos.

Existem grandes diferenças no conteúdo de substâncias de reserva entre as sementes. Carboidratos, principalmente amido, predominam nos cereais e outras gramíneas, embora proteína e lipídios também estejam presentes. Uma grande quantidade de sementes, muitas das quais são importantes agriculturalmente, armazenam lipídios como sua reserva principal. Altos níveis de proteína e amido, mas com pouco lipídio, são encontrados em um terceiro grupo de sementes, nos quais se incluem muitos legumes tais como ervilhas e feijões (Bewley & Black, 1994).

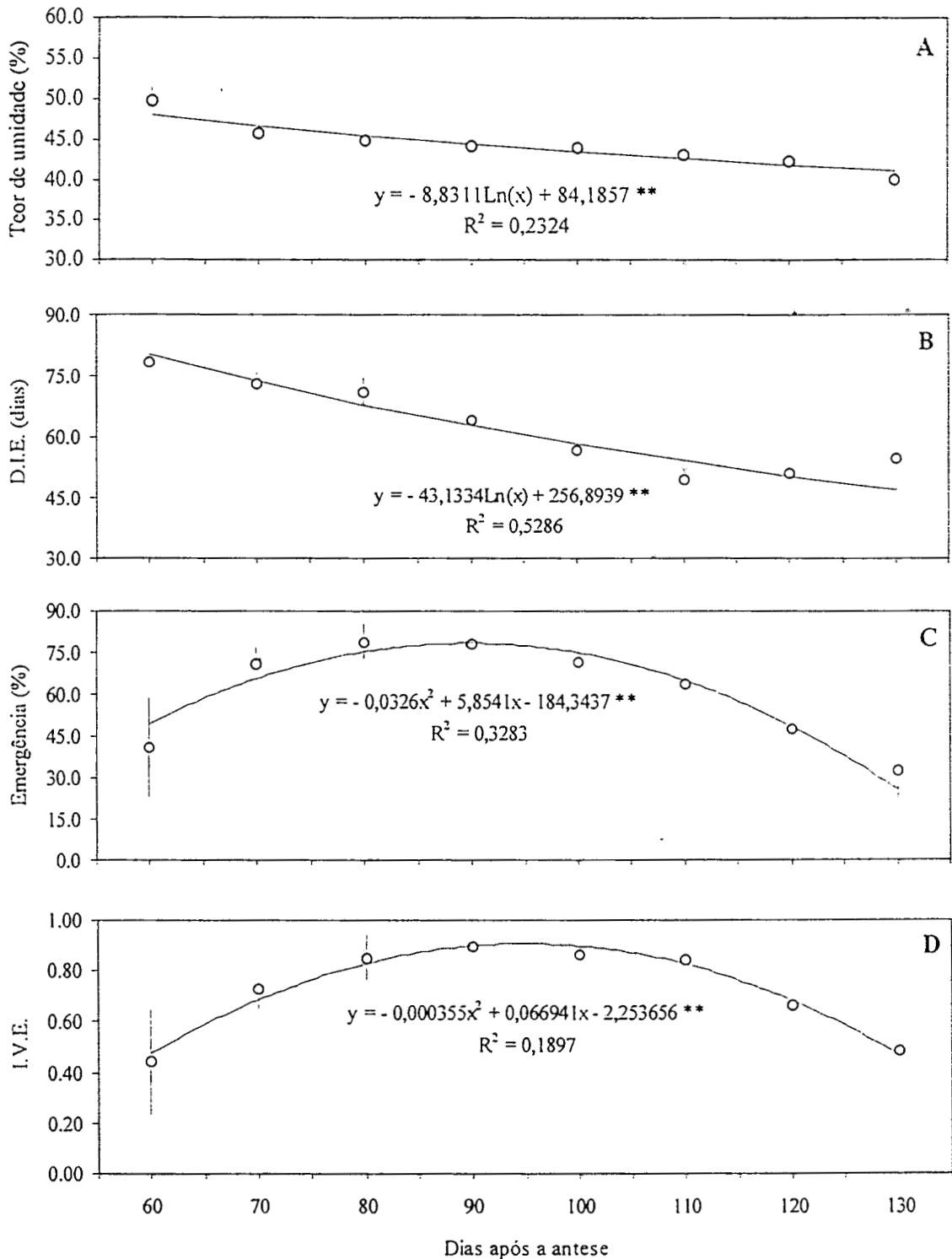
Ingle *et al.* (1965) observaram que o desenvolvimento do endosperma de milho (*Zea mays* L.) ocorre em duas fases. A fase inicial, durante os primeiros 28 dias após a polinização, foi caracterizada por uma acumulação de constituintes solúveis (nitrogênio solúvel, aminoácidos, açúcares e nucleotídeos) e pela síntese de proteínas, RNA e DNA. Na segunda fase, de 28 a 46 dias, existiu uma utilização dos constituintes solúveis, com aumento adicional do conteúdo de proteína.

Em sementes de coco (*Cocos nucifera* L.), segundo Balasubramaniam *et al.* (1973), a elevação de carboidratos com a maturação das sementes se deve em parte à acumulação de açúcares redutores e solúveis. Estes alcançam níveis mais altos quando do desprendimento dos frutos e decrescem durante os primeiros estágios de germinação. De certo modo, contrapondo-se ao que foi dito, Edwards (1980) afirma que, em espécies florestais, os açúcares redutores decrescem com a proximidade do estado maduro e que, com isto, podem ser um bom índice de maturidade.

#### 6.6. Alterações fisiológicas das sementes

O teor de umidade da semente (Figura 13-A) decresceu durante o processo de maturação dos frutos de pupunha. Contudo, esta perda de umidade foi pequena, comportamento considerado típico de sementes recalcitrantes (Roberts, 1973; Berjak *et al.* 1992; Farrant *et al.* 1992; Finch-Savage 1992), como já havia sido proposto para as sementes de pupunha (Ferreira & Santos, 1992 e 1993). Sementes ortodoxas, ao contrário das recalcitrantes, perdem grande quantidade de água durante a maturação; quando dispersas, apresentam baixos níveis de conteúdo de umidade (em torno de 10%) e podem sofrer novas reduções de umidade, após a colheita, até 5 a 2 %, sem perder sua viabilidade (Roberts, 1973).

Durante o intervalo de 60 a 130 dias após a antese, em média, o teor de umidade das sementes de pupunha caiu de 50 para 40%. Foi por volta dos 80 dias após a antese, que as sementes de pupunha, tendo alcançado 45% de umidade, atingiram os mais altos níveis de germinação e vigor.



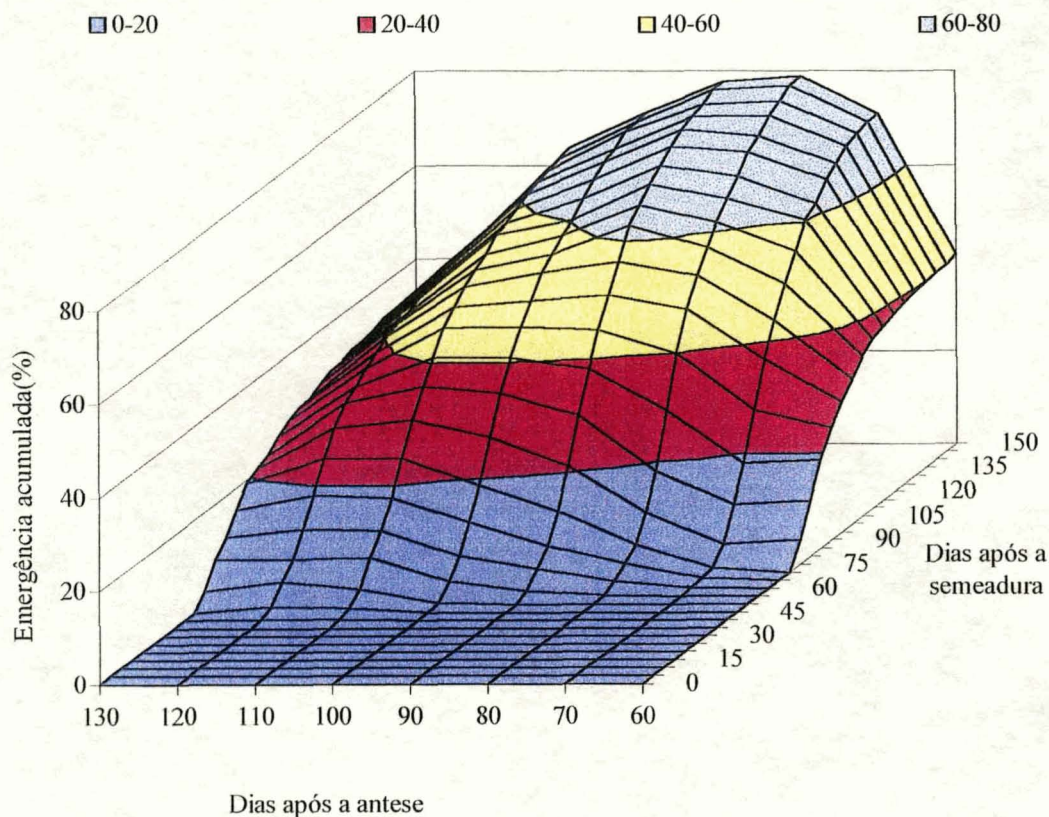
**Figura 13.** Modificações no teor de umidade (A), número de dias para início da emergência (D.I.E.) (B), percentagem de emergência (C) e índice de velocidade de emergência (I.V.E.) (D), de sementes de pupunha com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P).

A maturidade fisiológica de sementes de copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) foi atingida ao redor de 203 dias após o florescimento, quando o teor de umidade registrava cerca de 44% (Barbosa *et al.*, 1992). Sementes de cabreúva (*Myroxylon balsamum* (L.) Harms) apresentaram a mais alta taxa de germinação quando o teor de umidade alcançou 42%, tendo sido reduzido até 16% sem que a emergência fosse afetada significativamente (Aguiar & Barciela, 1986). Em guaraná (*Paullinia cupana* H.B.K.), que também se enquadra dentro do grupo das recalcitrantes, notou-se que o teor de umidade das sementes diminuiu gradativamente, com aumento do grau de maturação dos frutos, passando de 79 % no estágio inicial de desenvolvimento, frutos verdes ainda fechados, para 42% quando as sementes se encontravam já um pouco expostas dentro de frutos avermelhados, parcialmente abertos (Carvalho *et al.*, 1983).

Com o avanço no estágio de maturação das sementes de pupunha, o número de dias para o início da emergência (Figura 13-B e 14) foi reduzido. Este, pela estimativa da curva de regressão, passou de 80, em sementes com 60 dias após a antese, para 47 dias, em sementes com 130 dias de formação. Bovi *et al.* (1994) comentam que em diversas progênes de pupunha a duração do processo de germinação levou entre 38 e 133 dias, com um valor médio de 78 dias. É possível que no trabalho de Bovi *et al.* (1994), além da idade da semente que pode estar contribuindo para o amplo período de germinação citado, o tempo entre a colheita e a semeadura (30 a 40 dias) esteja também influenciando.

Conforme Wuidart & Lamothe (1981), sementes de coco (*Cocos nucifera* L.) com 11 e 10 meses após a antese levaram 10 e 40 dias a mais, respectivamente, para alcançar 50% do total das sementes germinadas, em relação a sementes com 12 meses (controle). Em urucum (*Bixa orellana* L.), à medida em que se elevou a idade das sementes, foi cada vez menor o período para o início da emergência, mesmo nas idades mais avançadas, após a maturidade ter sido alcançada, onde o percentual final de

germinação foi menor (Lopes *et al.* 1992). Algo semelhante foi também observado para sementes de *Cordia goeldiana* Huber (Kanashiro & Viana, 1982), em que após a sementeira, o período para início da emergência foi reduzido de 27, em frutos verdes, para 22 dias, em frutos completamente maduros (marrons).



**Figura 14.** Modificações na emergência acumulada de sementes de pupunha com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P).

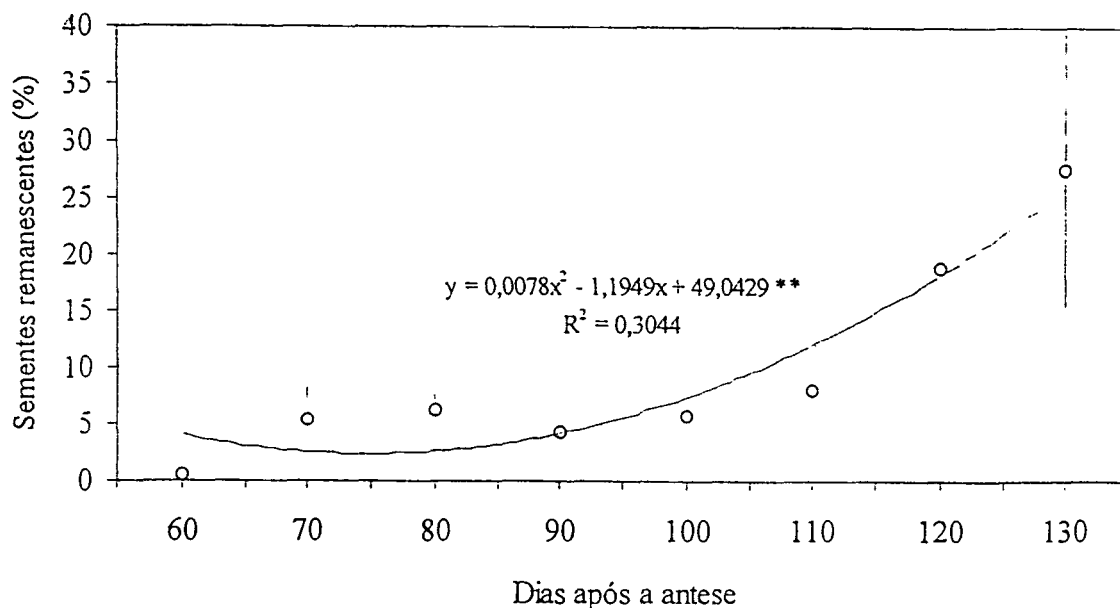
Os testes de germinação mostraram que, com o aumento da idade, a porcentagem média de emergência (Figura 13-C e 14) foi gradativamente elevada, alcançando valores máximos em sementes com 80 e 90 dias após a antese, quando se iniciou um decréscimo que se prolongou até o final das observações (130 dias). De modo semelhante comportou-se o Índice de Velocidade de Emergência (Figura 13-D),

para o qual foram obtidas as maiores médias em sementes com as idades de 80, 90 e 100 dias após a antese.

Analisando individualmente as plantas que compuseram o valor médio, foram observadas situações bem distintas. Em sementes com 60 dias após a antese, momento em que os frutos ainda estavam verdes, na metade dos indivíduos a germinação foi nula enquanto na outra metade foram obtidos diferentes percentuais de emergência, chegando a atingir 94%. O período para se alcançar a máxima germinabilidade ocorreu em média entre 80 e 90 dias e variou de 70 a 100 dias após a antese.

Quando do encerramento da contagem da emergência, 150 dias após a semeadura para cada idade, foram observadas diferentes situações quanto às sementes remanescentes, que não haviam emergido do substrato. Algumas estavam deterioradas, outras haviam iniciado a germinação, sem emergirem do substrato, ou apresentavam-se firmes e íntegras, com os embriões presumivelmente viáveis. Somando-se as situações em que as sementes não emergidas do substrato pareciam viáveis, obteve-se a Figura 15. Analisando esta figura, verifica-se que à medida que aumentou a idade das sementes de pupunha, elevou-se também o número de sementes com retardamento da germinação, sugerindo que este processo seja um caso de dormência primária. Segundo Popinigis (1985) e Bewley & Black (1994), a dormência primária se instala na semente por ocasião do desenvolvimento da mesma, antes da sua dispersão. O lento processo germinativo das sementes de palmeiras pode ser atribuído a inibidores físicos, tal como um espesso e duro endocarpo no fruto, ou químico (Pinheiro, 1986). No caso das sementes de pupunha, conforme se relata na Tabela 2, a solidificação e/ou endurecimento do endosperma parecem ser também responsáveis pelo retardamento da germinação ou dormência.



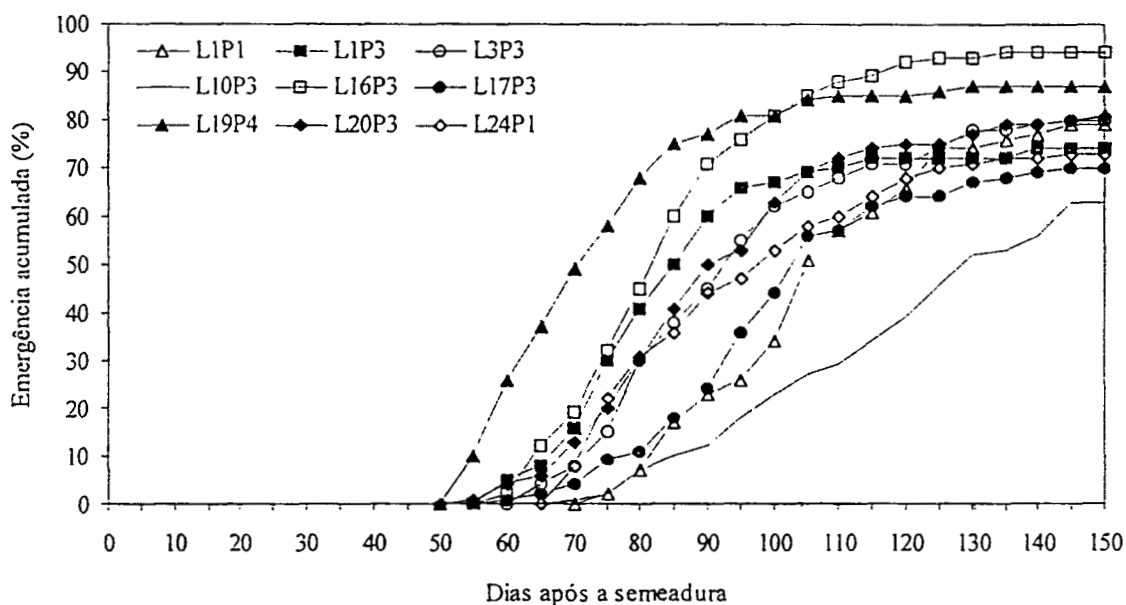


**Figura 15.** Percentual de sementes de pupunha ainda viáveis (dormentes), após 150 dias de semeadas, referentes a frutos com diferentes idades, em uma progênie de meios-irmãos (318P).

A redução na taxa de emergência de sementes de urucum (*Bixa orellana* L.), após estas terem atingido a maturidade, é atribuída à dormência, a qual foi tanto maior quanto mais tempo as sementes permaneceram nas plantas (Lopes *et al.*, 1992). Em cacau (*Theobroma cacao* L.), observou-se que sementes com maiores idades (27 semanas) pareciam ter adquirido dormência, uma vez que exigiam mais tempo para germinar, sugerindo que este tempo seja o pré-requisito para que o estado de dormência fosse superado (Adenikinju, 1972). Conforme Harrington (1972), este tipo de dormência pode desaparecer com o armazenamento das sementes. Em diversas experiências com pupunha (dados do autor, não publicados), têm-se observado que, até certo ponto, o retardamento da semeadura, mantendo-se o teor de umidade da semente elevado, aumenta a taxa de emergência e a velocidade de germinação.

O percentual total de emergência associado à sua respectiva dormência aparente variou também de planta a planta em cada idade. Em alguns indivíduos esta dormência foi quase inexistente e em outros assumiu valores expressivos, tanto maior quanto

menor o total de emergência (Figura 16). Isto evidencia que em uma mesma progênie de meios-irmãos encontram-se sementes com distintos graus de dormência em diferentes plantas. Na Figura 16 observa-se que, de modo indireto, através da emergência acumulada, quando dormentes, as sementes de pupunha levaram mais tempo para iniciar a germinação, passando também um maior período germinando (por exemplo, planta L10P3). Também verificou-se que, em plantas com maiores graus de dormência (menor índice de emergência), há a necessidade de um maior período de acompanhamento para avaliar a germinação, indo além dos 150 dias estabelecidos nesta pesquisa.



**Figura 16.** Modificações na emergência acumulada de sementes de pupunha com a idade de 90 dias após a antese, em cada uma das plantas da progênie estudada (318P).

Com base nos períodos estudados, pode-se resumir o processo de maturação das sementes de pupunha em três fases. A primeira compreende dos 60 aos 80 dias após a antese, a segunda dos 80 aos 100 dias após a antese, em alguns casos estendendo-se até aos 110 dias, e a terceira fase a partir destes até os 130 dias. Em cada uma destas fases encerram-se alguns eventos, conforme descritos a seguir:

*Fase 1* - Teor de umidade elevado, decrescendo acentuadamente; endurecimento do endosperma; longo período para início da emergência, a qual se eleva progressivamente até atingir valor máximo; início do estágio de dormência;

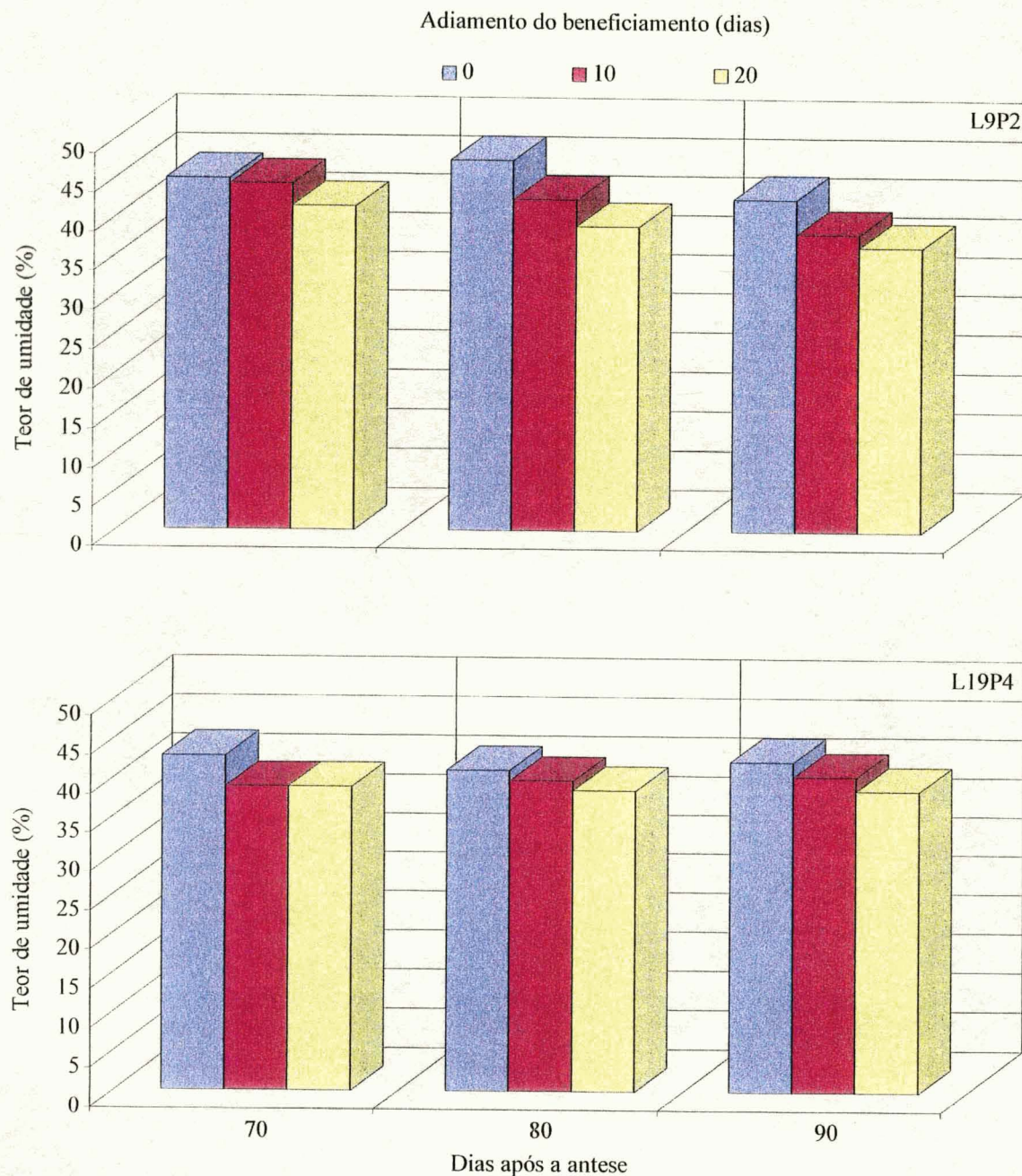
*Fase 2* - Teor de umidade mais ou menos estável; emergência mantém-se em nível elevado; dormência estabilizada;

*Fase 3* - Teor de umidade decresce pouco; menor período para início da emergência, a qual decresce acentuadamente; dormência se eleva até alcançar seu máximo.

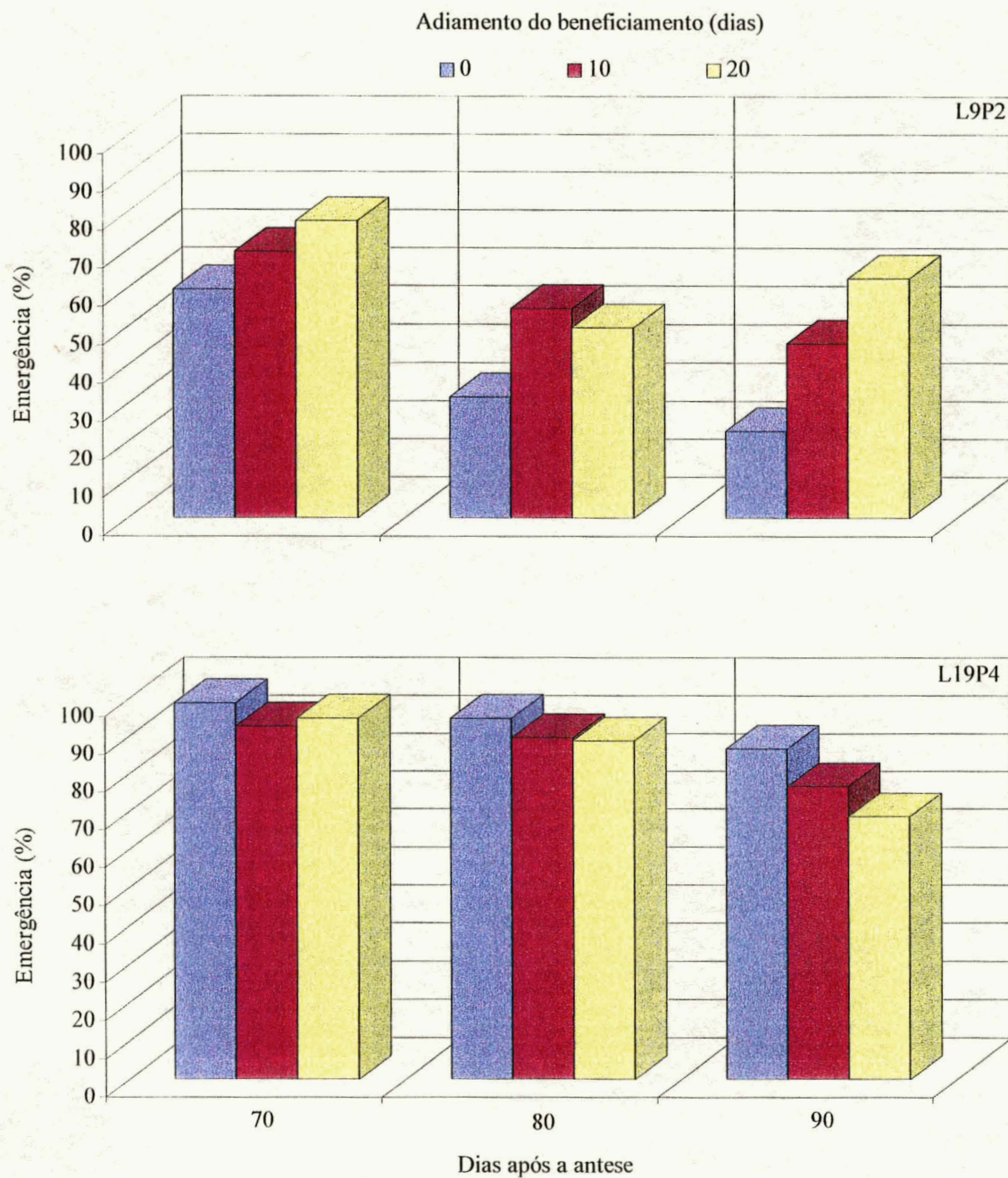
#### **6.7. Amadurecimento artificial das sementes**

O retardamento do beneficiamento ou armazenamento das sementes de pupunha, mantendo-as no fruto, provocou uma perda gradual do teor de umidade das sementes (Figura 17), a qual foi mais acentuada naquelas que inicialmente dispunham de maior teor de umidade, as tardias. Comparada a situações em que as sementes foram expostas diretamente a ações do meio ambiente (Ferreira & Santos, 1992) ou em condições especiais de secagem (Ferreira & Santos, 1993), a perda de umidade foi pequena, mesmo quando da permanência nos frutos por vinte dias após a colheita.

Dependendo do tipo de semente, de maturação tardia ou precoce, a emergência ocorreu de maneiras distintas (Figura 18). Nas sementes de maturação tardia, à medida que a idade avançou, houve uma diminuição expressiva da emergência, sugerindo, conforme dados anteriores (Figura 15), uma conseqüente elevação do estágio de dormência. Contudo, esta dormência foi superada parcialmente, tanto mais quanto maior o período de permanência das sementes nos frutos após a colheita. Nas sementes precoces, com o aumento da idade ocorreram pequenas reduções nas taxas de emergência, indicando também, em menor escala, aumento da dormência. Nestes casos,



**Figura 17.** Modificações no teor de umidade de sementes de pupunha (318P) com diferentes idades e períodos de adiamento do beneficiamento, referentes a plantas com maturações tardia (L9P2) e precoce (L19P4).



**Figura 18.** Modificações na emergência de sementes de pupunha (318P) com diferentes idades e períodos de adiamento do beneficiamento, referentes a plantas com maturações tardia (L9P2) e precoce (L19P4).

ao contrário das sementes tardias, o adiamento do beneficiamento por diferentes períodos não melhorou a emergência e sim decresceu um pouco.

A maturação de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) pode ser antecipada com sucesso para 26 dias após o florescimento se forem submetidas a secagem ao ar ainda dentro das vagens (Adams *et al.*, 1983). Através do amadurecimento artificial dos cones, sementes de *Pinus radiata* podem ser induzidas à germinar com a colheita antecipada em 3 meses, desde que os cones sejam armazenados a seco por 9 semanas (Rimbawanto *et al.*, 1988). Sementes de abobrinha italiana (*Cucurbita pepo*), em que a maturação fisiológica ocorre entre 65 e 75 dias após a antese, podem ter o início do seu amadurecimento antecipado para 55 dias, se forem mantidas nos frutos por 3 a 9 dias após a colheita (Alvarenga *et al.*, 1991).

Em cada idade, com o adiamento do beneficiamento e/ou sementeira, as sementes tardias parecem ter se comportado como se estivessem na *fase 1*, descrita anteriormente: acentuada perda de umidade e elevação progressiva da emergência. Já as sementes precoces, nas idades de 70 e 80 dias após a antese provavelmente estavam na fase 2 (teor de umidade mais ou menos estável com emergência em nível elevado), enquanto que na idade de 90 dias apresentavam um comportamento da fase 3 (pequena perda de umidade com elevado decréscimo da emergência).

Para as sementes de maturação precoce, a antecipação da colheita, associada ao retardamento do beneficiamento, não trouxe nenhum proveito para a emergência. No entanto, em sementes tardias, os dados (Figura 18) sugerem que este procedimento favoreceu a obtenção de níveis mais elevados de emergência.

## 7. CONCLUSÕES

Considerando as condições em que esta pesquisa foi desenvolvida, ressaltando que os dados foram coletados de plantas de uma população de uma progênie de meios-irmãos, podemos chegar às seguintes conclusões:

a) As maiores taxas de germinação e vigor foram alcançadas pelas sementes de frutos coletados aos 80 dias após a antese, período em que se considera que as sementes tenham atingido a maturidade fisiológica;

b) A mudança de coloração na porção transversal maior dos frutos de verde para amarela ou alaranjada, em pelo menos 50 % dos frutos de um racimo, foi considerada um bom índice de maturidade das sementes;

c) Os atributos físicos dos frutos e sementes (diâmetro, comprimento, peso fresco, volume e peso da matéria seca) em geral não foram considerados úteis como indicadores da maturidade das sementes;

d) Através do teste de flutuação (gravidade específica) observou-se que os frutos de maiores idades que tendiam a se aproximar da superfície (flutuar) apresentavam sementes com níveis de germinação baixos;

e) Os teores de umidade, proteína e cinzas do mesocarpo, que decresceram com a maturação, ao atingirem os níveis de 55,7%, 7,5% e 1,4%, respectivamente, mostraram estreita relação com a maturidade das sementes;

f) O conteúdo de matéria seca da semente atingiu o máximo percentual ao mesmo tempo em que a germinação e o vigor alcançaram valores mais elevados, sugerindo que essa variável poderia ser um indicador de maturidade das sementes;

g) Em endosperma de pupunha, a redução no teor de gordura até atingir 29% e a elevação de carboidratos até 59% podem servir como indicadores de maturidade das sementes, uma vez que apresentaram estes níveis ao mesmo tempo em que a germinação e o vigor das sementes foram mais elevados;

h) A redução do teor de umidade das sementes para 45% pode indicar o momento em que estas atingiram a maturidade fisiológica;

i) Com o aumento da idade dos frutos/sementes, o número de dias para início da emergência diminuiu progressivamente: passou de 80 dias, em sementes com 60 dias após a antese, para 47 dias, em sementes com 130 dias de formação;

j) À medida que aumentou a idade das sementes, o percentual de sementes com dormência primária também foi elevado;

k) Em sementes com maturação tardia a dormência foi superada parcialmente, tanto mais quanto maior a permanência das mesmas nos frutos;

l) Os modelos de regressão utilizados (linear, polinomial quadrática e logarítmica), apesar de na maioria das vezes terem se ajustado de maneira significativa, não foram sempre a melhor opção para explicar o comportamento de frutos e sementes de pupunha durante a maturação. Nestes casos, as variáveis foram melhor explicadas a partir de seus valores médios reais.

De um modo geral, os resultados alcançados possibilitaram um maior conhecimento sobre o desenvolvimento morfológico, bioquímico e fisiológico das sementes de pupunha, o que permite prognosticar com maior precisão o momento em que alcançam maior germinabilidade e vigor. A partir deste ponto de maturação



fisiológica, estas condições de máxima qualidade das sementes não podem ser melhoradas mas mantidas em armazenamento adequado.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, C.A.; Fjerstad, M.C.; Rinne, R.W. - 1983. Characteristics of soybean seed maturation: necessity for slow dehydration. *Crop Science*, 23: 265-267.
- Adenikinju, S.A. - 1972. Effects of pod maturity on bean development, viability, mucilage content and seedling vigor in cacao. *Experimental Agriculture*, 8: 123-129.
- Aguiar, I.B.; Barciela, F.J.P. 1986. Maturação de sementes de cabreúva. *Revista Brasileira de Sementes*, 8(3): 63-71.
- Alang, Z.C.; Moir, G.F.J.; Jones, L.H. - 1988. Composition, degradation and utilization of endosperm during germination in the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Annals of Botany*, 61(2): 261-268.
- Almeyda, N.; Martin, F.W. - 1980. The pejibaye. In: *Cultivation of neglected tropical fruits with promise*. New Orleans, USDA, pt. 8. 10p.
- Alvarenga, E.M.; Silva, R.F.; Araujo, E.F.; Leiro, L.S. - 1991. Maturação fisiológica de sementes de abóbora italiana. *Revista Brasileira de Sementes*, 13(2): 147-150.

- AOAC - 1975. **Handbook of chemical analysis**, 10 ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington. 956p.
- Arkcoll, D.B.; Aguiar, J.P.L. - 1984. Peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) a new source of vegetable oil from the wet tropics. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 35: 520-526.
- Awad, M. - 1993. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo, Nobel. 114p.
- Balasubramaniam, K.; Atukorala, T.M.S.; Wijesundera, S.; Hoover, A.A.; Silva, M.A.T. - 1973. Biochemical changes during germination of the coconut (*Cocos nucifera*). **Annals of Botany**, 37: 439-445.
- Barbosa, J.M.; Aguiar, I.B.; Santos, S.R.G. - 1992. Maturação de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. **Revista do Instituto Florestal**, 4(único): 665-674.
- Basha, S.M. - 1990. Protein as an indicator of peanut seed maturity. **J. Agric. Food Chem.**, 38: 373-376.
- Beach, J.H. - 1984. The reproductive biology of the peach or "pejibaye" palm (*Bactris gasipaes*) and a wild congener (*B. porschiana*) in the Atlantic lowlands of Costa Rica. **Principes**, 28(3): 107-119.
- Berjak, P.; Pammenter, N.W.; Vertucci, C. - 1992. Hemoiohydrous (recalcitrant) seeds: developmental status, desiccation sensitivity and the state of water in axes of *Landolphia kirkii* Dyer. **Planta**, 186: 249-261.
- Bewley, J.D.; Black, M. - 1994. **Seeds: physiology of development and germination**. 2ª ed. New York, Plenum Press. 445p.
- Bittencourt, J.F.N.; Sader, R.; Ungaro, M.R.G.; Toledo, N.M.P. - 1991. Maturação fisiológica de sementes de girassol cv. contisol. **Revista Brasileira de Sementes**, 13(2): 81-85.

- Bonde, S.D.; Agate, V.V.; Kulkarni, D.K. - 1990. Nutritional composition of the fruits of doum palms (*Hyphaene*) from the West Coast of India. *Principes*, 34(1): 21-23.
- Bovi, M.L.A.; Flores, W.B.C.; Spiering, S.H. - 1994. Seed germination of progenies of *Bactris gasipaes*: percentage, speed and duration. *Acta Horticulturae*, 360: 157-165.
- Brasil, M.A.R.A. - 1992a. Normais climatológicas (1961 - 1990). Brasília, M.A.R.A./S.N.I./D.N.M.
- Brasil, M.A.R.A. - 1992b. Regras para análise de sementes. Brasília: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. 365p.
- Braun, A. - 1970. Palmas cultivadas de Venezuela. *Acta Botanica Venezuelica*, 5(1-4): 7-94.
- Calzada Benza, J. - 1980. 143 frutales nativos. La Molina, Ed. Estudiante, 314 p.
- Camacho, E. - 1976. El pejibaye (*Guilielma gasipaes* (B.K.) L.H. Bailey). In: Simpósio Internacional sobre Plantas de Interes Economico de la Flora Amazonica, Belém, 1972. Anais... Turrialba, IICA. p.101-106.
- Cardoso, W. - 1944. Sementeiras em serragem. *Boletim da Secção de Fomento Agrícola no Estado do Pará*, 3(2): 27-33.
- Carvalho, J.E.U.; Kato, A.K.; Figueiredo, F.J.C. - 1983. Efeito do estágio de maturação do fruto sobre a qualidade da semente do guaranazeiro. Belém, EMBRAPA-CPATU, 11p. (Circular Técnica, 43)
- Clement, C.R. - 1987. Preliminary observations on the developmental curve of pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.) inflorescences. *Revista Biologia Tropical*, 35(1):151-153.

- Clement, C.R. - 1988. Domestication of the pejibaye palm (*Bactris gasipaes*): past and present. *Advances in Economic Botany*, 6: 155-174.
- Clement, C.R.; Aguiar, J.P.L.; Viana, P. - 1993. A possibilidade de metaxenia em *Bactris gasipaes*. In: Mora Urpí, J.; Szott, L.; Murillo, M.; Patiño, V.M. eds. Congreso Internacional sobre Biología, Agronomía e Industrialización del Pijuayo, 4°. Iquitos - Peru, 1991. *Anais...* San José - Costa Rica, Universidad de Costa Rica. p. 155-161.
- Clement, C.R.; Mora Urpí, J. - 1987. Pejibaye palm (*Bactris gasipaes*, *Arecaceae*): Multi-use potencial for the lowland humid tropics. *Economic Botany*, 41(2): 302-311.
- Coates-Beckford, P.L. & Chung, P.C. - 1987. A study of the germination, disease symptoms and fungi associated with pejibaye seeds. *Seed Sci. & Technol.*, 15: 205-218.
- Corley, R.H.V.; Gray, B.S. - 1976. Growth and morphology. In: Corley, R.H.V.; Hardon, J.J.; Wood, B.J. eds. *Oil palm research*. Amsterdam, Elsevier. p.7-21.
- De Mason, D.A. - 1986. Endosperm structure and storage reserve histochemistry in the palm *Washingtonia filifera*. *American Journal of Botany*, 73(9): 1332-1340.
- De Mason, D.A.; Sexton, R.; Reid, J.S.G. - 1983. Structure, composition and physiological state of the endosperm of *Phoenix dactylifera* L. *Annals of Botany*, 52: 71-80.
- Edwards, D.G.W. - 1980. Maturity and quality of tree seeds: a state-of-the-art review. *Seed Sci. & Technol.*, 8: 625-657.
- Essig, F.B. - 1971. Observations on pollination in *Bactris*. *Principes*, 15: 20-25.

- Farrant, J.M.; Pammenter, N.W.; Berjak, P. - 1992. Development of the recalcitrant (homoiohydrous) seeds of *Avicennia marina*: anatomical, ultrastructural and biochemical events associated with development from histodifferentiation to maturation. *Annals of Botany*, 70: 75-86.
- Ferreira, S.A.N. - 1988. Armazenamento e desenvolvimento do teste de tetrazólio em sementes de pupunha (*Bactris gasipaes* H.B.K.). Jaboticabal, UNESP/FCAV. 64p. (Dissertação de Mestrado)
- Ferreira, S.A.N.; Santos, L.A. - 1992. Viabilidade de sementes de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). *Acta Amazonica*, 22(3): 303-307.
- Ferreira, S.A.N.; Santos, L.A. - 1993. Efeito da velocidade de secagem sobre a emergência e vigor de sementes de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). *Acta Amazonica*, 23(1):3-8.
- Finch-Savage, W.E. - 1992. Seed development in the recalcitrant species *Quercus robur* L.: germinability and desiccation tolerance. *Seed Science Research*, 2: 17-22.
- Germek, E.B. - 1977. A cultura experimental da pupunha no Estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 4º, Anais... Salvador, SBF. p. 409-411.
- Gonzalez, G. & Dominguez, R. - 1977. Sistemas de propagacion del chantaduro (*Guilielma gasipaes* B.). Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias/Universidad Nacional de Colombia, 60 p. (Trabalho de Graduação)
- Harrington, J.F. - 1972. Seed storage and longevity. In: Kozlowski, T.T. (ed.). *Seed biology*. New York, Academic Press. vol.III. p. 145-245.
- Hartley, C.W.S. - 1977. *The oil palm*, 2º ed., London, Longman. 806p.

- Henderson, A. - 1995. *The palms of the Amazon*. New York, Oxford University Press. 362p.
- Ingle, J.; Beitz, D.; Hageman, R.H. - 1965. Changes in composition during development and maturation of maize seeds. *Plant Physiology*, 40: 835-839.
- Jordan, C.B. - 1970. A study of germination and use in twelve palms of northeastern Peru. *Principes*, 14(1): 26-32.
- Kanashiro, M.; Viana, N.G. - 1982. *Maturação de sementes de Cordia goeldiana Huber*. Belém, EMBRAPA-CPATU, 11p. (Circular Técnica, 28)
- Koebernik, J. - 1971. Germination of palm seed. *Principes*, 15(4): 134-137.
- Lima, R.R. - 1955. Observações sobre a pupunheira. *Norte Agrônomo*, Belém, 2: 62-65.
- Lin, S.S. - 1986. Efeito do tamanho e maturidade sobre a viabilidade, germinação e vigor do fruto de palmitero. *Revista Brasileira de Sementes*, 8(1): 57-66.
- Lopes, P.M.F.; Souza, I.V.B.; Café J., M.; São José, A.R. - 1992. Emergência e vigor de plântulas de urucuzeiros (*Bixa orellana* L.) em função do período de maturação das sementes. *Revista Brasileira de Corantes Naturais*, 1(1): 11-14.
- Maguire, J.D. - 1962. Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2(2):176-177.
- Maideen, S.K.; Selvaraj, J.A.; Vinaya-Ray, R.S. - 1990. Cone attributes as indices of seed maturity and effect of cone and seed grades on seed germination and vigour in *Casuarina equisetifolia* J.R. & G. Forst.. *Seed Sci. & Technol.*, 18(3): 483-489.
- Matthes, L.A.F. & Castro, C.E.F. - 1987. Germinação de sementes de palmeiras. *O Agrônomo*, 39(3): 267-277.

- Mercier, S.; Langlois, C.G. - 1992. Indices of maturity and storage of white spruce seeds as a function of time of harvesting in Quebec. **Canadian Journal of Forest Research**, 22(10): 1516-1523.
- Mora Urpí, J. - 1979. Método practico para germinación de semillas de pejibaye. **ASBANA**, 3(1): 14-15.
- Mora Urpí, J. - 1981. El ciclo de floración en pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.) y su posible manejo agronomico. **Agronomia Costarricense**, 5(1/2): 115-119.
- Mora Urpí, J. - 1982. Polinización en *Bactris gasipaes* H.B.K. (Palmae): nota adicional. **Revista Biología Tropical**, 30(2): 174-176.
- Mora Urpí, J. - 1984. El pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.): orìgem, biologia floral y manejo agronómico. In: Palmeras poco Utilizadas de America Tropical. San Jose, FAO/CATIE. 1983. p.118-160. (anexo 9)
- Mora Urpí, J. & Clement, C.R. - 1989. Races and populations of peach palm found in the Amazon basin. In: C.R. Clement & L. Coradin (eds.), **Final report (revised): Peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) germplasm bank**. US-AID project report, Manaus. p. 78-94.
- Mora Urpí, J.; Clement, C.R.; Patiño, V.M. - 1993. Diversidad genetica en pejibaye: I. razas e hibridos. In: Mora Urpí, J.; Szott, L.; Murillo, M.; Patiño, V.M. eds. **Congresso Internacional sobre Biologia, Agronomia e Industrializacion del Pejuayo**, 4°. Iquitos - Peru, 1991. **Anais...** San José - Costa Rica, Universidad de Costa Rica. p. 11-19.
- Mora Urpí, J.; Solís, E.M. - 1980. Polinización en *Bactris gasipaes* H.B.K. (Palmae). **Revista Biología Tropical**, 28(1): 153-174.



- Mora Urpí, J.; Vargas, E.; Lopez, C.A.; Villaplana, M.; Allon, G.; Blanco, C. - 1982. *El pejibaye (Bactris gasipaes H.B.K.)*. San Jose, Banco Nacional de Costa Rica. 15p.
- Morera, J.A. - 1981. *Descripción sistemática de la "Colección Panama" de pejibaye (Bactris gasipaes H.B.K.) del CATIE*. Turrialba, CATIE/Universidad de Costa Rica, 122p. (Tese de Mestrado)
- Mozambani, A.E.; Sader, R.; Pinto, L.R. - 1993. *Maturação fisiológica e retardamento de colheita de sementes de crotalaria (Crotalaria juncea L.)*. *Revista Brasileira de Sementes*, 15 (1): 55-62.
- Oo, K.C.; Lee, K.B.; Ong, A.S.H. - 1986. *Changes in fatty acid composition of the lipid classes in developing oil palm mesocarp*. *Phytochemistry*, 25(2): 405-407.
- Peixoto, A.R. - 1958. *A pupunha, preciosa palmeira*. *Seleções Agrícolas*, 13(147): 39-43.
- Piña Rodrigues, F.C.M. - 1985. *Maturação fisiológica de sementes de espécies florestais*. In: *Simpósio Brasileiro sobre Tecnologia de Sementes Florestais, 1º, Anais...* Belo Horizonte, ABRATES-IEF/MG. 1984. p.217-239.
- Pinheiro, C.U.B. - 1986. *Germinação de sementes de palmeiras: revisão bibliográfica*. Teresina, EMBRAPA/UEPAE de Teresina. 102p.
- Popinigis, F. - 1985. *Fisiologia da semente*. Brasília, s. ed., 289p.
- Ramakrishnan, H.B.; Jacqueline, A.S.; Vinaya-Rai, R.S. - 1990. *Studies on ripeness index and presowing seed treatment in Ailanthus excelsa Roxb.* *Seed Sci. & Technol.*, 18(3): 491-498.

- Rimbawanto, A.; Coolbear, P.; Firth, A. - 1988. Artificial ripening of prematurely harvested cones of New Zealand *Pinus radiata* and its effect on seed quality. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 18(2): 149-160.
- Roberts, E.H. - 1973. Predicting the storage life of seeds. *Seed Sci. & Technol.*, 1:499-514.
- Rolz, C.; Deshpande, S.; Paiz, L.; Ortiz, J.; Flores, M.C.; Sanchez, M.; Ortega, M. - 1972. Chemical changes and fruit quality during the ripening of tropical fruits. *Turrialba*, 22(1): 65-72.
- SAS/STAT - 1992. *User's guide, release 6.40*. Carry, NC: SAS Institute Inc., vol. 2. 1686p.
- Schroeder, C.A. - 1978. Temperature elevation in palm inflorescences. *Principes*, 22(1): 26-29.
- Southworth, A. - 1976. Harvesting. In: Corley, R.H.V.; Hardon, J.J.; Wood, B.J. eds. *Oil palm research*. Amsterdam, Elsevier. p.469-477.
- Souza, S.M.; Lima, P.C.F. - 1985. Maturação de sementes de angico (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan). *Revista Brasileira de Sementes*, 7(2): 93-99.
- Valerin A., A.T. - 1982. Efecto protector de cinco fungicidas em semillas de pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.). San José, Facultad de Ciencias / Universidad de Costa Rica. 57p. (Trabalho de Graduação)
- Wuidart, W.; Lamothe, M.N. - 1981. Maturité des semences de cocotier et germination. *Oléagineux*, 36(11): 549-554.