

DESENVOLVIMENTO E MATURAÇÃO FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE PIMENTÃO (*Capsicum annuum* L.)^{1/}

Eveline Chartuni Mantovani ^{2/}
Roberto Ferreira da Silva ^{2/}
Vicente Wagner Dias Casali ^{2/}
Alcides Reis Condé ^{3/}

1. INTRODUÇÃO

Planta anual de floração contínua, o pimentão apresenta na época da colheita frutos e, em consequência, sementes em diversos estádios de desenvolvimento e graus de maturidade diferentes, o que influencia sua qualidade fisiológica. Sementes imaturas têm baixo vigor e baixo poder germinativo.

Antes de atingir a completa maturidade, as sementes passam por diversas mudanças morfológicas, fisiológicas e funcionais. Ocorrem, entre outras, modificações no teor de umidade, no tamanho, no peso seco, na germinação e no vigor (12).

Um dos parâmetros mais seguros para a indicação da maturidade da semente é o peso seco. Há aumento progressivo no peso da semente durante o amadurecimento, e ela está madura quando atinge o estádio de máximo peso seco. POPI-NIGIS (12) considerou esse estádio como sendo o «ponto de maturidade fisiológica», no qual a quantidade de substância translocada para a semente é compensada pela quantidade consumida pela respiração.

A maturidade da semente pode ser completada dentro do fruto, mesmo depois

^{1/} Parte da tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, pelo primeiro autor, como parte das exigências para a obtenção do grau de «Magister Scientiae».

Recebido para publicação em 06-09-1979.

^{2/} Departamento de Fitotecnia — U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

^{3/} Departamento de Matemática — U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

de sua remoção da planta. Nesse caso, os frutos recém-colhidos devem ser submetidos a um período de armazenamento. Isso foi demonstrado por COCHRAN (5), quando testou sementes provenientes de frutos de pimentão com 30 e 40 dias de idade, submetidas a um mês de armazenamento. A percentagem de germinação, que era de 59 em sementes de frutos com 30 dias de idade e de 65 em sementes de frutos com 40 dias de idade, passou para 94,9 e 96,1, respectivamente, após o armazenamento.

O conhecimento da qualidade fisiológica das sementes durante o desenvolvimento do fruto tornou-se muito importante e de grande interesse prático para as empresas produtoras de sementes, pois, com isso, pode-se determinar a época ideal de colheita dos frutos para obtenção de sementes da mais alta qualidade.

Nesse trabalho, estudaram-se as alterações morfológicas das sementes durante o desenvolvimento do fruto e, paralelamente, sua germinação e vigor, com o principal objetivo de determinar, dentro desse período, a época ideal de colheita dos frutos e de extração de suas sementes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Horta do Fundão, área que pertence ao Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, U.F.V.

A adubação básica de plantio foi feita utilizando-se 200 g/m de sulco da seguinte mistura: 107 kg de superfosfato simples, 40 kg de sulfato de amônio, 12 kg de cloreto de potássio, 4 kg de sulfato de magnésio e 750 g de sulfato de zinco, por hectare.

O cultivar estudado foi o 'Avelar', da espécie *Capsicum annuum*, cuja semeadura foi feita em 22 de agosto de 1977. O plantio definitivo, no campo, ocorreu 56 dias após a semeadura, quando as plantas tinham 4 a 6 folhas definitivas bem desenvolvidas.

Foi feita uma adubação em cobertura com sulfato de amônio, 20 dias após o plantio, utilizando 5 g/planta do adubo e pulverizações regulares com o fungicida Maneb (Manzate) e os inseticidas Metil Demeton (Metasystox) e Parathion metílico (Folidol).

O experimento foi inteiramente casualizado, com 10 idades dos frutos e 4 repetições. Os frutos foram avaliados a partir de 25 dias até os 70 dias após a antese, com intervalo de 5 dias entre uma idade e outra.

Para a determinação da maturidade fisiológica, da capacidade germinativa e do vigor das sementes, as flores foram etiquetadas a partir da fecundação do óvulo, considerada na abertura da flor (antese) (5, 9).

Durante 5 dias fez-se a etiquetagem das flores abertas durante aquele dia, para obtenção do número suficiente de frutos.

Em cada colheita, os frutos foram separados em 2 grupos. Um deles foi utilizado na determinação do rendimento, do poder germinativo, do vigor, da umidade e do peso seco das sementes. Os demais frutos foram armazenados em sacos telados, em condições ambiente, durante 3 dias. Posteriormente, fizeram-se os mesmos testes e determinações anteriores.

Todos os frutos foram avaliados quanto a peso e tamanho (comprimento e diâmetro da base). Em seguida, foram abertos, para extração das sementes. Fizeram-se, também, anotações com referência à coloração dos frutos nas diversas idades, com o objetivo de correlacioná-las com o desenvolvimento dos frutos e das sementes.

Para determinar o teor de umidade das sementes, 2 a 3 gramas, por repetição,

foram separadas logo após a extração, colocadas em pesa-filtros, pesadas e levadas à estufa, regulada para 105°C, durante 24 horas (2).

A matéria seca foi determinada com a utilização de 3 grupos de 100 sementes, por repetição, as quais foram postas em pesa-filtros, pesadas e levadas à estufa, a 105°C, durante 24 horas (2).

Na determinação do poder germinativo foi utilizado um germinador com temperatura alternada (20-30°C) (2). As sementes secas foram separadas em 4 grupos de 50 sementes, por repetição, e colocadas em placas de Petri, sobre papel de filtro umedecido.

A avaliação das plântulas foi feita de acordo com a Regra para Análise de Sementes (2), com contagens no 6.^º e 14.^º dias.

Para evitar contaminação, as sementes utilizadas foram previamente tratadas com uma solução de Captan (0,40%), na qual permaneceram imersas durante duas horas.

O teste de primeira contagem, expresso em percentagem de germinação, foi efetuado utilizando-se do Teste Padrão de Germinação. Para isto, fizeram-se contagens do número de plântulas normais obtidas 6 dias após sua montagem. O resultado foi utilizado na avaliação do vigor relativo das sementes nas diversas idades.

Quatro grupos de 10 sementes, por repetição, foram utilizados na determinação do comprimento de radícula. As placas de Petri que continham as sementes foram levadas a um germinador, com temperatura alterada (20-30°C), e dispostas em posição inclinada ($\pm 75^\circ$), para maior uniformidade no crescimento da radícula. Dez dias depois, foram feitas as medições (mm), sendo os valores considerados como índice de vigor.

Para a realização do teste de envelhecimento precoce, 4 grupos de 25 sementes, por repetição, foram acondicionados em saquinhos de gaze e levados à câmara de envelhecimento precoce, regulada para 42°, a 100% de umidade relativa (3). Aí permaneceram durante 72 horas; posteriormente, as sementes foram postas para germinar, de acordo com o critério utilizado na execução do Teste Padrão de Germinação. Transformado em percentagem, o resultado foi usado para expressar o vigor.

Para a determinação do número médio de dias para a emergência da plântula, teste instalado em casa-de-vegetação, 4 grupos de 50 sementes, por repetição, foram semeados em leito de areia úmida, esterilizada, em sulcos de 1 cm de profundidade, aproximadamente. Fizeram-se contagens diárias das plântulas imersas, até a completa germinação.

O índice de vigor, medido em dias após o plantio, foi determinado segundo a fórmula proposta por EDMOND e DRAPALA (8):

$$M = \frac{(N_1 \times G_1) + (N_2 \times G_2) + \dots + (N_n \times G_n)}{G_1 + G_2 + \dots + G_n}$$

M = média de dias para a emergência

N_1 = n.^º de dias para a 1.^a contagem

G_1 = n.^º de «plântulas» existentes na 1.^a contagem

N_2 = n.^º de dias para a 2.^a contagem

G_2 = n.^º de «plântulas» existentes na 2.^a contagem, e assim por diante, até que não houvesse mais germinação.

O peso de 100 sementes foi obtido dos valores das pesagens de 100 sementes,

feitas para a determinação da matéria seca, descrita anteriormente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A mudança completa de coloração dos frutos ocorreu 60 dias após a antese (Quadro 1). Desde os 50 dias, porém, embora ainda estivessem verdes, os frutos já apresentavam sementes com alta percentagem de germinação (Figura 1).

Considerando o tamanho (comprimento e diâmetro) e o peso, os frutos desenvolveram-se até 40 dias após a antese, aproximadamente, época em que a coloração e o tamanho eram os exigidos para o mercado. A partir daí, praticamente não houve modificações (Quadro 2), exceto na cor.

QUADRO 1 - Modificações na cor do fruto de pimentão de acordo com a idade

Idade dos frutos (dias após a antese)	Coloração dos frutos
25	Verde-escuro
30	Verde-escuro com manchas verde-claras
35	Verde-escuro com manchas verde-claras
40	Verde-escuro com listras verde-claras
45	Verde-claro com listras verde-escuas
50	Verde com listras avermelhadas
55	Vermelho com manchas esverdeadas
60	Vermelho intenso
65	Vermelho intenso - início da perda da turgescência
70	Vermelho intenso

O número de sementes por fruto não está associado à idade do fruto (Quadro 2), possivelmente por terem sido avaliados de acordo com a idade e não individualmente, numa só idade, como fizeram COSTA e BEMIS (6) e BAAMER e BEMIS (1).

O armazenamento do fruto não ocasionou qualquer modificação no teor de umidade (Figura 1).

McILRATH *et alii* (11) determinaram que, em tomate, o decréscimo do teor de umidade das sementes também se deu entre 25 e 50 dias após a antese, atingindo, nessa época, 52%. Depois desse período, entretanto, as sementes começaram a reabsorver água, o que não ocorreu com as sementes de pimentão.

Com base no aumento da matéria seca (Figura 1), as sementes de pimentão atingiram o ponto de maturidade fisiológica aos 50 dias após a antese. Nesse período, a cor dos frutos ainda era verde, com listras avermelhadas; portanto, não haviam atingido o estádio vermelho-intenso, quando, normalmente, são colhidos para a extração das sementes. Esse estádio só ocorreu 10 dias mais tarde, 60 dias após a antese.

Houve aumento do peso de 100 sementes até os 50 dias (Quadro 3), tanto para

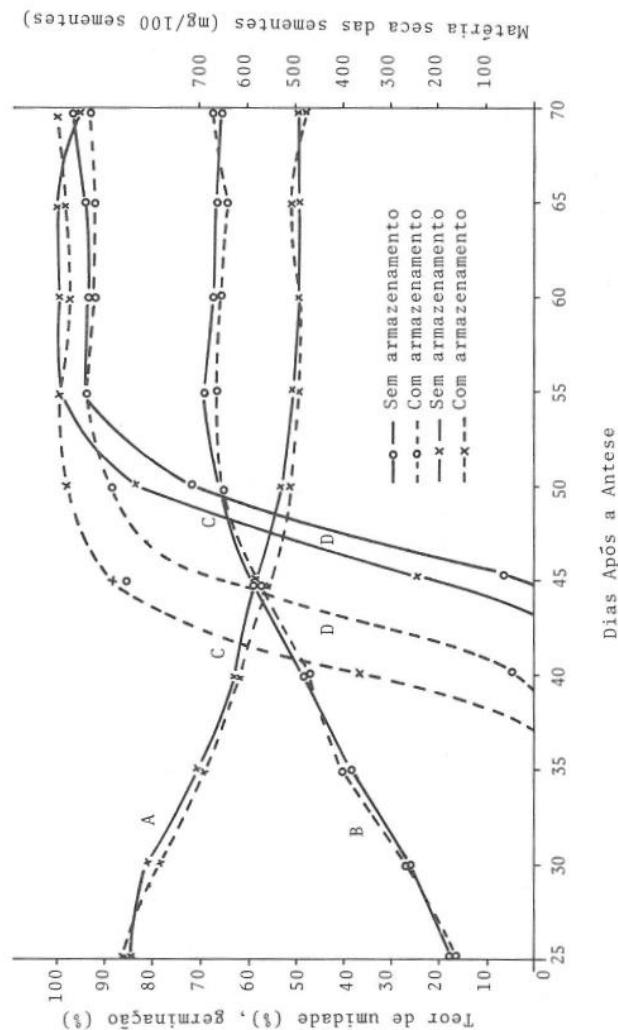


FIGURA 1 - Variação do teor de umidade (A), da matéria seca (mg/100 sementes) (B), da % de germinação, em laboratório (C) e em casa-de-vegetação (D), de sementes de pimentão provenientes de frutos armazenados durante 3 dias e não armazenados, considerando o número de dias após a antese.

QUADRO 2 - Médias dos resultados de comprimento, diâmetro e peso dos frutos de pimentão e de número de sementes por fruto, de acordo com a idade dos frutos, armazenados durante 3 dias e não armazenados

Idade dos frutos (dias após a antese)	Frutos não armazenados			Frutos armazenados durante 3 dias		
	Dimensões		Peso (g)	Dimensões		Peso (g)
	Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)		Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)	
25	92	59	67,65	386	94	55
30	95	55	84,16	329	80	46
35	104	70	106,00	376	104	68
40	108	75	117,00	392	100	69
45	107	73	115,23	374	110	76
50	108	72	109,67	378	109	75
55	109	75	119,52	386	108	73
60	109	71	113,61	367	104	78
65	111	72	110,00	370	107	74
70	105	72	105,09	352	109	72

sementes de frutos não armazenados como para as dos frutos armazenados durante 3 dias, aumento atribuído ao crescimento do peso seco, ocasionado pelo acúmulo de matéria seca nas sementes.

QUADRO 3 - Médias dos resultados do peso de 100 sementes (mg) de pimentão referentes a frutos armazenados e não armazenados, de acordo com a idade do fruto

Idade dos frutos (dias após a antese)	Peso de 100 sementes (mg)	
	Frutos não armazenados	Frutos armazenados durante 3 dias
25	203,3 a	191,8 a
30	308,5 b	269,7 b
35	433,3 c	452,2 c
40	533,0 d	531,9 d
45	647,5 e	657,0 e
50	726,1 f	730,0 f
55	769,4 f	721,6 f
60	744,0 f	690,5 f
65	738,5 f	740,4 f
70	724,0 f	739,2 f
C.V. (%)	3,63	5,74

O início da germinação de sementes de frutos armazenados durante 3 dias ocorreu antes da germinação das que foram extraídas após a colheita dos frutos (sem armazenamento) (Figura 1).

As sementes provenientes de frutos com 25, 30, 35 dias após a antese tornavam-se escuras quando expostas ao ar.

COCHRAN (5) também observou um escurecimento das sementes de pimentão aos 20 e 30 dias após a antese, em razão de imaturidade, embora tenha conseguido alguma germinação nesse período, ou seja, 1,1% e 6,1%, respectivamente.

A imaturidade da semente de pimentão nesse período, de acordo com COCHRAN (4), deve-se ao fato de o embrião não estar completamente desenvolvido, o que só ocorreu 40 dias após a polinização, em casa-de-vegetação.

A partir de 45 dias, para sementes de frutos armazenados, quando a germinação atingiu 88,2%, e de 50 dias, para as sementes de frutos não armazenados, quando atingiu 83,5%, os aumentos ocorridos não mais foram significativos.

A germinação em casa-de-vegetação diferiu da germinação em laboratório, quanto à época em que atingiram maiores percentagens (Figura 1). Essa diferença se deve, certamente, às condições de temperatura e umidade no laboratório, muito mais controladas.

Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que, apesar de não ter havido alteração no peso das sementes durante o período de armazenamento, houve uma alteração fisiológica que influiu na germinação de sementes. A explicação provável é que deve ter sido ativado algum sistema enzimático dos frutos, uma

das teorias utilizadas para explicar a iniciação e a ocorrência do climatério (7). O pimentão, embora classificado como não climatérico, apresenta, de acordo com HOWARD e YAMAGUCHI (10), um pequeno aumento na taxa respiratória (ascensão climatérica), própria dos frutos climatéricos. Esses, quando colhidos verdes, amadurecem normalmente, apresentando uma curva padrão de respiração.

Nos frutos armazenados ocorreu, então, a seqüência climatérica, completando a maturação, enquanto nos frutos colhidos e imediatamente abertos para a extração das sementes todo o processo de maturação cessou na colheita. Uma degradação rápida da clorofila, evidenciada pela rápida mudança de cor, ocorreu nos frutos em armazenamento, o que demonstra a aceleração do processo de maturação nesses frutos.

Os resultados obtidos pelos testes de vigor (Figura 2) evidenciam comportamento semelhante ao observado para a capacidade germinativa, em relação ao número de dias após a fecundação. Para as sementes que permaneceram no fruto 3 dias após a colheita, o vigor foi atingido mais cedo, quando comparadas às sementes retiradas do fruto logo após a colheita. Entretanto, nos dois casos os mais altos valores de vigor tenderam a ser atingidos alguns dias depois de atingida a maior percentagem de germinação, fato que demonstra não ser o poder germinativo um indicativo seguro do potencial de vitalidade de uma semente.

Pelos resultados da Primeira Contagem do Teste Padrão de Germinação (Figura 2), as sementes de frutos armazenados apresentaram maior vigor 50 dias após a antese.

Quando se testou a velocidade de emergência, medida em dias após o plantio (Figura 2), a estimativa do maior vigor coincidiu com a obtida na Primeira Contagem, para sementes de frutos não armazenados, ou seja, 55 dias após a antese, embora para as sementes de frutos armazenados tenha ocorrido um pouco antes, aos 45 dias.

Quando as sementes foram submetidas à condição de «stress» (42°C, 100% UR/3 dias), condição que pode resultar na aceleração do grau de deterioração, os dados mostraram maior percentagem de germinação aos 60 dias, para as sementes de frutos não armazenados (Figura 2).

Os resultados do comprimento de radícula (Figuras 3 e 4) apontam diferenças de vigor entre as sementes que permaneceram armazenadas no fruto durante 3 dias e as retiradas logo após a colheita.

O pequeno período de 3 dias de armazenamento da semente no fruto, além de um estímulo e um aumento na germinação, teve significativo efeito no vigor das sementes.

O vigor das sementes de pimentão parece, então, atingir um valor mais elevado entre 55 e 60 dias depois da fecundação do óvulo, considerada na antese, para as sementes de frutos não armazenados, e entre 50 e 55 dias, para as sementes de frutos armazenados. Nos dois casos, não houve queda de vigor até 70 dias após a antese, considerando os métodos para estimar o vigor utilizados neste estudo.

Com base nos resultados obtidos, a colheita dos frutos de pimentão para extração de sementes pode começar quando os frutos ainda estão verdes (50 dias), no início da mudança de cor, e deve prolongar-se até a época em que se encontrarem sem turgescência, 70 dias após a antese, sem prejuízo da qualidade da semente. Esse resultado é de grande interesse, principalmente para a produção comercial, por causa da grande desuniformidade nos estádios de maturação dos frutos, em razão da ocorrência de várias etapas de florescimento. Menor número de colheitas pode ser feito, colhendo-se, simultaneamente, frutos com diversas idades. Sugere-se que se faça, primeiro, a extração de sementes dos frutos mais maduros, deixando para o fim os demais, uma vez que um pequeno tempo de armazenamen-

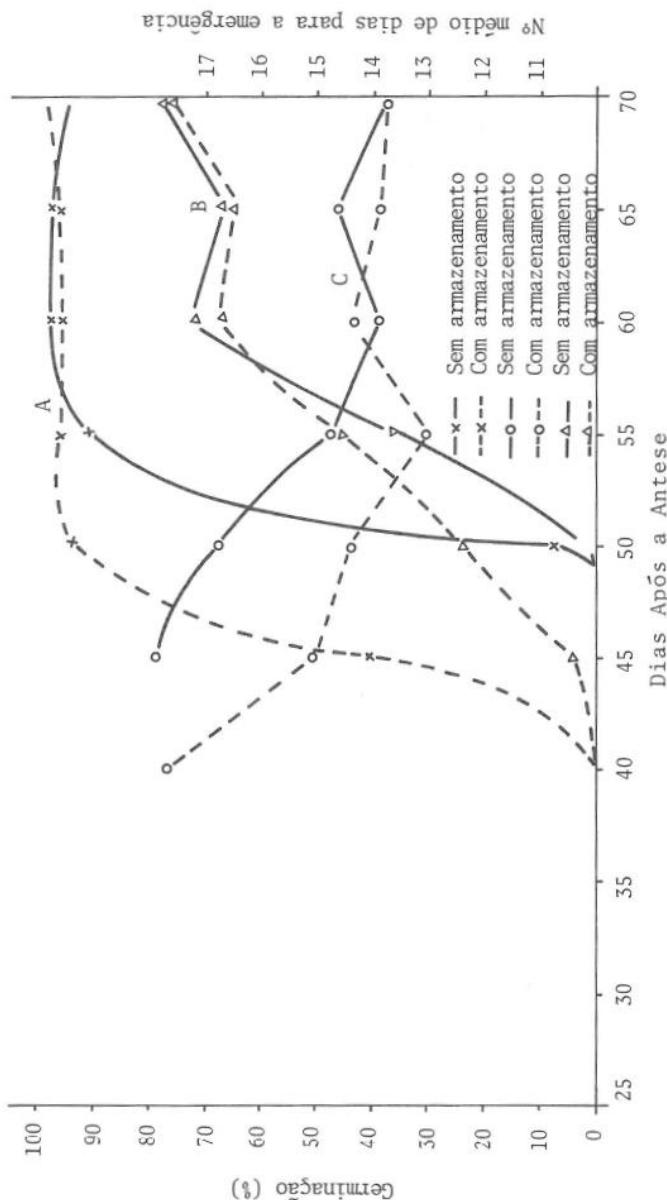


FIGURA 2 - Estimativa do vigor das sementes de pimentão por meio da primeira contagem do teste padrão de germinação (A), do teste de envelhecimento precoce (B) e do número médio de dias para a emergência (C), considerando o número de dias após a antese (frutos armazenados durante 3 dias e frutos não armazenados).

to concorreu para aumento da germinação e do vigor das sementes.

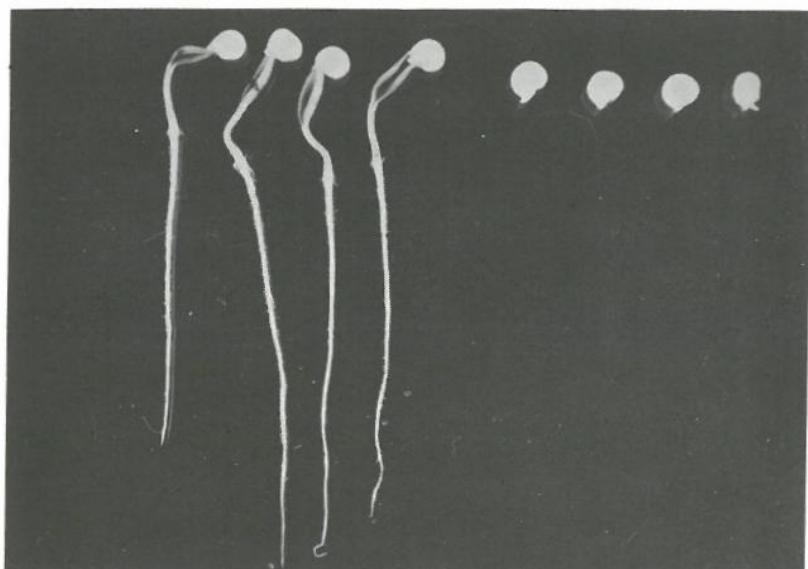


FIGURA 3 - Diferenças no comprimento de radícula (estimativa do vigor) em dois grupos de sementes de pimentão, ambos com 45 dias de idade, provenientes de frutos armazenados durante 3 dias (esquerda) e de frutos não armazenados (direita).

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Realizou-se, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, um experimento de campo, com a finalidade de estudar o desenvolvimento e a maturação fisiológica de sementes de pimentão (*Capsicum annuum* L.), cultivar 'Avelar'.

As flores foram etiquetadas na época da abertura da flor (antese). Vinte e cinco dias depois foi iniciada a colheita dos frutos. Foram colhidos frutos com 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65 e 70 dias de idade.

Após a colheita, os frutos foram medidos e pesados, sendo um grupo armazenado durante 3 dias, em condições ambientais, e os demais abertos, para a imediata extração de semente.

As sementes extraídas foram avaliadas por meio dos seguintes parâmetros: número de sementes por fruto, peso, tamanho, teor de umidade, matéria seca, capacidade germinativa e vigor.

O vigor foi estimado pela Primeira Contagem do Teste Padrão de Germinação, pelo Número Médio de Dias para a Emergência, pelo Comprimento de Radí-

cula e pelo Teste de Envelhecimento Precoce.

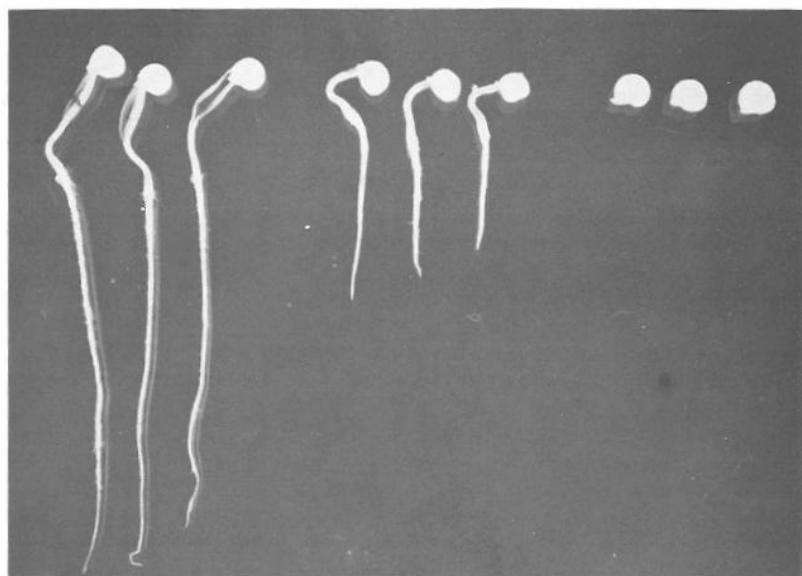


FIGURA 4 - Diferenças no comprimento de radículas (estimativa do vigor) em grupos de sementes de pimentão com 45 e 50 dias de idade, considerando o armazenamento dos frutos. O primeiro e o terceiro grupos mostram sementes com 45 dias de idade provenientes de frutos armazenados durante 3 dias e não armazenados, respectivamente. O segundo grupo (ao centro) mostra sementes com 50 dias de idade provenientes de frutos não armazenados.

Diante desses resultados, chegou-se às seguintes conclusões:

1. O teor de umidade das sementes decresceu de aproximadamente 85%, aos 25 dias, até 50%, época em que atingiram a maturidade fisiológica.
2. O armazenamento dos frutos pelo curto período de 3 dias teve acentuado efeito na germinação e no vigor das sementes.
3. O início da germinação e a maior percentagem atingida ocorreram aos 45 e 50 dias após a antese, respectivamente, para as sementes de frutos não ar-

mazenados, e aos 40 e 45, para as sementes de frutos armazenados durante 3 dias.

4. O maior vigor das sementes de pimentão foi atingido entre 55 e 60 dias após a fecundação, para as sementes de frutos não armazenados, e entre 50 e 55 dias, para as sementes de frutos armazenados durante 3 dias.
5. O ponto de maturidade das sementes de pimentão ocorreu aos 50 dias após a antese, época do início da mudança de coloração dos frutos, tanto para sementes de frutos não armazenados como para sementes de frutos armazenados durante 3 dias.
6. Para as sementes de frutos armazenados houve coincidência entre o ponto de maturidade fisiológica, o maior vigor e a maior percentagem de germinação. Nas sementes cujos frutos não foram armazenados, o ponto de maturidade fisiológica foi atingido 5 dias antes do maior vigor, embora tenha coincidido com a maior percentagem de germinação.

5. SUMMARY

Studies of the development and physiological maturation of the seeds of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.), cultivar 'Avelar', were conducted at Viçosa, Minas Gerais.

Fruits were harvested at 5-day intervals beginning 25 days after anthesis and continued until 70 days after anthesis. At each harvest, fruits were separated into 2 groups. Seeds of one group of fruits were extracted immediately, while fruits of the second group were held 3 days at room conditions before the seeds were extracted. Seed moisture levels ranged from 85%, in fruits collected 25 days after anthesis, to 50% at physiological maturity.

The results are tabulated as follows:

Comparative responses of seeds in relation to the number of days from anthesis to fruit harvest and time of seed extraction.

Response	Seeds extracted at harvest	Seeds extracted 3 days postharvest
First germination	45 (days-anthesis to harvest)	40
Highest (%) germination	50 (days-anthesis to harvest)	45
Greatest vigor	55—60 (days-anthesis to harvest)	50—55
Physiological maturity	50 (days-anthesis to harvest)	50

Physiological maturity and greatest vigor were coincident for seeds extracted 3 days after fruit harvest; for seeds extracted at harvest, physiological maturity obtained 5 days the highest vigor value.

6. LITERATURA CITADA

1. BA-AMER, M.A. & BEMIS, W.P. Fruit and seed development in *Cucurbita foetidissima*. *Economic Botany*, 22(3):297-299. 1968.
2. BRASIL. Ministério da Agricultura. *Regras para análises de sementes*. [s.l.]. AGIPLAN, 1976. 188 p.

3. CASAGRANDE, A.A. *Vigor das sementes (das plântulas)*. Piracicaba, ESALQ, 1970. 16 p.
4. COCHRAN, H.L. A morphological study of flower and seed development in pepper. *Jour. Agr. Res.*, 56(6):395-410. 1938.
5. COCHRAN, H.L. Effect of stage of fruit maturity at time of harvest and method drying on germination of pimento seed. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 43: (114):229-234. 1943.
6. COSTA, J.F.A. & BEMIS, W.P. After-ripening effect on seed. *Turrialba*, 22(2): 207-207. 1972.
7. DOSTAL, H.C. The biochemistry and physiology of ripening. *HortScience*, 5(1):36-37. 1970.
8. EDMOND, J.B. & DRAPALA, W.J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 71:428-434. 1958.
9. GONÇALO, J.F.P. & MACIEL, V.S. Maturação fisiológica de arroz. *Semente*, 1(1):23-25. 1975.
10. HOWARD, F.D. & YAMAGUCHI, M. Respiration and the oxidative activity of particulate fractions from developing pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). *Plant Physiology*, 32(5):418-428. 1957.
11. McILRATH, W.J., ABROL, Y.P. & HEILIGMAN, F. Dehydration of seeds in intact tomato fruits. *Science*, 142(3600):1681-1682. 1963.
12. POPINIGIS, F. Maturação da semente. In: ——. *Fisiologia de sementes*. Brasília, AGIPLAN, 1977. p. 19-38.