

WANDERLEI ANTÔNIO ALVES DE LIMA

**CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO, GERMINAÇÃO E VIGOR DE  
SEMENTES DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Fitotecnia, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
NOVEMBRO – 1999

WANDERLEI ANTÔNIO ALVES DE LIMA

**CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO, GERMINAÇÃO E VIGOR DE  
SEMENTES DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Fitotecnia, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA: 30 de abril de 1999.

---

Prof. Múcio Silva Reis  
(Conselheiro)

---

Prof. Paulo Roberto Cecon  
(Conselheiro)

---

Prof<sup>a</sup> Ana Dionísia da L.C. Novembre

---

Prof. Roberto Ferreira da Silva

---

Prof<sup>a</sup> Denise Cunha F. dos Santos Dias  
(Orientadora)

A Deus,

Aos meus pais Ari Alves de Lima (*in memoriam*) e Maria Francisca  
Alves de Lima,

Aos meus irmãos Elizabeth, Maria Aparecida, Ari Aparecido, Vanda,  
Gilmar, Tânia, Vanderléa e Darlam (*in memoriam*).

## AGRADECIMENTO

A Deus, pelo auxílio de sempre em todos os momentos da minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do Curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos; e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela complementação dessa bolsa.

À professora Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias, pela amizade e pela tranquilidade na sua segura orientação.

À professora Eveline Mantovani Alvarenga, pela amizade, pelo incentivo e pelas sugestões.

Aos professores Paulo Roberto Cecon e Múcio Silva Reis, pela amizade e pela orientação na condução do experimento.

A Maria Carmem Behring, pelo estímulo e pelo convívio agradável.

Ao professor Tocio Sedyama, pelos conselhos e apoios constantes desde a graduação.

A Luiz Carlos de Abreu Albuquerque, pela amizade, pelo incentivo e pelas valiosas sugestões.

À Central de Ensino e Desenvolvimento Agrário de Florestal (CEDAF), onde tudo começou, em especial ao professor Messias Antônio Silveira Andrade, pela amizade e pelo incentivo.

A Mara Rodrigues e Vicente Madaleno dos Santos, pela ajuda e pelo apoio constantes.

Aos colegas do “Tirando o Pé da Roça,” especialmente a Wagner, Márcio, Ludimila e Fábio, pela amizade e pela ótima convivência até hoje.

A Gislaine, Dora, Marina, Lara e Josete, pela amizade e pela ajuda mútua.

Aos laboratoristas da Fitotecnia José Eduardo e Marcos, pelo convívio agradável.

Aos funcionários da Agronomia, especialmente a Gilberto e Sebastião, pela ajuda e pela disposição.

Aos meus pais, por terem-me dado vida e me preparado para o mundo.

À minha família, em especial à minha irmã Maria Aparecida de Lima Maciel, pelo incentivo e pelo apoio constante.

Enfim, o meu reconhecimento e a minha gratidão a todos aqueles que, de alguma forma, auxiliaram na realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

WANDERLEI ANTÔNIO ALVES DE LIMA, filho de Ari Alves de Lima e Maria Francisca Alves de Lima, nasceu em Pará de Minas, Minas Gerais, no dia 10 de agosto de 1970.

Realizou o curso primário na Escola Estadual Serafim Ribeiro de Rezende, em Florestal, Minas Gerais, e concluiu o segundo grau na Central de Ensino e Desenvolvimento Agrário de Florestal (CEDAF), em Florestal, MG.

Em 1990, ingressou na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, graduando-se em Engenharia Agrônômica em dezembro de 1995.

Em março de 1996, iniciou o Curso de Mestrado em Fitotecnia na UFV.

## CONTEÚDO

EXTRATO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1.Germinação de sementes de café.....	4
2.2.Processo de embebição.....	6
2.3.Condicionamento fisiológico de sementes.....	8
CAPÍTULO 1.....	14
AJUSTE DE METODOLOGIA PARA O CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE CAFÉ .....	14
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
2.1.Condicionamento fisiológico de sementes.....	18
2.1.1.Cálculo do potencial osmótico e preparo de soluções.....	18
2.1.1.1.Solução de manitol.....	18
2.1.1.2.Solução de polietileno glicol – 6000.....	19
2.2.Metodologia do ensaio 1 .....	19
2.3.Metodologia do ensaio 2 .....	20
2.4.Metodologia do ensaio 3 .....	21
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22

3.1.Ensaio 1 .....	22
3.2.Ensaio 2 .....	24
3.3.Ensaio 3 .....	31
4. CONCLUSÕES .....	34
CAPÍTULO 2 .....	35
EFEITO DO CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE CAFÉ .....	35
1. INTRODUÇÃO .....	35
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	38
2.1.Condicionamento fisiológico de sementes .....	39
2.2.Metodologia do ensaio 1 .....	39
2.3.Metodologia do ensaio 2 .....	40
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	43
3.1.Ensaio 1 .....	43
3.2.Ensaio 2 .....	51
4. CONCLUSÕES .....	56
RESUMO E CONCLUSÕES.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59
APÊNDICE .....	67

## EXTRATO

LIMA, Wanderlei Antônio Alves de, M.S., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 1999. **Condicionamento fisiológico, germinação e vigor de sementes de café (*Coffea arabica* L.)**. Orientadora: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias. Conselheiros: Eveline Mantovani Alvarenga, Paulo Roberto Cecon e Múcio Silva Reis.

Com os objetivos de definir a metodologia adequada para condicionamento fisiológico de sementes de café e avaliar os efeitos dessa técnica na germinação e no vigor das sementes, foi realizado um trabalho no Laboratório de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), utilizando-se sementes de café Catuaí Vermelho MG-44. No primeiro ensaio, sementes sem o endocarpo (pergaminho) foram submetidas à embebição durante 30 dias, a 25°C, em água; em soluções de manitol (-0,4; -0,6; e -0,8 MPa); e em soluções de polietileno glicol 6000 (PEG-6000) a -0,2; -0,4; e -0,6 MPa. Realizou-se avaliação diária até o trigésimo dia, sendo contadas e eliminadas as sementes germinadas e as infeccionadas por microrganismos. No segundo ensaio, sementes com e sem o endocarpo foram submetidas a tratamentos de embebição durante 30 dias, a 25°C, em água e em soluções de PEG-6000 (-0,4; -0,6; e -0,8 MPa). Realizaram-se avaliações de dois em dois dias até o trigésimo dia, sendo contadas as sementes germinadas e monitorado o grau de umidade das sementes de cada tratamento. No terceiro ensaio, traçou-se a

curva de embebição das sementes com o endocarpo embebidas em água e em PEG-6000 a  $-0,4$  MPa , a  $25^{\circ}\text{C}$ , após 0, 1, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144 e 168 horas. A partir dos resultados obtidos nesses ensaios, sementes com o endocarpo foram condicionadas em PEG-6000 a  $-0,4$  MPa por 72 e 168 horas e em água por 33 e 66 horas e avaliadas, quanto à qualidade fisiológica, imediatamente após os tratamentos, pelos testes de germinação, envelhecimento acelerado, crescimento radicular e emergência de plântulas em areia. Para verificar o efeito latente desses tratamentos, sementes condicionadas foram secadas até o grau de umidade inicial, armazenadas por 90 dias e avaliadas pelos mesmos testes citados anteriormente. Para comparação, foram utilizadas sementes sem tratamento de embebição. Os resultados permitiram concluir que o PEG-6000 foi mais eficiente que o manitol como agente condicionante; a emissão da raiz primária em sementes de café, sem o endocarpo, ocorreu quando o grau de umidade atingiu valores próximos a 55%; sementes com o endocarpo embebidas em PEG-6000 a  $-0,4$  MPa, por períodos entre 50 e 168 horas, permaneceram na fase II de embebição; a prévia embebição das sementes em água por 34 horas proporcionou aumentos na germinação e no vigor das sementes; e o tratamento visando ao condicionamento das sementes foi eficaz, podendo-se constituir em procedimento capaz de melhorar o desempenho das sementes de café, principalmente para lotes que apresentam baixa qualidade fisiológica.

## ABSTRACT

LIMA, Wanderlei Antônio Alves de, M.S. Universidade Federal de Viçosa, November 1999. **Physiological conditioning, germination and vigor of coffee seeds (*Coffea arabica* L.)**. Adviser: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias. Committee Members: Eveline Mantovani Alvarenga, Paulo Roberto Cecon and Múcio Silva Reis.

An experiment was carried out at the Seed Laboratory of the Department of Agronomy at the UFV, using Catuaí Vermelho MG-44 coffee seeds, to define the adequate methodology for the physiological conditioning of coffee seeds and to assess the effects of this technique on seed germination and vigor. In the first test, seeds without endocarp were submitted to imbibition, during 30 days, at 25°C, in water, in manitol solutions (-0.4; -0.6; and -0.8 MPa), and in polyethylene glycol 6000 (PEG-6000) solutions at -0.2; -0.4; and -0.6 MPa. Seed evaluation was done daily until the thirtieth day. Seed counting, elimination of germinated seeds and infected seeds by microorganisms were also conducted. In the second test, seeds with and without endocarp were submitted to the imbibition treatments during 30 days, at 25°C, in water and in solutions of PEG-6000 (-0.4; -0.6; and -0.8 MPa). Every other day, evaluations were carried out until the thirtieth day. Germinated seeds were counted and the moisture content of the seeds in each treatment was determined. In the third test, the imbibition curve of the seeds with endocarp imbibed in water and in PEG-6000 at -0.4

MPa, at 25°C, after 0, 1, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144 and 168 hours was plotted. From the result obtained in those tests, seeds with endocarp were conditioned in PEG-6000, at -0.4 MPa, for 72 and 168 hours, and in water for 33 and 66 hours. The physiological quality of the seeds was evaluated by germination tests, accelerated aging, root growth, and plant emergence in sand. In order to verify the latent effect of treatments, conditioned seeds were dried to their initial moisture content, stored for 90 days and evaluated by the same tests cited above. For comparison, seeds without imbibition treatment were used. The results led to the following conclusions: PEG-6000 was more efficient than manitol as a conditioning agent; the main root emission in coffee seeds, without endocarp, occurred when the moisture content reached a value near 55%; seeds with the endocarp soaked in PEG-6000, at -0.4 MPa, in periods between 50 and 168 hours remained in imbibition phase II; the preimbibition of the seeds in water for 34 hours resulted in increased germination and vigor. The coffee seed conditioning treatments were effective, enhancing seed performance, mainly in lots with low physiological quality.

## 1. INTRODUÇÃO

Como o café (*Coffea arabica* L.) é o principal produto gerador de divisas, em razão de sua exportação e da expressiva mão-de-obra empregada na sua produção, constitui-se em uma cultura de indiscutível importância socioeconômica para o País. Por ser planta perene, torna-se um dos fatores fundamentais para a sua produção o emprego de mudas vigorosas como passo importante para a formação de lavouras, além da necessidade do uso de sementes de alta qualidade, já que a propagação do café arábica é feita a partir de sementes. Uma boa semente é o primeiro fator condicionante da produtividade da lavoura. As sementes empregadas devem ser de boa qualidade, pois, após seis meses de armazenamento, perdem rapidamente o poder de germinação. Comumente são usados dois tipos de mudas: mudas de meio ano e mudas de um ano. As mudas de meio ano são mais utilizadas, pois, além do menor custo de produção, requerem menores recipientes e menor quantidade de substrato e permanecem menos tempo no viveiro. Entretanto, em razão da sua curta permanência no viveiro, são levadas muito jovens para o campo, podendo não resistir às adversidades ambientais. Na obtenção das mudas de um ano, a semeadura normalmente é feita em outubro-novembro. Em outubro do ano seguinte, as mudas são levadas para o local definitivo. Essa longa permanência no viveiro contribui para elevar o custo de produção.

A época para o plantio do cafezal na região Centro-Sul do Brasil compreende o período de outubro a março, sendo mais vantajosos os plantios efetuados mais cedo, no início da estação chuvosa. Nesta época, a muda deve possuir aproximadamente quatro pares de folhas, o que representa a idade de seis a oito meses (Instituto Brasileiro do Café-IBC, 1981). Para que isso ocorra, a implantação do viveiro deve ser feita de janeiro a março. Entretanto, como a colheita concentra-se de maio a julho, o tempo de armazenamento das sementes é de sete a nove meses. Como as sementes de café perdem rapidamente o seu poder germinativo, esse longo período até a sementeira dificulta a disponibilidade de sementes de boa qualidade na ocasião ideal para realizar o semeio. Os plantios em épocas inadequadas ocorrem em razão de não se conseguirem mudas no estágio de crescimento necessário, o que é ocasionado, em parte, pela lenta germinação das sementes, atrasando o processo de produção das mudas (PARREIRA, 1961).

A manutenção da qualidade das sementes de café por mais de um ano é desejável, pois, além de poder preservar estoques genéticos, o mercado de sementes tem dificuldade em manter estoques reguladores para atendimento de situações inesperadas, como no caso de geadas antes da colheita.

Além da difícil conservação, as sementes de café possuem germinação lenta e desuniforme. O endocarpo da semente, constituído de tegumento delgado, duro e coriáceo, conhecido como pergaminho, é um dos responsáveis por essa lenta germinação, segundo SCARANARI (1954) e FRANCO (1963).

Poucas pesquisas têm sido feitas buscando acelerar e uniformizar a germinação de sementes de café. A utilização de técnica capaz de melhorar o desempenho das sementes pode-se mostrar bastante promissora, contribuindo também para redução do gasto de sementes. O condicionamento fisiológico de sementes, também conhecido como condicionamento osmótico, “priming” (HEYDECKER e COOLBEAR, 1977) ou “osmocondicionamento” (KHAN et al., 1978), é uma das técnicas que têm sido utilizadas para melhorar o desempenho das sementes e procurado, dentre seus objetivos, diminuir o período de germinação da população de sementes e conceder tolerância às sementes e às

plântulas a temperaturas subótimas durante o estabelecimento da planta. Além disso, NATH et al. (1991) relataram a possibilidade de a técnica de condicionamento fisiológico melhorar a manutenção da viabilidade das sementes durante o armazenamento. Entretanto, o uso dessa técnica em escala comercial depende do estabelecimento de metodologia específica para a cultura em questão e do desenvolvimento de um método prático e de baixo custo.

Em face do exposto, o presente trabalho teve por objetivos definir uma metodologia adequada para o condicionamento fisiológico de sementes de café e avaliar os seus efeitos sobre a germinação e o vigor das sementes.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Germinação de sementes de café**

As sementes de café são normalmente obtidas de frutos maduros, denominados frutos-cereja. Na tentativa de antecipar o período para formação da muda, permitindo, assim, o plantio mais cedo, no início da estação chuvosa, pesquisou-se a possibilidade de obtenção de sementes viáveis de frutos em diferentes estádios de desenvolvimento. Constatou-se que a semente germina mesmo quando o fruto ainda está no estágio de “chumbinho,” ou “verde-cana,” mas as porcentagens de germinação são sempre muito inferiores, em relação às sementes oriundas de fruto-cereja (VISHVESHWARA e KANTHA RAJU, 1973).

As sementes de café germinam lentamente e de modo desuniforme, acarretando problemas aos viveiristas. Em Viçosa, MG, a emergência das plântulas ocorre 50 a 60 dias após a sementeira, mesmo na época mais quente do ano (Maestri e Vieira, 1961, citados por RENA e MAESTRI, 1986). Na estação fria, esse tempo pode ser de até 90 dias, chegando ao extremo de 120 dias (Went, 1953, citado por RENA e MAESTRI, 1986), o que, ocasionalmente, causa ainda mais problemas aos produtores de mudas de café, pois é justamente no início da estação fria que as sementes começam a estar disponíveis aos produtores e viveiristas, na maioria das regiões produtoras de café. A 30 °C, tanto as sementes

do *Coffea arabica* como as do *Coffea canephora* germinam em três a quatro semanas, principalmente se o pergaminho é removido (WENT, 1957; HUXLEY, 1965 ). Há, contudo, indicações de que a temperatura ótima para germinação do café arábica esteja acima de 30°C; sementes de café Catuaí sem pergaminho germinaram em apenas 15 dias, à temperatura de 32°C (Rena, dados não publicados, citado por RENA e MAESTRI, 1986). De acordo com BAUMANN e GABRIEL (1984), as sementes de café germinam mais rápido em temperaturas mais altas, estando a faixa ótima no intervalo de 25 – 35°C; temperaturas acima de 35°C são prejudiciais e impedem a germinação. Temperatura constante de 30°C é recomendada para o teste-padrão de germinação de sementes de café (BRASIL, 1992).

De acordo com PAGACZ (1960), VISHVESHWARA e RAJU (1973), a emissão da raiz primária em *C. arabica* ocorre dentro de 10 dias a três semanas a partir da semente. Nas três semanas seguintes, enquanto a radícula continua a crescer gravitropicamente para baixo, raízes laterais aparecem em seqüência em direção à extremidade e o hipocótilo alonga-se, levantando a semente ainda coberta pelo pergaminho. É dito, então, que a plântula está no estágio de “palito de fósforo.” Neste ponto, as folhas cotiledonares começam a se desenvolver, digerindo, neste estágio, a maior parte do endosperma. O pergaminho é lentamente expelido durante a expansão das folhas cotiledonares. A plântula, então, desenvolve duas folhas cotiledonares, cada qual com uma gema dormente em sua axila. As folhas cotiledonares maduras são arredondadas com as bordas corrugadas e medem 20 – 40 mm de diâmetro, estágio conhecido como “orelha de onça”. O processo completo, a partir da semente, dura cerca de 8 a 12 semanas (PAGACZ, 1960).

Há evidências de que a presença do pergaminho na semente de café exerça influência na sua germinação, gerando algumas controvérsias entre autores. Segundo BENDAÑA (1962), a germinação das sementes de café é lenta devido ao pergaminho, sendo tal efeito devido, provavelmente, à sua impermeabilidade relativa à água. GUIMARÃES (1995) concluiu que, para acelerar o processo germinativo, as sementes de café devem ter o endocarpo

retirado, confirmando as informações obtidas por FRANCO (1970), que observou que as sementes com endocarpo não germinavam em meio asséptico. Também, VALIO (1976) observou que, no caso de germinação no solo, o pergaminho é rapidamente decomposto pela flora microbiana, ocorrendo a germinação; em meio asséptico, a presença do pergaminho contribuiria para retardar a germinação. Esta inibição, segundo esse autor, não se deve à insuficiência na absorção de água, mas provavelmente a algum mecanismo de resistência imposto pelo pergaminho sobre o desenvolvimento do embrião. Contudo, segundo BENDAÑA (1962) e HUXLEY (1964), parece que o pergaminho não constitui limitante mecânico ao crescimento do embrião. Outra provável influência do pergaminho na germinação das sementes de café foi relatada por HUXLEY (1964), segundo o qual o pergaminho restringe a passagem de oxigênio para os tecidos internos da semente. A remoção do pergaminho é um procedimento-padrão no teste de germinação em laboratório (HUXLEY, 1965; BRASIL, 1992), recomendado para acelerar a germinação.

## **2.2. Processo de embebição**

O processo de germinação das sementes é influenciado por uma série de fatores, constituindo-se em uma fase crítica, pois é necessário que ocorra um conjunto de condições favoráveis para que tal processo se realize de forma satisfatória. Neste processo, a primeira etapa na seqüência de eventos que culminam com a retomada do crescimento do embrião (emissão da radícula) é a embebição (BEWLEY e BLACK, 1994).

A embebição é um tipo de difusão que ocorre quando as sementes absorvem água. Todas as sementes, exceto aquelas com tegumento impermeável (sementes duras), embebem-se ou reidratam-se quando expostas à água. A absorção de água inicia uma série de processos físicos, fisiológicos e bioquímicos no interior da semente viva, que, na ausência de outro fator limitante, resultam na emergência da plântula (POPINIGIS, 1985).

Sementes imaturas ou deterioradas apresentam maior rapidez de embebição, em razão da acentuada permeabilidade do tegumento e da menor organização dos sistemas de membranas celulares. A intensidade de restrição na absorção de água depende da estrutura e composição do tegumento, que estão relacionadas com as quantidades de lignina, taninos e lipídios (RAGUS, 1987).

Segundo BEWLEY e BLACK (1994), a absorção de água pela semente ocorre em três fases distintas. A fase I é relativamente rápida, e a absorção de água, nesta fase, ocorre como uma consequência do potencial matricial dos vários tecidos das sementes. Isso ocorre independentemente de a semente ser ou não viável e dormente, a não ser que se trate de dormência por impermeabilidade do tegumento à água. Bioquimicamente, essa fase caracteriza-se pelo início da degradação das substâncias de reserva. CARVALHO e NAKAGAWA (1988) relataram que em uma ou duas horas a semente completaria essa fase, atingindo grau de umidade entre 35 e 40% para sementes cujo principal tecido de reserva é do tipo cotiledonar e 25 a 30% para sementes cujo tecido de reserva é endospermático. Na fase II, a semente praticamente não absorve água, mantendo os níveis de hidratação atingidos no final da fase I, e os potenciais hídricos do solo e da semente estão muito próximos. Nesse ponto, ocorre o transporte dos metabólicos produzidos na fase anterior dos tecidos de reserva para os pontos de crescimento. Ao atingir valores de umidade entre 25 e 30% (endospermática) e 35 e 40% (cotiledonares), teria início a fase II, a qual teria duração de 8 a 10 vezes mais longa que a fase I (CARVALHO e NAKAGAWA, 1988). Na última fase, ou fase III, ocorre absorção ativa de água, sendo alcançada apenas pelas sementes viáveis e não-dormentes. Nesse estágio, o eixo embrionário já iniciou seu crescimento, e as novas células em processo de formação e crescimento exigem água. Dessa forma, o conjunto semente/plântula volta a absorver umidade. Essa fase se caracteriza pela emissão da raiz primária e pelo crescimento da plântula. Subitamente, a partir de um teor de umidade que varia de uns 35 a 40% para as endospermáticas e de uns 50 a 60% para as cotiledonares, a semente volta a absorver água e a respirar intensamente

(CARVALHO e NAKAGAWA, 1988). CAMARGO (1998), determinando curvas de embebição para sementes de café com e sem endocarpo, observou que a fase I é completada próximo das 144 horas de embebição, com grau de umidade de 54,4% e 50,3% para as sementes sem e com endocarpo, respectivamente. O referido pesquisador observou também que a fase II somente é atingida pelas sementes sem endocarpo, tendo início em torno de 288 horas após o início da embebição, obedecendo a um padrão trifásico.

### **2.3. Condicionamento fisiológico de sementes**

HEYDECKER e COOLBEAR (1977) relacionaram diversos tratamentos de sementes que visam melhorar o desempenho da germinação. Tais tratamentos de pré-semeio, que envolvem o início do metabolismo de germinação, dividem-se naqueles que simplesmente antecipam parte ou mesmo todos os processos de germinação antes da sementeira e naqueles que modificam esse processo, “retendo” as sementes embebidas, de modo que a emergência da radícula seja inibida por algum tempo antes do semeio.

Diversos processos têm sido desenvolvidos para o tratamento das sementes de pré-semeadura, com o objetivo de reduzir o período de tempo compreendido entre a sementeira e a emergência das plântulas, fazendo com que as sementes não permaneçam, por muito tempo, submetidas a condições adversas. Tais técnicas, que conduzem a melhoria do desempenho das sementes, através do controle da hidratação, são, de forma geral, denominadas pré-condicionamento fisiológico ou condicionamento osmótico “priming” (KHAN et al., 1976) e têm mostrado resultados promissores para várias espécies, principalmente hortaliças e essências florestais.

Com referência ao condicionamento fisiológico de sementes, um dos fatores que mais têm gerado discussão relaciona-se aos efeitos da secagem e do armazenamento das sementes após o tratamento. Inicialmente, a secagem foi considerada benéfica por HEYDECKER et al. (1975) e KHAN et al. (1978). Para MATTHEWS e POWELL (1986), os efeitos benéficos do condicionamento são

fixados à semente pela secagem (“dry back”). Entretanto, outros autores consideraram que a secagem reverteu os benefícios do tratamento (HEYDECKER e COOLBEAR, 1977; ARMSTRONG e McDONALD, 1992).

O condicionamento fisiológico das sementes pode ser efetuado também por meio de ciclos de hidratação-secagem, sendo as sementes pré-embebidas em água sem a presença de soluto. Neste caso, a quantidade de água absorvida pela semente é controlada pelo período de tempo em que ela permanece em contato com o substrato umedecido (KHAN, 1992), sendo o tempo estabelecido para a embebição da semente de crucial importância.

Estudos têm indicado que tratamentos de pré-hidratação podem melhorar a tolerância das sementes a condições adversas de armazenamento e também o vigor de sementes envelhecidas (BURGASS e POWELL, 1984). A melhoria da qualidade fisiológica de sementes mediante o emprego de tratamentos de pré-embebição em água tem sido amplamente divulgada na literatura (PEÑALOZA e EIRA, 1993; JENG e SUNG, 1994; HOFMANN e STEINER, 1994; ZHANG et al., 1994; CHIU et al., 1995). Segundo esses autores, curtos tratamentos de hidratação aumentaram o vigor das sementes e contribuíram para uma germinação mais sincronizada.

NATH et al. (1991) verificaram que curtos tratamentos de hidratação em sementes de trigo seguidos de secagem permitiram a manutenção da sua viabilidade durante o armazenamento. Tratamentos de hidratação mais longos foram efetivos em restaurar a taxa de germinação quando aplicados após o armazenamento; entretanto, se aplicados antes, aceleram o processo de deterioração das sementes.

A técnica de condicionamento fisiológico, utilizando um agente osmótico, é baseada no controle da hidratação das sementes, em um nível que permita que a atividade metabólica pré-germinativa ocorra, mas sem haver a emergência da radícula (HEYDECKER e GIBBINS, 1978; BRADFORD, 1986). As sementes são colocadas em contato com uma solução aquosa osmoticamente ativa, permitindo o início do processo de embebição, que é paralisado quando o equilíbrio entre o potencial hídrico da semente e o potencial hídrico da solução é

atingido. Esse potencial é ajustado de maneira a permitir que todos os processos preparatórios para germinação das semente ocorram, impedindo o alongamento celular e, conseqüentemente, a emergência da radícula mesmo após semanas de contato entre as sementes e a solução (HEYDECKER et al.,1975).

A principal vantagem dessa técnica é permitir a emissão da radícula em menor período de tempo, fato que tem sido comprovado por diversos autores (EIRA e MARCOS FILHO, 1990; CAVALLARO et al., 1994). No entanto, existem discordâncias entre alguns autores com relação à eficiência do tratamento em uma mesma espécie, conforme pode ser observado nos trabalhos de VAZQUEZ (1995) e DEL GIÚDICE (1996) com sementes de soja. Para HEYDECKER e COOLBEAR (1977), isso se deve à grande quantidade de combinações experimentais que podem ser empregadas. É importante ressaltar que a relação ideal entre potencial osmótico, temperatura e período de condicionamento pode ser variável segundo a espécie e o cultivar (HEYDECKER et al., 1975).

Segundo HEYDECKER et al. (1975), a utilização da técnica de condicionamento fisiológico seria muito útil, pois sementes condicionadas colocadas no solo em condições adversas apresentam germinação mais rápida que as sementes não-tratadas. Além deste, outros benefícios podem ser conseguidos, como: emergência precoce pela qual as plântulas são capazes de competir mais efetivamente com as plantas invasoras; germinação sincronizada, resultando em um “stand” mais uniforme; e possibilidade de capacitar as sementes a germinar a temperaturas mais baixas ou mais altas que aquelas que as sementes não-tratadas suportariam

KHAN (1977) relatou que o condicionamento fisiológico pode promover efeitos benéficos no desempenho das sementes e a produtividade das culturas, incluindo:

- redução no tempo de emergência;
- uniformidade na emergência;
- aumento no sistema radicular;
- proteção fisiológica das sementes contra condições de estresse do meio; e

- possibilidade do aumento do número de plantios por área dentro do mesmo período.

Alguns produtos já foram utilizados como agentes osmóticos visando obter o condicionamento em sementes, entre eles:  $MgSO_4$ ,  $KNO_3$ ,  $NaCl$ ,  $K_3PO_4$ ,  $MgCl_2$  e  $NaNO_3$  (ALJARO e MARTINEZ, 1987; BRADFORD et al., 1990); glicerol (BROCKLEHURST e DEARMAN, 1984), manitol (BODSWORTH e BEWLEY, 1981; FURUTANI et al., 1986; EIRA, 1988; PASSAM et al., 1989) e polietileno glicol, sendo mais utilizado principalmente o de peso molecular de 6.000 (PEG-6000) (HEYDECKER et al., 1975; BODSWORTH e BEWLEY, 1981; SZAFIROWSKA et al., 1981; FURUTANI et al., 1986; BINIEK e TYLKOWSKA, 1987; HAIGH e BARLOW, 1987; SAXENA e GITA SINGH, 1987; EIRA, 1988; GRAY et al., 1990; BUJALSKI e NIENOW, 1991; BEWLEY e BLACK, 1994; DEL GIÚDICE, 1996; BRACCINI, 1996 ).

Para SLAVIK (1974), uma solução osmótica que esteja em contato com tecidos vivos deve ter algumas características importantes, como: não ser tóxica; o soluto não deve penetrar nas células; e o soluto não pode ser metabolizado pelas plantas e deve ter estabilidade, impedindo mudanças causadas por microrganismos durante a utilização. O referido autor afirmou que nenhum dos solutos comumente utilizados para condicionamento fisiológico obedece completamente a tais características.

O polietileno glicol não é facilmente metabolizado por organismos vivos, geralmente não é tóxico e, com peso molecular acima de 4.000, não é absorvido pelas células (MEXAL et al., 1975).

A inclusão de substâncias protetoras de sementes e de reguladores de crescimento ao polietileno glicol durante o processo de condicionamento fisiológico favorece ainda mais a melhoria da “performance” de sementes como de alface, aipo, legumes e cereais (KHAN et al., 1978).

A maneira pela qual o condicionamento fisiológico é capaz de melhorar a “performance” das sementes é ainda assunto de muita discussão, o que, aliás, já havia sido definido por HEYDECKER et al. (1975) como uma técnica simples em conceito, mas fisiologicamente complexa.

Duas linhas de evidências que não são mutuamente exclusivas podem explicar os efeitos do condicionamento fisiológico: a restauração na integridade de membranas perdidas durante a dessecação de sementes maduras e o aumento na disponibilidade de metabólitos prontos para serem utilizados na germinação e nos processos de crescimento (KNYPL e KHAN, 1981). A reparação do vigor das sementes, durante o condicionamento fisiológico, é um evento hipotético suportado por alguns pesquisadores e questionado por outros. A reparação inclui, além da reorganização espontânea da membrana plasmática, outros processos metabólicos, de acordo com TILDEN e WEST (1985). Os efeitos do condicionamento fisiológico podem também ser indiretos, visto poderem reduzir o tombamento de plântulas causado por fungos de solo e por diminuírem a quantidade de nutrientes vazados das sementes durante a embebição (OSBURN e SCHROTH, 1988).

BRADFORD (1986) relatou que durante o condicionamento fisiológico ocorre ajuste osmótico, definido por TAIZ e ZEIGER (1991) como o acúmulo de solutos pelas células em resposta ao baixo potencial hídrico do meio. É um processo pelo qual o potencial osmótico das células pode ser reduzido por meio do aumento na concentração de diversos solutos, incluindo açúcares, ácidos orgânicos e íons (especialmente K<sup>+</sup>). AKERS et al. (1987), estudando os efeitos do condicionamento fisiológico em sementes de salsa (*Petroselinum crispum*), encontraram resultados que suportam a hipótese de que o condicionamento fisiológico induz a um ajuste osmótico nas sementes, melhorando a sua germinação em condições de estresse hídrico.

Outro provável efeito do condicionamento fisiológico em sementes seria a preparação da maquinaria metabólica para germinação. Estudos bioquímicos têm evidenciado que o condicionamento fisiológico promove a mobilização de materiais de reserva, como açúcares, lipídios e proteínas, pela ativação ou síntese-de-novo de enzimas-chave durante o tratamento (KHAN, 1977).

Entre as condições básicas que podem determinar a eficiência ou não do condicionamento fisiológico de sementes, além do produto utilizado, são muito importantes a temperatura durante o tratamento, a concentração do agente

osmótico e o período do tratamento. A melhor combinação entre esses fatores varia entre espécies e, possivelmente, dentro de um mesmo lote de sementes (HEYDECKER et al., 1975).

A qualidade fisiológica da semente é outro fator que poderá afetar a resposta do tratamento. Existe na literatura controvérsia com respeito ao tratamento e ao vigor das sementes. PARERA e CANTLIFFE (1994) sugeriram o uso de sementes de alto vigor como pré-requisito para se obter um bom resultado. No entanto, segundo SZAFIROWSKA et al. (1981), o condicionamento fisiológico tem “revigorado” certos lotes de sementes de baixa qualidade fisiológica.

A maioria dos trabalhos de condicionamento fisiológico encontrada na literatura refere-se a sementes de espécies olerícolas, sendo poucos os trabalhos relacionados a grandes culturas. Uma possível explicação para esse fato é o tamanho das sementes olerícolas, geralmente reduzido, permitindo o tratamento de grande número delas em pequeno volume de solução osmótica. Apesar disso, KNYPL e KHAN (1981) relataram que o condicionamento fisiológico pode ser utilizado em sementes maiores, embora inicialmente tenha sido indicado apenas para sementes pequenas. Especificamente para sementes de café, CAMARGO (1998), estudando os efeitos da imersão direta das sementes em soluções de PEG-6000 com potenciais (0, -3, -6, -9 e -12 atm) por 3, 6, 9 e 12 dias no envigoramento de sementes de café, verificou que o condicionamento fisiológico foi menos efetivo quando as sementes apresentavam boa qualidade fisiológica e que a imersão delas em água destacou-se como método mais promissor em relação à imersão em soluções de polietileno glicol.

## **CAPÍTULO 1**

### **AJUSTE DE METODOLOGIA PARA O CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE CAFÉ**

#### **1. INTRODUÇÃO**

Diversos tratamentos que visam reduzir o tempo necessário entre a germinação e a emergência de plântulas foram relacionados por HEYDECKER e COOLBEAR (1977). Dentre eles, o condicionamento fisiológico de sementes tem-se mostrado promissor para várias espécies. Muitos termos têm sido associados aos tratamentos de sementes que envolvem hidratação, incluindo “hardening,” “advancing,” “osmoconditioning” e “priming,” dentre outros (KHAN et al., 1978; KHAN, 1992).

No condicionamento fisiológico, as sementes são colocadas em contato com uma solução de potencial osmótico ajustado de maneira a permitir todos os processos preparatórios da germinação das sementes, o que impede, porém, o alongamento celular (emissão da raiz primária), mesmo após semanas de contato entre as sementes e a solução, podendo ser as sementes manuseadas e, ou, armazenadas após o tratamento (HEYDECKER et al., 1975). A imersão direta

das sementes em água, sem a presença do soluto, é outro método simples de condicionamento fisiológico, o qual requer conhecimento prévio da curva de embebição das sementes, pois o teor de água a ser alcançado pela semente é determinado pelo tempo de contato com o substrato umedecido. Através da curva de embebição, pode-se estabelecer a fase em que a semente se mostra tolerante à dessecação, ou seja, pode ser desidratada sem causar-lhe danos. Após a emissão da raiz primária, a semente se mostra intolerante à dessecação, sofrendo danos irreversíveis com a secagem (BEWLEY e BLACK, 1994).

HEYDECKER et al. (1975) propuseram como condições básicas que podem determinar a eficiência ou não do condicionamento fisiológico de sementes, além do produto utilizado, a temperatura durante o tratamento, a concentração do agente osmótico e o período de embebição. Acrescentando, NASCIMENTO (1998) relatou que um outro fator que poderá afetar a resposta do tratamento é a qualidade inicial da semente.

Vários produtos já foram utilizados para condicionamento fisiológico de sementes, e, segundo PARMAR e MOORE (1996), o manitol e o polietileno glicol (PEG) têm sido comumente utilizados como agentes osmóticos, por serem compostos quimicamente inertes e não-tóxicos. Entretanto, existem evidências de que alguns agentes osmóticos de baixo peso molecular, como o manitol, podem penetrar nas sementes em germinação e induzir-lhes fitotoxicidade. Já o PEG não é facilmente metabolizado por organismos vivos, pois geralmente não é tóxico e, com peso molecular acima de 4.000, não é absorvido pelas células (MEXAL et al., 1975).

Segundo NASCIMENTO (1998), diversos produtos têm sido utilizados para ajustar o potencial osmótico das soluções, o qual tem variado de -0,5 a -2,0 MPa. A temperatura utilizada para o condicionamento fisiológico geralmente é aquela recomendada para germinação das sementes, a qual, com algumas exceções, varia entre 15 e 25°C. Com respeito à duração do tratamento, 2 a 21 dias têm sido o período requerido, variando, evidentemente, com a espécie, a temperatura e outros fatores.

As respostas das sementes ao condicionamento fisiológico têm variado em razão do grande número de fatores envolvidos, como: tipo de solução osmótica, potencial osmótico, temperatura, período de embebição, aeração, lavagem e secagem das sementes. Levando em consideração que as informações sobre o uso do condicionamento fisiológico em sementes de café são escassas, este trabalho teve como objetivo determinar o agente osmótico, o potencial hídrico e o período mais adequado ao condicionamento fisiológico das sementes, realizado em três ensaios.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, a partir de março de 1997. Foram utilizadas sementes de café do cultivar Catuaí MG-44.

As sementes foram colhidas, manualmente, no estádio denominado “cereja”. Após a colheita, foi feita a separação de frutos verdes, brocados e secos, e apenas os frutos-cereja foram degomados pelo processo de fermentação natural por 24 horas. Após a degomagem, uma amostra de sementes foi retirada, sendo estas avaliadas quanto à sua qualidade inicial pelo teste-padrão de germinação, realizado com quatro subamostras de 50 sementes sem o endocarpo, em rolos de papel-toalha umedecidos com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato e mantidos em germinador a 30°C, sendo a contagem efetuada aos 30 dias após a semeadura (BRASIL, 1992). Foi feita, também, a determinação do grau de umidade realizada com duas subamostras de 25 sementes em estufa a 105 ± 3°C, durante 24 horas (BRASIL, 1992). As sementes apresentaram 89% de germinação e 48,5% de teor de umidade. Em seguida, as sementes foram secadas à sombra até apresentarem grau de umidade compatível com o armazenamento de 13 a 15% (base úmida).

## 2.1. Condicionamento fisiológico de sementes

### 2.1.1. Cálculo do potencial osmótico e preparo de soluções

#### 2.1.1.1. Solução de manitol

Utilizou-se o manitol de peso molecular 182,17 g. O cálculo do potencial osmótico das soluções foi realizado, utilizando-se a fórmula de Van't Hooff, ou seja:

$$PO = -iRTC$$

em que

$PO$  = potencial osmótico (atmosfera);

$i$  = coeficiente isotômico;

$R$  = constante geral dos gases ( $0,082 \text{ atm} \times 1 \text{ mol}^{-1} \times \text{°K}^{-1}$ );

$T$  = temperatura (°K); e

$C$  = concentração (mol/L).

As quantidades de soluto necessárias para obter os potenciais osmóticos das soluções a 298°K (25°C) foram as seguintes:

Concentração (g/L) de Manitol	Potencial Osmótico das Soluções
29,82	-0,4 MPa
44,73	-0,6 MPa
59,64	-0,8 MPa

Obs.: 0,1 MPa = 1 atm.

### 2.1.1.2. Solução de polietileno glicol-6000

Para o cálculo do potencial osmótico das soluções de PEG-6000 (CARBOWAX 6000), foi utilizada a equação desenvolvida por MICHEL e KAUFMANN (1973):

$$PO = - (1,18 \cdot 10^{-2})C - (1,18 \cdot 10^{-4})C^2 + (2,67 \cdot 10^{-4})CT + (8,39 \cdot 10^{-7})C^2T$$

em que

$PO$  = potencial osmótico (atmosfera);

$C$  = concentração ( g/L ); e

$T$  = temperatura (°C).

As quantidades de soluto necessárias para obter os potenciais osmóticos das soluções a 25°C foram as seguintes:

Concentração (g/L) de PEG-6000	Potencial Osmótico das Soluções
119,23	-0,2 MPa
178,34	-0,4 MPa
223,66	-0,6 MPa
261,95	-0,8 MPa

Obs.: 0,1 MPa = 1 atm.

## 2.2. Metodologia do ensaio 1

Após o preparo das soluções, sementes sem o endocarpo, retirado manualmente, foram submetidas a diferentes tratamentos de condicionamento fisiológico. Para tanto, realizou-se um ensaio a 25°C, com os agentes osmóticos manitol e polietileno glicol (PEG 6000) + 0,2% de captan para controle de fungos. O manitol foi utilizado nos potenciais de -0,4; -0,6; e -0,8 MPa e o PEG-6000, nos potenciais de -0,2; -0,4; e -0,6 MPa. O nível 0 (zero) de potencial osmótico correspondeu ao da testemunha (controle). Foram utilizadas caixas gerbox, onde 100 sementes foram distribuídas sobre quatro folhas de papel

germitest, sendo utilizadas quatro repetições para cada uma das soluções. Cada caixa gerbox recebeu 30 mL de solução de PEG 6000 ou de manitol, sendo esse volume (30 mL) suficiente para não cobrir totalmente a semente, mas apenas a sua terça parte. A testemunha (0 MPa) recebeu 30 mL de água + 0,2% de captan. As caixas gerbox foram acondicionadas dentro de sacos plásticos e colocadas em incubadora BOD regulada para a temperatura de 25°C. Realizou-se avaliação de dois em dois dias até o trigésimo dia após a instalação do teste, sendo contadas e eliminadas as sementes germinadas e, visualmente, as infeccionadas por microrganismos. Considerou-se como germinada a semente com raiz primária com comprimento mínimo de 1 cm.

### **2.3. Metodologia do ensaio 2**

Após o preparo das soluções com o agente osmótico PEG-6000 nos potenciais 0,0 (água); -0,4; -0,6; e -0,8 MPa + 0,2% de captan a 25°C, realizou-se o ensaio 2, com sementes com e sem endocarpo, sendo este retirado manualmente. A instalação e a montagem deste ensaio seguiram o mesmo método descrito para o primeiro. Realizaram-se avaliações de dois em dois dias até o trigésimo dia após a instalação do teste, sendo contadas e eliminadas as sementes germinadas e as infeccionadas por microrganismos, monitorando-se também o grau de umidade atingido pelas sementes em cada tratamento, após diferentes períodos de condicionamento (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28 e 30 dias). Para tanto, as amostras de sementes eram retiradas do gerbox e colocadas sobre papel-toalha para secagem superficial e, logo em seguida, em estufa, a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ , por 24 horas (BRASIL, 1992). As sementes que emitiram raiz primária também foram submetidas à determinação de umidade. Os dados do ensaio 2 foram plotados para confecção de gráficos.

#### **2.4. Metodologia do ensaio 3**

Neste ensaio, sementes de café com o endocarpo e apresentando 12,9% de umidade inicial foram embebidas em água e em solução de PEG-6000 -0,4 MPa, a 25°C. Para tanto, 50 sementes foram distribuídas sobre quatro folhas de papel-toalha, em caixas gerbox contendo 30 mL de solução de PEG-6000 a -0,4 MPa. Uma outra amostra de 50 sementes foi distribuída em caixas gerbox contendo 30 mL de água desmineralizada. As caixas gerbox foram mantidas em incubadora tipo BOD a 25° C, durante sete dias. O grau de umidade das sementes de ambos os tratamentos foi determinado pelo método da estufa a  $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ , por 24 horas (BRASIL, 1992), após 0, 1, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144 e 168 horas de embebição. Os valores obtidos na determinação do grau de umidade das sementes foram utilizados para se traçar a curva de embebição das sementes de café em água e em solução de PEG-6000 a -0,4 MPa.

Antes da análise de variância, os dados foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade, que indicaram a não-transformação dos dados. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado. Os dados das variáveis grau de umidade das sementes embebidas em água e em PEG-6000 foram interpretados por meio das análises de variância e de regressão linear. Os modelos foram escolhidos, com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste de “t” a 1% de probabilidade, e no coeficiente de determinação.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. Ensaio 1**

Como este ensaio teve por objetivo principal determinar o agente osmótico mais adequado ao condicionamento fisiológico das sementes de café, optou-se pelo emprego de sementes sem endocarpo, já que sua presença dificulta a emissão e visualização da raiz primária. Cabe ressaltar que, para o sucesso do condicionamento fisiológico, o agente osmótico a ser utilizado deve promover um bom controle da hidratação, mantendo as sementes na fase II da embebição e não permitindo a emissão da raiz primária.

Observa-se, no Quadro 1, que houve emissão da raiz primária nas sementes embebidas em água e também em PEG-6000 e em manitol durante o período de execução do ensaio (30 dias), havendo diferenças entre os agentes osmóticos quanto ao tempo necessário para que tal emissão da raiz primária ocorresse. Verifica-se, também nesse quadro, que as sementes embebidas em água iniciaram a emissão da radícula aproximadamente no 10<sup>o</sup> dia de tratamento, com a ressalva de que o processo se prolongou até o 16<sup>o</sup> dia, a partir do qual a germinação se completou, não havendo mais sementes germinadas após esse período. É importante notar que a porcentagem de sementes com emissão de radícula, nesse tratamento, foi de 97%, sendo superior aos valores obtidos nos tratamentos com PEG-6000 e manitol em todas as concentrações.

Quadro 1 – Porcentagens de sementes de café, sem endocarpo, que emitiram radícula quando submetidas ao condicionamento fisiológico em água, polietileno glicol (PEG-6000) e manitol, em três potenciais hídricos, a 25°C, durante 30 dias

Dias	Água	PEG-6000 (MPa)			Manitol (MPa)		
		-0,2	-0,4	-0,6	-0,4	-0,6	-0,8
2	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0
10	11	0	0	0	0	0	0
12	23	0	0	0	0	0	0
14	36	16	0	0	5	0	0
16	27	16	8	0	16	2	0
18	0	14	10	0	22	12	1
20	0	12	15	0	16	8	4
22	0	8	11	0	6	6	2
24	0	2	8	0	9	9	3
26	0	1	4	0	8	13	6
28	0	1	2	0	2	7	6
30	0	1	2	36	2	2	5
<b>Germ (%)</b>	<b>97</b>	<b>71</b>	<b>60</b>	<b>36</b>	<b>86</b>	<b>59</b>	<b>27</b>

As sementes embebidas em PEG-6000 a -0,2 e -0,4 MPa iniciaram a emissão da radícula no 14<sup>o</sup> e 16<sup>o</sup> dias, respectivamente, enquanto na concentração de -0,6 MPa este fenômeno só ocorreu, aproximadamente, no 30<sup>o</sup> dia. Assim, tal concentração se mostrou mais eficiente em manter as sementes por mais tempo na fase II, ou seja, permitir que os eventos metabólicos pré-germinativos fossem iniciados sem, contudo, haver emissão da radícula.

Já nos tratamentos envolvendo manitol, as sementes iniciaram a emissão da radícula no 14<sup>o</sup>, 16<sup>o</sup> e 18<sup>o</sup> dias, nas concentrações de -0,4; -0,6; e -0,8 MPa, respectivamente. Notou-se que a emissão da radícula se deu em intervalos regulares e pouco distantes em relação às concentrações utilizadas, o que não ocorreu com o PEG-6000. Cabe ressaltar, ainda, que foi observada, visualmente, alta incidência de sementes infectadas por microrganismos, em todos os tratamentos com solução de manitol, fato também observado por DEL GIÚDICE (1996), trabalhando com sementes de soja embebidas em soluções de PEG-6000

e manitol. Portanto, mesmo empregando tratamento fungicida, o controle de microrganismos neste tratamento não foi satisfatório.

Como os objetivos deste ensaio eram embeber as sementes em soluções de agentes osmóticos comercialmente mais utilizados e, através do controle da hidratação obtida, escolher o agente mais adequado para as sementes de café, optou-se em utilizar o PEG-6000 nos subseqüentes trabalhos. A literatura reforça ainda mais a inadequação do manitol, pois, segundo PARMAR e MOORE (1996), existem evidências de que alguns agentes de baixo peso molecular, como o manitol, podem ser absorvidos e metabolizados pelas sementes durante o processo germinativo e causar problemas de toxidez. O PEG, ao contrário, tem sido utilizado com sucesso em trabalhos de pesquisa para simular os efeitos do déficit hídrico em plantas, por não penetrar nas células, não ser degradado e não causar toxidez, devido ao seu alto peso molecular (HASEGAWA et al., 1984). Portanto, o emprego do PEG-6000 foi mais benéfico no sentido de retardar a germinação (protrusão da radícula), com menor presença de microrganismos que nos tratamentos com o manitol.

### **3.2. Ensaio 2**

Na Figura 1, verifica-se que, para as sementes com endocarpo embebidas em água (0 MPa), o ganho de água apresentou tendência ao ajuste segundo o padrão trifásico, proposto por BEWLEY e BLACK (1994), porém sem alcançar a fase III, pois, durante toda a execução do experimento, não foi observada a emissão da raiz primária, mesmo tendo essas sementes grau de umidade próximo aos das sementes que emitiram raiz primária, portanto as sementes permaneceram na fase II. Já para as sementes sem endocarpo (Figura 2) embebidas em água, verificou-se o ajuste segundo o padrão trifásico proposto de embebição, apresentando as fases I, II e III. Também, MENEZES (1996), BRACCINI (1996) e CAMARGO (1998) verificaram embebição das sementes, segundo o modelo trifásico, em trabalhos com sementes de algodão, soja e café, respectivamente.

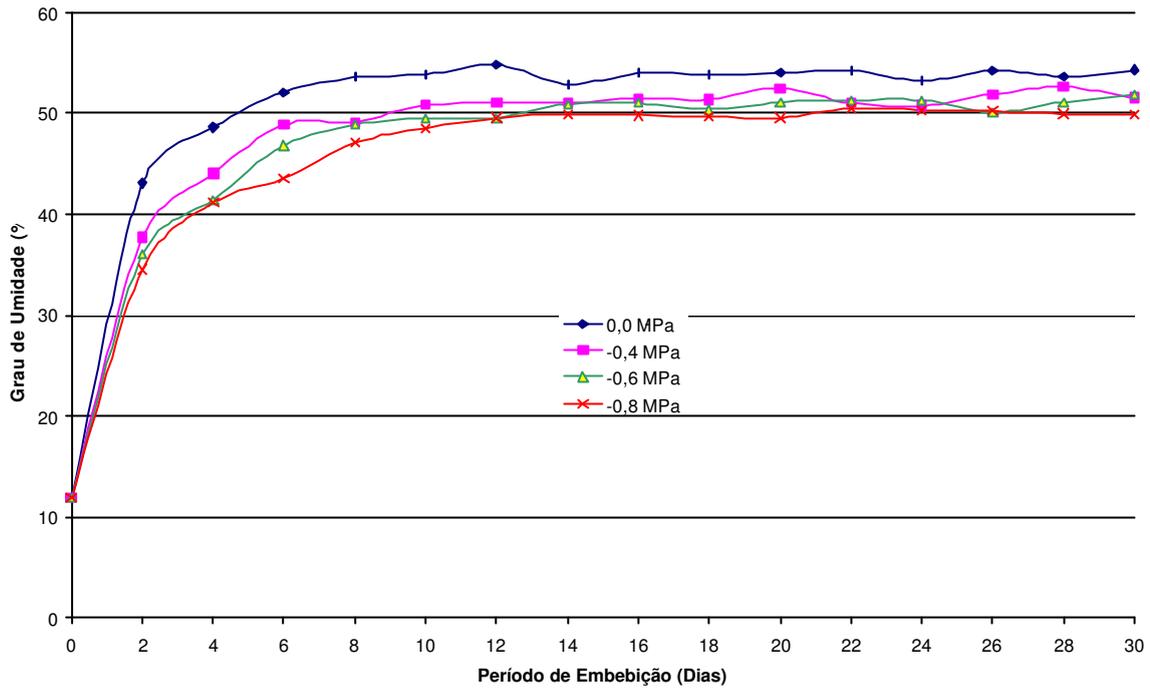


Figura 1 – Efeito de diferentes concentrações osmóticas sobre o grau de umidade de sementes de café com o endocarpo, a 25°C, durante 30 dias.

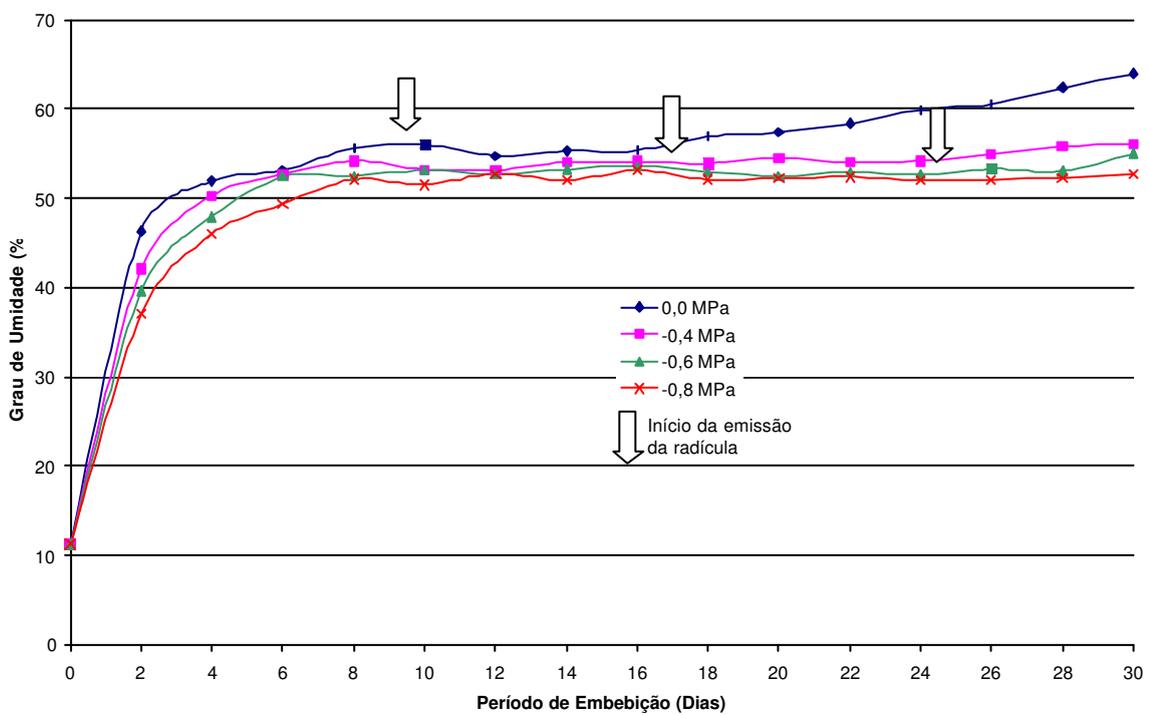


Figura 2 – Efeito de diferentes concentrações osmóticas sobre o grau de umidade de sementes de café sem o endocarpo, a 25°C, durante 30 dias.

As sementes sem endocarpo embebidas em água e em PEG-6000 a -0,4 MPa e -0,6 MPa (Figura 2) iniciaram a germinação (emissão da raiz primária) a partir do 10<sup>o</sup>, 18<sup>o</sup> e 26<sup>o</sup> dias, respectivamente, apresentando grau de umidade em torno de 55%, concordando com os dados obtidos por CAMARGO (1998). Para a concentração de -0,8 MPa, não se verificou a emissão da raiz primária. Esses resultados podem ser mais bem visualizados nas Figuras 3 e 4, em que mesmo 10 dias após o período de execução do ensaio não se verificou a emissão da raiz primária na concentração de -0,8 MPa. Nota-se também, nessa figura, que o desenvolvimento da raiz primária decresce à medida que a solução se torna mais concentrada.

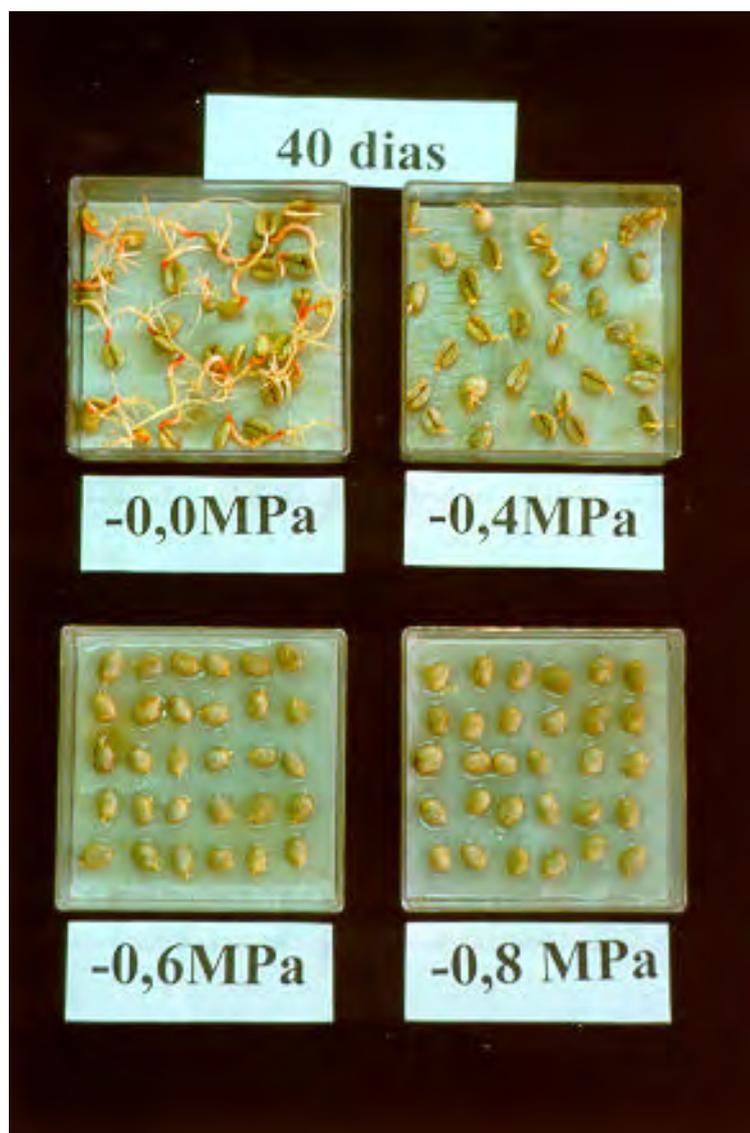


Figura 3 – Sementes de café sem endocarpo condicionadas em solução de PEG-6000 (-0,4; -0,6; e -0,8 MPa) e em água (0,0 MPa) durante 40 dias.

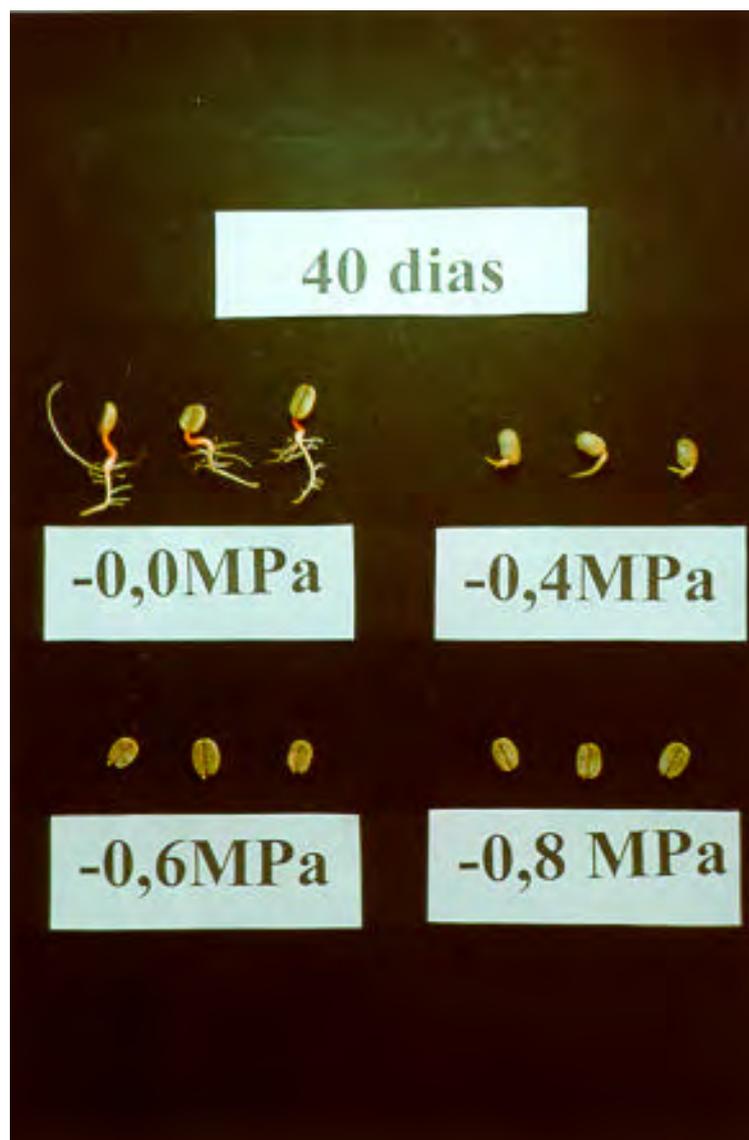


Figura 4 – Aspecto geral da emissão da raiz primária de sementes de café sem endocarpo, condicionadas em solução de PEG-6000 (-0,4; -0,6; e -0,8 MPa) e em água (0,0 MPa) durante 40 dias.

Decorridos dois dias após a instalação do ensaio, houve rápido aumento no teor de umidade das sementes embebidas em água, passando de 11,3 para 46,3% nas sementes sem endocarpo e de 11,9 para 43,0% naquelas com endocarpo (Figuras 1 e 2).

A alta velocidade de embebição das sementes, no início do processo germinativo, segundo BEWLEY e BLACK (1994), é característica da fase I e ocorre em função da diferença de potencial hídrico entre o substrato e a semente. Nas sementes embebidas em água, a fase I se completou com, aproximadamente, dois e quatro dias, tanto nas sementes sem quanto nas com endocarpo, respectivamente, atingindo um grau médio de umidade superior a 45% (Figuras 1 e 2). Já CAMARGO (1998) considerou completa a fase I, com aproximadamente seis dias de embebição, para as sementes de café com e sem endocarpo. Para as sementes embebidas em solução de PEG-6000, o processo de embebição ocorreu de forma mais lenta, e a fase I foi completada com, aproximadamente, três dias de embebição, no caso das sementes sem endocarpo, que atingiram um grau médio de umidade de 45% (Figura 2).

Para as sementes com o endocarpo, a fase I ocorreu, aproximadamente, aos cinco, sete e nove dias de embebição, nas concentrações de -0,4; -0,6; e -0,8 MPa, respectivamente (Figura 1).

De acordo com BEWLEY e BLACK (1994), na fase II a semente praticamente não absorve água, mantendo os níveis de hidratação atingidos na fase I. Com base na afirmação desses autores, considerou-se o início da fase II, quando as sementes apresentaram grau de umidade aproximadamente de 50%, pois a partir daí houve pequeno incremento no teor de água até o final das avaliações. Nas Figuras 1 e 2, verificou-se que as sementes com endocarpo demoraram mais para atingir a fase II, o que pode ser atribuído ao efeito do endocarpo no atraso da germinação de sementes de café, o que pode estar relacionado, dentre outros fatores, a um impedimento à entrada de água durante etapas iniciais do processo de germinação, fato esse também observado por Velazco e Guitierrez (1974), citados por RENA e MAESTRI (1986), GUIMARÃES (1995) e CAMARGO (1998). Acrescenta-se, também, que a

presença do endocarpo pode representar impedimento físico à expansão do embrião, já que em sementes sem endocarpo embebidas em água a emissão da radícula da maioria das sementes ocorreu aproximadamente aos 10 dias. Tal relato se contrasta com o observado nas sementes com endocarpo, em que não houve emissão aparentemente visível da radícula durante todo o período de execução do ensaio (30 dias).

Nas sementes embebidas em solução de PEG-6000, o processo de embebição ocorreu de forma mais lenta em relação às sementes embebidas em água (Figuras 1 e 2). Verifica-se, nestas figuras, que o grau de umidade das sementes foi inversamente proporcional à concentração e à presença do endocarpo, ou seja, à medida que aumentou a concentração da solução, houve diminuição no conteúdo de água absorvido pelas sementes, e a presença do endocarpo diminuiu ainda mais a absorção de água, em comparação com as sementes sem endocarpo. Esses resultados são concordantes com os encontrados por CAMARGO (1998), também com sementes de café.

A fase III foi atingida somente pelas sementes sem endocarpo, quando o teor de umidade era, em média, de 55%, o que ocorreu aproximadamente no 10<sup>o</sup>, 18<sup>o</sup> e 26<sup>o</sup> dias, nas sementes embebidas em água, e PEG-6000 a -0,4 MPa e PEG-6000 a -0,6 MPa, respectivamente (Figura 2). Tais resultados foram semelhantes aos obtidos por LIMA et al. (1997) e CAMARGO (1998), que constataram que as sementes de café iniciaram a emissão da radícula com grau de umidade médio de 55%.

Com relação às concentrações estudadas, tanto a de -0,4 como a de -0,6 MPa proporcionaram bom controle da germinação, não ocorrendo emissão de radícula até o 18<sup>o</sup> e 26<sup>o</sup> dias de embebição, respectivamente (Figura 2). Entretanto, é importante considerar que a concentração de -0,4 MPa envolve menor gasto do agente osmótico que a de -0,6 MPa, sendo este um aspecto que não deve ser desconsiderado caso a técnica se mostre viável. Assim, a concentração de -0,4 MPa permitiu a semente passar pelas fases preparatórias essenciais à germinação (fases I e II), a uma velocidade de embebição inferior à daquelas embebidas em água, sem contudo, atingir a fase de alongamento

embrionário (fase III), mesmo após uma semana de contato com a solução osmótica. Aliado às considerações anteriores, levou-se em conta, uma das características referentes às sementes de cafeeiro, que é a lentidão com que se processa a germinação (WENT, 1957). Com o uso de concentração mais alta que -0,4 MPa, a embebição se processaria de forma mais lenta devido ao efeito osmótico, havendo necessidade de maior tempo de condicionamento e menor eficácia da técnica.

### **3.3. Ensaio 3**

Conhecido o potencial osmótico mais adequado ao condicionamento fisiológico das sementes (ensaio 2), traçou-se a curva de embebição das sementes de café com endocarpo em água e em PEG-6000, a -0,4 MPa, à temperatura de 25°C, durante 168 horas (Figura 5). Observa-se nesta figura que, inicialmente, a embebição das sementes é rápida, atingindo nas primeiras 50 horas valores acima de 40% de umidade naquelas condicionadas em água e valores próximos de 40% nas embebidas em solução de PEG-6000 (fase I). A partir daí, o aumento na absorção de água é lento, e verifica-se que as sementes de ambos os tratamentos atingem a fase II, ou seja, quando a absorção de água é estabilizada.

Pela Figura 5, foi possível determinar qual o tempo de embebição das sementes em água necessário para obtenção do mesmo grau de umidade nas sementes em PEG-6000 a -0,4 MPa. Verificou-se que a partir de 50 horas de embebição, tanto em água como em PEG-6000, as sementes de café já se encontravam na fase II.

O modelo matemático que melhor se ajustou à curva de embebição foi o raiz-quadrada, tanto para o PEG-6000 como para água. As equações foram

$$\text{Água} : \hat{Y} = 16,6222 + 3,92142\sqrt{H} - 0,12194H, \quad R^2 = 0,97$$

$$\text{PEG - 6000} : \hat{Y} = 16,4947 + 5,32081\sqrt{H} - 0,198249 H, \quad R^2 = 0,98$$

sendo  $\hat{Y}$  o grau de umidade estimado e  $H$  o período de embebição, em horas.

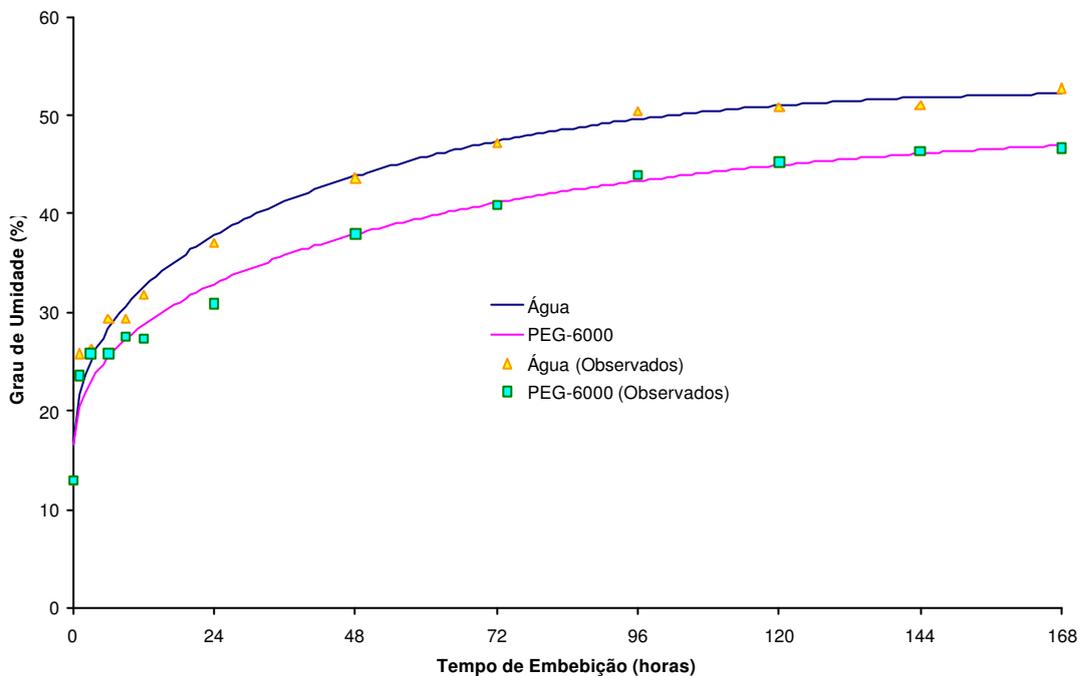


Figura 5 – Teor de umidade das sementes de café com endocarpo (%) em função dos tempos de embebição (horas) em água e polietileno glicol (PEG-6000) a  $-0,4$  MPa, a  $25^{\circ}\text{C}$ .

Segundo BEWLEY e BLACK (1994), o processo de embebição das sementes segue um padrão trifásico, caracterizado por uma fase inicial de absorção rápida de água (fase I), seguido de uma fase estacionária (fase II), em que as sementes praticamente não absorvem água, finalizando com um novo aumento na taxa de absorção, que coincide com a emissão da raiz primária e o

crescimento da plântula (fase III). A fase III não foi constatada neste ensaio, provavelmente devido ao fato de a duração do período de embebição (168 horas) ter sido insuficiente para que mesmo as sementes embebidas em água emitissem radícula.

A última determinação do grau de umidade foi feita com 168 horas de embebição, em que as sementes embebidas em PEG-6000 e em água apresentaram teor de umidade de 46,64 e 52,71%, respectivamente.

O tempo de embebição (horas) de sementes de café com endocarpo em água necessário para obtenção do mesmo teor de umidade das sementes embebidas em PEG-6000 a -0,4 MPa, por três e sete dias, a 25°C, foi conforme mostrado no esquema abaixo:

Tempo de Embebição (PEG-6000)	Tempo de Embebição Correspondente (água)
72 horas	34 horas
168 horas	66 horas

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram concluir que:

1. O polietileno glicol 6000 (PEG-6000) foi mais eficiente que o manitol como agente condicionante das sementes de café.
2. A emissão da raiz primária em sementes de café, sem o endocarpo, ocorreu quando estas apresentaram grau de umidade próximo de 55%.
3. Sementes de café com o endocarpo absorveram menor quantidade de água em relação às sementes sem endocarpo e não emitiram radícula durante 30 dias de embebição.
4. Sementes com endocarpo condicionadas em PEG-6000 a -0,4 MPa, por períodos entre 50 e 168 horas, não emitiram radícula, permanecendo na fase II de embebição.
5. As sementes de café com endocarpo embebidas em água por 34 horas atingiram o mesmo grau de umidade das daquelas embebidas em PEG-6000 a -0,4 MPa, durante 72 horas.
6. As sementes de café com o endocarpo embebidas em água por 66 horas atingiram o mesmo grau de umidade das sementes embebidas em PEG-6000 a -0,4 MPa, durante 168 horas.

## **CAPÍTULO 2**

### **EFEITO DO CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE CAFÉ**

#### **1. INTRODUÇÃO**

A propagação do cafeeiro é feita por mudas oriundas de sementes, portanto o uso de boa semente é o primeiro fator condicionante da produção. As sementes de café são reconhecidamente de difícil conservação, mantendo a viabilidade por, no máximo, seis meses quando armazenadas em condições adequadas. Além disso, germinam lenta e irregularmente, trazendo grandes transtornos a produtores e viveiristas. Nesse contexto, tratamentos realizados antes da semeadura, visando melhorar o desempenho germinativo das sementes, são desejáveis e poderiam diminuir, significativamente, os gastos com sementes. A tentativa de desenvolver procedimentos que visam acelerar a germinação e, conseqüentemente, a formação das mudas é de grande importância para a cafeicultura, pois permitirá o semeio em ocasião mais adequada à produção de muda, possibilitando o plantio mais cedo, no início da estação chuvosa.

O condicionamento fisiológico conhecido como “priming” tem-se mostrado promissor para acelerar a germinação, principalmente de sementes de hortaliças e de plantas ornamentais. A aplicabilidade da técnica a essas espécies se deve ao fato de as sementes terem tamanho reduzido, permitindo o tratamento de grande número delas em pequeno volume de solução osmótica. Apesar disso, KNYPL e KHAN (1981) relataram que o condicionamento fisiológico pode ser utilizado em sementes maiores, como o café, embora, inicialmente, tenha sido indicado para sementes menores.

Segundo HEYDECKER et al. (1975), a utilização da técnica de condicionamento fisiológico seria muito útil para obter germinação mais rápida, emergência precoce das plântulas, germinação sincronizada e possibilidade de capacitar as sementes a germinar a temperaturas subótimas. Também, KHAN (1977) relatou que o condicionamento fisiológico pode promover efeitos benéficos no desempenho das sementes, incluindo a redução no tempo de emergência, uniformidade na emergência, aumento no sistema radicular, proteção fisiológica das sementes contra condições adversas do meio e possibilidade de aumento do número de plantios por área dentro do mesmo período.

A hidratação das sementes pode ser feita pela embebição direta em água e em soluções osmóticas ou, ainda, envolver um ou mais ciclos de hidratação-secagem. Os efeitos da secagem e do armazenamento das sementes após o tratamento têm gerado discussão, sendo inicialmente considerada benéfica por HEYDECKER et al. (1975) e KHAN et al. (1978). Entretanto, alguns autores consideraram que a secagem reverte os benefícios obtidos com o tratamento (HEYDECKER e COOLBEAR, 1977; ARMSTRONG e McDONALD, 1992).

Efeitos benéficos do condicionamento fisiológico já foram observados não só em hortaliças, mas também em diferentes espécies de grandes culturas, como soja (TILDEN e WEST, 1985; VAZQUEZ, 1995; DEL GIÚDICE, 1996; BRACCINI, 1996), trigo (NATH et al., 1991), sorgo, milho, trigo e soja (BODSWORTH e BEWLEY, 1981) e milho-doce (GOMES et al., 1997). As informações para a cultura do café são escassas.

O objetivo deste experimento foi avaliar os efeitos do condicionamento fisiológico na germinação e no vigor de sementes de café.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV). As sementes foram adquiridas em junho de 1997 (ensaio 1) e maio de 1998 (ensaio 2). Foram utilizadas sementes de café do cultivar Catuaí MG-44, colhidas na área experimental da UFV, denominada Fundão (ensaio 1), e na Central de Ensino e Desenvolvimento Agrário de Florestal (CEDAF) (ensaio 2).

As sementes de café foram colhidas manualmente no estádio denominado “cereja”. Após a colheita, foi feita a separação dos frutos verdes, brocados e secos, e apenas os frutos-cereja foram degomados pelo processo de fermentação natural, por 24 horas. Após a degomagem, uma amostra de sementes foi retirada e avaliada quanto à sua qualidade inicial, pelo teste-padrão de germinação, realizado com quatro subamostras de 50 sementes sem endocarpo, que foi retirado manualmente. As sementes foram distribuídas em papel-toalha umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato, confeccionando-se rolos, que foram mantidos em germinador a 30°C, cuja contagem foi efetuada aos 30 dias após a semeadura (BRASIL, 1992). Foi determinado o grau de umidade das sementes em duas subamostras de 25 sementes, em estufa a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ , durante 24 horas (BRASIL, 1992). As sementes

apresentaram 89% de germinação e 48,5% de grau de umidade (ensaio 1) e 70% de germinação e 38,9% de grau de umidade (ensaio 2).

Em seguida, as sementes foram secadas à sombra até apresentarem grau de umidade adequado para o armazenamento, ou seja, de 13 a 15% (base úmida).

## **2.1. Condicionamento fisiológico das sementes**

Para cálculo do potencial osmótico das soluções de PEG-6000 (CARBOWAX 6000), foi utilizada a equação desenvolvida por MICHEL e KAUFMANN (1973):

$$PO = - (1,18 \cdot 10^{-2})C - (1,18 \cdot 10^{-4})C^2 + (2,67 \cdot 10^{-4})CT + (8,39 \cdot 10^{-7})C^2T$$

em que

$PO$  = potencial osmótico (atmosfera);

$C$  = concentração (g/L); e

$T$  = temperatura (°C).

A quantidade de soluto necessária para obter o potencial osmótico das soluções a 25°C foi de 178,34 g/L.

Para avaliar o efeito do condicionamento fisiológico sobre a qualidade fisiológica das sementes, foram conduzidos dois ensaios, descritos nos tópicos subseqüentes.

## **2.2. Metodologia do ensaio 1**

As sementes empregadas neste ensaio foram colhidas e processadas em 06/1997 e armazenadas por 150 dias em sacos de papel em ambiente natural de laboratório. Após esse período, as sementes foram condicionadas, sendo uma parte avaliada quanto à qualidade fisiológica imediatamente após o condicionamento e a outra parte, secada até atingir o grau de umidade inicial (12 a 15%), sendo, então, armazenadas por 90 dias, em sacos de papel, em ambiente natural de laboratório.

Para obtenção dos tratamentos de condicionamento, sementes com endocarpo foram colocadas em caixas gerbox contendo quatro folhas de papel germitest. Cada caixa recebeu 30 mL da solução de PEG 6000 a -0,4 MPa mais 0,2% de fungicida captan, sendo esse volume suficiente para cobrir a terça parte das sementes. Os tratamentos que envolveram a embebição das sementes em água receberam 30 mL de água mais 0,2% de fungicida captan. As caixas gerbox foram colocadas em incubadora BOD regulada para a temperatura de 25°C, durante o período de condicionamento que foi de 72 a 168 horas. Após o condicionamento com PEG-6000, as sementes foram lavadas superficialmente com água corrente, com a finalidade de eliminar o excesso do produto.

### **2.3. Metodologia do ensaio 2**

As sementes foram colhidas e processadas em 05/1998 e, logo após, submetidas ao condicionamento fisiológico e avaliadas quanto à qualidade fisiológica.

Para obtenção dos tratamentos, foi usada a mesma metodologia do ensaio 1.

Com base nos resultados obtidos nos ensaios do Capítulo 1, foram definidos os seguintes tratamentos:

T1 = sementes embebidas em PEG-6000 durante 72 horas (-0,4 MPa);

T2 = sementes embebidas em PEG-6000 durante 168 horas (-0,4 MPa);

T3 = sementes embebidas em água durante 34 horas;

T4 = sementes embebidas em água durante 66 horas; e

T5 = sementes não submetidas à embebição (testemunha).

Os períodos de condicionamento fisiológico de três e sete dias foram definidos com base na curva de embebição (Figura 3) obtida no Capítulo 1. Considerou-se que nesses dois períodos de embebição em PEG-6000 as sementes estariam na fase II, ao passo que com três dias de embebição estariam no início da fase II e com sete dias, em etapa mais avançada dessa fase.

As sementes de cada tratamento foram submetidas aos seguintes testes, para avaliação da qualidade fisiológica (ensaios 1 e 2):

### **Determinação do grau de umidade**

Realizado com duas subamostras em estufa, a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ , durante 24 horas (BRASIL, 1992), sendo os resultados expressos em porcentagem.

### **Teste-padrão de germinação**

Realizado em rolo de papel-toalha, sendo cada rolo constituído de três folhas, duas sob as sementes e uma sobre elas. A quantidade de água utilizada para umedecer o substrato foi de 2,5 vezes o peso do papel seco. Foram usadas quatro subamostras de 50 sementes por rolo sem endocarpo, retirado manualmente. Os rolos foram mantidos em germinador regulado para  $30^\circ\text{C}$ , sendo as contagens efetuadas aos 30 dias após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem média de plântulas normais (BRASIL, 1992).

### **Envelhecimento acelerado**

Foi adotada a metodologia descrita por MARCOS FILHO et al. (1994), utilizando-se o método do gerbox adaptado. Sementes sem o endocarpo foram distribuídas sobre uma tela de alumínio, que foi acoplada ao gerbox contendo, no fundo, 40 mL de água, que funcionavam como uma minicâmara. A seguir, os gerbox foram mantidos em incubadora BOD a  $42^\circ\text{C}$ , por 72 horas, conforme VASCONCELOS et al. (1992). Após esse período, quatro subamostras de 50 sementes foram colocadas para germinar conforme descrito anteriormente no teste-padrão de germinação, as quais foram avaliadas aos 30 dias após a semeadura, cujos resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais obtidas.

### **Crescimento radicular**

Este teste foi realizado com quatro subamostras de 20 sementes, que tiveram o endocarpo removido manualmente, as quais foram semeadas em rolo de papel germitest, umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato, e mantidas em germinador regulado para 30°C. As avaliações foram feitas aos 15 dias após a semeadura, computando-se a porcentagem média de sementes que emitiram radícula com comprimento superior a 1,0 cm.

### **Emergência de plântulas em areia**

Conduzido em casa de vegetação com quatro subamostras de 50 sementes com endocarpo, semeadas em caixas plásticas contendo areia umedecida. As avaliações foram feitas aos 60 dias após a semeadura, computando-se a porcentagem média de plântulas normais obtidas (NAKAGAWA, 1994) .

Antes da análise estatística, os dados foram submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade, indicando a não-transformação dos dados. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os dados foram interpretados por meio de análise de variância e as médias dos tratamentos, comparadas, utilizando-se o teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. Ensaio 1**

O resumo da análise de variância dos dados obtidos nos testes para avaliação do efeito do condicionamento fisiológico das sementes, sem armazenamento, sobre germinação e vigor é apresentado no Quadro 1. Observa-se nesse quadro que houve efeito ( $p < 0,01$ ) dos tratamentos em todas as variáveis estudadas.

O resumo da análise de variância dos dados obtidos na avaliação da qualidade das sementes condicionadas e armazenadas por 90 dias está apresentado no Quadro 2. Observa-se, neste quadro, que houve efeito significativo no nível indicado pelo teste “F” para todas as variáveis estudadas.

Quadro 1 – Resumo da análise de variância relativa ao teste-padrão de germinação (TPG), ao crescimento radicular (CR), ao envelhecimento artificial (EA) e à emergência de plântulas na areia (EPA) de sementes de café condicionadas, sem armazenamento, em função dos tratamentos

FV	GL	Quadrados Médios			
		TPG	CR	EA	EPA
Tratamento	4	308,80**	3910,62**	750,78**	1319,80**
Resíduo	15	26,40	134,17	37,27	51,93
CV (%)		8,26	18,24	18,67	17,04

\*\* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Quadro 2 – Resumo da análise de variância relativa ao teste-padrão de germinação (TPG), ao crescimento radicular (CR), ao envelhecimento artificial (EA) e à emergência de plântulas na areia (EPA) de sementes de café condicionadas e armazenadas por 90 dias, em função dos tratamentos

FV	GL	Quadrados Médios			
		TPG	CR	EA	EPA
Tratamento	4	1291,30**	3205,30**	39,05*	9,00*
Resíduo	15	8,94	4,65	3,12	2,87
CV (%)		10,60	17,89	38,80	67,72

\* e \*\* significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Avaliando o efeito imediato do condicionamento fisiológico nas sementes de café (sem armazenamento), nota-se, no Quadro 3, que as sementes condicionadas em PEG-6000 por 72 horas e em água por 34 e 66 horas exibiram maior porcentagem de germinação que a testemunha, indicando benefício imediato desses tratamentos na germinação, os quais, estatisticamente, foram superiores aos dos demais tratamentos. Apenas a germinação das sementes embebidas em PEG-6000 por 168 horas não diferiu estatisticamente da testemunha (Quadro 3). É importante ressaltar que a germinação da testemunha, que era de 54%, foi elevada para valores próximos a 70%, com os tratamentos de condicionamento fisiológico, valor esse exigido para comercialização de sementes de café pela Comissão Estadual de Sementes e Mudas do Estado de Minas Gerais (CESM/MG, 1997/1998).

No Quadro 3, encontram-se os resultados de germinação das sementes submetidas ao condicionamento fisiológico e armazenadas por 90 dias. Todos os tratamentos de condicionamento fisiológico aplicados às sementes foram benéficos à germinação em relação à testemunha ( $p < 0,05$ ). A germinação das sementes embebidas em PEG-6000 por 72 horas foi estatisticamente inferior à das demais, porém significativamente superior à da testemunha. Esse tratamento, que havia sido apontado como benéfico quando se avaliou o efeito imediato do condicionamento fisiológico, mostrou-se menos eficiente que os demais tratamentos de condicionamento nas sementes armazenadas por 90 dias. É importante ressaltar que foram utilizadas neste ensaio sementes que haviam sido armazenadas por cinco meses antes da aplicação dos tratamentos, apresentando germinação inicial de 54%, e que, quando armazenadas por 90 dias, perderam completamente a viabilidade. Verificou-se ainda que, nas sementes condicionadas e armazenadas, o processo de deterioração foi mais lento, de modo que a porcentagem de germinação se manteve superior à da testemunha, ocorrendo, no caso dos tratamentos de embebição em água, acréscimos de 41% na germinação.

Quadro 3 – Valores médios, em porcentagem, obtidos nos testes-padrão de germinação (TPG), crescimento radicular (CR), envelhecimento artificial (EA) e emergência de plântulas na areia (EPA) após a aplicação dos tratamentos às eementes de café condicionadas sem armazenamento e após o armazenamento por 90 dias

Sem Armazenamento				
Tratamentos	TPG	CR	EA	EPA
T <sub>1</sub> - PEG-6000 por 72 horas	70,5a	63,7b	27,0bc	30,0b
T <sub>2</sub> - PEG-6000 por 168 horas	51,5b	67,5ab	32,0b	40,0b
T <sub>3</sub> - água por 34 horas	68,5a	90,0a	54,0a	73,0a
T <sub>4</sub> - água por 66 horas	66,5a	85,0ab	34,0b	27,5b
T <sub>5</sub> - testemunha	54,0b	11,2c	16,5c	41,0b
Com 90 Dias de Armazenamento				
Tratamentos	TPG	CR	EA	EPA
T <sub>1</sub> - PEG-6000 por 72 horas	20,5b	15,0ab	3,7bc	3,0ab
T <sub>2</sub> - PEG-6000 por 168 horas	38,0a	19,0a	6,0ab	3,0ab
T <sub>3</sub> - água por 34 horas	41,0a	12,5b	4,5b	2,5ab
T <sub>4</sub> - água por 66 horas	41,5a	13,7b	8,5a	4,0a
T <sub>5</sub> - testemunha	0,0c	0,0c	0,0c	0,0c

As médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Esses resultados evidenciaram que o tratamento de condicionamento fisiológico pode permitir a recuperação de lotes de sementes de baixa qualidade fisiológica. Notou-se ainda que as sementes foram condicionadas e armazenadas por 90 dias e, após este período, ainda apresentaram capacidade de germinação. Portanto, a secagem com posterior armazenamento não reverteu os efeitos benéficos do tratamento. Dentro da técnica de condicionamento fisiológico de sementes, um dos pontos que mais têm gerado discussão refere-se aos efeitos da secagem e do armazenamento das sementes após o tratamento. Inicialmente, ela foi considerada benéfica por HEYDECKER et al. (1975) e KHAN et al. (1978). Entretanto, alguns autores têm considerado que a secagem reverte os efeitos benéficos do tratamento (HEYDECKER e COOLBEAR, 1977; ARMSTRONG e McDONALD, 1992).

A qualidade inicial do lote a ser submetido ao condicionamento é fator fundamental para o sucesso do tratamento. Existe na literatura controvérsia com respeito ao mérito do tratamento sobre o vigor das sementes. WOODSTOCK e TAO (1981) observaram que a embebição das sementes de soja em solução de 30% de polietileno glicol não só evita as injúrias provocadas pela rápida absorção de água, como também aumenta a “performance” germinativa de sementes de baixo vigor, concordando com SZAFIROWSKA et al. (1981). Também, PANDEY (1989), trabalhando com sementes envelhecidas de feijão, afirmou que o condicionamento fisiológico parece ser de grande valia para reduzir os efeitos do envelhecimento em sementes deterioradas. Essas afirmações são reforçadas por HEYDECKER et al. (1975), HEYDECKER e GIBBINS (1978), que trabalharam com sementes de diferentes níveis de vigor. Segundo estes autores, durante o processo de germinação, enquanto as sementes de alto vigor atingem nível de metabolismo mais rápido e ordenado, as sementes de baixo vigor têm metabolismo mais lento. Quando submetidas ao condicionamento fisiológico, aquelas de baixo vigor tendem a obter maior uniformidade na germinação e emergência, em relação às sementes não-tratadas. Portanto, as sementes menos vigorosas tendem a atingir nível metabólico próximo ao das vigorosas. Também, FU et al. (1998) verificaram que o

condicionamento fisiológico aumentou a germinação e o índice de vigor em sementes de amendoim deterioradas. Segundo BURGASS e POWELL (1984), sementes de baixo vigor embebidas em água ou em PEG-6000 apresentam grande melhoria na capacidade de germinação. BRADFORD (1986) relatou que o condicionamento fisiológico promove acúmulo de solutos no decorrer do tratamento, resultando em maior turgor celular durante a reidratação das sementes. Isso resultaria na emissão da raiz primária em menor espaço de tempo. Entretanto, PARERA e CANTLIFFE (1994) recomendaram o uso de sementes de alto vigor como pré-requisito para se obter bom resultado com o condicionamento fisiológico.

De acordo com HEYDECKER e COOLBEAR (1977), um dos fatores que mais comumente interferem no condicionamento fisiológico de sementes é a manutenção do nível adequado de oxigênio. Como as sementes do tratamento 2 (Quadro 3) ficaram por mais tempo embebidas em PEG-6000, podem ter ocorrido problemas na disponibilidade de oxigênio, o que também pode ter interferido na germinação.

O comprimento da radícula das sementes condicionadas em PEG-6000 e em água (Quadro 3, sem armazenamento) foi significativamente superior ao da testemunha. Os tratamentos que envolveram embebição em água tiveram melhores resultados no crescimento radicular, porém não diferindo, estatisticamente, dos tratamentos que envolveram embebição em PEG-6000.

Ainda na Quadro 3, observa-se, com relação às sementes armazenadas por 90 dias, que o crescimento radicular daquelas embebidas em PEG-6000 por 168 horas foi significativamente superior, porém não diferindo, estatisticamente, das sementes embebidas em PEG-6000 por 72 horas. Esse tratamento, por sua vez, não diferiu, estatisticamente, dos tratamentos em que as sementes foram embebidas em água por 66 e 34 horas. Conforme observado no teste-padrão de germinação, todos os tratamentos foram estatisticamente superiores à testemunha, que não apresentou crescimento de radícula. Comparando esses resultados com os obtidos nas sementes não-armazenadas, verificou-se que os ganhos em crescimento radicular foram mais expressivos quando avaliados logo

após o condicionamento fisiológico, passando de 11,2% na testemunha para 90% no tratamento 3. Também, a melhoria em lotes de baixo vigor após o condicionamento fisiológico e a secagem é sugerida por LOPES (1996) como um processo de “reparo” que acontece nas sementes deterioradas. De acordo com TILDEN e WEST (1985), a reparação inclui, além da organização espontânea da membrana plasmática, outros eventos metabólicos. Uma possível hipótese para esse resultado é elucidada por ARMSTRONG e McDONALD (1992), que acreditaram que o aumento observado no crescimento do hipocótilo e da radícula, em sementes de soja condicionadas osmoticamente, é devido a processos fisiológicos de reparação, ocorridos durante o tratamento osmótico. De acordo com KHAN et al. (1978), uma das explicações para o mecanismo de condicionamento fisiológico nas sementes é que ocorre mobilização de materiais de reservas como açúcares, lipídios e proteínas, através da síntese-de-novo de enzimas-chave do metabolismo. No caso de sementes de café, o período de embebição em água ou em PEG provavelmente estimulou a síntese dessas enzimas, com conseqüente início de digestão de reservas, e também acionou transportadores específicos e importantes para o processo de germinação.

Os resultados obtidos no teste de envelhecimento acelerado (Quadro 3), para sementes não-armazenadas, indicaram que um revigoramento mais efetivo foi obtido nas sementes embebidas em água por 34 horas, seguidos dos tratamentos em que as sementes foram embebidas em água por 66 horas, PEG-6000 por 168 horas e PEG-6000 por 72 horas, os quais não diferiram estatisticamente entre si. Notou-se, contudo, que a testemunha não diferiu estatisticamente do tratamento em que as sementes foram embebidas em PEG-6000 por 72 horas, tratamento esse que esteve entre os mais benéficos para a germinação. As sementes armazenadas após o condicionamento fisiológico apresentaram baixo vigor, embora se possa considerar que foi obtido pequeno envigoramento quando se fez a embebição em água por 66 horas, seguida de condicionamento em PEG-6000 por 168 horas, tratamentos esses que foram estatisticamente semelhantes. O pior desempenho foi obtido para as sementes embebidas em PEG-6000 por 72 horas, que foi semelhante à testemunha, que,

por sua vez, não apresentou germinação após o envelhecimento acelerado. Verificou-se, nesse caso, que as sementes se encontravam em estágio avançado de deterioração, de modo que exibiam grande sensibilidade às condições de estresse deste teste. Conforme comentado para o crescimento radicular, efeitos mais pronunciados do condicionamento fisiológico foram verificados nas sementes logo após o seu condicionamento. Nas sementes em fase mais adiantada de deterioração (armazenadas por 90 dias), os ganhos em relação aos da testemunha foram menos expressivos, não atingindo 10%.

DEARMAN et al. (1986) condicionaram osmoticamente sementes de cebola em soluções de PEG-6000, antes de submetê-las ao processo de envelhecimento precoce por vários períodos. O condicionamento fisiológico retardou a perda de viabilidade das sementes envelhecidas. Também, TILDEN e WEST (1985) verificaram a reversão dos efeitos do envelhecimento precoce (41°C, 100% UR) de sementes de soja pelo uso do condicionamento fisiológico. Diversos benefícios do condicionamento fisiológico têm sido relatados, sendo um deles a maior probabilidade de se obter melhor emergência, particularmente em condições de estresse, como déficit hídrico ou temperaturas inadequadas (EIRA, 1988).

Verificou-se que a embebição das sementes em água por 34 horas promoveu aumento significativo na porcentagem de emergência das plântulas em areia, nas sementes não armazenadas após o condicionamento fisiológico (Quadro 3). Os demais tratamentos mostraram-se estatisticamente semelhantes entre si. Nas sementes armazenadas por 90 dias, a embebição em água por 66 horas aumentou significativamente a emergência das plântulas em relação à testemunha. Os tratamentos em que as sementes foram embebidas em PEG-6000 por 72 horas, em PEG-6000 por 168 horas e em água por 34 horas mostraram-se estatisticamente semelhantes à testemunha. Embora as sementes estivessem com baixo vigor, cabe ressaltar que em todos os tratamentos havia sementes prestes a germinar quando foi encerrada a contagem final. Esse fato não foi registrado para a testemunha, em que todas as sementes estavam mortas.

Todos os tratamentos em que as sementes foram condicionadas em PEG-6000 e em água e logo após armazenadas por 90 dias promoveram aumento significativo na porcentagem de emergência de plântulas em areia, com destaque para a embebição em água por 66 horas (Quadro 3). No entanto, observa-se neste quadro que, numericamente, os valores obtidos foram baixos. Conforme comentado anteriormente, verificou-se que efeitos mais pronunciados do condicionamento fisiológico foram constatados pelos testes conduzidos em condições ótimas (germinação e crescimento radicular) em laboratório.

Uma análise geral dos resultados obtidos evidenciou que, de modo geral, os tratamentos de condicionamento fisiológico em PEG-6000 e em água aplicados às sementes de café promoveram melhoria no seu vigor, aumentando não só a porcentagem de germinação, como também o comprimento radicular, a germinação após estresse (envelhecimento acelerado) e a emergência das plântulas. Notou-se que, nos testes conduzidos em laboratório, em condições ótimas (germinação e crescimento radicular), a maioria dos tratamentos se mostrou benéfica em relação à testemunha. No entanto, nos testes de envelhecimento artificial (estresse) e no teste conduzido em casa de vegetação (EPA), o tratamento de embebição em água por 34 horas foi o mais eficaz em melhorar o desempenho das sementes do lote estudado, cuja germinação inicial era relativamente baixa (54,0%), pois as sementes permaneceram armazenadas por cinco meses antes de serem submetidas ao condicionamento fisiológico.

### **3.2. Ensaio 2**

O resumo da análise de variância dos dados, avaliando-se o efeito imediato do condicionamento fisiológico das sementes (após colheita) sobre germinação e vigor de sementes de café, é apresentado no Quadro 4. Observa-se, neste quadro, que houve efeito ( $p < 0,01$ ) em todas as variáveis.

Quadro 4 – Resumo da análise de variância relativa ao teste-padrão de germinação (TPG), ao crescimento radicular (CR), ao envelhecimento artificial (EA) e à emergência de plântulas na areia (EPA) de sementes de café condicionadas, em função dos tratamentos

FV	GL	Quadrados Médios			
		TPG	CR	EA	EPA
Tratamento	4	304,30**	739,37**	1290,00**	1420,87**
Resíduo	15	48,07	130,42	30,40	36,02
CV (%)		9,72	19,27	13,13	28,242

\*\* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Observando o Quadro 5, nota-se que as sementes condicionadas em água por 34 horas exibiram maior porcentagem de germinação em relação aos demais tratamentos, embora não tenha diferido estatisticamente da germinação das sementes embebidas em PEG por 168 horas, que se mostrou significativamente semelhante à dos demais tratamentos e à da testemunha. É importante ressaltar que a germinação das sementes, que era de 66,5% (testemunha), foi incrementada para 85% após o condicionamento em água por 34 horas. De acordo com as normas, padrões e procedimentos para produção de sementes e mudas estabelecidos pela CESM/MG, 1997/1998, o padrão de germinação para sementes básicas e fiscalizadas de café é de 70%. O emprego desta técnica pode contribuir para elevar a germinação para níveis próximos ao padrão para comercialização, além de contribuir também para redução no gasto de sementes e, conseqüentemente, nos custos de produção de mudas.

De acordo com BRADFORD (1986), KHAN (1992) e PARERA e CANTLIFFE (1994), o condicionamento fisiológico tem sido utilizado com o objetivo de melhorar a velocidade de germinação, a uniformidade das plântulas e a porcentagem de germinação, principalmente em sementes de hortaliças e flores

devido ao tamanho reduzido de suas sementes em relação às das grandes culturas. O condicionamento fisiológico e outros tratamentos de embebição controlada têm promovido aumentos significativos no desempenho germinativo, principalmente no estabelecimento das plântulas em condições de estresse, conforme observações de BRADFORD (1986), MUHYADDIN e WIEBE (1987), EIRA (1988), NATH et al. (1991), TARQUIS e BRADFORD (1992) e ZHENG et al. (1994), dentre outros.

O comprimento da radícula das sementes condicionadas em PEG-6000 por 168 horas, em água por 34 horas e em água por 66 horas foi significativamente superior aos demais, promovendo melhoria no crescimento radicular, apesar de a testemunha não diferir estatisticamente destes tratamentos e do tratamento em que as sementes foram embebidas em PEG-6000 por 72 horas (Quadro 5). Pelos resultados obtidos, notou-se que as sementes embebidas em água exibiram melhores médias de comprimento da radícula em relação às condicionadas em PEG-6000 por 72 horas. Também, CAMARGO (1998), trabalhando com sementes de café, constatou que o índice de velocidade de germinação subiu de 1,34 (testemunha) para 2,72 (imersão em água por nove dias), indicando alta resposta das sementes ao tratamento de condicionamento osmótico.

Quadro 5 – Valores em porcentagem, obtidos nos testes-padrão de germinação (TPG), crescimento radicular (CR), envelhecimento acelerado (EA) e emergência de plântulas na areia (EPA) de sementes de café condicionadas, em função dos tratamentos

Tratamentos	TPG	CR	EA	EPA
T <sub>1</sub> - PEG-6000 por 72 horas	65,5b	40,0b	27,0c	10,7b
T <sub>2</sub> - PEG-6000 por 168 horas	75,0ab	71,2a	38,0bc	20,2b
T <sub>3</sub> - Água por 34 horas	85,0a	68,7a	50,0b	54,0a
T <sub>4</sub> - Água por 66 horas	64,5b	66,2a	69,0a	8,2b
T <sub>5</sub> - testemunha	66,5b	50,0ab	26,0c	13,0b

As médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos no teste de envelhecimento acelerado indicaram que envigoramento mais efetivo foi obtido nas sementes embebidas em água por 66 horas, seguida pelo condicionamento em água por 34 horas, que por sua vez foi significativamente semelhante à imersão das sementes em solução de PEG-6000 por 168 horas. Os piores desempenhos foram obtidos nas sementes embebidas em PEG-6000 por 72 horas e nas da testemunha (Quadro 5).

Diversos benefícios do condicionamento fisiológico têm sido relatados. Um deles é a maior probabilidade de se obter melhor emergência, particularmente em condições de estresse, como deficit hídrico ou temperaturas inadequadas (EIRA, 1988).

Pelos resultados de emergência das plântulas em areia, verificou-se que a embebição das sementes em água por 34 horas foi benéfica, promovendo aumento significativo na porcentagem de emergência das plântulas. Os demais tratamentos de condicionamento empregados mostraram-se estatisticamente semelhantes entre si (Quadro 5).

O condicionamento fisiológico e outros tratamentos de embebição controlada têm promovido aumentos significativos no desempenho germinativo das sementes, principalmente no estabelecimento das plântulas em condições de estresse observadas por BRADFORD (1986), MUHYADDIN e WIEBE (1987), EIRA (1988), NATH et al. (1991), TARQUIS e BRADFORD (1992), ZHENG et al. (1994), DEL GIÚDICE (1996) e BRACCINI (1996).

Os resultados obtidos neste ensaio indicaram que os tratamentos que envolveram embebição direta em água, de modo geral, contribuíram para o revigoramento das sementes de café, com maior destaque para o T3 (embebição em água por 34 horas), que elevou a germinação em laboratório e a emergência das plântulas em leito de areia, proporcionando, ainda, um crescimento radicular superior ao da testemunha. Esses resultados corroboram aqueles obtidos por CAMARGO (1998), os quais evidenciaram que a imersão das sementes em água destacou-se como o método mais promissor. O referido autor observou ainda que os ganhos obtidos em função dos tratamentos foram verificados mais sobre vigor das sementes do que sobre a viabilidade.

Um revigoramento mais efetivo foi obtido quando as sementes foram avaliadas quanto ao seu vigor logo após a aplicação dos tratamentos de condicionamento fisiológico, com reflexos positivos tanto na porcentagem de germinação quanto no crescimento da raiz primária, envelhecimento acelerado e emergência em areia. No entanto, as sementes que, após o condicionamento fisiológico, foram armazenadas por 90 dias tiveram benefícios mais pronunciados na sua porcentagem de germinação do que no seu vigor.

Segundo NASCIMENTO (1998), a qualidade inicial das sementes tem efeito marcante no sucesso do condicionamento fisiológico. Notou-se que houve efeito benéfico dos tratamentos nas sementes dos dois lotes estudados (ensaios 1 e 2), que apresentaram germinação inicial de 54 e 66,5%, respectivamente. Nas sementes do segundo ensaio, através da imersão em água por 34 horas, foi possível atingir valores acima do limite estabelecido para comercialização em Minas gerais, que é de 70% (CESM, 1997/1998).

## 4. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi desenvolvido este trabalho e com base nas interpretações dos resultados, conclui-se que:

1. O condicionamento fisiológico mostrou ser procedimento promissor para as sementes de café.
2. A embebição das sementes em água por 34 horas mostrou-se eficaz em aumentar a germinação e o vigor das sementes de café.
3. Sementes de café embebidas em água e armazenadas por 90 dias tiveram acréscimo de cerca de 40% na sua germinação.
4. O condicionamento fisiológico mostrou-se eficaz ao revigoramento de sementes de café, principalmente em lotes de baixa qualidade fisiológica.

## RESUMO E CONCLUSÕES

Foi conduzido um trabalho, no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), com os objetivos de definir a metodologia adequada para o condicionamento fisiológico de sementes de café e avaliar os efeitos desta técnica na germinação e no vigor das sementes. Foram utilizadas sementes de café Catuaí Vermelho MG-44. No primeiro ensaio, sementes sem o endocarpo (pergaminho) foram submetidas a embebição durante 30 dias, a 25°C, em água, em soluções de manitol (-0,4; -0,6; e -0,8 MPa) e em soluções de polietileno glicol 6000 (PEG-6000) a -0,2; -0,4; e -0,6 MPa. Realizou-se avaliação diária até o trigésimo dia, contando e eliminando as sementes germinadas e as infeccionadas por microrganismos. No segundo ensaio, sementes com e sem o endocarpo foram submetidas a tratamentos de embebição durante 30 dias, a 25°C, em água e em soluções de PEG-6000 (-0,4; -0,6; e -0,8 MPa). Realizaram-se avaliações de dois em dois dias até o trigésimo dia, sendo contadas as sementes germinadas e monitorado o grau de umidade das sementes de cada tratamento. No terceiro ensaio, traçou-se a curva de embebição das sementes com o endocarpo embebidas em água e em PEG-6000 a -0,4 MPa, a 25°C, após 0, 1, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144 e 168 horas. A partir dos resultados obtidos nestes ensaios, sementes com endocarpo foram condicionadas em PEG-6000 a -0,4 MPa, por 72 e 168 horas, e em água por 33 e 66 horas e avaliadas quanto à qualidade fisiológica, imediatamente após os tratamentos,

pelos testes de germinação, envelhecimento acelerado, crescimento radicular e emergência de plântulas em areia. Para verificar o efeito latente dos tratamentos, sementes condicionadas foram secadas até o grau de umidade inicial, armazenadas por 90 dias e avaliadas pelos mesmos testes citados anteriormente. Para comparação, foram utilizadas sementes sem tratamento de embebição. Os resultados permitiram concluir que:

- PEG-6000 foi mais eficiente que o manitol como agente condicionante.
- A emissão da raiz primária em sementes de café, sem endocarpo, ocorreu quando o grau de umidade atingiu valores próximos a 55%.
- Sementes com endocarpo embebidas em PEG-6000 a -0,4 MPa, por períodos entre 50 e 168 horas, permaneceram na fase II de embebição.
- A prévia embebição das sementes em água por 34 horas proporcionou aumentos na germinação e no vigor das sementes.
- O tratamento visando ao condicionamento das sementes foi eficaz, podendo se constituir, ou consistindo, em procedimento capaz de melhorar o desempenho das sementes de café, principalmente em lotes apresentando baixa qualidade fisiológica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKERS, S.W., BERKOWITZ, G.A., RABIN, J. Germination of parsley seed primed in aerated solutions of polyethylene glycol. **HortScience**, v.22, p.250-2, 1987.
- ALJARO, U.A., MARTINEZ, R.M. Evaluacion agronomica del acondicionamiento osmotico em semillas de pimiento (*Capsicum annum* L.). I. Efectos sobre el comportamiento germinativo, bajo distintas temperaturas. **Agricultura Tecnica**, v.47, p.248-53, 1987.
- ARMSTRONG, H., McDONALD, M.B. Effects of osmoconditioning on water uptake and electrical conductivity in soybean seeds. **Seed Science & Technology**, v.20, p.391-400, 1992.
- BAUMANN, T.W., GABRIEL, H. Metabolism and excretion of caffeine during the germination of *Coffea arabica* L. **Plant Cell Physiol.**, v.25, p.1431-6, 1984.
- BENDAÑA, F.E. Fisiologia de las semillas de café. **Turrialba**, v.4, n.5, p.99-106, 1962.
- BEWLEY, J.D., BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BINIEK, A., TYLKOWSKA, K. Germination and mycoflora of carrot seeds treated with thiram and conditioned in polyethylene glycol (PEG-6000). **Acta Horticulturae**, v.81, p.215-30, 1987.

- BODSWORTH, S., BEWLEY, J.D. Osmotic priming of seeds of crop species with polyethylene glycol as a means of enhancing early and synchronous germination at cool temperatures. **Canada Journal Botany**, v.59, p.672-6, 1981.
- BRACCINI, A.L. **Relação entre potencial hídrico, condicionamento osmótico e qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Viçosa, MG: UFV, 1996. 135p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- BRADFORD, K.J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. **HortScience**, v.21, n.5, p.1105-12, 1986.
- BRADFORD, K.J., STEINER, J.J., TRAWATHA, S.E. Seed priming influence on germination and emergence of pepper seeds lots. **Crop Science**, v.30, p.718-21, 1990.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análises de sementes**. Brasília: 1992. 365p.
- BROCKLEHURST, P.A., DEARMAN, J. A comparasion of different chemicals for osmotic treatment of vegetable seed. **Annals Applied Biology**, v.105, p.391-8, 1984.
- BUJALSKI, W., NIENOW, A.W. Large-scale osmotic priming of onion seeds: a comparison of different strategies for oxygenation. **Scientia Horticulturae**, v.46, p.13-24, 1991.
- BURGASS, R.W., POWELL, A.A. Evidence for repair processes in the invigoration of seeds by hydration. **Annals of Botany**, v.53, p.753-7, 1984.
- CAMARGO, R. **Condicionamento fisiológico de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. Lavras, MG: UFLA, 1998. p.108. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, 1998.
- CARVALHO, N.M., NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1988. 424p.
- CAVALLARO, V., MAUROMICALE, G., VINCENZO, G.D., DIVICENZO, G., QUAGLIOTTI, BELLETTI, P. Effects of osmoconditionig on emergence characteristics of the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). **Acta Horticulturae**, v.362, p.213-20, 1994.

- CHIU, K.Y., WANG, C.S., SUNG, J.M. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes associated with accelerated aging and hydration of watermelon seeds differing in ploid. **Physiologia Plantarum**, v.9, p.441-6, 1995.
- DEARMAN, J., BROCKLEHURST, P.A., DREW, R.L. Effects of osmotic priming and ageing on onion seed germination. **Annals of Applied Biology**, v.108, p.639-48, 1986.
- DEL GIÚDICE, M.P. **Condicionamento osmótico de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Viçosa, MG: UFV, 1996. 130p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- EIRA, M.T.S. **Condicionamento osmótico de sementes de alface (*Lactuca sativa*); efeitos sobre a germinação e desempenho sob stresses hídrico, salino e térmico**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1988. 90p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1988.
- EIRA, M.T.S., MARCOS FILHO, J. Condicionamento osmótico de sementes de alface. I. Efeitos sobre a germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, v.12, n.1, p.9-27, 1990.
- FRANCO, C.M. Fisiologia do cafeeiro. In: INSTITUTO BRASILEIRO DA POTASSA. **Cultura e adubação do cafeeiro**. São Paulo: 1963. p.63-83.
- FRANCO, C.M. **Apontamentos de fisiologia do cafeeiro**. Campinas, SP: Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, CATI, 1970. 55p.
- FU, J.R., LU, X.H., CHEN, R.Z., ZHANG, B.Z., LIV, Z.S., LI, Z.S., CAI, D.Y. Osmoconditioning of peanut (*Arachis hypogea* L.) seeds with PEG to improve vigor and some biochemical activities. **Seed Science & Technology**, v.16, p.197-212, 1998.
- FURUTANI, S.C., ZANDSTRA, B.H., PRICE, H.C. The effects of osmotic solute composition and duration and temperature of priming on onion seed germination. **Seed Science & Technology**, v.14, p.545-51, 1986.
- GOMES, M.S., CAMARGO, R., VIEIRA, M.G.G.C., CARVALHO, M.L.M. Condicionamento osmótico de milho doce. **Informativo Abrates**, v.7, n.1/2, p.186, 1997.
- GRAY, D., STECKEL, J.R., HANDS, L.J. Responses of vegetable seeds to controlled hydration. **Annals of Botany**, v.66, p.227-35, 1990.

- GUIMARÃES, R.J. **Formação de mudas de cafeeiro: (*Coffea arabica* L.): efeitos de reguladores de crescimento e remoção do pergaminho na germinação de sementes e do uso de N e K em cobertura, no desenvolvimento de mudas.** Lavras, MG: UFLA, 1995. 133p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, 1995.
- HAIGH, A.M., BARLOW, E.W.R. Germination and priming of tomato, carrot, onion, and sorghum seeds in a range of osmotic potentials. **Journal American Society for Horticultural Science**, v.112, p.202-8, 1987.
- HASEGAWA, P.M., BRESSAN, R.A., HANDA, S., HANDA, A.K. Cellular mechanisms of tolerance to water stress. **HortScience**, v.19, n.3, p.371-7, 1984.
- HEYDECKER, W., HIGGINS, J., TURNER, Y.J. Invigoration of seeds. **Seed Science & Technology**, v.3, p.881-8, 1975.
- HEYDECKER, W., COOLBEAR, P. Seed treatments for improved performance; survey and attempted prognosis. **Seed Science & Technology**, v.5, p.353-425, 1977.
- HEYDECKER, W., GIBBINS, B.M. The priming of seeds. **Acta Horticulturae**, v.83, p.213-223, 1978.
- HOFMANN, P., STEINER, A.M. Seed quality as cause for differences in longevity behavior after seed pretreatment in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Seed Science Research**, v.4, p.323-8, 1994.
- HUXLEY, P.A. Some factors which can regulate germination and influence ability of coffee seeds. **Proceedings of the International Seed Testing Association**, v.29, p.33-60, 1964.
- HUXLEY, P.A. Coffee germination test recommendations and defective types. **Proceedings of the International Seed Testing Association**, v.30, p.705-15, 1965.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ – IBC. **Cultura do café no Brasil: manual de recomendações.** 4. ed. Rio de Janeiro: 1981. 504p.
- JENG, T.L., SUNG, J.M. Hydration effect on lipid peroxidation and peroxidase scavenging enzymes activity of artificially aged peanut seed. **Seed Science & Technology**, v.22, p.531-9, 1994.
- KHAN, A.A., BRAUM, J.W., TAO, K.L., MILLIER, W.F., BENSIN, R.F. New methods for maintaining seed vigor and improving performance. **Journal of Seed Technology**, v.1, n.2, p.33-57, 1976.

- KHAN, A.A., TAO, K.L., KNYPL, J.S., BORKOWSKA, B., POWELL, L.E. Osmotic conditioning of seeds: physiological and biochemical changes. **Acta Horticulturae**, v.83, p.267-83, 1978.
- KHAN, A.A. Preconditioning, germination and performance of seeds. In: KHAN, A.A. (Ed.). **The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination**. Amsterdam: North-Holland, 1977. p.283-316.
- KHAN, A.A. Preplant physiological seed conditioning. **Horticultural Review**, v.13, p.131-81, 1992.
- KNYPL, J.S., KHAN, A.A. Osmoconditioning of soybean seeds to improve performance at suboptimal temperatures. **Agronomy Journal**, v.73, p.112-6, 1981.
- LIMA, W.A.A., ARAÚJO, R.F., DIAS, D.C.F.S., ALVARENGA, E.M., ARAÚJO, E.F. Ajuste de metodologia para o condicionamento osmótico de sementes de café (*Coffea arabica* L.). **Informativo Abrates**, v.7, n.1/2, p.107. 1997.
- LOPES, H.M. **Embebição e condicionamento fisiológico de sementes de cebola influenciado por temperatura e potencial osmótico da solução**. Viçosa, MG: UFV, 1996. 117p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- MARCOS FILHO, J., CÍCERO, S.M., SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade de sementes**. Piracicaba, SP: FEALQ, 1994. 230p.
- MATTHEWS, S., POWELL, A.A. Environmental and physiological constraints on field performance of seed. **HortScience**, v.21, n.5, p.1125-8, 1986.
- MENEZES, D. **Determinação da curva de embebição e avaliação da qualidade fisiológica de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.)**. Lavras, MG: UFLA, 1996. 57p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, 1996.
- MEXAL, J., FISHER, J.T., OSTERYOUNG, J., REID, P.P. Oxygen availability in polyethylene glycol solutions and its implications in plant-water relations. **Plant Physiology**, v.55, p.20-4, 1975.
- MICHEL, B.E., KAUFMANN, M.R. The osmotic potencial of polyethylene glicol 6000. **Plant Physiology**, v.51, p.914-6, 1973.
- MUHYADDIN, T., WIEBE, H.-J. Influence of PEG seed treatments on emergence under stress conditions. **Acta Horticulturae**, v.215, p.115-22, 1987.

- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D., CARVALHO, N.M. (Eds.). **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal, SP: FUNEP, 1994. p.49-85.
- NASCIMENTO, W.M. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças: potencialidades e implicações. **Horticultura Brasileira**, v.16, n.2, p.106-9, 1998.
- NATH, S., COOLBEAR, S.N., HAMPTON, J.G. Hydration-dehydration treatments to protect or repair stored “Karamu” wheat seeds. **Crop Science**, v.31, p.822-6, 1991.
- OSBURN, R.M., SCHROTH, M.N. Effect of osmopriming sugar beet seed on exudation and subsequent damping-off caused by *Pytium ultimum*. **Phytopathology**, v.78, p.1246-50, 1988.
- PAGACZ, E.A. Contribution a l'étude du mode de semis en caféiculture. **Bulletin d'Information INEAC**, v.1, n.9, p.1-6, 1960.
- PANDEY, D.K. Priming induced alleviation of the effects of natural ageing derived selective leakage of constituents in French bean. **Seed Science & Technology**, v.16, p.527-32, 1989.
- PARERA, C.A., CANTLIFFE, D.J. Presowing seed priming. **Horticultural Reviews**, v.16, p.109-39, 1994
- PARMAR, M.T., MOORE, R.P. Effect of simulated drought by polyethylene glycol solutions on corn (*Zea mays* L.) germination and seedling development. **Agronomy Journal**, v.58, n.4, p.391-2, 1996.
- PARREIRA, P. A época ideal para o plantio do cafeeiro. **Lavoura e Criação**, n.137, p.17-18, 1961.
- PASSAM, H.C., KARAVITES, P.I., PAPANDREOU, A.A., THANOS, C.A., GEORGHIU, K. Osmoconditioning of seeds in relation to growth and fruit yield of aubergine, pepper, cucumber and melon in unheated greenhouse cultivation. **Scientia Horticulturae**, v.38, p.207-16, 1989.
- PEÑALOZA, A.P.S., EIRA, M.T.S. Hydration-dehydration treatments on tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* Mill). **Seed Science & Technology**, v.21, p.309-316, 1993.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

- RAGUS, L. Role of water absorbing capacity in soybean germination and seedling vigour. **Seed Science and Technology**, v.15, p.285-96, 1987.
- RENA, A.B., MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A.B., MALAVOLTA, E., Rocha, M., YAMADA, T. **Cultura do cafeeiro; fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, SP: Assoc. Bras. Pesq. Potassa Fosfato, 1986. p.13-85.
- SAXENA, O.P., GITA SINGH. Osmotic priming studies in some vegetable seeds. **Acta Horticulturae**, v.215, p.201-7, 1987.
- SCARANARI, H.J. Viveiros de café; instruções práticas. **O Agrônomo**, v.5, n.54, p.5-9, 1954.
- SLAVIK, B. **Methods of studying plant water relations**. New York: Springer-Verlag, 1974. 449p. (Ecological Studies, 9).
- SZAFIROWSKA, A., KHAN, A.A., PECK, N.N. Osmoconditioning of carrot seeds to improve seedling establishment and yield in cold soil. **Agronomy Journal**, v.73, p.845-8, 1981.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood City, California: Benjamin/Cummings, 1991. 559p.
- TARQUIS, A.M., BRADFORD, K.J. Prehydration and priming treatments that advance germination also increase the rate of deterioration of lettuce seeds. **Journal of Experimental Botany**, v.43, n.248, p.307-17, 1992.
- TILDEN, R.L., WEST, S.H. Reversal of the effects of aging in soybean seeds. **Plant Physiology**, v. 77, p.584-6, 1985.
- VALIO, I.F.M. Germination of coffee seeds (*Coffea arabica* L. cv. Mundo Novo). **Journal of Experimental Botany**, v.2, n.100, p.983-91, 1976.
- VASCONCELOS, L.M., GROTH, D., RAZERA, L.F. Efeito de secagem, diferentes graus de umidade e tipos de embalagens na conservação de sementes de café (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí Vermelho). **Revista Brasileira de Sementes**, v.14, n.2, p.181-8, 1992.
- VAZQUEZ, G.H. **Condicionamento fisiológico de sementes de soja: efeitos sobre a germinação, vigor e potencial de armazenamento**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1995. 139p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1995.

- VISHVESHWARA, S., RAJU, K.S.K. Seed germination in Arabica coffee. II. Effect of placement of seeds on germination. **Indian Coffee**, v.37, p.286-8, 1973.
- WENT, F.W. **The experimental control of plant growth**. New York: The Ronald, 1957. p.164-8 (Chronica Botanica. An International Biological and Agricultural Series, 17).
- WOODSTOCK, L.W., TAO, K.L.J. Prevention of imbibitional injury in low vigor soybean embryonic axes by osmotic control of water uptake. **Physiologia Plantarum**, v.51, n.1, p.133-9, 1981.
- ZHANG, C.L., PENG, S.F., GUO, J.N. A study on regulation of sugarbeet seed quality. I. Effects of PEG osmoconditioning and hydration-dehydration on germination of seeds with different vigour. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.1, p.13-8, 1994.
- ZHENG, G.H., WILEN, R.W., SLINKARD, A.E., GUSTA, L.V. Enhancement of canola seed germination and seedling emergence at low temperature by priming. **Crop Science**, v.34, p.1589-93, 1994.

## **APÊNDICE**

## APÊNDICE

Quadro 1A – **Porcentagem de germinação** e **grau de umidade** de sementes de café sem endocarpo, submetidas ao condicionamento fisiológico com polietileno glicol (PEG-6000), em três potenciais hídricos, a 25°C, durante 30 dias

Dia	Ger (%)	Controle	PEG-6000 (MPa)		
	GU (%)		-0,4	-0,6	-0,8
0	0	0	0	0	0
	11,28	11,28	11,28	11,28	11,28
2	0	0	0	0	0
	46,31	42,06	39,63	37,05	
4	0	0	0	0	0
	51,91	50,25	47,90	45,99	
6	0	0	0	0	0
	53,17	52,65	52,43	49,31	
8	0	0	0	0	0
	55,56	54,19	52,50	52,11	
10	31	0	0	0	0
	55,97	53,18	53,09	51,47	
12	48	0	0	0	0
	54,79	53,14	52,70	52,77	
14	18	0	0	0	0
	55,32	54,02	53,27	52,00	
16	0	0	0	0	0
	55,37	54,15	53,61	53,12	
18	0	29	0	0	0
	56,92	53,88	52,92	52,10	
20	0	12	0	0	0
	57,40	54,52	52,51	52,21	
22	0	40	0	0	0
	58,38	54,02	52,95	52,37	
24	0	0	0	0	0
	59,86	53,18	52,66	51,98	
26	0	6	0	0	0
	60,53	54,91	53,28	52,00	
28	0	0	31	0	0
	62,42	55,80	53,05	52,33	
30	0	0	36	0	0
	63,99	55,98	54,99	52,72	
Germinação (%)		97	87	67	0

Quadro 2A – **Porcentagem de germinação** e **grau de umidade** de sementes de café com endocarpo, submetidas ao condicionamento fisiológico com polietileno glicol (PEG-6000), em três potenciais hídricos, a 25°C, durante 30 dias

Dia	Ger (%)	Controle	PEG-6000 (MPa)		
	GU (%)		-0,4	-0,6	-0,8
0	0	0	0	0	0
	11,88	11,88	11,88	11,88	11,88
2	0	0	0	0	0
	43,07	37,73	36,01	34,56	
4	0	0	0	0	0
	48,64	44,06	41,44	41,16	
6	0	0	0	0	0
	52,10	48,86	46,83	43,60	
8	0	0	0	0	0
	53,58	49,18	48,88	47,10	
10	0	0	0	0	0
	53,87	50,79	49,53	48,57	
12	0	0	0	0	0
	54,82	51,04	49,53	49,59	
14	0	0	0	0	0
	52,89	51,02	50,92	49,87	
16	0	0	0	0	0
	54,01	51,50	51,03	49,80	
18	0	0	0	0	0
	53,80	51,41	50,40	49,69	
20	0	0	0	0	0
	54,05	52,52	51,14	49,58	
22	0	0	0	0	0
	54,29	51,00	51,31	50,52	
24	0	0	0	0	0
	53,23	50,77	51,30	50,30	
26	0	0	0	0	0
	54,27	51,88	50,08	50,20	
28	0	0	0	0	0
	53,68	52,61	51,12	49,98	
30	0	0	0	0	0
	54,3299	51,56	51,95	49,87	
Germinação (%)		0	0	0	0