



**CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO DE
SEMENTES DE CAFEIRO: EFEITOS NA
GERMINAÇÃO, VIGOR E FORMAÇÃO DE
MUDAS**

SÍLVIA MARA PACHECO LIMA

2001

52819

MFJ 10320

SÍLVIA MARA PACHECO LIMA

**CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE CAFEIEIRO:
EFEITOS NA GERMINAÇÃO, VIGOR E FORMAÇÃO DE MUDAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador
Prof. Renato Mendes Guimarães

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2001

~~BIBLIOTECA GERAL~~
~~DE LA~~
~~633.7335~~
~~LIMA~~
~~52819~~
~~ATA 091 03/08~~



**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Lima, Sílvia Mara Pacheco

Condicionamento fisiológico de sementes de cafeeiro: efeitos na germinação,
vigor e formação de mudas / Sílvia Mara Pacheco Lima. -- Lavras : UFLA, 2001.
161 p. : il.

Orientador: Renato Mendes Guimarães.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Condicionamento fisiológico. 2. Semente. 3. Café. 4. Muda. 5. Germinação.
6. Estresse. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.7335

SÍLVIA MARA PACHECO LIMA

**CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE CAFEEIRO:
EFEITOS NA GERMINAÇÃO, VIGOR E FORMAÇÃO DE MUDAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 30 de Novembro de 2001

Pesquisador Dr. Antônio Rodrigues Vieira

EPAMIG

Pesquisador Dr. João Almir Oliveira

UFLA

Prof. Dr.^a Maria das Graças Guimarães Carvalho Vieira

UFLA


Prof. Dr. Renato Mendes Guimarães

**UFLA
(Orientador)**

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL**

**Aos meus pais, Guaracy Vieira (in memorian) e Jane
Vieira, meus verdadeiros mestres inspiradores, pelo
verdadeiro amor, carinho e principalmente pela grande
lição de vida.**

DEDICO

**Ao Otávio, pela compreensão, incentivo e amor.
Aos meus irmãos André e Júnior pela harmoniosa
convivência.**

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Deus.

À Sélem, pelos divinos ensinamentos.

À Universidade Federal de Lavras – UFLA, em especial ao Departamento de Agricultura, pela grande oportunidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudos.

Ao Professor Dr. Renato Mendes Guimarães, pela brilhante orientação e ensinamentos.

Aos membros da banca examinadora, Professora Dr^a Maria das Graças Guimarães Carvalho Vieira, Pesquisadores Dr. Antônio Rodrigues Vieira e Dr. João Almir Oliveira, pelas valiosas sugestões e colaborações.

Às professoras Dr^a Édila Vilela Von Pinho e Dr^a Maria Laene Moreira de Carvalho pelo apoio e amizade durante o curso.

Ao professor Dr. Rubens José Guimarães, pelo incentivo e amizade.

A Livia Costa Borges, pelo auxílio na realização das análises estatísticas.

A Elisa Serra Negra Vieira, pela colaboração nas avaliações de eletroforese.

Aos funcionários, pesquisadores, professores, bolsistas do Setor de Sementes, e aos colegas do curso de pós-graduação pela convivência e trocas de experiências.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
CAPITULO 1.....	1
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1. Caracterização da semente de cafeeiro.....	3
2.2. Qualidade das sementes.....	4
2.3. Germinação das sementes.....	10
2.3.1. Fases da germinação.....	13
2.4. Produção de mudas.....	17
2.5. A técnica de condicionamento fisiológico.....	18
2.5.1. Métodos utilizados.....	20
2.5.2. Fatores que afetam o condicionamento fisiológico.....	24
2.5.3. Benefícios da técnica.....	27
2.6. Enzimas e Compostos fenólicos.....	29
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
CAPÍTULO 2 : Condicionamento fisiológico em sementes visando a antecipar a formação de mudas de cafeeiro (<i>Coffea arabica</i> L.).	
RESUMO.....	48
ABSTRACT.....	49
1. INTRODUÇÃO.....	50
2.MATERIAL E MÉTODOS.....	52
2.1.Qualidade inicial do lote.....	52
2.2. Tratamentos.....	53

2.3. Determinação do grau de umidade.....	54
2.4. Teste de germinação.....	54
2.5. Índice de velocidade de germinação.....	54
2.6. Determinação tempo para ocorrência de 50% germinação (T_{50}).....	55
2.7. Determinação do peso da matéria seca eixo hipocótilo/radícula.....	55
2.8. Condutividade elétrica.....	55
2.9. Porcentagem de mudas normais.....	56
2.10. Índice de velocidade de emergência.....	57
2.11. Diâmetro de caule das mudas.....	57
2.12. Altura das mudas.....	57
2.13. Área Foliar.....	58
2.14. Peso da matéria seca da parte aérea das mudas.....	58
2.15. Análise estatística.....	58
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
3.1. Grau de umidade das sementes.....	60
3.2. Teste de germinação.....	63
3.3. Índice de velocidade de germinação.....	68
3.4. Tempo para germinação de 50% das sementes (T_{50}).....	72
3.5. Peso da matéria seca eixo hipocótilo/radícula.....	75
3.6. Condutividade elétrica.....	78
3.7. Índice de Velocidade de Emergência.....	82
3.8. Porcentagem de mudas normais.....	85
3.9. Área foliar, altura e diâmetro de caule	88
3.10. Peso da matéria seca da parte aérea das mudas.....	91
4. CONCLUSÕES.....	93
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94

CAPITULO 3: Efeitos de tempos e temperaturas de condicionamento sobre a qualidade fisiológica de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica*) sob condições ideais e de estresse térmico, hídrico e salino

RESUMO.....	97
ABSTRACT.....	99
1. INTRODUÇÃO.....	100
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	101
2.1. Condicionamento fisiológico em diferentes tempos e temperaturas.....	101
2.2. Determinação do grau de umidade.....	102
2.3. Teste de germinação e IVG sob condições ideais de temperatura....	102
2.4. Teste de germinação e IVG sob estresse térmico.....	103
2.5. Teste de germinação e IVG sob estresse hídrico.....	103
2.6. Teste de germinação e IVG sob estresse salino.....	103
2.7. Determinação de compostos fenólicos.....	104
2.8. Determinação de ácido clorogênico.....	104
2.9. Determinação da atividade da enzima polifenoloxidase.....	104
2.10. Determinação da atividade da enzima peroxidase.....	105
2.11. Análise eletroforética.....	105
2.12. Procedimento estatístico.....	106
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	107
3.1. Observações preliminares.....	107
3.2. Grau de umidade das sementes.....	107
3.3. IVG sob condições térmicas de 30°C.....	110
3.4. Índice de velocidade de germinação sob estresse térmico.....	112
3.4.1. Estresse térmico à 20°C.....	112
3.4.2. Estresse térmico à 35°C.....	114
3.5. Índice de velocidade de germinação sob estresse hídrico.....	116
3.6. Índice de velocidade de germinação sob estresse salino.....	121

3.7. Porcentagem de plantas normais sob condições térmicas de 30°C...	126
3.8. Porcentagem de plantas normais sob estresse hídrico.....	128
3.8.1. Estresse hídrico de -0,4MPa.....	128
3.8.2. Estresse hídrico de -0,6MPa.....	130
3.9. Porcentagem de plantas normais sob estresse salino.....	132
3.9.1. Estresse salino de -0,4MPa.....	132
3.9.2. Estresse salino de -0,6MPa.....	134
3.10. Compostos fenólicos.....	136
3.11. Ácido clorogênico.....	138
3.12. Polifenoloxidase.....	140
3.13. Peroxidase.....	142
3.14. Análise enzimática.....	145
4. CONCLUSÕES.....	148
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	149
ANEXOS.....	152

RESUMO

LIMA, Sílvia Mara Pacheco. **Condicionamento fisiológico de sementes de cafeeiro: Efeitos na germinação, vigor e formação de mudas.** Lavras: UFLA, 2001. 161p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).

O presente trabalho foi desenvolvido em duas etapas nos Laboratórios de Análise de Sementes e Técnicas Moleculares do Setor de Sementes da Universidade Federal de Lavras, de Análises Bioquímicas da EPAMIG e no Viveiro de Café do Setor de Cafeicultura da UFLA, no período de setembro/99 a janeiro/2001. Na primeira etapa deste trabalho, o objetivo foi estabelecer a época do ano mais adequada para o condicionamento fisiológico e semeio de sementes de cafeeiro armazenadas. Foram utilizadas sementes da cultivar Acaia Cerrado MG1474 colhidas no campo de produção da UFLA e armazenadas em câmara fria de maio/99 a fev./00. As sementes foram submetidas ao condicionamento fisiológico em água corrente e água aerada por 4, 8 e 12 dias à temperatura ambiente nos meses de fevereiro, março e abril. Os testes para avaliar os efeitos dos tratamentos tiveram início ao final de cada período de embebição. Na segunda etapa, sementes da cultivar Acaia armazenadas em condições de ambiente de Agosto/2000 a Janeiro/2001, foram condicionadas em temperaturas de 15, 25 e 35°C por períodos de 4, 8 e 12 dias com o objetivo de avaliar o desempenho das sementes sob condições de estresse. Ao final de cada tratamento as sementes foram submetidas à determinação do teor de água e avaliadas pelos testes de germinação e velocidade de germinação sob estresse hídrico (-0,4 e -0,6MPa), estresse salino (-0,4 e -0,6MPa), estresse térmico (20 e 35°C), eletroforese de enzimas, determinação dos teores de compostos fenólicos, ácido clorogênico, atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase. Para a comparação foram utilizadas sementes sem tratamento de embebição. Pelos resultados pode-se concluir que fevereiro é a melhor época do ano para a formação de mudas antecipadas com o uso de sementes de cafeeiro armazenadas e condicionadas principalmente pelo método de água aerada por 12 dias de embebição. Em relação aos tempos e temperaturas de condicionamento, os resultados permitiram concluir que o condicionamento em água à 25°C por 12 dias foi o mais eficiente para incrementar a germinação e o vigor das sementes de cafeeiro em condições de estresse, ao passo que a temperatura de 35°C não foi apropriada para o condicionamento e prejudicou o desempenho das sementes.

Comitê Orientador: Dr. Renato Mendes Guimarães (Orientador), Dr.^a Maria das Graças Guimarães Carvalho Vieira – UFLA, Dr. João Almir Oliveira – UFLA.

ABSTRACT

LIMA, Sílvia Mara Pacheco. **Physiological conditioning in coffee seeds: Effects on germination, vigor and seedling formation.** Lavras: UFLA, 2001. 161p. (Dissertation – Master in Crop Science)

This work was developed in two phases in the Seed Analysis and Molecular Techniques Laboratories of the Seed Sector of Universidade Federal de Lavras, Biochemical Analysis Laboratory of EPAMIG and at the nursery in the Coffee Sector of UFLA, during the period of September/1999 to January/2001. In the first phase of the experiment, the aim was to establish the most suitable time for the physiological conditioning and for the sowing of stored coffee seeds in the seedling formation process. Seeds of the Acaia Cerrado MG 1474 cultivar harvested at the production field of Coffee Sector of UFLA and stored in cold room from May/99 to February/00 were utilized. The seeds were submitted to the physiological conditioning in running and air pumping water for 4, 8 and 12 days at room temperature in February, March and April. Evaluations began in the end of each priming. On the second phase, the seeds from the Acaia cultivar stored at room conditions from August to January/2001, were submitted to physiological conditioning at temperature of 15, 25 and 35° for 4, 8 and 12 days, aiming to evaluate the seeds performance under stress conditions. At the end of each treatment the seeds were submitted to the determination of water content and evaluated through the germination and germination velocity tests under hydric stress (-0.4 and -0.6MPa), saline stress (- 0.4 and - 0.6MPa), thermal stress (20 and 35°C), enzymes eletrophoresis, determination of the phenol components contents, chlorogenic acid, poliphenoxidase and peroxidase enxzyme activities. For comparison seeds without the imbibing treatment were utilized. It can be concluded from the results obtained that February is the best time of the year to formate early coffee seedlings deriving from stored and conditioned seeds, especially by the 12 day air pumping water methodology. In regards to conditioning times and temperatures, the results permitted to conclude that the conditioning in water at 25°C for 12 day was the most efficient methodology to increment the coffee seeds germination and vigor in stress conditions, while the temperature of 35°C was not appropriated for the conditioning and prejudiced the performance of seeds.

***Guidance Committee:** Dr. Renato Mendes Guimarães (Major Professor), Dr.^a Maria das Graças Guimarães Carvalho Vieira – UFLA., Dr. João Almir Oliveira – UFLA.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

A história econômica do Brasil confunde-se com o desenvolvimento da cafeicultura, tal a importância dessa atividade na vida do país.

O Brasil é hoje o maior produtor e exportador mundial de café, sendo o segundo maior mercado consumidor. A produção média mundial é estimada em 112,8 milhões de sacas produzidas por mais de 50 países nas regiões tropicais da América Latina, África e Ásia, sendo que, para a maioria desses países, o café é a principal fonte de renda (Screenath, 2000).

Existem duas espécies dentro do gênero *Coffea*, comercialmente importantes: *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre, sendo que cerca de 70% dos plantios comerciais mundiais são do tipo arábica, principalmente pela qualidade superior de sua bebida. No Brasil, cerca de 82% da produção são provenientes de lavouras formadas com cultivares da espécie *Coffea arabica* L. e apenas 18% de cultivares da espécie *Coffea canephora*, também conhecida como café robusta (Melo et al., 1998).

Por ser o café uma planta perene, o emprego de mudas vigorosas para a formação da lavoura, é de indiscutível importância, além é claro da necessidade do uso de sementes de alta qualidade.

As sementes de cafeeiro mantêm a viabilidade por no máximo 6 meses quando armazenadas em condições ambientais apropriadas, limitando dessa forma, a utilização de sementes colhidas em anos anteriores ao de formação das mudas. Como consequência da disponibilidade de sementes no mercado somente a partir do mês de junho e da lentidão com que a germinação dessas sementes se

processa, em muitas situações as mudas acabam sendo levadas para o campo em épocas menos favoráveis ao seu melhor desenvolvimento.

A manutenção e/ou recuperação da qualidade das sementes de café é fundamental na manutenção de estoques reguladores para atendimento de situações inesperadas, como no caso de geadas antes da colheita.

Atualmente uma das técnicas que tem se mostrado bastante promissora para a recuperação do desempenho de sementes de cafeeiro armazenadas é a técnica de condicionamento fisiológico que, além de melhorar o desempenho das sementes, promove uniformização e aceleração da germinação.

Neste sentido, o controle da embebição das sementes de café diretamente na água, vem se destacando entre diversas outras tecnologias, porém necessita de mais pesquisas que considerem parâmetros fisiológicos e bioquímicos envolvidos no processo, de forma a produzir resultados e metodologias mais consistentes.

Em face do exposto, pelo presente trabalho teve-se por objetivos estabelecer metodologias de condicionamento fisiológico visando à antecipação do período de formação de mudas de cafeeiro, estabelecer o período do ano mais adequado ao condicionamento e semeio de sementes de cafeeiro armazenadas e avaliar os efeitos do condicionamento fisiológico sob o desempenho das sementes em condições de estresse.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Caracterização da semente de cafeeiro

O fruto de cafeeiro, segundo descrição de Rena & Maestri (1986) é uma drupa elipsoide, normalmente contendo dois locus e duas sementes. O endocarpo do fruto, conhecido como pergaminho, quando maduro, é coriáceo e envolve cada semente. Essas sementes por sua vez, são plano-convexas, elípticas ou ovais, sulcadas longitudinalmente na face plana e constituem-se de embrião, endosperma e uma película prateada ou espermoderma.

O embrião é formado por um hipocótilo e dois cotilédones cordiformes e está localizado na superfície convexa da semente, medindo de 3 a 4 mm. Já o endosperma é o tecido de maior volume na semente, apresenta plasmodesmas que podem atuar no transporte de substâncias durante a germinação e é composto por água, aminoácidos, proteínas, cafeína, lactonas, triglicerídeos, açúcares, dextrina, pentosanas, galactomanas, celulose, ácido caféico, ácido clorogênico e minerais (Guimarães & Mendes, 1997)

Em relação à longevidade, Roberts (1973) classificou as sementes em dois grupos: sementes ortodoxas, que se mantém viáveis por um maior período quando armazenadas com grau de umidade e temperatura baixos, e sementes recalcitrantes que, ao contrário, conservam-se melhor com grau de umidade e temperatura de armazenamento mais elevados.

Sementes recalcitrantes e ortodoxas diferem grandemente em sua ecologia e morfologia (Chin et al., 1989). Sementes recalcitrantes são primariamente originárias de árvores perenes dos trópicos úmidos, como algumas espécies do gênero *Coffea*, e o cacau, e em alguns casos de áreas

temperadas como o citrus. Já a maioria das sementes ortodoxas vêm de espécies anuais temperadas, adaptadas para campos abertos (Illy & Viani, 1995).

Inicialmente King & Roberts (1979), incluíram as sementes de cafeeiro no grupo das recalcitrantes, porém, Roberts et al. (1984) verificaram mais tarde que elas não eram verdadeiramente recalcitrantes e poderiam ser ortodoxas. No entanto, mais recentemente Ellis et al., (1990) indicaram uma categoria intermediária para as sementes de cafeeiro, observando que sementes de quatro cultivares de *C.arabica* não tiveram a germinação prejudicada quando secadas até cerca de 10% de umidade, mas foram prejudicadas pelo armazenamento às temperaturas de 0°C e -20°C, comportamento característico da categoria intermediária. Sementes dessa categoria podem resistir à desidratação até certo nível, mas têm sua armazenabilidade reduzida.

2.2 Qualidade das sementes

Qualidade de sementes é o somatório dos atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, que afetam a capacidade de originar plantas de alta produtividade. Segundo Smith & Berjak (1995), o vigor e a viabilidade de sementes são afetados por diversos fatores, entre os quais podem-se destacar os fatores genéticos; efeitos de pré colheita e maturação; fatores mecânicos; ambiente de armazenamento (temperatura e umidade, principalmente); fatores intrínsecos (mudanças em macromoléculas e metabólitos essenciais, acumulação de substâncias tóxicas) e também fatores patogênicos. A qualidade fisiológica das sementes é normalmente avaliada por meio de testes de vigor e viabilidade (Popinigis, 1985).

O monitoramento da deterioração de sementes por ocasião do armazenamento vem sendo feito por meio de testes fisiológicos (germinação e

vigor) e por observações e determinações de modificações bioquímicas ou metabólicas (respiração, atividade enzimática, variações nas substâncias de reserva e nas organelas do sistema de membranas) (Bewley & Black, 1994).

De acordo com Matthews & Powell (1986), o envelhecimento ou deterioração de sementes envolve uma sequência de eventos fisiológicos e bioquímicos, que levam a um progressivo declínio na qualidade de sementes e, finalmente, à perda da viabilidade. Sementes são consideradas não viáveis quando, mesmo livre de dormência, não são capazes de germinar mesmo sob condições favoráveis de ambiente.

A viabilidade de sementes é avaliada principalmente, pelo teste de germinação e tetrazólio. O primeiro avalia a germinação sob condições ideais de umidade e temperatura e o segundo, o potencial germinativo das sementes. Por isso, esses testes normalmente não oferecem uma idéia real da emergência em campo, e em determinadas situações podem superestimá-la. Dessa forma, torna-se necessário o uso de testes de vigor, para se ter uma idéia do real comportamento das sementes em campo (Carvalho & Nakagawa, 1986).

Os conceitos de vigor são bastante variáveis. Segundo Ching (1973), vigor pode ser definido como o potencial para uma rápida e uniforme germinação e um rápido crescimento da plântula em condições normais de campo. A Association of Official Seed Analysts (AOSA, 1983), considera o teste de estresse como um método de determinação de vigor. Esse teste consiste em submeter a semente a uma ou mais condições de estresse de ambiente que ela poderia encontrar em campo e envolvem normalmente o monitoramento de alguns aspectos de germinação nos quais somente as condições de estresse variam. Essas condições podem incluir temperatura e umidade relativa altas como no teste de envelhecimento acelerado, baixa temperatura como no teste de frio, ou ainda, submeter as sementes a estresse osmótico usando soluções apropriadas.

Um fator de estresse que tem sido bastante destacado na literatura é a sensibilidade de diversas espécies à deficiência hídrica. Hunter & Erickson (1972) observaram que as sementes não germinaram quando a tensão de água no solo superou 12,5 atm (para milho); 7,9 atm (para arroz); e 6,6 atm (para soja). Para sementes de feijão, Magalhães & Carelli (1972) observaram que pressões osmóticas superiores a 3,5 atm provocaram redução da porcentagem e velocidade de germinação.

A temperatura é um outro fator que pode causar estresse durante o processo de germinação. Os efeitos da temperatura sobre a germinação podem ser expressos em termos de temperaturas cardinais: máxima, ótima e mínima. A temperatura ótima é aquela na qual ocorre a maior porcentagem de germinação em um menor tempo, a mínima, aquela abaixo da qual não ocorre germinação, e a máxima, aquela acima da qual a germinação não ocorre. Os valores desses pontos críticos podem variar em função da condição fisiológica da semente, presença de dormência, espécie e cultivar, e também da condição climática na qual a semente foi produzida (Copeland, 1976 e Popinigis, 1985).

A temperatura tem influência sobre o processo de germinação, tanto na porcentagem quanto na velocidade de germinação, já que influencia diretamente a velocidade de absorção de água e também por afetar as reações bioquímicas que determinam o processo (Gulliver & Heydecker, 1973). Ainda de acordo com os autores, temperaturas crescentes tendem a estimular a germinação até certo limite no qual o efeito dessa temperatura se inverte e a germinação começa a cair, até que a temperatura máxima é atingida, além da qual não ocorre mais germinação. Já com relação à velocidade de germinação, a temperatura ótima é um pouco mais alta do que aquela para o total de germinação. Ressalta-se no entanto, que apesar de temperaturas acima da ótima acelerarem a velocidade do processo, desorganiza-o, de modo que o número de sementes que conseguem completar todo o processo diminui progressivamente.

As altas concentrações de sais são um outro tipo de estresse ao qual as sementes podem ser expostas durante o processo de germinação, tanto pelo efeito osmótico produzido, como pelo efeito tóxico dos íons (El-Sharkawi & Springuel, 1979; Heydecker, 1980; Bewley & Black, 1983 e Mayer & Poljakoff-Mayber, 1989).

Em diversos estudos sobre salinidade, principalmente relacionados com germinação, em que uma simples solução de cloreto de sódio é usada como substrato osmótico, Palmer et al., (1969) e Udovenco & Alekseeval (1973), observaram que a velocidade e porcentagem de germinação decrescem com o aumento da concentração salina.

Trabalhos de simulação de estresse salínico têm sido realizados a potenciais osmóticos próximos a -4 atm, usando principalmente o cloreto de sódio na concentração de 0,1 Molar (Gray & Steckel, 1976; Khan et al., 1976 e Scorer et al., 1985).

Guimarães (1991) estudando o efeito do condicionamento osmótico sobre a germinação de sementes de algodão conclui que concentrações salinas ou restrições hídricas de -4 atm no substrato, não afetam a viabilidade, embora contribuam para redução do vigor dessas sementes.

As primeiras mudanças que afetam a qualidade das sementes têm sido atribuídas a vários processos bioquímicos, como a desnaturação de biomoléculas e a acumulação de substâncias tóxicas, em adição à queda da integridade de membranas (Basavarajappa et al., 1991). Deficiências na integridade de membranas podem ser manifestadas pela quebra da permeabilidade celular, resultando em um aumento da lixiviação de eletrólitos (De Paula et al., 1994, citados por De Paula et al., 1996).

Segundo Copeland & Mc Donald (1985) para detectar o início do processo de deterioração, as avaliações mais sensíveis são aquelas relacionadas a atividades de enzimas associadas com a biossíntese em tecidos novos. Assim

sendo, algumas enzimas como oxidases, catalases, peroxidases, fenolases (Crocker & Harrington, 1918) e amilase, citocromo oxidase, ácido glutâmico descarboxilase e desidrogenase, entre outras, vêm sendo estudadas em relação à sua função no processo de perda de viabilidade das sementes (Walter, 1963; Anderson, 1973).

Pimenta (1995) em seu trabalho de dissertação, avaliou a composição química e atividades de algumas enzimas em cafés arábica nos estádios de maturação verde, verde-cana, cereja e seco na planta e observou que os cafés no estádio de maturação cereja apresentaram melhores características de qualidade, ou seja: maiores teores de açúcares, menores teores de compostos fenólicos e conseqüentemente menor adstringência e menores índices de lixiviação de potássio, indicando maior integridade de membrana. Associado às características desejadas mencionadas acima, o café cereja apresentou ainda maior atividade da enzima polifenoloxidase o que permitiu classificá-lo como café de bebida superior a do café verde, seco e verde-cana.

De acordo com descrição feita por Bewley (1986), as membranas celulares são constituídas de uma camada dupla de moléculas de lipídeos, às quais se associariam, interna e externamente, moléculas de proteínas. A camada dupla, composta por ácidos graxos saturados e insaturados, age como barreira à difusão geral de materiais para o interior e o exterior das células e organelas, além de proporcionar um meio adequado para que proteínas mensageiras, transmembranas, funcionem. Segundo Scandalios (1993), a desestruturação dos sistemas de membranas seria conseqüência do ataque aos constituintes químicos das membranas pelos radicais livres. O processo pelo qual os radicais livres se formam pela atividade metabólica da célula é conseqüência da reação de lipídeos estruturais que compõem a membrana celular, principalmente os polinsaturados, com o O₂, resultando em radicais livres e peróxidos instáveis (Vieira & Carvalho, 1994).

Entre as técnicas atualmente utilizadas para monitorar o estágio de deterioração das membranas está a eletroforese. Trata-se de uma técnica bioquímica relativamente simples, rápida e de alto valor informativo, que consiste na separação de moléculas ionizadas de acordo com suas cargas elétricas, formas e pesos moleculares, por meio da migração em um meio suporte sob influência de um campo elétrico (Alfenas et al., 1991). A técnica vem se mostrando bastante promissora e adequada na detecção de alterações na composição protéica e de enzimas específicas, tornando-se portanto uma eficiente ferramenta para o monitoramento das alterações da qualidade das sementes durante o armazenamento (Westermeyer et al., 1993).

Para Brandão Júnior (1996), um bom indicativo da perda de qualidade seria a avaliação da atividade de enzimas específicas. Jeng & Sung (1994) trabalhando com sementes de amendoim, observaram que o envelhecimento artificial estimulou a peroxidação de lipídeos e reduziu a atividade de enzimas removedoras de peróxidos, tais como superóxido dismutase, catalase, peroxidase, ascorbato, fosfatase ácida e fosfomonoesterase.

Chauran et al. (1985) analisaram proteínas e enzimas (esterases, fosfatase ácida e glutamato oxalacetato transaminase) em sementes secas e germinadas de soja e cevada submetidas ao envelhecimento acelerado, por meio de eletroforese e observaram que os perfis eletroforéticos de proteínas e enzimas são específicos para as diferentes espécies e também que as bandas de proteínas e enzimas podem ser utilizadas como marcadores na estimativa da qualidade de sementes.

Em recente trabalho sobre condicionamento fisiológico em sementes de cafeeiro, Guimarães (2000) concluiu que os parâmetros testes de condutividade elétrica, porcentagem de ácido clorogênico e atividade das enzimas polifenoxidase e peroxidase apresentam-se como marcadores relacionados à

determinação do grau de estruturação de membranas e qualidade fisiológica de sementes de café.

2.3 Germinação das sementes

A germinação é definida como sendo a retomada do crescimento e desenvolvimento do embrião da semente, após um período de quiescência, que se inicia com a absorção de água (Popinigis, 1985; Bewley & Black, 1983; Carvalho & Nakagawa, 1988; Young et al., 1983 e Bewley & Black, 1994).

A hemicelulose e as substâncias graxas, constituem-se nas principais reservas da semente de cafeeiro e à medida que os cotilédones se utilizam dessas substâncias, eles vão se desenvolvendo e crescendo dentro do endosperma. Com a hidrolização do endocarpo que envolve a semente, a radícula inicia o seu desenvolvimento seguindo seu geotropismo positivo. Em seguida, ocorre a formação de uma alça hipocotiledonar que ao se desenvolver aflora à superfície. Nesse ponto a semente é considerada como germinada (Carvalho & Alvarenga, 1993).

As sementes de cafeeiro apresentam sérias limitações com relação à germinação, dentre as quais pode-se destacar a sua rápida perda do vigor e da viabilidade que é seriamente comprometida após seis meses da colheita dos frutos, quando as sementes permanecem armazenadas em condições normais de ambiente. De acordo com Dias & Barros (1993), essa rápida perda da viabilidade limita a semeadura a um curto espaço de tempo, concentrando a obtenção das mudas em épocas que nem sempre são as mais apropriadas para o plantio, podendo trazer, dessa forma, algumas dificuldades, inclusive na formação de eventuais estoques reguladores de sementes.

Embora existam vários trabalhos buscando encontrar alternativas que possibilitem prolongar o período de viabilidade dessas sementes, alguns autores

apresentam discordâncias sobre as condições de armazenamento e umidade das sementes visando a prolongar o período de armazenamento. No entanto, já se sabe que existe uma relação entre o grau de umidade das sementes, tipo de embalagem e condições de armazenamento e a qualidade fisiológica de sementes de cafeeiro.

Uma característica referente às sementes de cafeeiro é a lentidão e a desuniformidade com que se processa a retomada do crescimento e desenvolvimento do embrião ou seja, a germinação . De acordo com Guimarães & Mendes (1997), em condições de campo a emergência ocorre entre 50 e 60 dias após a sementeira, sendo que, sob temperaturas abaixo de 25°C pode levar 90 a 120 dias, fato este de extrema importância, pois é exatamente no início da estação fria que as sementes começam a estar à disposição dos viveiristas e produtores na maioria das regiões produtoras de café.

Segundo Baumann & Gabriel (1984), a faixa ótima para a germinação de sementes de cafeeiro está compreendida no intervalo de 25-35°C, temperaturas acima de 35°C são prejudiciais e impedem a germinação. Para o teste de germinação realizado em laboratório recomenda-se uma temperatura constante de 30°C (Brasil, 1992).

Existem evidências de que o endocarpo ou “pergaminho” exerce influência na germinação. Franco (1970), observou que em meio asséptico, as sementes com “pergaminho” não germinaram, enquanto outras, desprovidas de “pergaminho” germinaram normalmente. Esse autor observou ainda que as sementes com “pergaminho”, após 38 dias de permanência em meio asséptico, germinaram após a remoção, porém, nesse caso, a germinação foi muito lenta e anormal, mostrando que o poder germinativo foi prejudicado pela permanência do “pergaminho” nas sementes. Guimarães (1995), conclui que para acelerar o processo germinativo, as sementes de café devem ter o endocarpo retirado, confirmando assim os resultados obtidos por Franco (1970).

Existem algumas controvérsias entre autores com relação à influência exercida pelo “pergaminho” na semente de cafeeiro durante o processo de germinação. Segundo Bendaña (1962), a germinação das sementes de cafeeiro é lenta devido ao “pergaminho”, provavelmente em função da sua impermeabilidade relativa à água. Porém Valio (1976) observou que, no caso de germinação no solo, o pergaminho é rapidamente decomposto pela flora microbiana, ocorrendo germinação e em meio asséptico, a presença do pergaminho contribui para retardar a germinação. Essa inibição, segundo esse autor, não está relacionada à insuficiência na absorção de água, mas provavelmente a algum mecanismo de resistência imposto pelo pergaminho sobre o desenvolvimento do embrião. Contudo, para Bendaña (1962) e Huxley (1965), o pergaminho parece não constituir um limitante mecânico ao crescimento do embrião, porém restringe a passagem de oxigênio para os tecidos internos da semente.

Velasco & Gutierrez (1974) citados por Rena & Maestri (1986) descrevem que os efeitos de impedimento de difusão de gases e a expansão em volume exercidos pelo endosperma podem ser classificados como secundários quando comparados ao efeito de algum tipo de inibidor presente, uma vez que fragmentos de endocarpo misturados com sementes exercem efeito inibidor sobre a germinação. Alves et al.(1996), em trabalho misturando sementes de alface a extratos aquosos de espermoderma ou “película prateada” em diferentes concentrações, determinaram que à medida que a concentração do extrato foi aumentada, houve acréscimo no número de plântulas anormais e sementes mortas da espécie indicadora, aumentando também o número de dias para a germinação. Esses resultados sugerem que o espermoderma pode também contribuir para a lenta germinação das sementes de cafeeiro, possivelmente por causa da presença de substâncias inibidoras.

Além da barreira do endocarpo ou “pergaminho”, outra suposta causa da lenta germinação das sementes de cafeeiro é a ação de substâncias semelhantes ao ácido abscísico e giberélico (Valio, 1976). Esse autor observou a germinação de sementes de cafeeiro em condições de altas concentrações de substâncias semelhantes às citocininas. Neste sentido, de acordo com Alvarenga (1990), citado por Guimarães (1995), as citocininas podem funcionar como agentes quebradores de dormência em alguns casos e até substituir a exigência de luz em espécies fotoblásticas positivas, como alface e outras. Podem ainda promover a germinação de sementes fotoblásticas negativas como maxixe e ainda diminuir o efeito de certos inibidores de germinação como o ácido abscísico em sementes de cafeeiro. Porém, Guimarães (1995) testou o efeito da aplicação de citocininas BAP em 4 doses (0,0 – 5,0 – 10,0 – 20,0 ppm) e 3 tempos de imersão (1 – 15 – 30 horas), na promoção da germinação e desenvolvimento de sementes de cafeeiro e observou que as sementes sem imersão (e sem pergaminho) emitiram raízes secundárias antes das sementes que passaram por imersão em água ou soluções de BAP.

2.3.1 Fases da germinação

A absorção de água pela semente constitui-se na primeira etapa de uma série de eventos que culminam com a retomada do crescimento do embrião, ou seja, a emissão da radícula (Bewley & Black, 1994).

Em sementes secas, normalmente o potencial de água é menor que o do substrato de germinação, fazendo com que a água se movimente em direção ao menor potencial e conseqüentemente penetre na semente (Young et al., 1983, citado por Vazquez, 1995).

Segundo Popinigis (1985), a embebição é um tipo de difusão que acontece quando as sementes absorvem água, o que dá início a uma série de

processos físicos, fisiológicos e bioquímicos no interior da semente que, na ausência de outro fator limitante, resulta na emergência da plântula. Ainda de acordo com este autor, todas as sementes, com exceção daquelas com tegumento impermeável (sementes duras), embebem-se ou reidratam-se quando expostas à água.

De acordo com Mayer & Poljakoff-Mayer (1989) existem vários fatores que podem influenciar de forma a reduzir a embebição, entre os quais se destacam a composição e permeabilidade do tegumento, a disponibilidade de água, a pressão hidrostática e também as condições fisiológicas da semente.

O potencial hídrico das células (Ψ_w) presente nos tecidos das sementes é representado pela interação entre três potenciais: o potencial mátrico (Ψ_m) que é resultante da capacidade de algumas matrizes (parede celular, amido, proteínas) ligarem-se à água e sofrerem hidratação; o potencial osmótico (Ψ_o) que surge em função da concentração de solutos dissolvidos dentro das células; e, por último, o potencial de pressão (Ψ_p) o qual está relacionado à força contrária que a parte externa da parede celular exerce em decorrência da turgescência provocada pela entrada de água na célula (Bewley & Black, 1994). Ainda de acordo com os referidos autores, os valores dos potenciais mátrico e osmótico são negativos, ao passo que o potencial de pressão, que é uma força oposta, possui um valor positivo. Assim sendo, somando-se os três componentes do potencial hídrico obtém-se um valor negativo, a não ser no caso de células totalmente túrgidas, nas quais esse valor tende a zero.

Em função da acentuada permeabilidade do tegumento e da menor organização do sistema de membranas, as sementes deterioradas ou imaturas apresentam uma embebição muito rápida. A intensidade de restrição na absorção de água depende tanto da estrutura como da composição do tegumento (Ragus, 1987).

A hidratação acelerada de proteínas em condições de baixa temperatura pode induzir a um aumento da exudação, além de rupturas em estruturas de membranas, envolvendo funções metabólicas (Obendorf & Hobbs, 1970).

De acordo com Carvalho & Nakagawa (1988), a velocidade e a quantidade de água absorvida pelas sementes variam com a espécie, que entre outros fatores, relaciona-se com a composição química das sementes. Dentro desse contexto, Rocha et al. (1990) estudando diferentes genótipos de soja, concluíram que a permeabilidade do tegumento influenciou na absorção de água pela semente, em decorrência não somente da sua impermeabilidade como também, da sua composição química e da presença de substâncias químicas sobre o mesmo.

Segundo Bewley & Black (1994), a absorção de água pela semente ocorre em três fases distintas. A fase I, caracteriza-se por uma absorção de água relativamente rápida em consequência do potencial matricial dos diversos tecidos que compõem as sementes. Essa fase ocorre independentemente de a semente estar viva, morta ou dormente, a não ser, no caso de dormência por impermeabilidade do tegumento à água. Do ponto de vista bioquímico, essa fase é caracterizada pelo início da degradação das substâncias de reserva, a fim de produzir energia e nutrientes para a retomada do crescimento do embrião. Segundo Carvalho & Nakagawa (1988) essa é uma fase que se completa em curto espaço de tempo, atingindo grau de umidade entre 35 e 40% para sementes cotiledonares e 25 a 30% para sementes endospermáticas, dando início assim à fase II. Nessa etapa, a semente praticamente não absorve água, mantendo assim os níveis de umidade obtidos durante a fase anterior e os potenciais hídricos do solo e da semente estão muito próximos, porém a duração dessa fase é de 8 a 10 vezes mais longa que a fase I. Ainda nessa fase, ocorre o transporte ativo de substâncias que foram desdobradas na fase anterior, e embora o eixo embrionário esteja recebendo algum nutriente, ele ainda não é capaz de crescer.

Já na fase III, que é alcançada somente pelas sementes viáveis e não dormentes, ocorre uma absorção ativa de água. Nesse estágio, o eixo embrionário já iniciou o seu crescimento e as novas células em processo de formação e crescimento exigem água. Essa fase é ainda caracterizada pela emissão da raiz primária e pelo crescimento da plântula. Subitamente, com um teor de umidade que varia de 35 a 40% para as endospermáticas e 50 a 60% para as cotiledonares, a semente volta a absorver água e a respirar intensamente.

De acordo com Bewley & Black (1994), para que haja germinação, é necessário que seja atingido um grau mínimo de umidade como por exemplo: 30% para sementes de milho; 26,5% (arroz); 33,4% (algodão); 29% (mamona) e 34% (aveia). Assim sendo, é de se esperar uma resposta diferente para cada espécie quando sob estresse hídrico, sendo menos evidente na etapa inicial do processo de embebição.

X Camargo (1998) estudando a curva de embebição em 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% para sementes sem endocarpo e 50,3% para sementes com endocarpo. O referido autor observou ainda, que a fase III somente foi atingida pelas sementes sem endocarpo e viáveis, quando o teor de água era em média de 55,1% o que ocorreu próximo às 228 horas de embebição. Esses resultados reforçam os obtidos por Lima et al. (1997) que constataram que as sementes de café iniciaram a emissão da radícula com grau de umidade, em média, superior a 55% .

X Desde que o processo de germinação tenha sido iniciado, as sementes apresentam uma fase de tolerância à dessecação, gradualmente decrescente a partir da fase I, assim, a desidratação durante essa etapa não provoca injúrias definitivas ao embrião, de modo que o fornecimento subsequente de água permite a continuidade da germinação. No entanto, na transição entre as fases II

e III (protusão radicular) os danos provocados pela deficiência hídrica são irreparáveis (Bewley & Black, 1994).

2.4 Produção de mudas



A cultura do cafeeiro depende de vários fatores que contribuem para o seu sucesso. Dentre esses fatores, a formação de mudas tem papel preponderante, pois qualquer erro cometido nessa fase trará reflexos negativos durante toda a vida da cultura (Guimarães & Mendes, 1998).

Em *Coffea arabica*, o método de propagação atualmente mais utilizado é por sementes, já que a fecundação se dá, em sua maioria (90 a 95%), por autofecundação, ou seja, a semente é formada por meio da união dos gametas masculino e feminino de uma mesma flor, o que reduz a variação. Assim, as sementes dão origem a plantas semelhantes à planta mãe (Matiello, 1991). Uma boa semente é o primeiro fator condicionante da produtividade da lavoura. As sementes utilizadas devem portanto ser de alta qualidade.

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 também permanecem menos tempo no viveiró. Porém, em razão da sua curta permanência no viveiro, são levadas muito jovens para o campo e ainda têm como fator agravante o plantio no final do período chuvoso, podendo não resistir às condições adversas de ambiente. No caso da muda de um ano, a semeadura normalmente é feita em outubro – novembro, e em outubro do ano seguinte, as mudas são levadas para o local definitivo. Essa longa permanência no viveiro porém contribui para elevar o custo de produção (Matiello, 1991; Guimarães & Mendes, 1998).

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. Nessa época, a muda deve possuir de 3 a 4 pares de folhas verdadeiras, 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 durante os meses de janeiro a março. Entretanto, como a colheita concentra-se nos meses de maio a julho, o tempo de armazenamento das sementes é de sete a nove meses. Uma vez que as sementes de café perdem rapidamente o seu poder germinativo, esse longo período de armazenamento até a semeadura dificulta a disponibilidade de sementes de alta qualidade na ocasião ideal para se realizar o semeio. Os plantios em épocas inadequadas ocorrem em razão de não se conseguirem mudas no estágio de crescimento ideal, o que é ocasionado, em parte, pela lenta germinação das sementes, atrasando o processo de produção das mudas (Parreira, 1961).

Neste sentido diversos trabalhos têm sido desenvolvidos com o objetivo de se antecipar a formação de mudas de cafeeiro, porém ainda não se determinou nenhuma metodologia com exatidão. Entre outras tecnologias, a técnica de condicionamento fisiológico vem sendo amplamente pesquisada e tem se mostrado bastante promissora como ferramenta para acelerar e uniformizar a germinação, bem como na recuperação do vigor e da viabilidade de sementes de diversas espécies.

2.5 A técnica de condicionamento fisiológico

A produção de uma semente de alta qualidade é a base de uma agricultura duradoura e rentável. Dessa forma, vários métodos têm sido desenvolvidos na tentativa de maximizar a qualidade de uma semente que não reúne os requisitos para uma alta, uniforme e rápida germinação. Dentro desse

contexto, a tecnologia de sementes, em função do seu dinamismo tem se destacado com pesquisas que resultam em novas tecnologias de avaliação, manutenção e incremento da qualidade fisiológica de sementes.

Várias técnicas visando à redução do tempo entre a germinação e emergência de plântulas foram relacionados por Heydecker & Coolbear (1977). Entre essas várias tecnologias, o condicionamento fisiológico de sementes vem sendo amplamente pesquisado e tem se mostrado promissor para sementes de diversas espécies. Diversos termos têm sido associados aos tratamentos de sementes que envolvem hidratação, incluindo “priming” (Heydecker et al., 1975; Herner, 1986), osmocondicionamento ou condicionamento osmótico (Heydecker, et al., 1973; Khan et al., 1976; Knypl & Khan, 1981), pré embebição “presoaking” (Khan,1992) ou ainda condicionamento fisiológico (Doni Filho, 1992).

O princípio básico da técnica de condicionamento fisiológico consiste em fazer com que as sementes passem pelas fases I e II de embebição que são preparatórias para germinação, sem no entanto atingir a fase III que é caracterizada pelo alongamento celular e emergência da radícula (Heydecker et al., 1975). Por isso, o conhecimento da curva de embebição é indispensável quando se deseja desenvolver essas técnicas de pré germinação. Camargo (1998) estudando a curva de embebição em sementes de cafeeiro, observou o padrão trifásico para as sementes vivas sem endocarpo em que a fase I é completada próximo às 144 horas de embebição e a fase III é atingida somente 228 horas após o início do processo de embebição.

Menezes (1996), trabalhando com sementes de algodão com e sem linter, também observou um padrão trifásico para essa espécie sendo que, as fases I e II foram completadas mais rapidamente pelas sementes deslinteradas. Também em semente de eucalipto, Córdoba et al. (1995) observaram um ajuste

da curva de embebição ao padrão trifásico proposto por Bewley & Black (1994), independente do potencial hídrico aplicado.

A técnica de condicionamento fisiológico de sementes apresenta entre outros objetivos, a possibilidade de uma germinação mais rápida em relação às não tratadas tanto em condições de baixas como altas temperaturas, além de um maior sincronismo da germinação resultando em estandes mais uniformes (Heydecker et al., 1975). Também Khan (1977) relatou que essa técnica permite promover efeitos benéficos no desempenho das sementes, incluindo a redução no tempo de emergência, uniformidade na emergência, aumento do 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. Khan (1992) afirma ainda que os processos bioquímicos e fisiológicos da germinação são estimulados até o ponto em que o baixo potencial osmótico do meio de embebição impede a germinação.

2.5.1 Métodos utilizados

Diferentes métodos de condicionamento fisiológico têm sido utilizados, variando quanto ao método de hidratação. No método de embebição simples, o controle da hidratação é feito por meio do equilíbrio com o vapor de água da atmosfera ou pela embebição em substrato úmido ou ainda pela imersão direta em água. Outra forma de controle da hidratação são os ciclos de hidratação/secagem (“hardening”) que consistem em submeter as sementes a um ou mais ciclos de hidratação seguidos de secagem. E finalmente, o condicionamento osmótico, que especificamente nesse tipo de condicionamento, diferentes técnicas de controle da hidratação têm sido empregadas incluindo o condicionamento em tambor (“Drum priming”), o priming em matriz sólida (“matricondicionamento”) e o condicionamento osmótico (“osmopriming”). No

condicionamento em tambor, as sementes são colocadas em um tambor giratório (5 rpm), e o conteúdo de umidade das sementes é elevado pela adição de um volume preciso de água. O matricondicionamento envolve o uso de um meio sólido (vermiculita, argila calcinada, etc.) mais água que vai sendo transferida para as sementes. E por fim, o condicionamento osmótico no qual as sementes são osmocondicionadas em soluções osmoticamente ativas (submersão ou papel) e vão absorvendo água até o ponto em que alcançam o equilíbrio com o potencial osmótico da solução (Vazquez, 1995; Hilhost & Leprince, 1998; Powell & Matthews, 1978).

A técnica de condicionamento fisiológico utilizando um agente osmótico vem sendo amplamente difundida e é baseada no controle da hidratação das sementes em um nível que permite que a atividade metabólica pré-germinativa ocorra, mas sem haver no entanto, a emergência da radícula (Heydecker & Higgins, 1978; Bradford, 1986). As sementes são colocadas em contato com uma solução osmoticamente ativa, permitindo o início do processo de embebição, que é paralisado quando o equilíbrio hídrico da semente e o potencial hídrico da solução é atingido. Esse potencial é ajustado de forma a permitir que todos os processos preparatórios para germinação da semente ocorram, impedindo porém o alongamento celular, mesmo após semanas de contato entre as sementes e a solução (Heydecker et al., 1975).

As soluções osmóticas ou os solutos com os quais as sementes vão permanecer em contato devem ter algumas características importantes, como: não ser tóxico ou causar alterações estruturais nas sementes, não devem penetrar pelo sistema de membranas das células dos tecidos das sementes; não devem ser metabolizados e nem estarem sujeitos às mudanças provocadas por microrganismos durante o condicionamento de sementes (Bradford, 1986; Slavik, 1974; citado por Eira, 1988). Dentre os agentes osmóticos mais utilizados, incluem-se os sais (K_3PO_4 ; KH_2PO_4 ; $MgSO_4$; $NaCl$; KNO_3), açúcares

(manitol e sorbitol), polietileno glicol (PEG) e glicerol. Porém, segundo Heydecker & Coolbear (1977), nenhum desses produtos atualmente utilizados apresentam simultaneamente todas essas características desejáveis. O uso de sais, além do controle osmótico, serve para suprir as sementes com nitrogênio e outros nutrientes essenciais durante a germinação, porém, podem penetrar nas sementes e causar toxidez às plântulas. A absorção de íons da solução salina não só influencia na quantidade de água absorvida pelas sementes (efeito osmótico), como também pode exercer um efeito negativo sobre enzimas e membranas (Frett et al., 1991). Khan (1992), observou uma variação no conteúdo de umidade de sementes de beterraba, quando foram embebidas em água, ou em soluções de -1,2 MPa de PEG; KNO₃; NaCl à 15° C, atingindo respectivamente 94, 57, 84 e 87% de umidade. Existem ainda, evidências de que alguns agentes osmóticos de baixo peso molecular, como o manitol, que apesar de quimicamente inerte e não-tóxico, podem penetrar nas sementes em germinação e induzir fitotoxicidade (Parmar & Moore, 1996).

Os trabalhos de condicionamento fisiológico encontrados na literatura, são em sua grande maioria referentes às espécies oleícolas e apenas um pequeno número de trabalhos relaciona-se com grandes culturas. Isso possivelmente se deve ao reduzido tamanho das sementes olerícolas o que permite o tratamento de um grande número delas em pequeno volume de solução osmótica. Apesar disso, Knypl & Khan (1981) relataram que o condicionamento fisiológico pode ser utilizado em sementes maiores, embora inicialmente tenha sido indicado apenas para sementes pequenas.

Um dos métodos mais simples de condicionamento fisiológico, é a imersão direta em água, sem a presença do soluto, porém, esse método requer conhecimento prévio e detalhado da curva de embebição das sementes, pois o teor de água a ser alcançado é determinado pelo tempo de condicionamento. Por meio 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 & Black, 1994). Existe ainda o risco da ocorrência de danos por embebição, apontada por Matthews & Powell (1986) como uma das principais causas fisiológicas do baixo vigor de sementes. Por outro lado, Powell & Matthews (1978) destacaram que nesse caso os resultados não são influenciados pela ação de produtos químicos. Em alguns trabalhos, verificou-se que o condicionamento em água só foi eficiente e superior a outros tipos de tratamentos quando as sementes foram postas para germinar sob condições de estresse hídrico, térmico ou salino para sementes de algodão (Guimarães, 1991) ou apenas térmico para sementes de milho doce (Gomes et al., 1997).

No caso específico de sementes de café, o método de imersão direta em água é o que mais vem se destacando entre os métodos de condicionamento. Lima (1999) estudando o efeito do condicionamento fisiológico sobre a qualidade fisiológica de sementes de cafeeiro embebidas em PEG 6000 (-0.4MPa) por 3 e 7 dias e em água por 34 e 66 horas, concluiu que os tratamentos que envolveram embebição direta em água, de modo geral, contribuíram para o revigoramento das sementes de cafeeiro, com maior destaque para a embebição em água por 34 horas o 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 reforçam os obtidos por Camargo (1998), o qual evidenciou que a imersão das sementes de cafeeiro em água destacou-se como o método mais promissor e observou ainda que os ganhos obtidos em função dos tratamentos foram verificados mais sobre o vigor das sementes do que sobre a viabilidade. Resultados semelhantes também foram obtidos por Guimarães (2000) que ao estudar o condicionamento fisiológico de sementes de cafeeiro, concluiu que a

imersão das sementes em água por 8 dias à 30° C, aumenta a taxa e a velocidade de germinação, e ainda que os solutos PEG 6000 e Nitrato de potássio não se mostraram apropriados para o condicionamento das sementes.

2.5.2 Fatores que afetam o condicionamento fisiológico

Vários fatores, além dos solutos afetam o condicionamento fisiológico de sementes, incluindo condições de ambiente durante o tratamento como: temperatura; disponibilidade de oxigênio; luz; duração do tratamento e secagem e armazenamento após o tratamento (Brocklehurst & Dearman, 1984; Smith & Cobb, 1991; Copeland & Mc Donald, 1995). Acrescentando, Nascimento (1998) coloca a qualidade inicial da semente como outro fator que poderá afetar a resposta do tratamento.

De acordo com Nascimento (1998), 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. Alguns autores porém, consideram que a temperatura pode influenciar na eficiência, duração do tratamento e concentração ideal do soluto (Copeland & MC Donald, 1995; Akers et al., 1987)

A manutenção do nível adequado de oxigênio é um dos fatores que mais comumente interferem no condicionamento fisiológico de sementes (Heydecker & Coolbear, 1977). Dessa forma, Camargo (1998) observou que em função do maior tempo de condicionamento exigido para sementes de cafeeiro em relação à maioria das sementes de outras espécies estudadas, os cuidados com o suprimento de oxigênio na solução de imersão são de grande importância, principalmente quando são utilizados produtos osmoticamente ativos para o controle da hidratação. Houve diferentes respostas nos tratamentos quando sementes de diversas espécies foram imersas ou não em solução osmótica, sendo

que em condições aeróbicas, o T_{50} e a porcentagem de germinação tiveram os melhores resultados (Heydecker et al., 1975 e Zheng et al., 1994). Com relação à presença ou não de luz, os autores relatam que a luz pode ser necessária para espécies que a requerem para ocorrência da germinação.

A duração do tratamento é também muito importante devendo inibir a germinação por um período que garanta o efeito máximo do “priming”, entretanto, estendendo-se o período além do necessário, pode haver a reversão dos efeitos benéficos do osmocondicionamento, efeito referido como “overpriming”(Ely & Heydecker, 1981)

Um dos fatores que mais tem gerado discussão dentro da técnica de condicionamento fisiológico, refere-se aos efeitos da secagem e do armazenamento das sementes após tratamento. Inicialmente, a secagem foi considerada benéfica por Heydecker et al. (1975) e Khan et al. (1978). Para Matthews & Powell (1986) os benéficos do condicionamento são fixados à semente pela secagem (“dry back”). Porém, diversos autores observaram que a secagem reverteu os benefícios do tratamento (Heydecker & Coolbear, 1977; Armstrong & Mc Donald, 1992). Lima (1999) estudando o condicionamento fisiológico em sementes de café, concluiu que essas sementes quando embebidas em água e armazenadas por 90 dias tiveram acréscimo de cerca de 40% na sua germinação .

A qualidade fisiológica da semente é outro fator que poderá afetar a resposta ao tratamento. Existe na literatura, controvérsia com respeito ao tratamento e ao vigor das sementes. Parera & 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 semente de baixa qualidade fisiológica. Resultados semelhantes foram obtidos com sementes de café, nas quais os métodos de condicionamento fisiológico foram menos efetivos quando as

sementes apresentavam níveis de qualidade fisiológica mais altos e, conseqüentemente, mostraram-se mais eficazes ao revigoração de lotes de sementes de baixa qualidade fisiológica (Camargo, 1998; Lima, 1999)

Existem na literatura, discordâncias entre alguns autores com relação à eficiência do tratamento em uma mesma espécie, conforme pode ser observado nos trabalhos de Vazquez (1995) e Giúdice (1996) com sementes de soja. Segundo Heydecker & 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 de acordo com a espécie e cultivar (Heydecker et al., 1975). Segundo Bradford (1986), no condicionamento a temperaturas próximas a 10° C e com potenciais osmóticos inferiores a -1,5MPa não há germinação. Considerando um potencial osmótico fixo, uma redução na temperatura de condicionamento deve aumentar o período do tratamento, em razão do maior tempo necessário para o ganho em umidade pela semente, especialmente na etapa de equilíbrio do processo de embebição. Da mesma forma, soluções com altas concentrações sob baixas temperaturas resultam no aumento do período de condicionamento até que a semente atinja o grau de umidade desejado. É possível então que essa teoria explique os resultados encontrados por Lopes et al. (1997) os quais observaram que na embebição de sementes de cenoura sobre papel umedecido com água destilada e mantidos a temperaturas de 15 e 25°C, foram necessários de 3 a 4 dias para a emissão da raiz primária. Porém, quando as sementes foram embebidas em solução de PEG 6000 nas mesmas condições, não houve emissão de raiz primária.

2.5.3 Benefícios da técnica

A melhoria da qualidade fisiológica de sementes mediante o emprego de pré-embrição em água tem sido amplamente divulgada na literatura (Peñaloza & Eira, 1993; Jeng & Sung, 1994; Hofmann & 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.

De acordo com Heydecker et al. (1975), a utilização da técnica de condicionamento fisiológico é bastante útil, pois sementes condicionadas colocadas no solo em condições adversas, apresentam uma germinação mais rápida em relação às 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 sob temperaturas mais baixas ou mais altas que aquelas que as sementes não tratadas suportariam. Segundo Khan et al. (1976), o aumento do tempo de permanência das sementes no solo contribui para o insucesso da germinação, já que fatores como condições inadequadas de luminosidade, temperaturas sub ou supra ótimas, presença de gases prejudiciais, condições osmóticas desfavoráveis, incidência de microorganismos e insetos, propriedades do solo, além de outras formas de estresse podem direta ou indiretamente contribuir para a deterioração das sementes.

A forma pela qual o condicionamento fisiológico é capaz de melhorar o desempenho das sementes ainda é assunto discutido e como já havia sido definido por Heydecker et al. (1975), a técnica é simples em conceito, porém fisiologicamente complexa.

Assim, duas hipóteses que não são mutuamente exclusivas podem explicar os efeitos do condicionamento fisiológico sobre as sementes: a restauração na integridade de membranas perdidas durante o processo de dessecação de sementes maduras e o aumento na disponibilidade de metabólitos prontos para serem utilizados durante a germinação e nos processos de crescimento inicial de plântulas (Knypl & Khan, 1981).

A reparação do vigor das sementes durante o condicionamento é um evento hipotético suportado por alguns pesquisadores e questionado por outros. Além da reorganização espontânea da membrana plasmática, a reparação inclui outros processos metabólicos (Tilden & West, 1985). De acordo com Osburn & Schroth (1988), os efeitos do condicionamento podem também ser indiretos, visto que podem reduzir o tombamento de plântulas causado por fungos de solo e também por diminuir a quantidade de nutrientes lixiviados das sementes durante embebição.

Akers et al. (1987), estudando os efeitos do condicionamento em sementes de salsa (*Petroselinum crispum*), obteve 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.

De acordo com definição de Taiz & Zeiger (1991), ajuste osmótico é 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^+). Segundo Bradford (1986), o ajuste osmótico ocorre durante o processo de condicionamento fisiológico de sementes. Um outro provável efeito do condicionamento fisiológico de sementes é a preparação da maquinaria metabólica para germinação. Estudos bioquímicos têm evidenciado que o condicionamento promove a mobilização de materiais de

reserva, como açúcares, lipídeos e proteínas, pela ativação ou síntese de novo de enzimas-chave durante o decorrer do tratamento (Khan, 1977).

Em virtude da grande variabilidade dos efeitos dos tratamentos de condicionamento fisiológico de sementes e também das grandes discussões que vêm sendo geradas entre os pesquisadores em função principalmente das diversas metodologias e espécies estudadas, tornou-se conveniente e em muitos casos indispensável, que os efeitos desses tratamentos sejam avaliados no aspecto molecular e enzimático, o que pode ser feito por meio da técnica de eletroforese.

2.6 Enzimas e Compostos fenólicos

Várias mudanças bioquímicas ocorrem na deterioração de sementes. Essas mudanças incluem alterações em atividades enzimáticas, taxas de respiração e síntese, degradação de ácidos nucléicos e de proteínas, além de mudanças na carga de energia. (Priestley, 1986)

A álcool desidrogenase (ADH), atua no metabolismo anaeróbico de plantas, reduzindo o acetaldeído a etanol (Vantoai et al., 1987). Segundo Zhang et al.(1994) a produção de acetaldeído pelas sementes durante o armazenamento pode ser um importante fator que acelera a deterioração. Brandão Jr. et al. (1999) observaram uma correlação positiva entre a viabilidade de sementes de milho e a atividade da enzima álcool desidrogenase. Camargo (1998), trabalhando com sementes de café osmocondicionadas, observou um aumento no número de bandas da enzima ADH em função do aumento das concentrações das soluções de polietileno glicol.

A isocitrato desidrogenase (IDH – EC 1.1.1.42) é uma das enzimas envolvidas na oxidação do ácido cítrico (Goodman & Stuber, 1987).

Segundo Khan et al. (1996), um dos fatores de maior importância na deterioração de sementes armazenadas e na redução da longevidade de sementes sob condições naturais é a peroxidação de lipídeos, que resulta em danos de membranas. Aumento nos danos por radicais livres e declínio na atividade de sistemas de processamento desses radicais, tem sido vinculado à perda de viabilidade de sementes durante o envelhecimento acelerado (Bailly et al., 1996; Basavarajappa et al., 1991; Lin, 1988).

Os danos celulares causados pela peroxidação de lipídeos podem ser reduzidos ou prevenidos por mecanismos protetores, envolvendo enzimas removedoras de radicais livres e de peróxidos como a superóxido dismutase, catalase e peroxidase (Basavarajappa et al., 1991; Jeng & Sung, 1994; Bailly et al., 1996).

As peroxidases desempenham um papel crítico no metabolismo das plantas e na oxidação por peróxidos, como um aceptor de hidrogênio. Elas ainda desempenham papel importante nos mecanismos de defesa, e sua atividade é estimulada no local de injúria, quando da introdução de patógenos (Gaspar et al., 1986). São encontradas na maioria dos tecidos das plantas em múltiplas formas. Em virtude da estabilidade das peroxidases e de suas habilidades para catalisar uma variedade de reações, tem sido especulado que elas podem contribuir para a prevenção de degeneração na qualidade de produtos de plantas (Weng et al., 1991). Em sementes, a perda da atividade dessa enzima pode tornar a semente mais sensível aos efeitos de O_2 e radicais livres sobre os ácidos graxos insaturados de membranas. Essa enzima também previne a formação de peróxido nas células, o que provocaria danos às mesmas e tornaria as sementes mais sujeitas à perda de viabilidade.

A polifenoloxidase é uma enzima cúprica (Robinson & Eskin, 1991) que de acordo com vários autores se mostra diretamente relacionada com a qualidade de bebida do café (Amorim & Silva, 1968; Amorim, 1978; Leite, 1991;

Carvalho et al., 1994; Chagas et al., 1996; Pimenta, 1995; Chalfoun, 1996; Pereira, 1997 e Silva et al., 1999). Essa enzima “in vivo” se encontra ligada às membranas celulares e já foi detectada nas diferentes partes do fruto de café. Quando elas sofrem danos, liberam-se as enzimas ativando-as e tornando-as possíveis de reação com substratos fenólicos intra e extra-celulares (Amorim, 1978). Essa catálise consiste de dois tipos distintos de reações, ambas envolvendo os compostos fenólicos: hidroxilação de monofenóis gerando os o-difenóis e a remoção de hidrogênio destes últimos originando as o-quinonas (Zawistowski et al., 1991). As o-quinonas produzidas exerceriam sobre a polifenol oxidase uma inibição competitiva por meio de ligação covalente no sítio ativo da enzima ou nas proximidades do mesmo, ocasionando a redução da atividade enzimática (Whitaker, 1972).

Carvalho et al.(1994), verificaram haver variação da atividade enzimática da polifenol oxidase, que permitem separar classes de bebidas de café, constatando um aumento significativo na atividade dessa enzima à medida que o café se apresenta de melhor qualidade. Para Amorim (1978), o mecanismo de oxidação de compostos fenólicos por enzimas como a polifenol oxidase é um dos principais eventos bioquímicos indutores da depreciação da qualidade do café.

Os ácidos clorogênicos constituem os principais compostos fenólicos do café e são ésteres do ácido químico com resíduos cinâmicos. De acordo com Sondheimer (1958), o primeiro relato sobre ácido clorogênico foi descrito por Robiquet & Boutron, em 1937, e desde então, vários autores têm pesquisado o assunto e publicado seus resultados dando origem a uma nomenclatura bastante confusa. Os nomes aplicados aos seus vários isômeros incluem o ácido clorogênico, ácido criptoclorogênico, cinarina, substância de Hauschild, ácido isoclorogênico e ácido pseudoclorogênico (Clifford, 1985). Atualmente, o ácido químico e seus ésteres são tratados como ciclitóis (IUPAC, 1976) e o nome

“ácido clorogênico” é a forma geral usada para descrever o grupo de ésteres do ácido químico com um ou mais resíduos de ácido cinâmico.

Além dos ácidos clorogênicos identificados, a semente de cafeeiro contém alguns compostos desconhecidos que constituem 5% do teor do ácido clorogênico total em cafés robusta (Van Der Stegan & Van Duijin, 1980 e Ohiokpehai et al., 1982). Esses compostos podem incluir glicosídeos fenólicos (Amorim et al., 1974) e ésteres de glicose em lugar do ácido químico.

Os ácidos clorogênicos ocorrem na superfície da semente associados com a graxa cuticular, e também no citoplasma, ao lado da parede celular do endosperma e parênquima (Dentan, 1985). Segundo estudos de Horman & Viani (1971), na parede celular, os ácidos clorogênicos podem se associar à cafeína num complexo molar da ordem de 1 : 1 ou 2 : 1. Não se sabe ainda se a composição varia de acordo com a posição do grão. Esses ácidos podem ainda ocorrer em formas polimerizadas ou complexadas, possivelmente com proteínas, tanto na polpa como na semente. Essas substâncias são consideradas inibidoras da enzima indol-acético oxidase e não têm sido bem caracterizadas.

Carvalho et al. (1989) determinando os teores de compostos fenólicos totais em grãos de café beneficiados, encontraram teores médios de 8,73% em frutos cereja e de 9,66% para os frutos de café de derriça.

Os compostos fenólicos, principalmente os ácidos clorogênico e caféico, exercem uma ação protetora, antioxidante, dos aldeídos. Em virtude de qualquer condição adversa aos grãos, ou seja, uma colheita inadequada dos frutos, problemas no processamento e no armazenamento, as polifenóis oxidases agem sobre os polifenóis, diminuindo sua ação antioxidante sobre os aldeídos facilitando a oxidação destes (Amorim & Silva 1968).

Segundo Illy & Viani (1995), o café robusta contém de 7 a 10% de ácido clorogênico ao passo que o café arábica, de 5 a 7,5%. Sementes velhas e descoradas, além de menor atividade de polifenol oxidase, contém menores



quantidades de ácido clorogênico extraível (Ohiokpehai et al., 1982). Por outro lado, Amorim et al.(1974) relatam que em sementes novas de cafeeiro, os melhores cafés têm teores de ácido clorogênico significativamente inferiores, o que sugere que os teores de ácido clorogênico em cafés de menor qualidade podem ser resultado do ataque de *Fusarium* sp., pois danos mecânicos e químicos causados por microorganismos podem induzir a produção de maiores quantidades de compostos fenólicos.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKERS, S. W.; BERKOWITZ, G. A.; RABIN, J. Germination of parsley seed primid in aerated solutions of polyethylene glycol. **HortScience**, Alexandria, v.22, n.2, p.250-252, Apr.1987.
- ALFENAS, A.C.; PETERS, I.; BRUCE, W.; PASSADOS, G.C. **Eletroforese de proteínas e isoenzimas de fungos e essências florestais**. Viçosa:UFV, 1991.242p.
- ALVES, F.R.; PEREIRA, M.R.; FIGUEIREDO JÚNIOR, W.P. de; VON PINHO, E.V.R.; GUIMARÃES, R.J. Avaliação da presença de inibidores da germinação no endosperma de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) .In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 22, Águas de Lindóia, 1996. **Resumos...**Rio de Janeiro: MAARA/PROCAFÉ, 1996. p.95.
- AMORIM, H.V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a determinação da qualidade**. 1978. 85p. Tese – (“Livre Docente” em Bioquímica) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- AMORIM, H.V.; SILVA, D.M. Relationship between the polyphenol oxidase activity of coffee beans and quality of the beverage. **Nature**, New York, v.219, n.27, p.381-382, July 1968.
- AMORIM, H.V.; TEIXEIRA, AA; GUERCIDO, M.A; CRUZ, V.F.; MALAVOLTA, E. Chemistry os Brazilian green coffee and the quality of the beverage. II. Phenolic compounds. **Turrialba**, San José, v.24, n.2, p.217-221, abr./jun. 1974.
- ANDERSON, J.D. Metabolic changes associated with senescence. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.1, n.2, p.401-416, 1973.
- ARMSTRONG, H.; McDONALD, M.B. Effects of osmoconditioning on water uptake and electrical conductivity in soybean. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.20, n.3, p.391-400, 1992.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. Lansing, 1983. 88p. (Handbook and Seed testing. Contribution, 32).

BAILLY, C.; BENAMAR, A.; COBINEAU, F.; CÔME, D. Changes in malondialdehyde content and in superoxide de dismutase, catalase and glutathione reductase activities in sunflower seeds as related to deterioration during accelerated aging. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.97, n.1, p.104-110, May 1996.

BASAVARAJAPPA, B.S.; SHETTY, H.S.; PRAKASH, H.S. Membrane deterioration and other biochemical changes associated with accelerated ageing of maize seeds. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.19, n.2, p. 279-286, 1991.

BAUMANN, T.W.; GABRIEL, H. Metabolism and excretion of caffeine during the germination of *Coffea arabica* L. *Plant and Cell Physiology*, kyoto v.25, p.1431-1436, 1984.

BENDAÑA, F.E. Fisiología de los semillas de café. Problemas relativos al almacenamiento, café. *Turrialba*, Turrialba, v.4, n.15, p.99-106, 1962.

BEWLEY, J.D. Membrane changes in seeds as related to germination and the perturbations resulting from deterioration in storage. In: MCDONALD, M.B.; NELSON, C.J. (eds.). *Physiology of seed deterioration*. Madison: Crop Science Society of América, 1986. p.27-45.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. *Physiology and biochemistri of seeds in relation to germination*. Berlim, Springer-Verllag, 1983. v.1, 306p.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. *Seeds: physiology of development and germination*. New York: Plenum, 1994. 445p.

BRADFORD, K.J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *Hort Science*, Alexandria, v.21, n.5, p.1105-1112, Oct. 1986.

BRANDÃO JÚNIOR, D. da S. *Eletroforese de proteína e isoenzima na avaliação da qualidade de sementes de milho*. 1996. 110p Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BRANDÃO JUNIOR, D. da S.; CARVALHO, M.L.M.; VIEIRA, M.G.G.C. Variações eletroforéticas de proteínas e isoenzimas relativas à deterioração de sementes de milho envelhecidas artificialmente. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.21, n.1, p.114-121, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análises de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992.365p.

BROCKLEHURST, P.A.; DEARMAN, J. A. Comparison of different chemicals for osmotic treatment of vegetable seed. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v.105, n.1, p.391-398, June 1984.

CAMARGO, R. **Condicionamento fisiológico de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L)**. 1998.108p. Tese (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras. Lavras.

CARVALHO, M.M. de; ALVARENGA, G. **Cultura do cafeeiro; parte II**. Lavras: ESAL, 1993. 50p. (Apostila de cafeicultura).

CARVALHO, N.M. de; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, tecnologia e produção**. 3.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1988.424p.

CARVALHO, N.M. de; NAKAGAWA, J. Vigor de sementes. In: CÍCERO, S.M.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, N.R. **Atualização em produção de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.207-223.

CARVALHO, V.D. de; CHALFOUN, S.M.; CHAGAS, S.J. DE R. Relação entre classificação do café pela bebida e composição físico-química, química e microflora do grão beneficiado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 15., 1989, Maringá, PR. **Anais...** Rio de Janeiro: MEC/IBC, 1989. p.25-26.

CARVALHO, V.D.; CHAGAS, S.J. de R.; CHALFOUN, S.M.; BOTREL, N.; JUSTE JÚNIOR, E.S.G. Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e a qualidade de bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.3, p.449-454, Mar. 1994.

CHAGAS, S.J. de R.; CARVALHO, V.D.; COSTA, L. Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.8, p.555-561, Ago. 1996

CHALFOUN, S.M.S. **O café (*Coffea arabica* L.) na Região Sul de Minas Gerais- relação da qualidade com fatores ambientais, estruturais e tecnológicos**. , 1996. 171p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CHAURAN, K.P.S.; GOPINATHAN, M.C.; BABU, C.R. Electrophoretic variations of proteins and enzymes in relation to seed quality. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.13, n.1, p.629-641, 1985.

CHIN, H.F.; KRIHNA PILLAY, B.; STANWOOD, B.; STANWOOD, P.C. Seed moisture: recalcitrant vs. Orthodox seeds. In: MCDONALD, M.B.; NELSON, C.J. (eds.). *Physiology of seed deterioration*. Madison: Crop Science Society of America, 1989.p.15-22.

CHING, T.M. Biochemical aspects of seed vigor. *Seed Science and Technology*, Zurich, n.1, p.73-78, 1973.

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*, Copenhagen,v.9, p.441-6, 1995.

CLIFFORD, M.N. Chlorogenic acids. In: CHARKE, R.J.; MACRAE, R. *Coffee*. London: Elsevier, 1985. p.153-202.

COPELAND, L. O.; McDONALD, M. B. *Seed Science and Technology*. 3.ed. New York: Chapman e Hall, 1995. 409 p.

COPELAND, L.O. *Principles of Seed Science and Technology*. Minneapolis: Burgess Publishing Company, 1976. 369p.

COPELAND, L.O.; McDONALD JR., M.B. *Principles of seed science and technology*. New York: Mcmillan, 1985. 321p.

CÓRDOBA, G.A.T.; BORGES, E.E. de L e; BORGES, R. de. C. G.; NEVES, J.C.L. Osmocondicionamento, secagem e armazenamento de sementes de *Eucalyptus hook e Eucapyptus grandis* W. Hill (ex. Maiden). *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.17, n.1/2, p.81-85, Jun./Dez. 1995.

CROCKER, N.; HARRINGTON, G.T. Catalase and oxidase content of seeds in relation to their dormency, age, vitality and respiration. *Journal of Agricultural Research*, Washington, v.15, n.3, p.137-174, Oct.1918.

DE PAULA, M.; PÉREZ-OTALA, M.; DARDER, M.; TORRES, M.; MARTÍNEZ-HONDUVILLA, C.J. Function of the ascorbate-glutathione cycle in aged sunflower seeds. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.96, n.4, p.543-550, Apr. 1996.

- DENTAN, E. The microscopic structure of the coffee bean. In: CLIFFORD, M.N.; WILLSON, K.C. **Coffee, botany, biochemistry and production of beans and beverage**. London: Croombelm, 1985. p.284-304.
- DIAS, M.C.L.; BARROS, A.S. do R. Conservação de sementes de café (*Coffea arabica* L.) em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.15, n.1/2, p.197-202, 1993.
- DONI FILHO, L. **Efeitos do condicionamento fisiológico no comportamento de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1992. 180p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- EIRA, M.T.S. **Condicionamento osmótico de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.): Efeitos sobre a germinação e desempenho sob estresses hídrico, salino e térmico**. 1988. 90 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. An intermediate category of seed storage behaviour?: I. Coffee. **Journal of Experimental Botany**, Oxford. v.41, n.230, p.1167-1174, Sept.1990.
- EL-SHARKAWI, H.M.; SPRINGUEL, T.V. Germination of some crop plant seeds under salinity stress. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.7, n.1, p.27-37, 1979.
- ELY, P. R.; HEYDECKER, W. Fast germination of parsley seeds. **Science Horticulturæ**, Athens, v. 15, p.127-136, 1981.
- FRANCO.C.M. **Apontamentos de fisiologia do cafeeiro**. Campinas: Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, CATI, 1970.55p.
- FRETT, J. J.; PILL, W. G.; MORNEAU, D.C. A comparasion of primng agents for tomato and asparagus seeds. **HortScience**, Alexandria, v. 26, p. 1158-1159, Sept. 1991.
- GASPAR, T.H.; PENEL, C.; GREPPIN, H. Peroxidase: structures and catalytic reactions biosynthesis, transport and location, physiological roles. **Bull Groupe Polyphenols**, v.13, p.159-176, 1986.
- GIÚDICE, M. P. DEL. **Condicionamento osmótico de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1996. 117p. Tese (Doutorado em Fitotecnia).Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GOMES, M.S.; CAMARGO, R. de; VIEIRA, M.G.G.C.; CARVALHO, M.L.M. Condicionamento osmótico de milho doce. **Informativo Abrates**, Curitiba, v.7, n.1/2, p.186,1997.

GOODMAN, M.M.; STUBER, C.W. Maize. In: TANKSLEY, S.D.; ORTON, T.L. **Isozymes in Plant Genetics and Breeding. (Part B)**. Amsterdam: Elsevier, 1987.p.1-33

GRAY, D.; STECKEL, J.R.A. The effects of pre-sowing seed treatments on the germinations and emergence of lettuce seeds at high salt concentrations. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.5, n.1, p.1-9, 1976.

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**. 1995.133p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G. Morfologia/Fisiologia do cafeeiro. In: MENDES, A.N.G.; RUBENS, J.G.(eds). **Cafeicultura empresarial – produtividade e qualidade**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997.v.1,p.21-26.

GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G. Produção de mudas de cafeeiro. In: MENDES, A.N.G.; RUBENS, J.G.(eds). **Cafeicultura empresarial – produtividade e qualidade**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. p.1-60

GUIMARÃES, R.M. **Efeito do condicionamento osmótico sobre a germinação e desempenho de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) sob condições ideais e de estresse térmico, hídrico e salino**. 1991. 78p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GUIMARÃES, R.M. **Tolerância à dessecação e condicionamento fisiológico em sementes de cafeeiro (*Coffea arabica*, L.)**. 2000. 180p. Tese –Doutorado em Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GULLIVER, R.L.; HEYDECKER, W. Establishment of seedlings in a changeable environment. In: HEYDECKER, W., (ed.). **Seed Ecology**. London, Butterworth, 1973. p.433-462.

HERNER, R.C. Germination under cold soil conditions. **HortScience**, Alexandria, v.21, n.5, p.1118-1122, 1986.

HEYDECKER, W. Stress and seed germination: na agronomic view. In: KHAN, A.A., ed. **The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination**. 2 .ed. Amsterdam: Elsevier/North-Holland, 1980. p.237-282.

HEYDECKER, W.; COOLBEAR, P. Seed treatments for improved performance; survey and attempted prognosis. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.5, n.2, 353-425, 1977.

HEYDECKER, W.; HIGGINS, B.M. The priming of seeds. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 83, p.231-223, 1978.

HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; GULLIVER, R. L. Accelerated germination by osmotic seed treatment. **Nature**, London, v.246, n.5427, p.42-44, Nov. 1973.

HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, Y.J. Invigoration of seeds? **Seed Science and Technology**, Zurich, v.3, p.881-888, 1975.

HILHOST, H.; LEPRICE, O. **Germination: Topics I to IV**. Lavras: UFLA, 1998. p. ir. (Seed Physiology course simposium UFLA/WAV- Lavras-MG, Brasil, 19-24/10/1998).

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**, Wellingford, v.4, p.323-328, 1994.

HORMAN, I.; VIANI, R. The caffeine-chlorogenate complex of coffee. Na NMR study. In: INTERNACIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE, 5., 1971, Lisboa. **Proceedings...** Paris: ASIC, 1971. p.102-111.

HUNTER, J.R.; ERICKSON, A.E. Relation of seed germination to soil moisture tension. **Agronomy Journal**, Nadison, v.44, n.3, p.107-109, 1972.

HUXLEY, P.A. Some factors which can regulate germination and influence ability of coffee seeds. **Proceedings of the International Seed Testing Association, Local**, v.30, p.705-15, 1965.

ILLY, A.; VIANI, R. **Expresso coffee: the chemistry of quality**. London: Academic Press, 1995. 253p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. **Cultura do café no Brasil: manual de recomendações**, 4.ed. Rio de Janeiro, 1981. 504p.

IUPAC. Nomenclature of eyclitols. **The Biochemical Journal**, London, v.153, n.1, p.23-31, Jan. 1976.

JENG, T.L.; SUNG, J.M. Hydration effects on lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes activity of artificially age peanut seed. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.22, n.2, p.531-539, 1994.

KHAN, A. A.; TAO, K. L.; KNYPL, J. S.; BORKOWSKA, B.; POWELL, L. E. Osmotic conditioning of seeds physiological and biochemical changes. **Acta Horticultural**, The Hague, v. 83, p.267-278, 1978.

KHAN, A.A. Preplant physiological seed conditioning. **Horticultural Review**, Edinburgh, v.13, p.131-181, 1992.

KHAN, M.M.; HENDRY, G.A.F.; ATHERTON, N.M.; VERTUCCI-WALTERS, C.W. Free radical accumulation and lipid peroxidation in testa of rapidly aged soybean seeds: a light – promoted process. **Seed Science Research**. Wallingford, v.6, n.3, p.101-107, Sept.1996.

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.; BRAUN, J.W.; TAO, K.L.; MILLER, W.F.; BENSIN, R.F. New methods for maintaining seed vigor and improving performance. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.1, n.2, p.33-57, 1976.

KING, M.W.; ROBERTS, E.H. **The storage of recalcitrant seeds : achievements and possible approaches**. Rome: International Board for lant Genetic Resources, 1979.

KNYPL, J.S. KHAN, A.A. Osmoconditioning of soybean seeds to improve performance at suboptimal temperatures. **Agronomy Journal**, Madison, v.73, p.112-116, 1981.

LEITE, I.P. **Influência do local de cultivo e do tipo de colheita nas características físicas, composição química do grão e qualidade do café (*Coffea arabica*, L.)**. 1991. 131p Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

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.). **Informe Abrates**, Curitiba, v.7, n.1/2, p.107, 1997.

LIMA, W.A.A.; **Condicionamento Fisiológico, Germinação e Vigor de Sementes de Café (*Coffea arabica* L.)**. 1999. 69p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LIN, S.S. Efeito do período de armazenamento na lixiviação eletrolítica dos solutos celulares e qualidade fisiológica da semente de milho (*Zea mays* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.10, n.3, p.59-67, 1988.

LOPES, H.M.; SOUZA, W.F.T.; ROSSETTO, C.A.V.; SILVA, E.R. Efeito do potencial hídrico e da temperatura na embebição e na emissão da raiz primária, em sementes de cenoura. **Informativo Abrates**, Curitiba, v.7, n.1/2, p.103, 1997.

MAGALHÃES, A.C.; CARELLI, M.L.C. Germinação de sementes feijão sob variadas condições de pressão osmótica. **Bragantia**, Campinas, v.31, p.19-26, 1972.

MATIELLO, J.B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. 39p.

MATTHEWS, S.; POWELL, A.A. Environmental and physiological constraints on field performance of seeds. **HortScience**, Alexandria, v.21, n.10. p.1125-1128, Oct.1986.

MAYER, A .M.; POLJAKOFF-MAYBER, A . **The germination of seeds**. Oxford: Pergamon Press, 1989. 270p.

MELO, B. de; BARTHOLO, G.F.; MENDES, A.N.G. Café: variedades e cultivares. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.193, p.92-96, 1998.

MENEZES, D. **Determinação da curva da embebição e avaliação da qualidade fisiológica de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.)**. 1996. 57p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

NASCIMENTO, W.M. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças: potencialidades e implicações. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v.16, n.2, p.106-109, 1998.

OBENDORF, R.L.; HOBBS, P.R. Effect of seed moisture on temperature sensibility during imbibition of soybean. **Crop Science**, Madison, v.10, n.1, p.563-566, Sept./Oct. 1970.

OHIOKPEHAL, O; BRUMEN, G.; CLIFFORD, M.N. The chlorogenic acid content of some peculiar green coffee beans and the implications for be quality. In: **INTERNACIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE**, 10., 1982, Salvador. Paris: ASIC, 1982. p.177-186.

OSBURN, R.M.; SCHROTH, M.N. Effect of osmopriming sugar beet seed on exudation and subsequent damping-off caused by *Pythium ultimum*. **Phytopathology**, St. Paul, v.78, p.1246-50, 1988.

PALMER, J.; BEEKER, D.L.; CHAPMAN, J.R. Salinity tolerance studies in Russian wildry (*Elymus junceus*). **Proceedings of Montana Academy of Science**, Missoula, v.28, p.20-27, 1969.

PARERA, C.A.; CANTLIFFE, D.J. Presowing seed priming. **Horticultural Reviews**, Cairo, v.16. p.109-139, 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**, Madison, v.58, n.4, p.391-392, 1996.

PARREIRA, P. A época ideal para o plantio do cafeeiro. **Lavoura e Criação**. Rio de Janeiro, n.137, p.17-18, 1961.

PEÑALOZA, A.P.S.; EIRA, M.T.S. Hydration-dehydration treatments on tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* Mill). **Seed Science and Technology**, Zurich, v.21, p.309-316, 1993.

PEREIRA, R.G.F.A Efeito da inclusão de grãos defeituosos na composição química e qualidade do café (*Coffea arabica* L.) "estritamente mole". 1997. 96p. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos)- Universidade Federal de Lavras, Lavras.

- PIMENTA, C.J. **Qualidade do café (*Coffea arabica* L.) originado de diferentes frutos colhidos em quatro estádios de maturação.** 1995. 94p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente.** 2. ed. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.
- POWELL, A. A.; MATTHEWS, S. The damaging effect of water on dry pea embryos during imbibition. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.29, n.112, p.1215-1229, 1978.
- PRIESTLEY, D. A. **Seed Aging. Implications of seed storage and Persistence in the soil.** Ithaca: Cornell University Press, 1986.
- RAGUS, L. Role of water absorbing capacity in soybean germination and seedling vigour. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.15, p.285-296, 1987.
- RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do Cafeeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO, Poços de Caldas, 1996. **Anais...** Piracicaba: POTAFÓS, 1986. p.13-85.
- ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**. Zurich, v.1, n.2, p.499-515, 1973.
- ROBERTS, E.H.; KING, M.W.; ELLIS, R.H. Recalcitrant seeds: their recognition and storage. In: HOLDEN, J.H.W.; WILLIAMS, J.T. (eds.). **Crop Genetic Resources: conservation and evolution.** London: George Allen and Unwin, 1984. p.38-52.
- ROBINSON, D.S.; ESKIN, N.A M. **Oxidative enzymes in foods.** New York: Elsevier Applied Science, 1991. 314p.
- ROCHA, V.S.; OLIVEIRA, A.B.; SEDIYAMA, T.; GOMES, J.L.L.; SEDIYAMA, C.S.; PEREIRA, M.G. **A qualidade da semente de soja.** Viçosa-MG: UFV, 1990. 76p. (Boletim de Extensão, 188).
- SCANDALIOS, I.G. Oxygen stress and superoxide dismutases. **Plant Physiology**, Rockville, v.101, n.1, p.7-12, Jan. 1993.
- SCORER, K.N.; EPEL, B.L.; WAISER, Y. Interactions between mild NaCl stress and red light during lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Grand Rapids), seed germination. **Plant Physiology**, Lancaster, v.79, n.1, p.149-152, 1985.

SCREENATH, H.L. Biotechnology for genetic improvement of Indian coffee. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON BIOTECHNOLOGY IN THE COFFEE AGROINDUSTRY, 3., 1999, Londrina. **Proceedings...** Londrina: IAPAR/IRD, 2000. p.247-250.

SILVA, E.B.; NOGUEIRA, F.D.; GUIMARÃES, P.T.G.; CHAGAS, S.L.J. De R.; Costa, L. Fontes e doses de óptássio na produção e qualidade do grão de café beneficiado. **Pequisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.3, p.335-345, mar. 1999.

SMITH, M.T.; BERJAK, P. Deteriorative changes associated with the loss of viability of stored Desiccation-Tolerant and Desiccation-Sensitive seeds. In: KIGEL, J.; GALILI, G. **Seed Development and Germination**, New York: Marcell Dekker, 1995. p.701-746.

SMITH, P.T.; COBB, B.G. Accelerated germination of peppers seed by priming with salt solutions and water. **HortScience**, Alexandria, v. 26, n. 4, p. 417-419, Apr. 1991.

SONDHEIMER, E. On the distribution of caffeic acid and the chlorogenic acid isomers in plants. **Archives of Biochemistry & Biophysics**, Orlando, v.74, p.1311-138, 1958.

SZAFIROWSKA, A.; KHAN, A.A.; PECK, N.N. Osmoconditioning of carrot seeds to improve seedling establishment and yield in cold soil. **Agronomy Journal**, Madison, v.73, p.845-8, 1981.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. Redwood City, California: Benjamin/Cummings, 1991. 559p.

TILDEN, R.L.; WEST, S.H. Reversal of the effects of aging in soybean seeds. **Plant Physiology**, v.77, p.584-6, 1985.

UDOVENCO, G.V.; ALEKSEEVAL, L.I. Effect of salinization on initial phases of plant growth. **Physiology of Plants**, Leningrad, v.20, p.277-286, 1973.

VALIO, I.F.M. Germination of coffee seeds (*Coffea arabica* L. cv. Mundo Novo). **Journal of Experimental Botany**, London, v.27, n.100, p.983-991, Sept.1976.

VAN DER STEGAN, G.H.D.; VAN DUIJN, J. Analysis of chlorogenic acids in coffee. In: INTERNACIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE, 9., 1980, London. Paris: ASIC, 1980. p.107-112.

VANTOAL, T.T.; FAUSEY, N.R.; MCDONALD JR, M.B. Anaerobic metabolism enzymes as markers of flooding stress in maize seeds. **Plant and Soil**, New York, v.102, n.1, p.33-39, 1987.

VASQUEZ. G.H. **Condicionamento fisiológico de sementes de soja: efeitos sobre a germinação, vigor e potencial de armazenamento.** Piracicaba: ESALQ, 1995.138p.

VIEIRA, R.D.; CARVALHO. N.M. de. **Testes de vigor em sementes.** Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.

WALTER, J. Chemical reactivity of a macromolecule as function of its age. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amisterdam, v.69, p.410-411, 1963.

WENG, Z.; HENDRICKX, M.; MAESMANS, G.; GEBRUERS, K.; TOBBACK, P. Thermostability of soluble and immobilized horseradish peroxidase. **Journal of Food Science**. Chicago, v.56, p.574-578, 1991.

WESTERMEIER, R.; BARNERS, N.GRONAU-CZY BOLKA, S. et al. **Electrophoresis in practice: a guide to theory and practice:** New York: VCH, 1993. 227p.

WHITAKER, H.R. Polyphenol oxidase. In: _____. **Principles of enzymology for the food sciences.** New York: Marcel Dekker, 1972. p.571-582.

YOUNG, J.A.; EVANS, R.A.; ROUNDY, B.; CLUFF, G. **Moisture stress and seed germination.** Oakland, Departament of Agriculture, 1983. 41p. (Agricultural Reviews and Manuals, 36).

ZAWISTOWSKI, J.; BILADERIS, C.G.; ESKIN, N.A N. Polyphenoloxidases. In: ROBINSON, D.S.; ESKIN, N.A M. **Oxidative enzymes in foods.** New York: Elsevier Applied Science, 1991. p.217-274.

ZHANG, M.; MAEDA, Y.; FURIHATA, Y.; NAKAMAR, Y. ESASHI, Y.A. Mechanism of seed deterioration in relation to the volatile compounds evolved by dry seeds themselves. **Seed Science Research**, Wallingford, v.4, n.1, p.49-56, Mar.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*, Madison, v.34,n.6, p.1589-1593, Nov./Dec. 1994.

CAPÍTULO 2

CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO EM SEMENTES VISANDO A ANTECIPAR A FORMAÇÃO DE MUDAS DE CAFEIEIRO

(*Coffea arabica* L.).

RESUMO

LIMA, Sílvia Mara Pacheco. **Condicionamento fisiológico em sementes visando a antecipar a formação de mudas de cafeeiro.** Lavras: UFLA, 2001. 161p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia)

Com o presente trabalho desenvolvido no Laboratório de Análise de Sementes e no Viveiro de Café do Setor de Cafeicultura da Universidade Federal de Lavras – MG teve-se como objetivos, estabelecer o período do ano mais adequado ao condicionamento fisiológico e semeio de sementes de cafeeiro armazenadas visando à antecipação da formação de mudas e avaliar metodologias da técnica. Sementes da cultivar Acaia Cerrado MG 1474 colhidas nos campos de produção da UFLA e armazenadas de maio/99 à Fevereiro/2000 foram condicionadas em água corrente ou água aerada por períodos de 4, 8 e 12 dias. O condicionamento foi realizado à temperatura ambiente nos meses de fevereiro, março e abril. Ao final de cada tratamento as sementes foram retiradas e enxaguadas em água corrente, tomando-se uma amostra para a determinação do teor de água. Pelos resultados obtidos pode-se concluir que o condicionamento em fevereiro favoreceu um melhor desenvolvimento das mudas, e que a técnica de condicionamento fisiológico em água é capaz de promover melhoria significativa na qualidade das sementes de cafeeiro armazenadas, principalmente pelo método de água aerada por 12 dias de embebição.

*Comitê Orientador: Dr. Renato Mendes Guimarães - UFLA (Orientador), Dr.^a Maria das Graças Guimarães Carvalho Vieira – UFLA, Dr. João Almir Oliveira – UFLA.

CHAPTER 2

PHYSIOLOGICAL CONDITIONING IN SEEDS IN ORDER TO ANTECIPATE THE FORMATION OF COFFEE SEEDLINGS (*Coffea arabica* L.)

ABSTRACT

LIMA, Sílvia Mara Pacheco. Physiological conditioning in seeds in order to anticipate the formation of coffee seedlings. Lavras: UFLA, 2001. 161p. (Dissertation – Master in Crop Science)

The present work was undertaken in the Seed Analysis Laboratory and in the nursery of the Coffee Sector of the Universidade Federal de Lavras – MG aiming to establish the most suitable period of the year to the physiological conditioning and the sowing of stored coffee seeds looking at the anticipation of the seedling formation and to evaluate methodologies of the technique. Seeds harvested in the coffee production field of UFLA, and stored from May/99 to February/2000 were conditioned in running or air pumping water for periods of 4, 8 and 12 days. The conditioning was taken at room temperature in the months of February, March and April. At the end of each treatment the seeds were taken off and rinsed in running water, and a sample of was taken in order to determine the water content. Considering the results obtained, it can be concluded that the conditioning in February favored a better development of seedlings, and that the technic of physiological conditioning in water is capable of promoting significant improving on the quality of stored coffee seeds, mainly in the 12 day imbibition in air pumping water methodology.

***Guidance Committee: Dr. Renato Mendes Guimarães (Major Professor), Dr.^a Maria das Graças Guimarães Carvalho Vieira – UFLA, Dr. João Almir Oliveira – UFLA.**

1 INTRODUÇÃO

A forma mais utilizada para a propagação de cafeeiro é por mudas oriundas de sementes. Essas podem ser “de ano” e “de meio ano”, com uma permanência aproximadamente de 12 e 6 meses, respectivamente, no viveiro. As mudas de meio ano são mais utilizadas por permanecerem menos tempo em viveiro e assim ficarem menos sujeitas ao ataque de pragas e doenças presentes naquelas condições.

A época ideal para o plantio do cafezal compreende os meses de outubro-novembro, no início da estação chuvosa. Como as mudas devem possuir aproximadamente quatro pares de folhas, o que representa a idade de seis a oito meses, o ideal seria efetuar a semeadura no viveiro nos meses de fevereiro, março ou abril. Entretanto, a colheita dos frutos de café concentra-se nos meses de maio a julho, e como as sementes perdem rapidamente o seu poder germinativo, esse longo período até a semeadura dificulta a disponibilidade de sementes de boa qualidade na ocasião ideal para realizar o semeio.

Na impossibilidade de formação de estoques, os viveiristas são obrigados a usar sementes colhidas no ano de formação das mudas, logo após a colheita, o que nem sempre corresponde à época mais vantajosa. Nesse sentido, uma das principais linhas de pesquisa com sementes de cafeeiro é o aprimoramento de técnicas que permitam o revigoramento de sementes armazenadas por períodos de tempo prolongado. Um dos procedimentos mais promissores é o tratamento pré-semeadura, envolvendo a iniciação do metabolismo de germinação, por meio do controle da absorção de água pela semente sem, no entanto, permitir a protusão da raiz primária. Esse tipo de condicionamento fisiológico pode melhorar o desempenho de sementes armazenadas, possibilitando a produção de mudas de cafeeiro em épocas mais favoráveis ao seu melhor desempenho.

Dessa forma, os objetivos deste trabalho foram estabelecer a época do ano mais adequada ao condicionamento fisiológico e semeio de sementes de cafeeiro armazenadas, e estudar metodologias da técnica.

2 MATERIAL E METODOS

O presente ensaio foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes e no Viveiro de mudas do Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (M.G), no período de Janeiro a Dezembro de 2000. Foram utilizadas sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.), cultivar Acaia Cerrado, colhidas em campos de produção de sementes da Universidade. Os frutos foram colhidos manualmente, no estágio de “cereja” como recomendado por Caixeta (1981). As sementes foram despolpadas e secas à sombra conforme recomendações de Begazo & Paula (1985). O armazenamento foi realizado em câmara fria (aproximadamente 10°C de temperatura e 50% de umidade relativa) de maio de 1999 a Fevereiro de 2000 quando foram iniciados os testes.

Para a instalação do experimento, foram utilizadas sementes sem o endocarpo (“pergaminho”) os quais foram retirados manualmente para se evitar quaisquer danos aos embriões.

Por ocasião da instalação do experimento foram retiradas amostras para a realização das determinações preliminares do lote de sementes (umidade, germinação, condutividade elétrica, porcentagem de sementes sem embrião, grau de carunchamento e sanidade).

2.1 Qualidade inicial do lote

Quando foram iniciados os experimentos, o lote de sementes continha um teor de água, determinado pelo método da estufa 105±3°C, igual a 9,67% (Brasil, 1992); uma germinação de 40,5% determinada pelo teste de germinação; condutividade elétrica do lixiviado igual a 15,19 $\mu\text{S}/\text{cm}^2/\text{g}$; 2% de sementes sem embrião; 0,5% de sementes brocadas e por meio do teste de sanidade (Blotter-

test) foi detectado (2% de *Fusarium* sp; 1% de *Tricoderma* e 1% de *Aspergillus flavus*).

2.2 Tratamentos

Os tratamentos constaram de dois métodos de condicionamento (submersão em água corrente e submersão em água com aeração), três tempos de embebição (4, 8 e 12 dias) e três épocas de armazenamento (fevereiro, março e abril) da seguinte forma:

No método de Condicionamento Fisiológico por Submersão em Água Corrente, as sementes foram envolvidas em tecido do tipo “filó” e submersas em água no interior de bandeja plástica e mantidas sob água corrente de torneira em ambiente de laboratório. Para o Condicionamento Fisiológico por Submersão em Água Aerada, as sementes foram condicionadas em recipientes plásticos contendo água suficiente para submersão das mesmas. Durante todo o processo de condicionamento, foi realizada aeração das sementes por meio de injeção de ar com compressor para aquário e com uma bomba especial para filtro de aquário (Whisper – Power filter), que promovia a circulação da água que caía em cascata de uma altura de aproximadamente de 15 cm.

Em ambos os métodos de condicionamento, as sementes foram mantidas por períodos de 4, 8 e 12 dias à temperatura ambiente, a qual foi registrada diariamente durante todo o processo de condicionamento (Tabela 8A). Esse processo foi realizado nos meses de Fevereiro, Março e Abril.

Vencido cada período de condicionamento, as sementes foram retiradas, enxaguadas em água corrente e imediatamente submetidas às avaliações dos efeitos dos tratamentos.

2.3 Determinação do grau de umidade

Foram tomadas duas repetições de aproximadamente 10g de sementes que foram colocadas em recipientes de alumínio (diâmetro de 4cm), pesadas e secas à $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas conforme prescrições das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992). Os resultados foram expressos em porcentagem.

2.4 Teste de germinação

O teste foi realizado com 4 repetições de 50 sementes dispostas em 2 rolos de 25 sementes cada, para cada tratamento. O endocarpo (pergaminho) da semente foi retirado manualmente antes da sementeira, que foi realizada em rolo de papel toalha umedecido com água na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos contendo as sementes foram mantidos em germinador previamente regulado à temperatura de 30°C , na presença de luz. As avaliações foram realizadas após 30 dias do início do teste, quando foram computadas as plântulas normais, seguindo os critérios das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992). Os resultados foram expressos em porcentagem de germinação.

2.5 Índice de velocidade de germinação

Foi realizado conjuntamente com o teste de germinação, computando-se diariamente, até à estabilização, o número de radículas protruídas. Após a estabilização do número de sementes germinadas, calculou-se o índice de velocidade de germinação pelo somatório do número de sementes germinadas a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a sementeira e a contagem conforme fórmula proposta por Maguirre (1962).

2.6 Determinação do tempo para ocorrência de 50% de germinação (T50)

Utilizando-se os mesmos dados obtidos no índice de velocidade de germinação, o T50 foi calculado pela seguinte fórmula proposta por Guimarães (2000):

$$T_{50} = [(G - G_1)I / G_2 - G_1] + T$$

Onde:

T₅₀ = Tempo para ocorrência de 50% da germinação

G = Metade do valor máximo de germinação

G₁ = Valor de germinação igual ou imediatamente inferior a G

G₂ = Valor de germinação imediatamente superior a G

I = Intervalo entre as contagens

T = Tempo para ocorrência de G₁.

2.7 Determinação do peso da matéria seca do eixo hipocótilo/radícula

Após a última contagem do teste de germinação, foram eliminados das plântulas, o endosperma e cotilédones remanescentes, e os eixos hipocótilo/radícula de cada parcela foram colocados em sacos de papel e deixados em estufa com circulação de ar à 65°C até peso constante. Para pesagem, utilizou-se balança de precisão de 1 miligrama. Os resultados foram expressos em gramas.

2.8 Condutividade elétrica

Foi realizado com 200 sementes por tratamento, as quais foram distribuídas em camada única sobre duas folhas de papel tipo germitest, em ambiente de laboratório, onde permaneceram até atingirem o equilíbrio

higroscópio. A seguir, 4 repetições de 50 sementes por tratamento foram pesadas e colocadas em copos plásticos contendo 75 ml de água deionizada, permanecendo em embebição por 24 horas no interior de uma BOD regulada a 25°C. No mesmo ambiente, foi deixado um copo com 75 ml de água deionizada pura. Decorridas as 24 horas, foram feitas as leituras da condutividade elétrica dos lixiviados das soluções em $\mu\text{S}/\text{cm}^2$, utilizando condutivímetro marca DIGIMED modelo CD21A. Os resultados foram obtidos calculando-se: condutividade lida para cada parcela, subtraída da condutividade lida para água pura, dividido pelo peso das sementes e foram expressos em $\mu\text{S}/\text{cm}^2/\text{g}$.

2.9 Porcentagem de mudas normais

O teste foi conduzido em viveiro do tipo cobertura alta, coberto com “sombrite” 50%. A semeadura foi realizada imediatamente após cada período de condicionamento nos meses de fevereiro, março e abril. Foram utilizados saquinhos de polietileno preto perfurados com 11 cm de largura e 22 cm de comprimento. O substrato utilizado foi padrão composto por 700 litros de subsolo peneirado, 300 litros de esterco de curral curtido e peneirado, 5 Kg de superfosfato simples, 0,5 Kg de cloreto de potássio para cada metro cúbico de substrato (Carvalho, 1978). Após cheios e encanteirados, procedeu-se à semeadura direta, semeando-se duas sementes por saquinho que foram cobertas com areia de rio a uma profundidade de 2 cm. Foram realizadas regas diárias e capinas sempre que necessário. O desbaste das mudas foi feito quando as mudas se encontravam no estágio de “orelha de onça”(iniciando a emissão do primeiro par de folhas verdadeiras), deixando apenas uma muda por saquinho. Foram utilizadas 4 repetições por tratamento e cada parcela experimental foi composta por 16 mudas. As avaliações foram realizadas no mês de dezembro quando foi observada a estabilização do estande e as mudas semeadas em fevereiro, março e

abril se encontravam com 10, 9 e 8 meses, respectivamente. Foram computadas as mudas com 3 ou mais pares de folhas verdadeiras consideradas prontas para serem levadas para campo e o resultado expresso em porcentagem de mudas normais.

2.10 Índice de velocidade de emergência

Foi utilizado o mesmo teste instalado para avaliação da porcentagem de mudas prontas para serem levadas a campo (Porcentagem de mudas normais). As avaliações tiveram início por ocasião das primeiras plântulas emergidas (estádio “palito de fósforo”) e a partir daí foram realizadas avaliações a cada 3 dias computando-se o número de plântulas emergidas até a estabilização. O índice de velocidade de emergência foi calculado segundo fórmula proposta por Maguirre (1962).

2.11 Diâmetro de caule das mudas

Por ocasião da avaliação do número de mudas prontas para serem levadas a campo, utilizou-se um paquímetro, medindo-se o diâmetro no ponto imediatamente abaixo da inserção das folhas cotiledonares, obtendo-se o diâmetro médio correspondente às quatro plantas úteis da parcela. Os resultados foram expressos em centímetros.

2.12 Altura das mudas

Foram efetuadas medições da região compreendida entre o colo e o ponto de inserção dos brotos terminais das mudas prontas para serem levadas

para o campo, obtendo-se a média das 4 plantas úteis da parcela. Os resultados foram expressos em centímetros.

2.13 Área foliar

Para a avaliação da área foliar foram tomadas as folhas das mudas correspondentes às parcelas úteis e utilizou-se um aparelho portátil medidor de área modelo LI-3000A acoplado a uma cinta transmissora modelo LI-3050A como acessório. Os resultados foram expressos em cm^2 .

2.14 Peso da matéria seca da parte aérea das mudas

As mudas utilizadas para avaliação do diâmetro de caule e altura, foram cortadas na região do coleto. Após a obtenção da área foliar, acondicionou-se a parte aérea em sacos de papel, que foram submetidos à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 60°C , até peso constante (peso da matéria seca). Os resultados foram expressos em gramas/parcela.

2.15 Análise estatística

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, num esquema fatorial $(3 \times 2 \times 3) + 3$, sendo três diferentes épocas de armazenamento (Fevereiro, Março e Abril), dois métodos de condicionamento (imersão em água corrente e imersão em água aerada), três tempos de embebição (4, 8 e 12 dias) e três tratamentos adicionais, sendo um para cada época (sementes não condicionadas em fevereiro, sementes não-condicionadas em março e sementes não-condicionadas em abril). Foram utilizadas 4 repetições em cada determinação, com exceção do grau de umidade no qual foram utilizadas 2

repetições. Os fatores época e método foram avaliados por meio de teste de médias (Scott-Knott a 5% de probabilidade) enquanto o fator período de condicionamento foi avaliado por meio de análise de regressão. Os adicionais tiveram suas médias contrastadas com os tratamentos do fatorial.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Grau de umidade das sementes:

Pelos resultados contidos na Tabela 3A, observa-se efeito significativo ao nível indicado pelo Teste "F" para época, método e tempo de condicionamento, bem como para a interação entre esses fatores. A interação altamente significativa entre época, método e tempo de condicionamento revelou a existência de dependência entre estes, ou seja, dentro de cada época estudada, os tempos e os métodos de condicionamento influenciaram de forma diferenciada o aumento do teor de água das sementes.

Verifica-se pela Figura 1, que as sementes condicionadas em fevereiro e março, apresentaram uma tendência de aumento no grau de umidade ao longo do tempo de condicionamento, tanto no método de água corrente como no método de água aerada, com valores mais elevados nas sementes provenientes do método de água aerada. Já em abril, as sementes condicionadas em água corrente apresentaram uma tendência linear crescente no grau de umidade ao passo que aquelas condicionadas em água aerada, apresentaram uma tendência linear decrescente.

Vale ressaltar, que nestes tipos de sistemas, as sementes são colocadas em contato direto com a água, sem a adição de nenhum tipo de soluto que controle o processo de embebição. Esse fato, pode ter sido a causa da não estabilização do grau de umidade das sementes ao longo dos tempos avaliados.

Em sementes de cafeeiro, a germinação visível é alcançada quando as sementes atingem um grau de umidade em torno de 55% (Lima et al., 1997 e Camargo, 1998). Embora as sementes condicionadas por 8 e 12 dias tenham alcançado teores de água superiores a esse limite, as de 8 dias não germinaram,

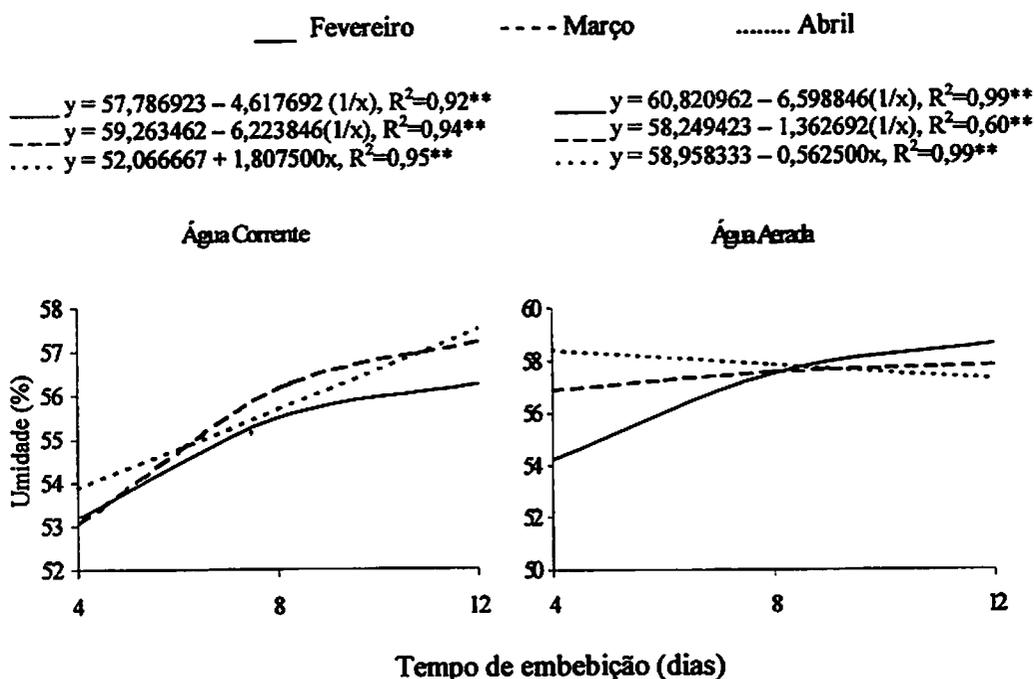


FIGURA 1 - Estimativa do grau de umidade (%) de sementes de café após o condicionamento fisiológico em água corrente ou água aerada, nos meses de fevereiro, março e abril, por períodos de 4, 8 e 12 dias de embebição. UFLA, Lavras-MG, 2001.

provavelmente porque o tempo foi insuficiente para o desenvolvimento de todo o processo que antecede a protusão radicular, fato este também observado por Guimarães (2000) com sementes de cafeeiro submersas em água pelo mesmo período de tempo. Já aos 12 dias de embebição, foi observada uma certa protusão radicular, em ambos os métodos de condicionamento (Tabela 1), porém, tais sementes foram eliminadas e as demais submetidas às avaliações. Destaca-se ainda a maior porcentagem de protusão radicular em fevereiro pelo método de água aerada (13%), o que sugere que esse método de condicionamento permite uma preparação mais acelerada do processo germinativo, principalmente em sementes mais novas, onde o condicionamento

fisiológico parece ser mais eficiente. Vale ressaltar que, no método de água aerada, a temperatura de condicionamento registrada foi superior à do método de água corrente (Tabela 8A), fato este, que pode também ter contribuído para essa maior taxa de germinação durante o condicionamento.

TABELA 1 - Porcentagem de protusão radicular de sementes de cafeeiro durante o processo de condicionamento fisiológico. UFLA, Lavras-MG, 2001.

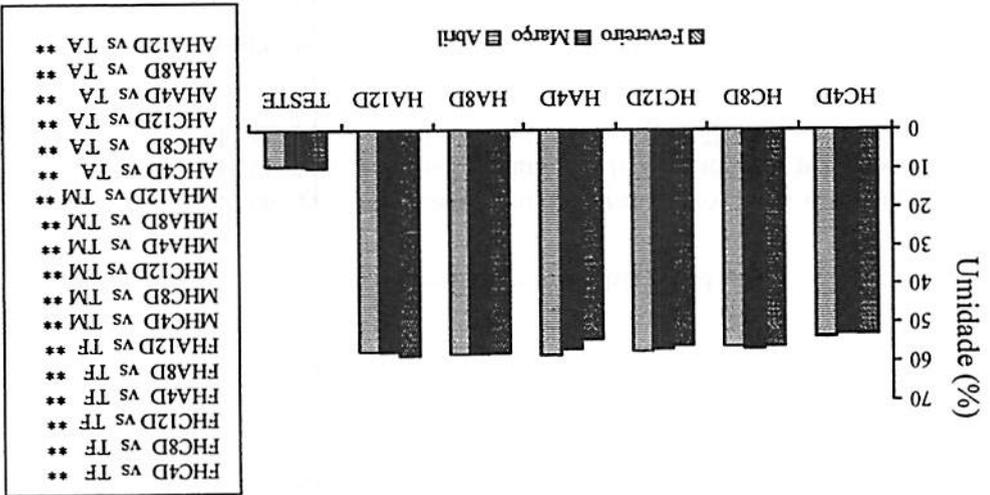
Métodos de condicionamento	Época de condicionamento		
	Fevereiro	Março	Abril
Água Corrente 12 dias	5	5	5
Água Aerada 12 dias	13	3	3

Com relação às testemunhas (sementes não-condicionadas), todas apresentaram um teor de umidade das sementes significativamente inferior aos seus respectivos tratamentos (Figura 2), o que era esperado, uma vez que, as sementes não-condicionadas não foram colocadas para embeber e apresentavam um teor de umidade próximo à 10%. Verifica-se ainda o rápido aumento na percentagem de umidade das sementes, passando de 10% para mais de 50%, aos 4 dias de embebição. Segundo Bewley & Black (1994), a alta velocidade de embebição no início do processo é característica da fase I da germinação e ocorre em função da diferença de potencial hídrico entre o substrato e a semente. É possível que as sementes tenham atingido a fase I já aos 4 dias, uma vez que, a partir daí, o ganho de umidade foi relativamente pequeno.

Pela Tabela 1A, verifica-se que houve diferenças significativas na porcentagem de germinação de sementes submetidas a diferentes épocas, métodos e tempos de condicionamento fisiológico, bem como para a interação entre épocas e métodos. Observa-se na Figura 3, que o condicionamento fisiológico por 4 dias de embebição propiciou o maior percentual de germinação (76%) das sementes de café com tendência a decrescer até aos 8 dias e de elevar novamente até aos 12 dias de embebição.

3.2 Teste de germinação

FIGURA 2 - Contrastes entre os resultados das determinações de umidade das sementes de café relativos aos tratamentos adicionais e os tratamentos de condicionamento. UFLA, Lavras-MG, 2001.



(F) fevereiro; (M) março; (A) abril; (HC) água corrente; (HA) água aarada; (D) dias; (T) sementes não condicionadas; (**) significativo ao nível de 1% de probabilidade.

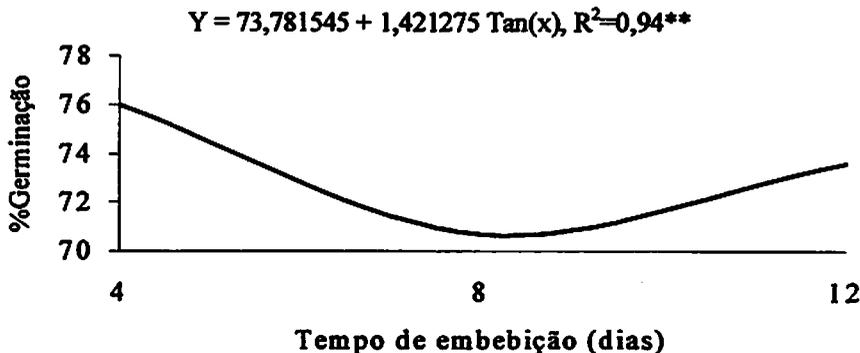


FIGURA 3 - Estimativa da porcentagem de germinação de sementes de café submetidas ao condicionamento fisiológico por períodos de 4, 8 e 12 dias de embebição. UFLA, Lavras-MG,2001.

Pelos resultados contidos na Tabela 2, pode-se observar que, independente do método de condicionamento utilizado, a maior porcentagem de germinação foi obtida em fevereiro. Quando se utilizou o método de água corrente, abril foi a época em que se obteve a menor taxa de germinação, já quando as sementes foram submetidas ao condicionamento em água aerada, a porcentagem de germinação nas épocas de março e abril não diferiram entre si. Vale ressaltar que sementes submetidas ao condicionamento em fevereiro e em março, não diferiram significativamente em relação à germinação, em função do método utilizado. No entanto, em abril, o condicionamento em água aerada, propiciou uma taxa de germinação das sementes significativamente superior a daquelas condicionadas pelo método de água corrente. Provavelmente, essa menor porcentagem de germinação obtida em abril pelo método de água corrente, está relacionada ao fato de que, no método de água aerada, possivelmente ocorre um ajuste do potencial hídrico em função dos lixiviados liberados das sementes, o que propicia um potencial de restrição hídrica e conseqüentemente, uma absorção de água mais controlada, o que reduz os riscos de danos por embebição, principalmente em sementes mais deterioradas onde o sistema de

membranas se encontra mais desorganizado. Por outro lado, no método de água corrente, os lixiviados estão sendo constantemente eliminados pelo processo, de modo que não ocorre um ajuste osmótico e assim, as sementes tendem a absorver água mais rapidamente podendo em alguns casos provocar danos as membranas em função dessa embebição acelerada.

TABELA 2 - Porcentagem de germinação de sementes de cafeeiro submetidas ao condicionamento fisiológico em função da época e método de embebição. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Época	Método		Média
	Água corrente	Água aerada	
Fevereiro	84,67 a A	86,17 a A	85,42
Março	68,00 b A	72,17 b A	70,08
Abril	58,17 c B	71,33 b A	64,75
Médias	70,28	76,56	

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Verifica-se pela Figura 4 que de uma maneira geral, o condicionamento em fevereiro proporcionou uma germinação das sementes superior a sua respectiva testemunha. Também os tratamentos em água corrente por 4 dias e água aerada por 12 dias em fevereiro e água aerada por 4 dias em março foram significativamente superiores às suas respectivas testemunhas. Por outro lado, sementes retiradas do armazenamento em abril e condicionadas em água corrente apresentaram percentual de germinação significativamente inferior ao da testemunha (Figura 4), ao passo que os tratamentos em água aerada não apresentaram diferenças com relação à testemunha ou seja, o método de água corrente de um modo geral foi prejudicial para a reestruturação do sistema de



(F) fevereiro; (M) março; (A) abril; (HC) água corrente; (HA) água aerada; (D) dias; (T) sementes não-condicionadas; (**) significativo ao nível de 1% de probabilidade; (*) significativo ao nível de 5% de probabilidade e (NS) não significativo.

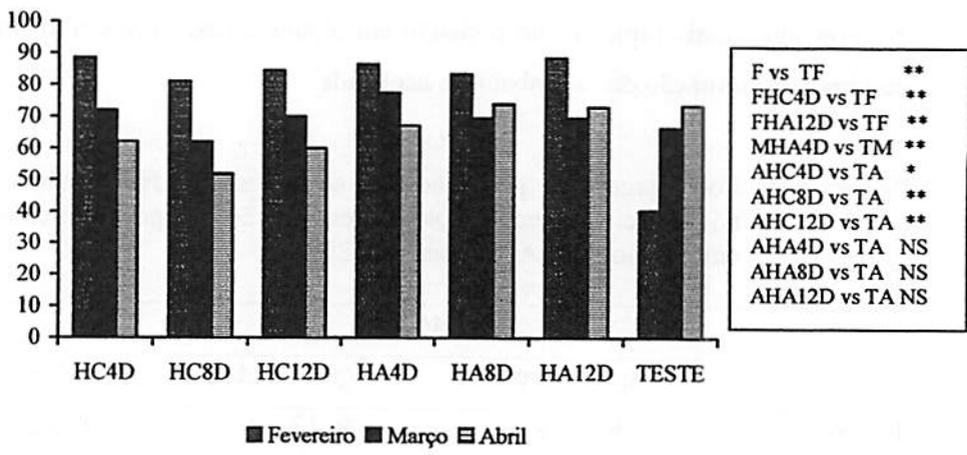


FIGURA 4 - Contrastes entre os resultados do teste de germinação relativos aos tratamentos adicionais e os métodos de condicionamento fisiológico destacados do esquema fatorial. UFLA, Lavras-MG,2001.

membranas das sementes mais deterioradas provavelmente em função de uma embebição mais acelerada e conseqüentemente uma maior desorganização no sistema de membranas. Por outro lado, o método de água aerada apesar de não prejudicar a germinação, também não permitiu incrementar o vigor das sementes em estágio de deterioração mais avançado.

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. 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 & Higgins (1978), que trabalharam com

sementes de diferentes níveis de vigor. Segundo esses 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 condicionadas. Portanto, as sementes menos vigorosas tendem a atingir nível metabólico próximo ao das vigorosas. Também Burgass & Powell (1984), verificaram que sementes de baixo vigor embebidas em água ou em PEG-6000 apresentaram grande melhoria na capacidade de germinação. Entretanto, Parera & 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 & Coolbear (1977), um dos fatores que mais comumente interferem no condicionamento fisiológico de sementes é a manutenção do nível adequado de oxigênio. Como o tratamento de 12 dias propiciou uma germinação das sementes superior ao tratamento de 8 dias (Figura 3), é possível dizer que a manutenção no nível de oxigênio durante os tratamentos foi eficiente.

De um modo geral, verifica-se uma superioridade nas sementes condicionadas no sistema de água aerada em relação àquelas em água corrente, o que sugere que a aeração proporcionada pelo método de água corrente foi menos eficiente em relação a aeração do método de água aerada.

Outro fato observado, foi em relação às testemunhas, que tiveram um acréscimo na percentagem de germinação no decorrer das épocas de armazenamento. Esse fato poderia ser explicado por uma provável dormência nas sementes que teria sido quebrada durante o armazenamento. Porém, na literatura não foi encontrado nenhum fato que evidenciasse essa dormência em sementes de cafeeiro.

3.3 Índice de Velocidade de Germinação

Observa-se pelo resumo da análise de variância, relativa ao índice de velocidade de germinação após os diversos tratamentos de condicionamento, diferenças significativas pelo Teste "F" ao nível de 1% de probabilidade para época de condicionamento e tempo de embebição de sementes, bem como para a interação entre esses fatores (Tabela 1A).

Verifica-se pelos resultados da Tabela 3 que, da mesma forma que ocorreu para taxa de germinação, o vigor das sementes avaliado pelo índice de velocidade de germinação diminuiu com a idade das sementes submetidas ao condicionamento. Assim, sementes retiradas do armazenamento em fevereiro e submetidas ao condicionamento, apresentaram vigor superior, independente do tempo de embebição. Sementes condicionadas em março pelo tempo de 8 e 12 dias de embebição, apresentaram-se com vigor superior ao das sementes condicionadas em abril, ao passo que por 4 dias de embebição, o vigor não variou nestes meses. Isso provavelmente porque em abril, como as sementes apresentavam-se com um sistema de membranas mais desorganizado em função do maior tempo de armazenamento, o condicionamento fisiológico foi menos eficiente na recuperação do vigor dessas sementes quando comparado com aquelas de fevereiro e março. Assim, o condicionamento por 4 dias de embebição, não permitiu diferenciar o vigor de sementes nas épocas de março e abril, ao passo que, a embebição por 8 e 12 dias permitiu diferenciar o vigor nessas duas épocas. Isso sugere que, quanto mais avançado o processo de deterioração das sementes, maior é o tempo de embebição necessário para diferenciar o vigor.

TABELA 3 - Índice de velocidade de germinação de sementes de cafeeiro submetidas a diferentes tempos e épocas de condicionamento fisiológico. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Época	Tempo (Dias)			Médias
	4	8	12	
Fevereiro	4,57 a	6,72 a	10,95 a	7,41
Março	3,48 b	4,55 b	6,82 b	4,95
Abril	3,10 b	3,91 c	5,86 c	4,29

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Pela Figura 5, pode-se observar que sementes condicionadas em fevereiro, apresentaram uma tendência crescente do índice de velocidade de germinação à medida que o período de tratamento se prolongava. No entanto, no mês de abril observou-se uma tendência de crescimento menor no índice de velocidade de germinação, com o aumento do tempo de condicionamento. Isso provavelmente ocorreu em função de o condicionamento fisiológico ser mais eficiente em sementes de maior vigor e portanto, em fevereiro como as sementes se encontravam menos deterioradas, o condicionamento foi mais eficiente em incrementar o vigor, principalmente no maior tempo de condicionamento (12 dias).

É importante lembrar que em decorrência das características das sementes de cafeeiro, os tempos de condicionamento que têm propiciado os melhores resultados são relativamente longos quando comparados a trabalhos com outras espécies.

$$\text{---} y = 3,668929 + 0,802640x^2, R^2 = 0,99^{**}$$

$$\text{- - -} y = 2,987500 + 0,420804x^2, R^2 = 0,99^{**}$$

$$\text{.....} y = 2,660893 + 0,349809x^2, R^2 = 0,99^{**}$$

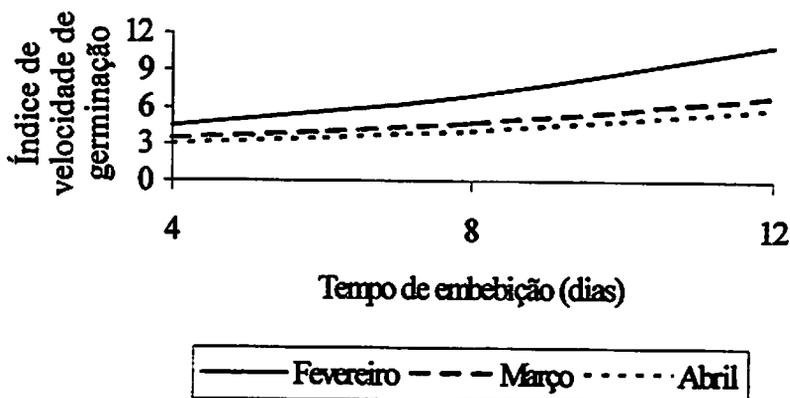


FIGURA 5 - Índice de velocidade de germinação de sementes de cafeeiro após o condicionamento fisiológico em fevereiro, março e abril, por períodos de 4, 8 e 12 dias de embebição. UFLA, Lavras-MG, 2001.

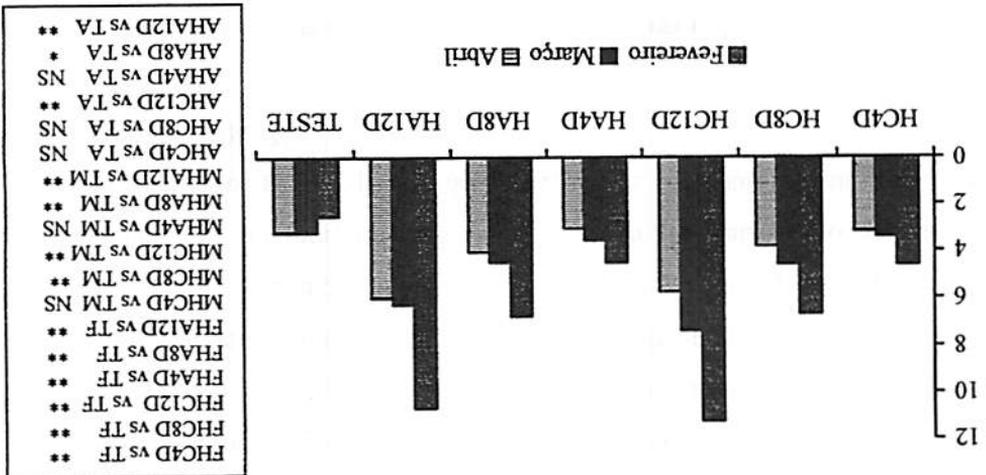
Para sementes de soja, por exemplo, Giúdice (1996) determinou que uma boa condição para o condicionamento osmótico é o uso do polietileno glicol (PEG 6000) a um potencial de $-0,8\text{MPa}$ no período de 4 dias. Por outro lado, Camargo (1998) estudando métodos e tempos de condicionamento em sementes de cafeeiro, constatou maiores índices de velocidade de germinação nos tratamentos em imersão em água por 9 e 6 dias de embebição. Vale ressaltar que esse autor utilizou os tempos de 3, 6 e 9 dias de embebição.

Observa-se pela Figura 6, que em média o índice de velocidade de germinação das sementes submetidas ao condicionamento nos diferentes tempos e métodos de embebição, foi superior a testemunha. Isso evidencia que, de um modo geral, o condicionamento fisiológico foi eficiente em aumentar o vigor de sementes de cafeeiro armazenadas.

Uma das condições básicas para o sucesso da técnica é o controle da hidratação das sementes num patamar próximo daquele no qual ocorre a germinação das sementes. As sementes condicionadas, iniciam a embebição normalmente, cessando esse processo assim que entra em equilíbrio com o potencial hídrico da solução. Esse potencial deve ser pré-determinado para cada espécie e, conseqüentemente, o conteúdo de água da semente pode ser ajustado a um nível que permita a semente a passar por todas as fases preparatórias essenciais à germinação (fase I e II), evitando-se, contudo, alcançar a fase de alongamento celular e emergência da raiz primária (fase III), mesmo após um período de contato entre as sementes e a solução (Heydeckker et al., 1975 e Bewley & Black, 1994).

Por outro lado, mesmo não havendo um eficiente controle da hidratação

FIGURA 6 - Contrastes entre os resultados do índice de velocidade de germinação das sementes de caféiro submetidas ao condicionamento fisiológico e suas respectivas testemunhas. UFLA, Lavras-MG, 2001.



(F) fevereiro; (M) março; (A) abril; (HC) água corrente; (HA) água aerada; (D) dias; (T) sementes não-condicionadas; (**) significativo ao nível de 1% de probabilidade; (*) significativo ao nível de 5% de probabilidade e (NS) não significativo.

durante os tratamentos estudados, foi constatada uma superioridade dos tratamentos em relação às testemunhas. Dessa forma, a redução do tempo de exposição das sementes às adversidades do ambiente de viveiro durante a germinação pode representar ganhos significativos. O aumento do tempo de permanência das sementes no solo contribui para o insucesso da germinação, já que fatores como condições inadequadas de luminosidade, temperaturas sub ou supra-ótimas, presença de gases prejudiciais, condições desfavoráveis, incidência de microorganismos, insetos, além de outros, podem direta ou indiretamente contribuir para a deterioração das sementes (Khan et al., 1976 e Khan et al., 1980/81).

3.4 Tempo para germinação de 50% das sementes (T_{50})

Pela Tabela 1A pode ser observado que com relação ao tempo para a ocorrência de 50% de germinação das sementes, houve efeito significativo ao nível indicado pelo Teste "F" para época, método e tempo de condicionamento, assim como para a interação entre época e método de condicionamento.

Verifica-se pela Figura 7, que houve uma tendência linear decrescente para o T_{50} à medida que o tempo de embebição das sementes se prolongava. Este comportamento do vigor das sementes, foi semelhante ao detectado pelo índice de velocidade de germinação (Figura 5). As sementes condicionadas por 4 dias germinaram mais lentamente que aquelas condicionadas por 8 e 12 dias.

Apesar da umidade das sementes praticamente não variar a partir de 4 dias de embebição (Figura 2), acredita-se que esse tempo não foi suficiente para preparação de todo o processo germinativo que antecede a protusão radicular, ao passo que, aos 8 e 12 dias essa preparação foi suficiente para permitir que as sementes germinassem mais rapidamente.

$$y = 14,454722 - 2,896667x, R^2 = 0,99^{**}$$

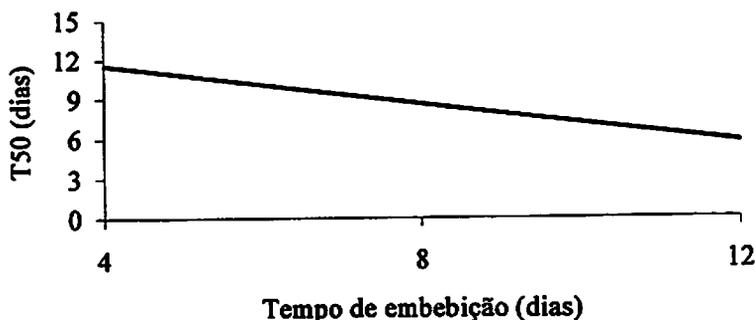


FIGURA 7 - Tempo para germinação de 50% das sementes de cafeeiro após o condicionamento fisiológico em função do tempo de embebição em que as sementes foram submetidas. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Analisando a Tabela 4, é possível verificar que em ambos os métodos de condicionamento, em fevereiro, a velocidade inicial de germinação das sementes, demonstrada pelo T_{50} foi maior quando comparadas com as sementes condicionadas em março e abril, da mesma forma que ocorreu nos demais testes.

Esse melhor desempenho das sementes no mês de fevereiro pode ser em função do menor tempo de armazenamento, em relação às sementes condicionadas nos meses de março e abril, que provavelmente se encontravam em estágios de deterioração mais avançados. Com relação ao método de embebição, sementes embebidas em água corrente, apresentaram um maior vigor quando condicionadas em março, ao passo que sementes condicionadas em fevereiro e abril não apresentaram diferenças significativas no vigor.

TABELA 4 - Tempo para germinação de 50% das sementes de café ao final de cada época de condicionamento em função do método de embebição. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Época	Método		Médias
	Água corrente	Água aerada	
Fevereiro	6,64 a A	7,06 a A	6,85
Março	8,75 b A	9,65 b B	9,20
Abril	9,97 c A	9,89 b A	9,93
Médias	8,45	8,87	

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

As comparações entre as sementes não-condicionadas (testemunha) e os tratamentos analisados em esquema fatorial (Figura 8), permitem observar que houve uma diferença significativa em relação ao vigor das sementes submetidas aos tratamentos de condicionamento e suas respectivas testemunhas, sendo que em todas as épocas e tempos de condicionamento, as sementes condicionadas apresentaram-se em média com vigor superior pelo teste de T_{50} em relação ao das testemunhas. Sementes não condicionadas (testemunhas) tanto de fevereiro como de março e abril, necessitaram de maior tempo para que 50% das sementes germinassem, em relação aos tratamentos. Esses resultados indicam que os tratamentos de condicionamento, contribuíram para aumentar o vigor das sementes de cafeeiro armazenadas, com exceção dos tratamentos por 4 dias em água corrente e água aerada realizados em abril, que não diferiram estatisticamente de sua testemunha (Tabela 1A).

(F) fevereiro; (M) março; (A) abril; (HC) água corrente; (HA) água acrada; (D) dias;
 (T) sementes não-condicionadas; (**) significativo ao nível de 1% de probabilidade;
 (*) significativo ao nível de 5% de probabilidade e (NS) não significativo

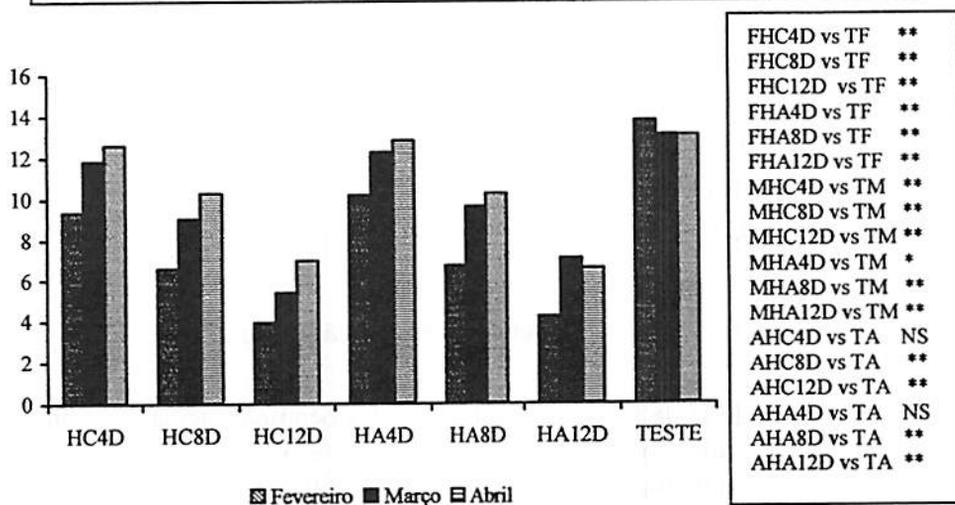


FIGURA 8 - Contrastes entre os resultados do tempo para germinação de 50% das sementes de cafeeiro submetidas em diferentes métodos e tempos de condicionamento fisiológico e suas respectivas testemunhas. UFLA. Lavras-MG,2001.

3.5 Peso da matéria seca do eixo hipocótilo/radicula:

Pela Tabela 2A, pode-se observar que com relação ao peso seco do eixo hipocótilo/radicula, houve efeito significativo para época, método e tempo de condicionamento fisiológico, assim como para a interação entre época e método.

Na Figura 9, pode-se verificar no peso da matéria seca dos eixos hipocótilo/radicula das sementes condicionadas uma tendência linear crescente em função do tempo de embebição, ou seja, sementes condicionadas por 4 dias apresentaram menor peso de matéria seca e as condicionadas por 12 dias, maiores. Esses resultados confirmam o efeito superior do condicionamento aos 12 dias, observado na avaliação do vigor pelo teste de T_{50} (Figura 7) e IVG (Figura 5).

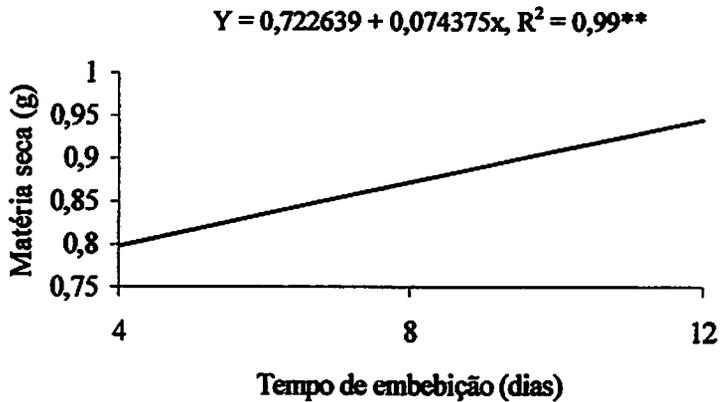


FIGURA 9 - Peso da matéria seca de eixos hipocótilo/radicula das sementes de cafeeiro após o condicionamento fisiológico por 4, 8 e 12 dias de embebição. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Verifica-se pela Tabela 5 que o peso da matéria seca dos eixos hipocótilo/radicula das sementes condicionadas em fevereiro foi sempre superior, tanto no método de água corrente como no de água aerada. Esses resultados mais uma vez confirmam o efeito negativo no armazenamento das sementes por mais um e dois meses nas épocas de março e abril respectivamente. Observa-se ainda que em média, o peso seco do eixo hipocótilo/radicula foi inferior quando as sementes foram condicionadas em água corrente, reforçando assim, a superioridade do condicionamento em água aerada em relação ao método de água corrente.

TABELA 5 - Peso da matéria seca dos eixos hipocótilo/radicula das sementes de cafeeiro após condicionamento fisiológico em água corrente e água aerada nas épocas de fevereiro, março e abril. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Época	Método		
	Água corrente	Água aerada	Médias
Fevereiro	1,14 a A	1,15 a A	1,14
Março	0,78 b A	0,77 b A	0,77
Abril	0,61 c B	0,78 b A	0,69
Médias	0,84	0,90	

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Pode-se observar pela Figura10, que o condicionamento em fevereiro pelos diferentes métodos e tempos de embebição, propiciaram os maiores ganhos em peso de matéria seca dos eixos hipocótilo/radicula em relação a sua testemunha. Também os tratamentos de condicionamento fisiológico em março pelo método de água corrente por 12 dias de embebição e em abril pelo método de água aerada por 8 e 12 dias de embebição, proporcionaram peso de matéria seca de eixos superiores às suas respectivas testemunhas. Já os demais tratamentos de condicionamento nessas duas épocas não diferiram estatisticamente de suas testemunhas ou seja, não foram eficientes em elevar o peso de matéria seca dos eixos hipocótilo-radicula.

(F) fevereiro; (M) março; (A) abril; (HC) água corrente; (HA) água aerada; (D) dias; (T) sementes não-condicionadas; (**) significativo ao nível de 1% de probabilidade; (*) significativo ao nível de 5% de probabilidade; (NS) não significativo.

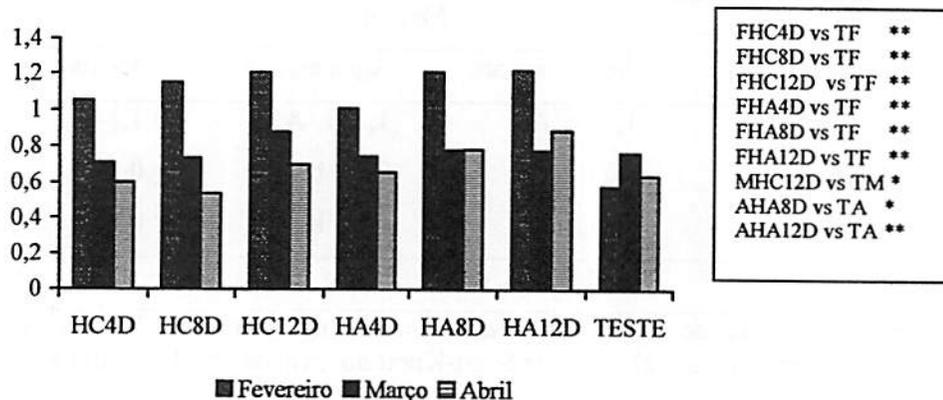


FIGURA 10 - Contrastes entre os resultados dos pesos de matéria seca de eixos hipocótilo/radicula das sementes de cafeeiro submetidas a diferentes métodos e tempos de condicionamento fisiológico e suas respectivas testemunhas. UFLA. Lavras-MG,2001.

3.6 Condutividade elétrica

Pela análise de variância apresentada na Tabela 1A foi verificado um efeito altamente significativo para época, método e tempo de condicionamento fisiológico das sementes, bem como as interações entre época e tempo e método e tempo sobre a condutividade elétrica.

Pelos resultados apresentados na Tabela 6, verifica-se um aumento significativo nos valores de condutividade elétrica do lixiviado das sementes nos tempos de 4 e 8 dias de embebição em função da época de condicionamento. Dessa forma, os valores de condutividade do lixiviado das sementes condicionadas em fevereiro foram significativamente menores do que aqueles das sementes condicionadas em março e das de abril. Por outro lado, os valores de condutividade das sementes que permaneceram no condicionamento por 12

dias não diferiram significativamente em função das épocas de condicionamento. Esses resultados são coerentes com aqueles obtidos nos demais testes que destacam fevereiro como a melhor época para o condicionamento, indicando que a partir do mês de março, as sementes podem se encontrar em estágios mais avançados de deterioração e necessitam de maior tempo de embebição para que seu sistema de membranas seja reestruturado.

TABELA 6 - Condutividade elétrica das sementes de café condicionadas em diferentes épocas e tempos de embebição. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Época	Tempo (Dias)			Médias
	4	8	12	
Fevereiro	3,44 a	2,86 a	3,12 a	3,14
Março	5,12 b	3,62 b	3,12 a	3,95
Abril	5,99 c	4,23 c	3,21 a	4,48

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Observa-se pela Figura 11, que nas sementes condicionadas no mês de fevereiro houve uma tendência de estabilidade no valor de condutividade elétrica no decorrer dos tempos de embebição, enquanto em abril foram observadas as maiores tendências de superioridade dos valores de condutividade elétrica de lixiviados de sementes de café, indicando mais uma vez a crescente desestruturação no sistema de membranas no decorrer dos meses de armazenamento. Observa-se ainda uma tendência decrescente no valor da condutividade elétrica, ao longo dos períodos de condicionamento, nas épocas de março e abril, com os menores valores de condutividade, no tempo de 12 dias de embebição.

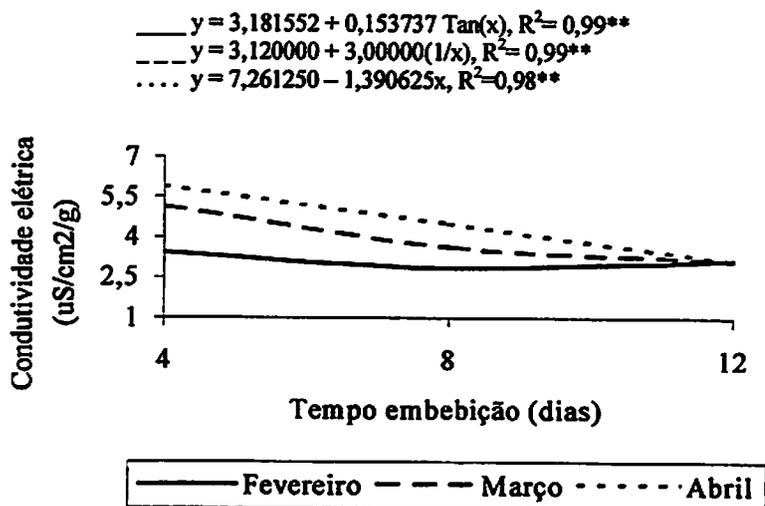


FIGURA 11 - Conduividade elétrica do lixiviado de sementes de cafeeiro após o condicionamento fisiológico em fevereiro, março e abril, por períodos de 4, 8 e 12 dias de embebição. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Observa-se pela Figura 12, uma tendência decrescente ao longo dos tempos de embebição para ambos os métodos de condicionamento, sendo que a embebição em água aerada propiciou menores valores de condutividade em relação ao método de água corrente. Isso provavelmente porque, no método de água aerada, os lixiviados liberados pelas sementes aumentam o potencial de restrição permitindo uma embebição mais controlada e, conseqüentemente uma melhor reestruturação do sistema de membranas durante o condicionamento, de modo que, com o aumento do tempo de embebição ocorre uma redução de lixiviados liberados. Por outro lado, no método de água corrente, ocorre uma constante lavagem de lixiviados não permitindo em ajuste do potencial hídrico da solução de embebição. Dessa forma, as sementes absorvem água mais rapidamente desorganizando o sistema de membranas e assim, os lixiviados continuam sendo liberados.

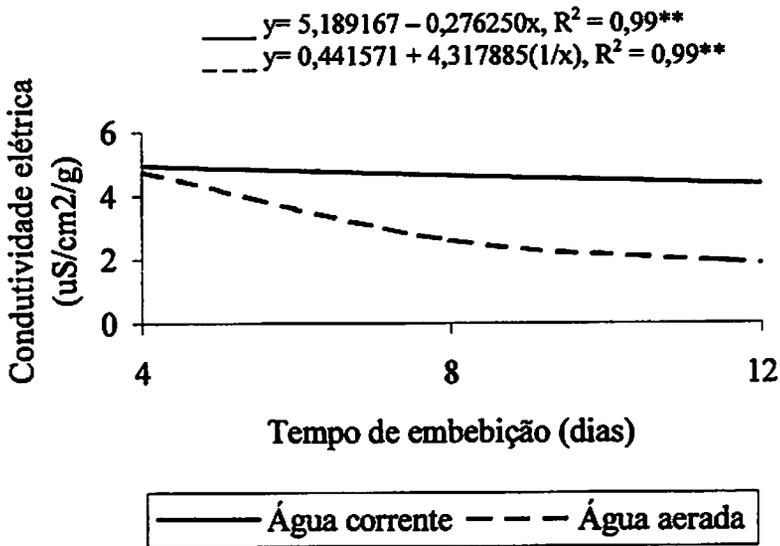


FIGURA 12 - Condutividade elétrica do lixiviado de sementes de cafeeiro após o condicionamento fisiológico em fevereiro, março e abril, por períodos de 4, 8 e 12 dias de embebição. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Verifica-se pela Figura 13, que de uma maneira geral todas as três testemunhas apresentaram maiores valores de condutividade elétrica em relação aos diversos tratamentos de condicionamento. Esses resultados sugerem uma reestruturação dos sistemas de membranas, proporcionado pelos tratamentos de condicionamento fisiológico. Quando as sementes secas são colocadas em contato direto com a água, embebem-se de forma bastante acelerada promovendo assim, uma desorganização no sistema de membranas. Desta forma, como as testemunhas eram sementes secas e ainda deterioradas com o armazenamento, quando foram colocadas na solução, embeberam-se rapidamente desestruturando ainda mais o sistema de membranas e, conseqüentemente, ocorreu uma maior liberação de lixiviados aumentando a condutividade elétrica da solução. Por outro lado, durante os tratamentos de

condicionamento, esse sistema de membranas tende-se a reestruturar e assim menos lixiviados são liberados.

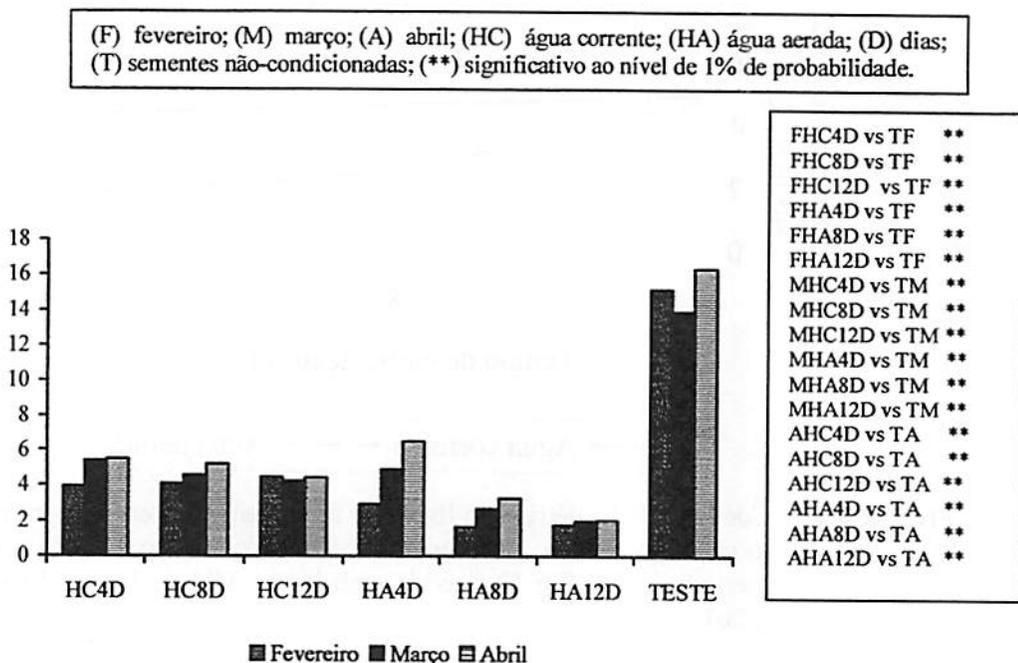


FIGURA 13 - Contrastes entre os resultados do teste de condutividade elétrica do lixiviado das sementes de cafeeiro submetidas a diferentes métodos de condicionamento fisiológico e suas respectivas testemunhas. UFLA. Lavras-MG,2001.

3.7 Índice de Velocidade de Emergência

Verifica-se pela Tabela 2A que para o índice de velocidade de emergência, houve efeito significativo pelo teste “F” ao nível de 1% para a época e tempo de condicionamento, assim como para a interação entre eles.

Observa-se na Tabela 7, que para sementes condicionadas no mês de fevereiro ocorreram os maiores índices de velocidade de emergência em todos os tempos de embebição. A época de abril resultou em índices

significativamente inferiores, reforçando assim os resultados obtidos pelos demais testes.

TABELA 7 - Índice de velocidade de emergência de sementes de cafeeiro ao final de cada época de condicionamento em função do tempo de embebição. UFLA, Lavras-MG, 2001

Época	Tempo (Dias)			Médias
	4	8	12	
Fevereiro	0,53 a	0,62 a	0,68 a	0,61
Março	0,41 b	0,43 b	0,60 b	0,48
Abril	0,32 c	0,37 b	0,38 c	0,36

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Pela Figura 14, pode-se observar uma tendência linear crescente do índice de velocidade de emergência das sementes condicionadas em fevereiro à medida que o período de tratamento se prolongou. Vale ressaltar que, independente do tempo de condicionamento, mais uma vez, o mês de abril foi o que apresentou o menor índice de velocidade de emergência e o de fevereiro, o maior.

Um aspecto importante abordado por diversos pesquisadores que por sua vez pode estar relacionado aos resultados obtidos neste trabalho, refere-se à maior resistência a condições de estresse, especialmente baixas temperaturas durante a germinação, decorrentes do condicionamento fisiológico. Esse benefício foi encontrado em sementes de diferentes espécies, a exemplo de soja osmocondicionadas com PEG 6000 por 4 e 8 dias a temperatura de 15°C (Knypl & Khan, 1981), sementes de alface osmocondicionadas com manitol a -8,4 atm por 4 dias a 20°C (Eira, 1988), sementes de milho doce imersas em água a 25°C por 36 horas (Gomes, 1997). Considerando a temperatura ambiente dos semeios

realizados nos meses de fevereiro, março e abril, é provável a influência da temperatura sobre a velocidade de germinação das sementes

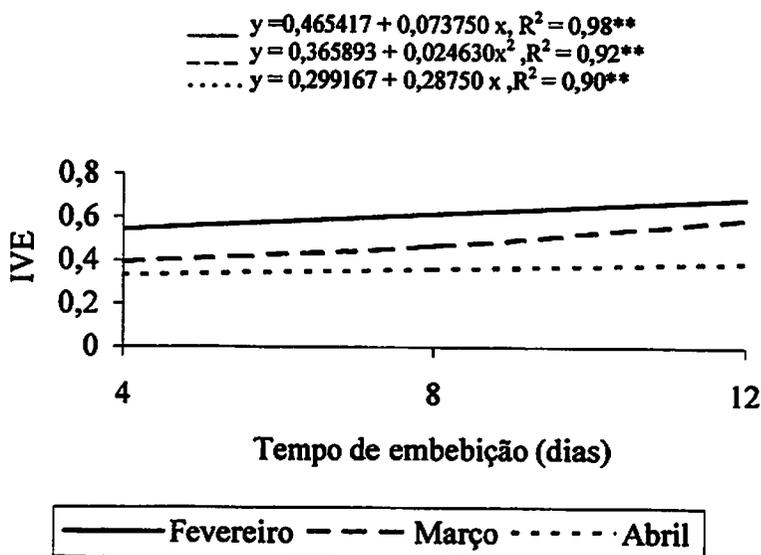


FIGURA 14 - Índice de velocidade de emergência de sementes de cafeeiro após o condicionamento fisiológico em fevereiro, março e abril, por períodos de 4, 8 e 12 dias de embebição. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Pela Figura 15, verifica-se que de uma maneira geral os tratamentos de condicionamento realizados em fevereiro propiciaram em média ganhos significativos em relação à velocidade de emergência quando comparados à testemunha. No mês de março, esse ganho só ocorreu no tratamento em água corrente por 12 dias de embebição e no mês de abril nenhum ganho significativo foi observado em relação a esse parâmetro.

(F) fevereiro; (M) março; (A) abril; (HC) água corrente; (HA) água aerada; (D) dias; (T) sementes não-condicionadas; (**) significativo ao nível de 1% de probabilidade.

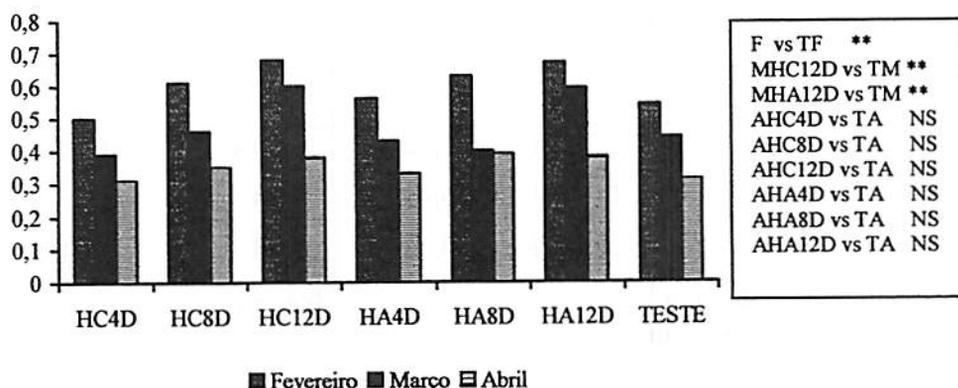


FIGURA 15 - Contrastes entre os resultados do índice de velocidade de emergência das sementes de café submetidas a alguns métodos de condicionamento fisiológico e suas respectivas testemunhas. UFLA. Lavras-MG,2001.

3.8 Porcentagem de mudas normais

Pela Tabela 2A, nota-se que o condicionamento fisiológico das sementes de café em diferentes épocas alterou significativamente a porcentagem de mudas normais obtidas em viveiro, revelando ainda a dependência entre época e tempo de embebição das sementes.

Pelos dados contidos na Tabela 8, verifica-se nas sementes condicionadas em fevereiro, uma porcentagem de mudas normais significativamente superior àquelas condicionadas em março e abril independente do tempo de embebição das sementes. Observa-se ainda que para o tempo de 12 dias de condicionamento em abril foi a época em que se obteve a menor porcentagem de mudas normais, ao passo que nos tempos de 4 e 8 dias, não houve diferença significativa para os resultados obtidos nos meses de março e abril, o que vem reforçar os resultados obtidos pelos demais testes.

TABELA 8 - Porcentagem de mudas normais obtidas de sementes de cafeeiro submetidas ao condicionamento fisiológico em função da época e tempo de embebição. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Época	Tempo (Dias)			Médias
	4	8	12	
Fevereiro	84,37 a	86,72 a	93,75 a	88,28
Março	61,72 b	66,41 b	77,34 b	68,49
Abril	54,69 b	60,16 b	38,28 c	51,04

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Pela Figura 16, observa-se que nos meses de fevereiro e março houve uma tendência linear crescente na porcentagem de mudas normais obtidas no teste de emergência das sementes de cafeeiro submetidas ao condicionamento fisiológico, em função do período de embebição. Verifica-se ainda que o condicionamento por 12 dias foi o que propiciou maior percentual de mudas normais nessas duas épocas. Além de abril ter sido o período em que se obteve a menor porcentagem de mudas normais, observa-se tendência de queda para esse parâmetro em tempos de condicionamento superiores a 8 dias. Esses resultados sugerem que, apesar de tempos de embebição superiores a 8 dias acelerarem o processo germinativo em sementes condicionadas em Abril (Figura 3), não propiciam aumento no número de mudas normais, ou seja, em sementes mais deterioradas, o condicionamento por tempos superiores a 8 dias não favorecem a obtenção de mudas normais.

$$\begin{aligned} \text{---} & y = 78,906250 + 4,687500x, R^2 = 0,92^{**} \\ \text{---} & y = 52,864583 + 7,812500x, R^2 = 0,94^{**} \\ \text{---} & y = 34,383771 + 26,414711 \text{sen}(x), R^2 = 0,97^{**} \end{aligned}$$

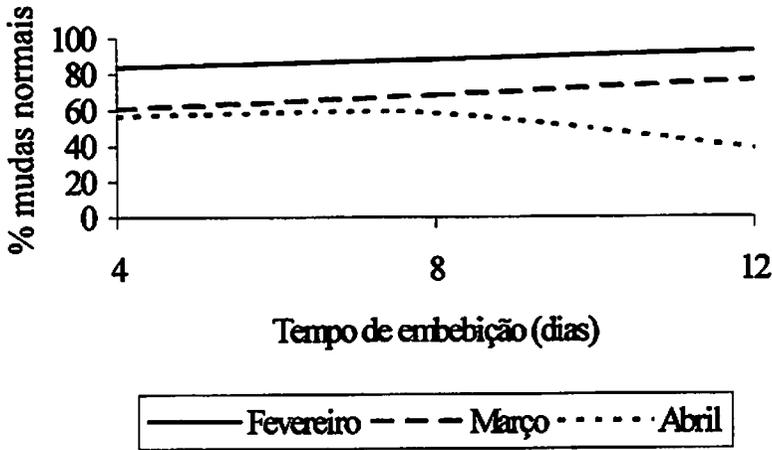


FIGURA 16 - Porcentagem de mudas normais ao final do teste de emergência obtidas de sementes de cafeeiro após o condicionamento fisiológico em fevereiro, março e abril, por períodos de 4, 8 e 12 dias de embebição. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Verifica-se em média, que as sementes submetidas aos diversos tratamentos de condicionamento não diferiram estatisticamente da testemunha quanto à porcentagem de mudas normais, com exceção daquelas condicionadas em março no tratamento em água corrente por 4 dias, que foi significativamente inferior à sua testemunha (Figura 17). Guimarães (1995) determinou que para acelerar o processo germinativo de sementes de cafeeiro, estas devem ter o endocarpo retirado e não devem sofrer nenhum tipo de imersão. Vale lembrar, que as sementes não condicionadas, assim como aquelas que foram submetidas aos tratamentos, tiveram o seu endocarpo retirado, o que neste caso pode ter sido o suficiente para acelerar o processo de germinação.

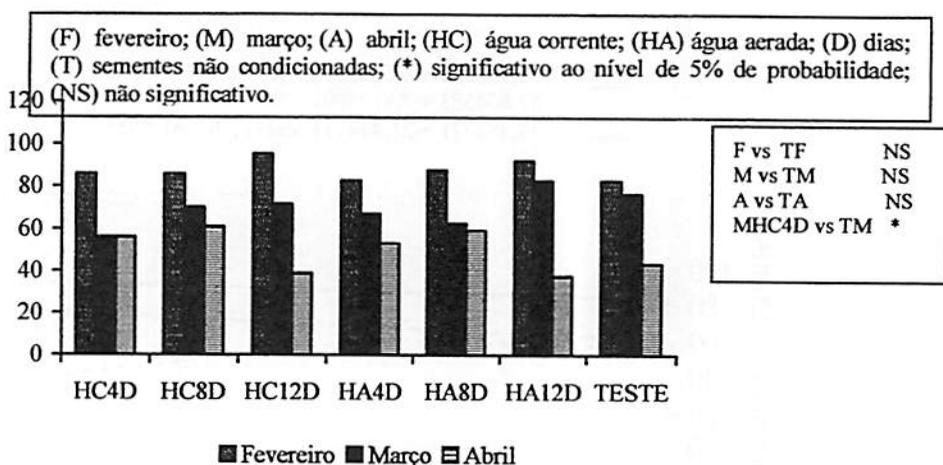


FIGURA 17 - Contrastes entre os resultados da porcentagem de mudas normais obtidas em viveiro de mudas, das sementes de cafeeiro submetidas a diferentes métodos de condicionamento fisiológico e suas respectivas testemunhas. UFLA. Lavras-MG,2001.

3.9 Área Foliar, Altura e diâmetro do caule

Observa-se pela Tabela 3A que com relação aos parâmetros área foliar, altura de mudas e diâmetro de caule, houve efeito significativo pelo teste “F” para a época de condicionamento, bem como para a interação entre época e tempo de condicionamento.

Pelos resultados contidos na Tabela 9, verifica-se que as sementes condicionadas em fevereiro, resultaram em mudas com maior área foliar, maior comprimento de planta e também com maior diâmetro de caule em todos os tempos de embebição estudados, com exceção para sementes condicionadas por 4 dias, cujos valores obtidos para as características área foliar e altura de mudas, não diferiram daqueles obtidos pelas sementes condicionadas em fevereiro e março. Por outro lado, os tratamentos onde as sementes foram condicionadas por

TABELA 9 – Área foliar, altura de mudas e diâmetro de caule, obtidas de sementes de cafeeiro ao final de cada época de condicionamento em função de cada tempo de embebição. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Época	Área Foliar (cm ²)			Altura de mudas (cm)			Diâmetro caule (mm)		
	Tempo (dias)			Tempo (dias)			Tempo (dias)		
	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Fevereiro	3,73 a	3,92 a	4,21 a	12,57a	14,78a	16,58a	0,25 a	0,25 a	0,28 a
Março	3,39 a	3,10 b	2,73 b	10,50a	9,67 b	8,48 b	0,21 b	0,20 b	0,20 b
Abril	2,47 b	2,61 c	2,43 b	7,69 b	8,43 b	6,77 b	0,19 b	0,20 b	0,20 b

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

4 e 8 dias em abril, proporcionaram mudas com menor área foliar, sendo que o condicionamento por 4 dias proporcionou ainda mudas com alturas inferiores. É importante ressaltar que as mudas obtidas das sementes condicionadas em março e abril, além de um maior tempo de armazenamento (1 e 2 meses respectivamente) em relação às de fevereiro, foram semeadas também com 1 e 2 meses de diferença após aquelas de fevereiro, ou seja, por ocasião das avaliações, enquanto as sementes condicionadas em fevereiro apresentavam mudas com 10 meses, as de março e abril apresentavam mudas com 9 e 8 meses, respectivamente. Esse fato pode ter influenciado nos resultados, porém quando as sementes foram avaliadas logo após os tratamentos pelos testes de laboratório, a época de fevereiro foi também a que mais se destacou entre os diversos tratamentos de condicionamento fisiológico considerados.

Na Figura 18, estão apresentados os resultados da altura e da área foliar de mudas após os tratamentos das sementes analisados em esquema fatorial. Observa-se uma tendência linear crescente em fevereiro, tanto para a característica altura de mudas, como para a área foliar. Por outro lado, para as

sementes condicionadas em março, verifica-se uma tendência linear decrescente ao longo do tempo de condicionamento para ambas as características. Já os mais baixos valores de área foliar e altura de mudas independente do tempo de condicionamento em que as sementes foram submetidas, foram propiciados pelas sementes condicionadas em abril.

$$\begin{aligned} \text{--- } y &= 10,628333 + 2,007500x \quad (R^2 = 0,99^{**}) \\ \text{-- -- } y &= 11,572083 - 1,011250x \quad (R^2 = 0,99^{**}) \\ \text{... } y &= 6,489287 + 1,812152 \text{ sen } x \quad (R^2 = 0,86^{**}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{--- } y &= 3,470641 + 0,241706 x \quad (R^2 = 0,99^{**}) \\ \text{-- -- } y &= 3,737489 - 0,330303 x \quad (R^2 = 0,99^{*}) \\ \text{... } y &= 2,492894 - 0,039268 \text{ Tan } x \quad (R^2 = 0,58^{**}) \end{aligned}$$

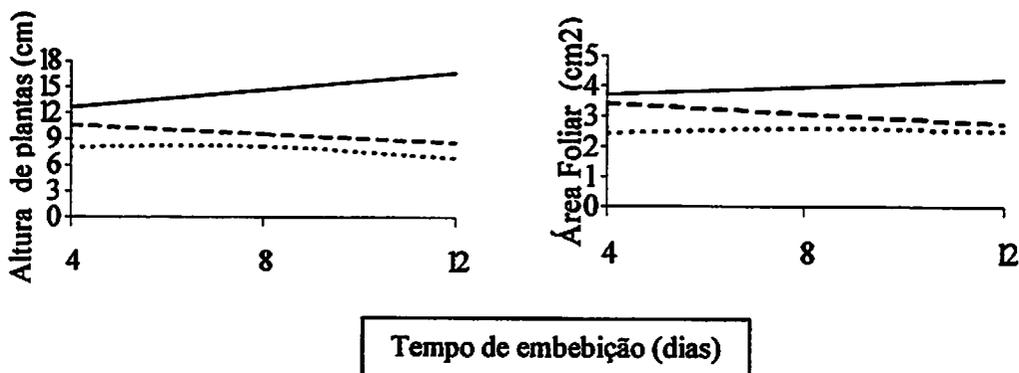


FIGURA 18 - Altura e área foliar de mudas de café após o condicionamento fisiológico das sementes em fevereiro, março e abril, por períodos de 4, 8 e 12 dias de embebição. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Para a característica diâmetro de caule das mudas, verifica-se pela Figura 19 que em fevereiro, observou-se uma tendência linear crescente em relação a esse parâmetro, ao passo que em março e abril verificou-se uma tendência decrescente, com tendência a igualar a partir do tempo de 8 dias de embebição das sementes. Independente do tempo de condicionamento, as sementes condicionadas em fevereiro proporcionaram os maiores diâmetros médios de caule assim como ocorreu para as variáveis altura e área foliar média

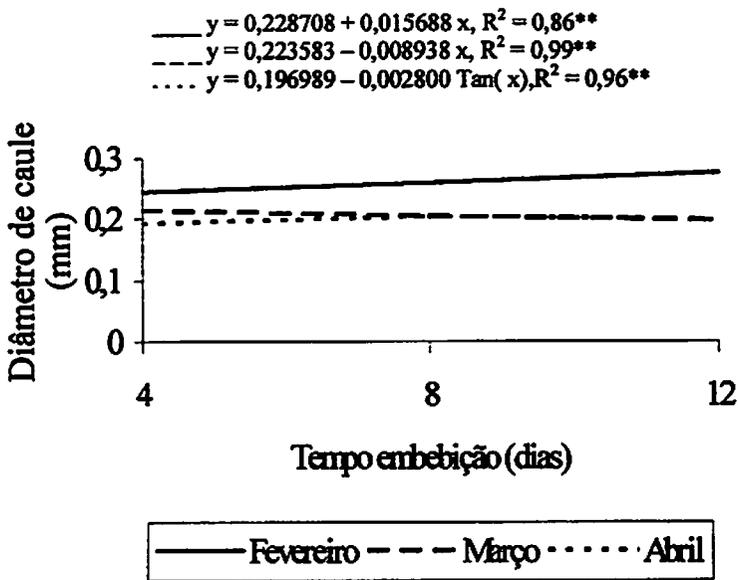


FIGURA 19 - Diâmetro de caule de mudas de cafeeiro após o condicionamento fisiológico das sementes em fevereiro, março e abril, por períodos de 4, 8 e 12 dias de embebição. UFLA, Lavras-MG, 2001.

de mudas (Figura 18). Vale ressaltar, no entanto, que não foram detectadas diferenças significativas para as características área foliar, altura e diâmetro de caule de mudas entre as testemunhas e os tratamentos de condicionamento das sementes. Dessa forma, pode-se dizer que os tratamentos de condicionamento fisiológico em sementes de cafeeiro não foram eficientes em incrementar os valores de tais características.

3.10 Peso da matéria seca da parte aérea de mudas

Pela tabela 2A, pode-se observar que, com relação ao peso da matéria seca da parte aérea de mudas, houve efeito significativo somente para a época de condicionamento.

Na Tabela 10, é possível verificar que assim como ocorreu para as demais características de mudas analisadas, o maior peso seco de parte aérea de

mudas foi obtido pelas sementes condicionadas em fevereiro, sendo que em abril foi a época que resultou na menor média.

Os resultados das comparações entre as testemunhas e os tratamentos não foram significativos, ou seja, da mesma forma que ocorreu nas avaliações das demais características de plantas, não houve diferença entre os tratamentos e as testemunhas com relação ao peso seco de planta (Tabela 2A).

TABELA10 - Peso seco da parte aérea de mudas de cafeeiro ao final de cada época de condicionamento fisiológico das sementes de cafeeiro. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Época	Médias (g)
Fevereiro	0,78 a
Março	0,61 b
Abril	0,51 c

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

4 CONCLUSÕES

O condicionamento fisiológico de sementes armazenadas e semeio em fevereiro permite disponibilizar mudas de cafeeiro para plantio em dezembro.

O condicionamento em água aerada propicia maiores incrementos na qualidade fisiológica de sementes de cafeeiro armazenadas.

O tempo de 12 dias de embebição é o mais eficiente para acelerar o processo germinativo de sementes de cafeeiro.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BEGAZO, J.C.H.O.; PAULA, J.F.de. Considerações sobre o preparo do café visando a melhoria da qualidade. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.126, p.76-78, jun. 1985.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum, 1994. 445p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análises de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

BURGASS, R.W.; POWELL, A.A. Evidence for repair processes in the invigoration of seeds by hydration. **Annals of Botany**, New York, v.53, p.753-757, 1984.

CAIXETA, I.F. **Maturação fisiológica da semente de cafeeiro cv. Mundo Novo**. 1981. 48p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CAMARGO,R. **Condicionamento fisiológico de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**, 1998. 108p. Tese (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CARVALHO, M.M.de. **Formação de mudas**. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.4, n.44, p.14-18, 1978.

EIRA, M.T.S. **Condicionamento osmótico de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.): Efeitos sobre a germinação e desempenho sob estresses hídrico, salino e térmico.**, 1988. 90 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

GIÚDICE, M. P. DEL. **Condicionamento osmótico de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1996. 117p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

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. 1995. 133p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GUIMARÃES, R.M. Tolerância à dessecação e condicionamento fisiológico em sementes de cafeeiro (*Coffea arabica*, L.), 2000. 180p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

HEYDECKER, W.; COOLBEAR, P. Treatments for improved performance survey and attempted prognosis. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.5, n.2, 353-425, 1977.

HEYDECKER, W.; HIGGINS, B.M. The priming of seeds. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 83, p.231-223, 1978.

HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, Y.J. Invigoration of seeds? *Seed Science and Technology*, Zurich, v.3; p.881-888, 1975.

KHAN, A.A.; BRAUN, J.W.; TAO, K.L.; MILLER, W.F.; BENSIN, R.F. New methods for maintaining seed vigor and improving performance. *Journal of Seed Technology*, Lansing, v.1, n.2, p.33-57, 1976.

KHAN, A.A.; PECK, N.H.; SAMIMY, C. Seed osmoconditioning, physiological and biochemical changes. *Israel Journal of Botany*, Jerusalem, v.29, n.1/4, p.133-44, 1980/81.

KNYPL, J.S. KHAN, A.A. Osmoconditioning of soybean seeds to improve performance at suboptimal temperatures. *Agronomy Journal*, Madison, v.73, p.112-116, 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.). *Informe Abrates*, Curitiba, v.7, n.1/2, p.107, 1997.

LIMA, W.A.A.; Condicionamento Fisiológico, Germinação e Vigor de Sementes de Café (*Coffea arabica* L.). 1999.69p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa

MAGUIRRE, J.D. Speed of germination – aid seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2,n.2,p.176-177,Mar./Apr.1962.

PANDEY, D.K. Priming induced alleviation of the effects of natural ageing derived selective leakage of constituents in French bean. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.16, p.527-32, 1989.

PARERA, C.A.; CANTLIFFE, D.J. Presowing seed priming. **Horticultural Reviews**, Cairo, v.16. p.109-39, 1994.

POWELL, A. A.; MATTHEWS, S. The damaging effect of water on dry pea embryos during imbibition. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.29,n.112, p.1215-1229, 1978.

CAPITULO 3

EFEITOS DE TEMPOS E TEMPERATURAS DE CONDICIONAMENTO SOBRE A QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE CAFEIEIRO (*Coffea arabica*, L.) SOB CONDIÇÕES IDEAIS E DE ESTRESSE TÉRMICO, HÍDRICO E SALINO

RESUMO

LIMA, Sílvia Mara Pacheco. Efeitos de tempos e temperaturas de condicionamento sobre a qualidade fisiológica de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica*, L.) sob condições ideais e de estresse térmico, hídrico e salino. Lavras: UFLA, 2001.161p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).

Pela presente pesquisa teve-se como objetivos estudar tempos e temperaturas mais adequadas para o condicionamento fisiológico e avaliar os efeitos dessa técnica na germinação sob condições de estresse, de sementes de cafeeiro armazenadas. Para tanto, ela foi conduzida nos Laboratórios de Análise de Sementes e Técnicas Moleculares do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras e Laboratório de Análises Bioquímicas da EPAMIG, utilizando-se sementes de café da cultivar Acaiaí do cerrado. As sementes foram colhidas nos campos de produção da UFLA e armazenadas em condições de ambiente de Agosto/2000 a Janeiro/2001, quando foram submetidas ao condicionamento em água nas temperaturas de 15, 25 e 35°C por 4, 8 12 dias de embebição. O condicionamento foi realizado em câmaras tipo BOD, na presença de luz, e a aeração foi feita através de compressores e bombas de aquário. Após cada tratamento, as sementes foram imediatamente submetidas a determinação do teor de água e avaliadas pelos testes de germinação e índice de velocidade de germinação sob estresse hídrico (-0,4 e -0,6MPa), estresse salino (-0,4 e -0,6MPa), estresse térmico (20 e 35°C) e eletroforese de enzimas. Parte das sementes foi congelada a -86°C e posteriormente submetida a análises para determinação dos teores de compostos fenólicos, ácido clorogênico, atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase. Para a comparação foram utilizadas sementes sem tratamento de embebição. Pelos resultados conclui-se que as sementes condicionadas em água à 15 e 25°C tiveram um melhor desempenho na germinação em condições de estresse térmico, hídrico e salino; o condicionamento à 35°C não foi apropriado; o condicionamento por 4 dias foi

***Comitê Orientador:** Dr. Renato Mendes Guimarães (Orientador), Dr.^a Maria das Graças Guimarães Carvalho Vieira - UFLA, Dr. João Almir Oliveira - UFLA.

o menos eficiente em melhorar a qualidade fisiológica das sementes, e o condicionamento fisiológico em água mostrou-se eficaz ao revigoramento principalmente à 25°C por 12 dias.



ABSTRACT

LIMA, Sílvia Mara Pacheco. **Effects of the times and temperatures of conditioning on the physiological quality of coffee seeds (*Coffea arabica* L.) under ideal conditions and under thermal, hydric and saline stress**
Lavras: UFLA, 2001. 161p. (Dissertation – Master in Crop Science)

The goal of this work was the evaluation of the adequate times and temperatures for the physiological conditioning and effects of this technique in the germination on stress conditions, of stored coffee seeds. The experiment was performed in the Seed and Molecular Techniques Laboratories of the UFLA's Agriculture Department and EPAMIG's Biochemical Analysis Laboratory. The seeds used were from the cultivar Acaia Cerrado. The seeds were harvested in the coffee seed production fields at UFLA and stored at room temperature from August/2000 to January/2001, when they were submitted to physiological conditioning under temperatures of 15, 25 and 35°C for 4, 8 and 12 days of imbibition in water. The conditioning was realized in BOD chambers in presence of light and the air was pumped using small aquarium pumps and compressors. After each treatment the seeds were immediately submitted to the determination of the water content and evaluated through the germination and germination velocity tests under hydric stress (-0,4 and -0,6MPa), saline stress (- 0,4 and - 0,6MPa), thermal stress (20 and 35°C) and enzymes eletrophoresis. Part of the seeds were frozed at -86°C and posteriorly submitted to analysis to determinate the phenol components contents, chlorogenic acid, and the poliphenoxidase and peroxidase enxzyme activities. For comparison seeds without the imbibing treatment were utilized. The results permitted to concluded that the water conditioning at 15 and 25°C were efficient in increasing the germination and vigor of coffee seeds under hydric, thermal and saline stress conditions, the conditioning at 35°C was not appropriated, the conditioning for 4 days was the less efficient in improving the physiological quality of seeds, and the physiological conditioning in water was efficient in recovering the vigor, specially at 25°C for 12 days.

***Guidance Committee:** Dr. Renato Mendes Guimarães (Major Professor), Dr.^a Maria das Graças Guimarães Carvalho Vieira - UFLA, Dr. João Almir Oliveira – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

Durante a germinação de sementes, a fase mais crítica é representada pelo período compreendido entre a semeadura e a emergência de plântulas. Neste período, as condições ambientais podem não ser adequadas, ocorrendo freqüentes estresses físicos, tais como temperaturas supra ótimas, excesso ou deficiência de água, ocorrência de microorganismos entre outros.

As sementes de cafeeiro apresentam algumas características indesejáveis como a rápida perda da viabilidade e germinação lenta e desuniforme. Tais características levam à necessidade de empregar tratamentos a essas sementes a fim de lhes proporcionar um melhor desempenho.

A técnica de condicionamento fisiológico de sementes tem sido bastante estudada em diversas espécies e vem se destacando entre os tratamentos pré germinativos em sementes de cafeeiro. Entre as diversas vantagens da técnica, podemos destacar a possibilidade de se obter uma germinação mais rápida e sincronizada, emergência precoce das plântulas e ainda capacitar a semente a germinar a temperaturas subótimas. Desta forma, o uso de uma técnica de condicionamento fisiológico adequada em sementes de cafeeiro poderá permitir ganhos significativos no estabelecimento da lavoura, com um menor índice de replantio, além do desenvolvimento mais rápido das mudas, implicando o retorno mais ligeiro dos investimentos. Cabe ressaltar ainda que essa melhoria no desempenho germinativo poderia diminuir o gasto com sementes e principalmente permitir a utilização de sementes de cafeeiro armazenadas.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos de temperaturas e tempos de condicionamento fisiológico sob o desempenho de sementes de cafeeiro em condições de estresse hídrico, térmico e salino.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Análise de Sementes e Técnicas Moleculares do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (MG) e Laboratório de Análises Bioquímicas da EPAMIG, utilizando-se sementes de cafeeiro da cultivar Acaia do Cerrado safra 2000, colhidas nos campos de produção de sementes da UFLA. As sementes permaneceram armazenadas em condições de ambiente de Agosto/2000 a Janeiro/2001 quando foram iniciados os testes.

As sementes foram selecionadas, eliminando-se aquelas mal formadas e quebradas e em seguida, o endocarpo (pergaminho) foi retirado pelo processo manual. Por ocasião da instalação dos testes, as sementes se encontravam com uma germinação inicial de 59% determinado pelo teste de tetrazólio e umidade de 11,04% determinada pelo método de estufa $105^{\circ} \text{C} \pm 3^{\circ} \text{C}$ por 24 horas, conforme prescrições das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

2.1 Condicionamento Fisiológico em diferentes tempos e temperaturas

As sementes foram submersas em água no interior de três recipientes plásticos com capacidade de 3 litros, de modo que o nível da água sobrepunha o nível das sementes. Cada recipiente foi colocado no interior de câmaras tipo BOD, na presença de luz e temperaturas de 15, 25 e 35°C cada um.

A aeração foi realizada durante todo o período de condicionamento (4, 8 e 12 dias) por meio de injeção de ar com compressor para aquário e com uma bomba especial para filtro de aquário (Whisper-Power filterer) que promovia a circulação da água que caía em forma de uma cascata.

Decorridos 4, 8 e 12 dias de embebição, as sementes foram retiradas e submetidas às avaliações. Simultaneamente, como testemunha, foram avaliadas as sementes não condicionadas.

2.2 Determinação do grau de umidade

Foram tomadas duas repetições de aproximadamente 10g de sementes que foram colocadas em recipientes de alumínio (diâmetro de 4cm), pesadas e secas à 105° C ± 3 ° C por 24 horas conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992). Os resultados foram expressos em porcentagem.

2.3 Teste de germinação e índice de velocidade de germinação sob condições ideais de temperatura

Foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes, dispostas em 2 rolos de 25 sementes cada um para cada tratamento. O substrato utilizado foi o rolo de papel toalha umedecido com água na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. As sementes permaneceram em germinador à 30°C, na presença de luz. As contagens do número de sementes germinadas (protusão radicular de no mínimo 1 mm de comprimento) foram realizadas a cada três dias até a completa estabilização do estande.

Posteriormente, foi calculado o índice de velocidade de germinação, de acordo com a fórmula de Maguirre (1962):

$$IVPR = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_n}{N_n}$$

Em que:

IVPR= índice de velocidade de protusão radicular;

G_1, G_2, \dots, G_n = número de sementes com radículas emergidas, computadas na primeira contagem, segunda contagem, ..., última contagem;

N_1, N_2, \dots, N_n = número de dias de semeadura à primeira, segunda, ..., última contagem.

Após 30 dias, foram realizadas as avaliações segundo os critérios das RAS (Brasil,1992) para obtenção dos resultados da porcentagem de germinação.

2.4 Teste de germinação e índice de velocidade de germinação sob condições de estresse térmico

A metodologia utilizada foi semelhante à descrita no item 2.3, porém, em câmaras reguladas à 20°C e 35°C.

2.5 Teste de germinação e índice de velocidade de germinação sob condições de estresse hídrico

Conduzido de forma semelhante ao item 2.3, sendo porém, o substrato umedecido com soluções de polietileno glicol de potenciais osmóticos iguais a -0,4 e -0,6 MPa, simulando condição de estresse hídrico, durante a germinação.

Para calcular a quantidade de polietileno glicol (PEG) utilizada na preparação da solução de umedecimento do substrato, utilizou-se o software SPPM (Michel & Radcliffe, 1995), considerando a temperatura de 30°C.

2.6 Teste de germinação e índice de velocidade de germinação sob condições de estresse salino

Conduzido de forma semelhante ao item 2.3, sendo porém, o substrato umedecido com soluções de cloreto de sódio com concentrações correspondentes a -0,4 e -0,6MPa. Para calcular a quantidade de NaCl utilizada

na preparação da solução de umedecimento do substrato, utilizou-se o software SPPM (Michel & Radcliffe, 1995), considerando a temperatura de 30°C.

2.7 Determinação de Compostos fenólicos

A determinação de compostos fenólicos contido nas sementes foi realizada com 2 repetições por tratamento. Tais compostos foram extraídos pelo método de Swain & Hillis (1959) e identificados de acordo com o método de Folin Denis, descrito pela Association Of Official Analytical Chemists (1970).

2.8 Determinação de ácido clorogênico

Para determinação da porcentagem de ácido clorogênico presente nas sementes foram utilizadas 2 repetições para cada tratamento. Pesou-se 0,5 gramas de sementes de café moídas e extraiu-se o ácido clorogênico total por meio de refluxo com isopropanol 70% em água durante 4 horas à 50°C . Após resfriar, os extratos foram completados até 100 mL com isopropanol 70%. Em seguida, incubou-se 1mL do extrato misturado ao reagente metaperiodato a 0,25%, por 10 minutos à 27°C. A leitura foi realizada em espectrofotometro Shumaz a 406nm. A amostra de referência (branco), foi constituída de 1,0 mL de isopropanol 70% e 10 mL do reagente metaperiodato a 0,25%.

2.9 Determinação da atividade da enzima polifenoloxidase

A determinação da atividade da enzima polifenoloxidase foi realizada com 2 repetições de cada tratamento. O método utilizado para a extração da enzima foi o mesmo descrito por Draetta & Lima (1976), tendo sido pesados 5 g da amostra de café previamente moída e adicionados 40 mL da solução de

fosfato de potássio $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ a pH 6,0, agitou-se a amostra por 5 minutos. Todo o material utilizado foi mantido gelado. Após a agitação, foi feita a filtração, utilizando-se papel de filtro Whatman nº 1. A atividade da polifenoloxidase foi determinada pelo método descrito por Ponting & Joslyng (1948), utilizando-se o extrato da amostra sem DOPA (3,4 dihidroxifenilalanina) como branco, expressa em Unidades/minuto/gramas de amostra.(U/min/g).

2.10 Determinação da atividade da enzima peroxidase

Foi realizada mediante duas repetições de cada tratamento. Em 5g de sementes de café moídas, adicionaram-se 40 mL de tampão fosfato pH 6,0, e agitou-se em gelo por 5 minutos. A mistura foi filtrada em papel whatmanm número 1. A seguir, 1 mL do filtrado foi colocado em tubo de ensaio ao qual foram adicionados 2 mL de tampão ácido cítrico pH 5,0 e incubado por 5 minutos à 30°C. Adicionaram-se 0,4 mL de H_2O_2 a 0,08%; 0,4 mL de guaiacol a 0,5% e incubou-se novamente por 15 minutos à 30°C. A leitura foi realizada em espectrofotômetro Schmaz, a 470 nm. A amostra referência (branco) constou de 1mL do filtrado (amostra); 2 mL de tampão ácido cítrico pH 5,0 e 0,8 mL de água destilada. Os resultados foram expressos em Unidades/minuto/gramas de amostra.(U/min/g).

2.11 Análise eletroforética

Ao final de cada tratamento, procedeu-se a extração de embriões de 200 sementes, sendo que para extrair os embriões da testemunha (sementes não condicionadas), as sementes foram embebidas em água destilada por 24 horas para facilitar a extração. À medida que eram extraídos, os embriões foram

colocados em microtubos contendo antioxidante (PVP – 40). Ao final da extração, os microtubos contendo os embriões foram imediatamente congelados por submersão em nitrogênio líquido por 15 segundos e mantidos em deep-freezer à -86°C . No momento da extração, os embriões de cada tratamento foram triturados em mortar na presença de nitrogênio líquido.

A extração das enzimas foi efetuada adicionando-se a 100 mg do pó dos embriões 250 μL do tampão de extração (0,2M Tris, pH 8,0, 0,1% β mercaptoetanol, 0,4% PVP, 0,4% PEG, 1mM EDTA). O homogeneizado foi incubado em gelo por 2 horas e centrifugado a 16000 xg a 4°C por 60 minutos. Posteriormente 60 μL do sobrenadante de cada tratamento foram aplicados nos géis de poli-acrilamida a 4,5% (gel concentrador) e 7,5% (gel separador). As corridas eletroforéticas foram desenvolvidas a 150 V por cerca de 4 horas. Após a migração eletroforética os géis foram revelados para álcool desidrogenase (ADH) e isocitrato desidrogenase (IDH) de acordo com metodologia descrita por Alfenas (1991).

2.12 Procedimento estatístico

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial $(3 \times 3) + 1$, sendo três períodos de embebição (4, 8 e 12 dias), três diferentes temperaturas de condicionamento (15°C , 25°C e 35°C) e um tratamento adicional (sementes não condicionadas). Para a determinação do grau de umidade, compostos fenólicos, ácido clorogênico e quantificação das enzimas polifenol e polifenoloxidase foram utilizadas duas repetições, para as demais avaliações foram utilizadas 4 repetições. Foi realizada análise de variância para todos os parâmetros analisados, excetuando-se para análise eletroforética. Os fatores temperatura e tempo de condicionamento foram avaliados por meio de análise de regressão. O tratamento adicional teve sua média contrastada com todos os tratamentos do fatorial.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Observações preliminares

Pelos resumos das análises de variância dos dados referentes a todas as avaliações realizadas após os diversos tratamentos de condicionamento fisiológico das sementes de cafeeiro, podem-se observar diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 4A; 5A; 6A e 7A). Os contrastes, considerando o tratamento adicional e os tratamentos em fatorial, foram analisados e serão discutidos sempre que a comparação for relevante.

3.2 Grau de umidade das sementes

Verifica-se nas sementes condicionadas à 15, 25 e 35°C, uma tendência crescente ao longo do período de condicionamento, sendo que aquelas condicionadas à temperatura de 35°C atingiram um patamar de umidade mais elevado aos 4 e 8 dias de condicionamento. Já aos 12 dias de embebição houve uma tendência a igualar os graus de umidade das sementes independente das temperaturas de condicionamento (Figura 1a).

Pela Figura 1b, na qual está apresentado o comportamento do grau de umidade das sementes em função da temperatura de condicionamento, verifica-se também uma tendência crescente da umidade à medida que a temperatura aumenta. Pode-se verificar ainda no tempo de 4 dias de embebição, um patamar de umidade mais reduzido, o que pode ser justificado por ser este o menor tempo estudado, mostrando dessa forma que as sementes continuaram absorvendo água até os 12 dias.

$$\blacksquare Y = 63,990577 - 9,767308(1/x), R^2 = 0,99^{**}$$

$$\blacklozenge Y = 57,523333 + 0,910000x, R^2 = 0,96^{**}$$

$$\blacktriangle Y = 58,755000 + 0,705000x, R^2 = 0,92^{**}$$

$$\blacksquare Y = 62,066154 - 7,804615(1/x), R^2 = 0,99^{**}$$

$$\blacklozenge Y = 58,406667 + 0,642500x, R^2 = 0,96^{**}$$

$$\blacktriangle Y = 60,582305 + 0,158296 \tan(x), R^2 = 0,76^{**}$$

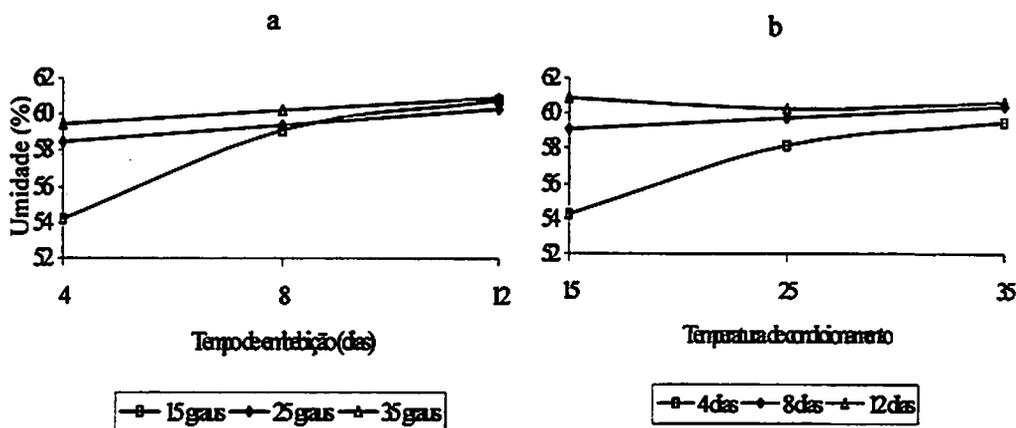


FIGURA 1 - Estimativa do grau de umidade (%) de sementes de cafeeiro após o condicionamento fisiológico a temperaturas de 15, 25 e 35°C, por períodos de 4, 8 e 12 dias de embebição. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Verifica-se que o teor de água das sementes após os tratamentos de condicionamento foram significativamente superiores à testemunha (Figura 2). O maior grau de umidade foi verificado nas sementes condicionadas por 12 dias à 35°C (60,75%) ao passo que o menor, nas sementes condicionadas por 4 dias à 15°C (54,22%). Nota-se que a imersão em água por 4 dias já resultou em elevados teores de água, como deveria de se esperar, em função da ausência de restrição da embebição pelo potencial hídrico do meio. A absorção de água pelas sementes é caracterizada como sendo um processo altamente condicionado a propriedades físico químicas, controlada pelas propriedades da água. Dessa forma, a embebição está relacionada com as propriedades dos colóides, sofrendo

(1) 4 dias 15°C; (2) 4 dias 25°C; (3) 4 dias 35°C; (4) 8 dias 15°C; (5) 8 dias 25°C; (6) 8 dias 35°C; (7) 12 dias 15°C; (8) 12 dias 25°C; (9) 12 dias 35°C; (10) testemunha; (**) significativo ao nível de 1% de probabilidade

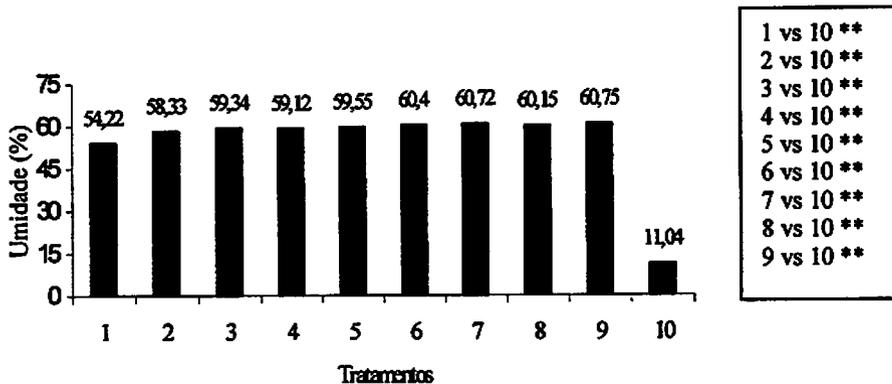


FIGURA 2 - Contrastes entre os resultados das determinações de umidade relativas ao tratamento adicional (testemunha) e os métodos de condicionamento do esquema fatorial. UFLA, Lavras-MG, 2001.

influência das condições ambientais e da composição do solvente que afeta a velocidade do processo (Labouriau, 1983). Assim, a falta de um agente restritor da embebição neste estudo possibilitou grandes ganhos de umidade logo no início do processo de embebição quando as sementes foram condicionadas por 4 dias, principalmente à temperatura de 35°C. Vale ressaltar que, embora na maioria dos tratamentos tenha sido verificado um teor de água superior a 55,1%, umidade, na qual de acordo com Lima et al.(1997) ocorre a protusão da radicular, isso não foi verificado em nenhuma semente. Tal fato pode estar relacionado tanto aos períodos de tempo de embebição das sementes, quanto a alguma barreira física, possivelmente o endosperma, os quais possam ter impedido a germinação.

3.3 Índice de velocidade de germinação sob condição térmica de 30°C

Verifica-se pela Figura 3a uma tendência linear decrescente do índice quando as sementes foram condicionadas à 25°C e 35°C no decorrer do tempo de embebição, sendo os mais baixos valores de índice observados no tempo de 12 dias. Por outro lado, analisando o comportamento desse índice nas sementes condicionadas à 15°C, verifica-se uma tendência crescente até o período de tempo de 8 dias, seguido de uma tendência decrescente até aos 12 dias. Observa-se ainda que os menores índices foram obtidos nas sementes condicionadas à 35°C independente do tempo de embebição. Já na Figura 3b, onde estão apresentados os índices de velocidade de germinação sob condição térmica de 30°C, em função da temperatura de condicionamento, verifica-se que os

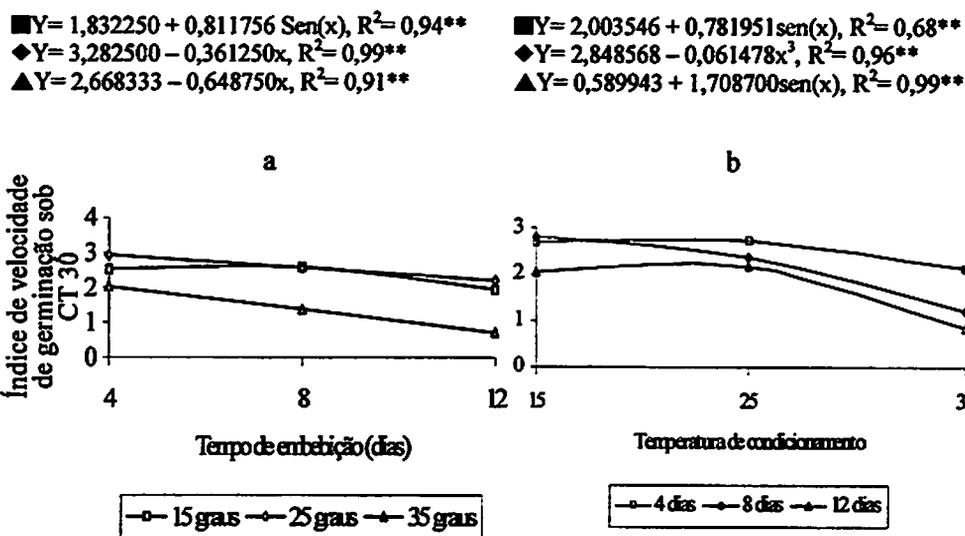


FIGURA 3 - Índice de velocidade de germinação sob condições térmicas de 30°C (CT30) de sementes de cafeeiro submetidas ao condicionamento fisiológico em diferentes temperaturas e períodos de tempo. UFLA, Lavras-MG, 2001.

maiores índices foram encontrados nas sementes embebidas por um período de 4 dias à 25°C e 35°C ao passo que, à temperatura de 15°C, os tempos de 4 e 8 dias apresentaram índices bastante próximos. Com relação ao tempo de embebição correspondente a 12 dias, foram verificados os menores índices em todas as temperaturas de condicionamento estudadas.

A comparação da testemunha com os diferentes tratamentos está apresentada na Figura 4. Verifica-se um efeito negativo quando as sementes foram condicionadas à 35°C por 8 e 12 dias. Por outro lado, o maior índice foi obtido nas sementes embebidas por 4 dias à temperatura de 25°C, enquanto os demais tratamentos propiciaram índices estatisticamente semelhantes à testemunha.

(1) 4 dias 15°C; (2) 4 dias 25°C; (3) 4 dias 35°C; (4) 8 dias 15°C; (5) 8 dias 25°C; (6) 8 dias 35°C; (7) 12 dias 15°C; (8) 12 dias 25°C; (9) 12 dias 35°C; (10) testemunha; (**) significativo ao nível de 1% de probabilidade e (NS) não significativo.

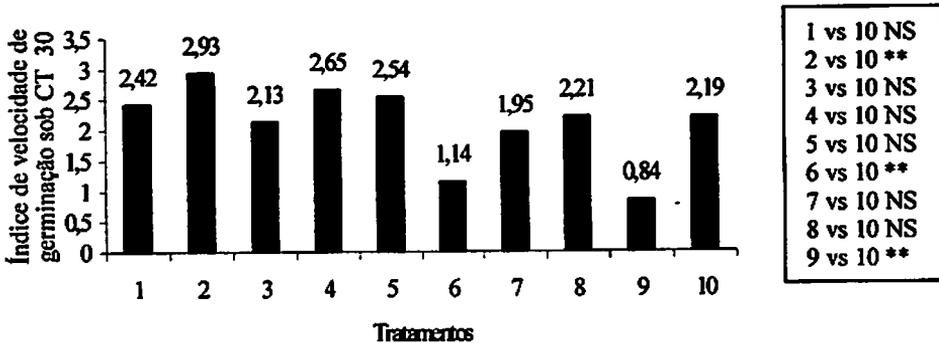


FIGURA 4 - Contrastes entre os resultados do índice de velocidade de germinação sob condições térmicas de 30°C (CT30) relativos ao tratamento adicional (sementes não condicionadas) e os métodos de condicionamento do esquema fatorial. UFLA, Lavras-MG, 2001.

3.4 Índice de velocidade de germinação sob estresse térmico

3.4.1 Estresse térmico à 20°C

Observando a Figura 5a na qual é apresentado o índice de velocidade de germinação sob estresse térmico de 20°C, é possível verificar uma tendência linear decrescente ao longo do tempo de embebição quando as sementes foram condicionadas nas temperaturas de 15°C e 35°C. Observa-se também que à temperatura de 35°C ocorreram os menores índices em todos os tempos de embebição. Vale ressaltar que as sementes condicionadas à 35°C, além da coloração escura observada ao final dos tratamentos, ao serem colocadas para germinar, foi constatada uma mortalidade de quase 100% na última contagem do teste.

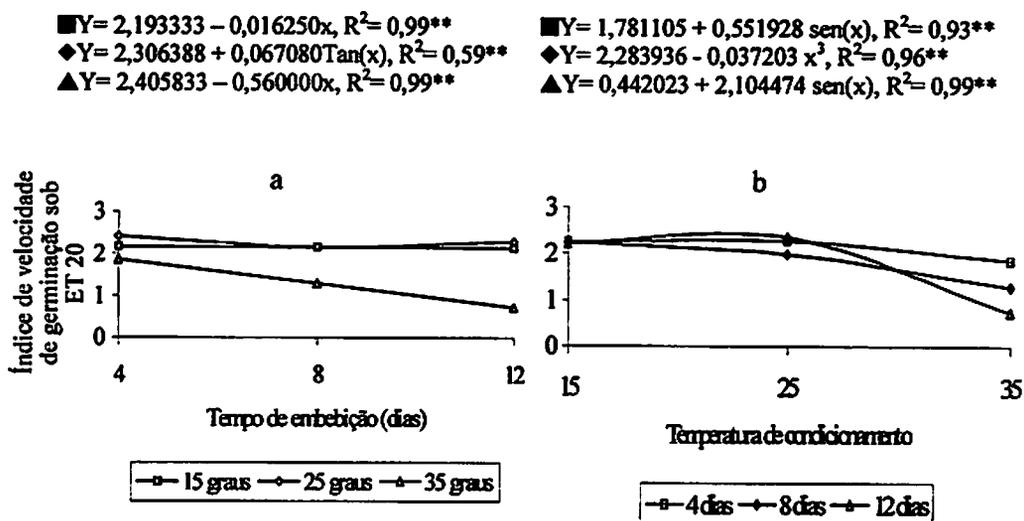


FIGURA 5 - Índice de velocidade de germinação sob estresse térmico à 20°C (ET20) de sementes de café submetidas ao condicionamento fisiológico em diferentes temperaturas e períodos de tempo. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Este fato nos demonstra que essa temperatura não deve ser utilizada para o condicionamento de sementes de cafeeiro, possivelmente por acelerar a respiração e conseqüentemente o processo de deterioração das sementes. Por outro lado, quando as sementes foram condicionadas à 25°C, o índice de velocidade de germinação sob estresse térmico de 20°C foi superior ao das demais temperaturas de condicionamento, porém bastante próximos aos índices obtidos das sementes embebidas à 15°C. Na Figura 5b na qual está apresentado o índice de velocidade de germinação sob estresse térmico de 20°C das sementes de cafeeiro condicionadas, em função da temperatura, nota-se uma tendência decrescente nos tempos de 4 e 8 dias de embebição até a temperatura de 35°C. Já no tempo de 12 dias de embebição, foi observada uma tendência crescente até a temperatura de 25°C, seguida de uma tendência decrescente até aos 35°C, de modo que em todos os tempos estudados, os menores valores de índices foram verificados nas sementes condicionadas à 35°C.

Analisando as comparações entre a testemunha e os tratamentos de condicionamento fisiológico, observa-se na Figura 6, uma superioridade nos valores dos índices quando as sementes foram embebidas à 15°C e 25°C em todos os tempos de embebição estudados, demonstrando assim que esses tratamentos permitiram que as sementes resistissem melhor à essa condição de estresse. Na utilização prática desses resultados, a redução do tempo de exposição das sementes às adversidades do ambiente de viveiro durante a germinação pode representar ganhos significativos. O aumento do tempo de permanência das sementes no solo contribui para o insucesso da germinação, já que fatores como condições inadequadas de luminosidade, temperaturas sub ou supra ótimas, presença de microorganismos, insetos, além de outros podem direta ou indiretamente contribuir para a deterioração das sementes (Khan et al., 1976 e Khan et al., 1980/81). Por outro lado, ao compararmos os índices nas sementes condicionadas à 35°C, verificamos mais uma vez, o efeito negativo

proporcionado às sementes embebidas por 12 dias, ao passo que nos tempos de 4 e 8 dias, não foi constatada diferença significativa com relação à testemunha.

(1) 4 dias 15°C; (2) 4 dias 25°C; (3) 4 dias 35°C; (4) 8 dias 15°C; (5) 8 dias 25°C; (6) 8 dias 35°C; (7) 12 dias 15°C; (8) 12 dias 25°C; (9) 12 dias 35°C; (10) testemunha; (**) significativo ao nível de 1% de probabilidade e (NS) não significativo.

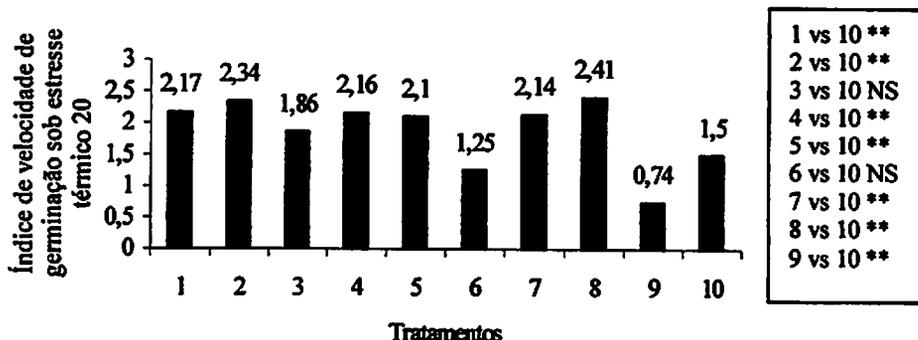


FIGURA 6 - Contrastes entre os resultados do índice de velocidade de germinação sob estresse térmico de 20°C relativos ao tratamento adicional (sementes não condicionadas) e os métodos de condicionamento do esquema fatorial. UFLA, Lavras-MG, 2001.

3.4.2 Estresse térmico 35°C

Pela Figura 7, na qual estão apresentados os índices de velocidade de germinação sob estresse térmico de 35°C das sementes de cafeeiro condicionadas a diferentes tempos e temperaturas, pode-se verificar que, de um modo geral, o tempo de 4 dias e a temperatura de 35°C proporcionaram os menores índices enquanto a temperatura de 25°C e o tempo de 12 dias, os maiores. Verifica-se ainda pela Figura 7b, uma tendência linear decrescente do índice quando as sementes foram submetidas ao condicionamento por 4 dias à medida que a temperatura aumentava, ao passo que nas sementes condicionadas por 12 dias, foi observada uma tendência crescente até à

■ $Y = 1,106493 - 0,430699 \text{ sen}(x)$, $R^2 = 0,99^{**}$
 ◆ $Y = 0,674438 + 0,029029x^3$, $R^2 = 0,98^{**}$
 ▲ $Y = 0,816228 - 0,108595 \text{ sen}(x)$, $R^2 = 0,95^{**}$

■ $Y = 0,760877 - 0,008174x$, $R^2 = 0,99^{**}$
 ◆ $Y = 0,744700 - 0,039274 \text{ Tan}(x)$, $R^2 = 0,79^{**}$

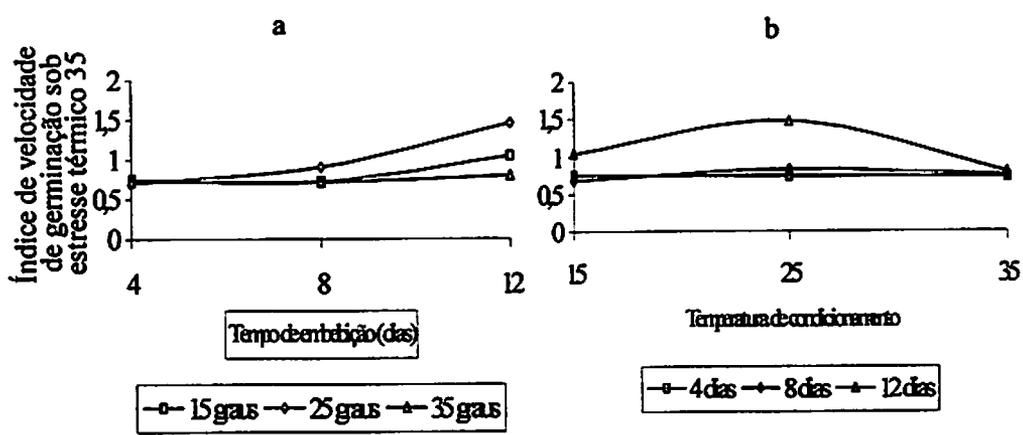


FIGURA 7 - Índice de velocidade de germinação sob estresse térmico à 35°C de sementes de cafeeiro submetidas ao condicionamento fisiológico em diferentes temperaturas e períodos de tempo. UFPA, Lavras-MG, 2001.

temperatura de 25°C com tendência a decrescer até à temperatura de 35°C. Os contrastes entre os resultados do índice de velocidade de germinação sob estresse térmico de 35°C relativos ao tratamento adicional (testemunha) e os métodos de condicionamento fisiológico das sementes de cafeeiro estão apresentados na Figura 8. De um modo geral, são observados valores baixos de índices sendo que, no tempo de 8 dias de embebição à 15°C e 35°C houve 100% de mortalidade das sementes. Destacam-se porém, os tratamentos das sementes por 12 dias de embebição à 15°C e 25°C que foram estatisticamente superiores à testemunha. Guliver & Heydecker (1973) observaram que a temperatura tem influência sobre o processo de germinação tanto no que se refere à quantidade como velocidade, alterando a velocidade de absorção de água e também as reações bioquímicas que determinam o processo. Em relação à quantidade, ela decresce à medida que a temperatura cresce acima da ótima, ao contrário, a

velocidade de germinação é acelerada com o aumento da temperatura, embora desorganize o processo fazendo com que o número de sementes que conseguem completá-lo vai caindo rapidamente.

(1) 4 dias 15°C; (2) 4 dias 25°C; (3) 4 dias 35°C; (4) 8 dias 15°C; (5) 8 dias 25°C; (6) 8 dias 35°C; (7) 12 dias 15°C; (8) 12 dias 25°C; (9) 12 dias 35°C; (10) testemunha; (**) significativo ao nível de 1% de probabilidade e (NS) não significativo.

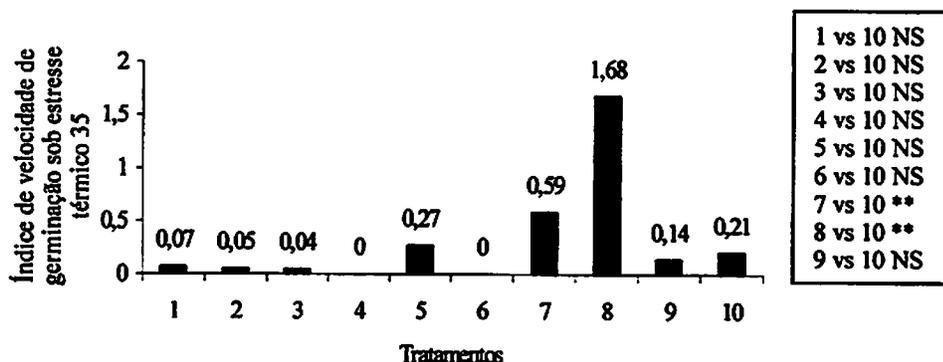


FIGURA 8 - Contrastes entre os resultados do índice de velocidade de germinação sob estresse térmico de 35°C relativos ao tratamento adicional (sementes não condicionadas) e os métodos de condicionamento do esquema fatorial. UFLA, Lavras-MG, 2001.

3.5 Índice de velocidade de germinação sob estresse hídrico

Verifica-se pela Figura 9, que sementes condicionadas quando submetidas ao estresse hídrico à -0,4MPa (Figura 9a) e estresse hídrico de -0,6MPa (Figura 9b), apresentaram tendências lineares em relação ao índice de velocidade de germinação com o aumento do tempo de embebição. Quando se utilizou a temperatura de condicionamento de 35°C, o índice de velocidade de germinação decresceu à medida que se aumentou o tempo de embebição, tanto sob estresse hídrico de -0,4MPa quanto de -0,6MPa. Por outro lado,

quando as sementes foram condicionadas à 15 e 25°C, esse índice cresceu com o decorrer do tempo de embebição. Vale ressaltar, no entanto, que as sementes condicionadas à 25°C propiciaram maiores índices de velocidade de germinação sob estresse hídrico -0,6MPa independente do período de condicionamento (Figura 9b). Porém, ao se analisar a Figura 9a, observa-se que o índice de velocidade de germinação sob EH -0,4 MPa das sementes condicionadas à 25°C tendeu-se a igualar com o índice das sementes condicionadas à 15°C até o tempo de 8 dias de embebição, seguido de uma tendência decrescente até aos 12 dias.

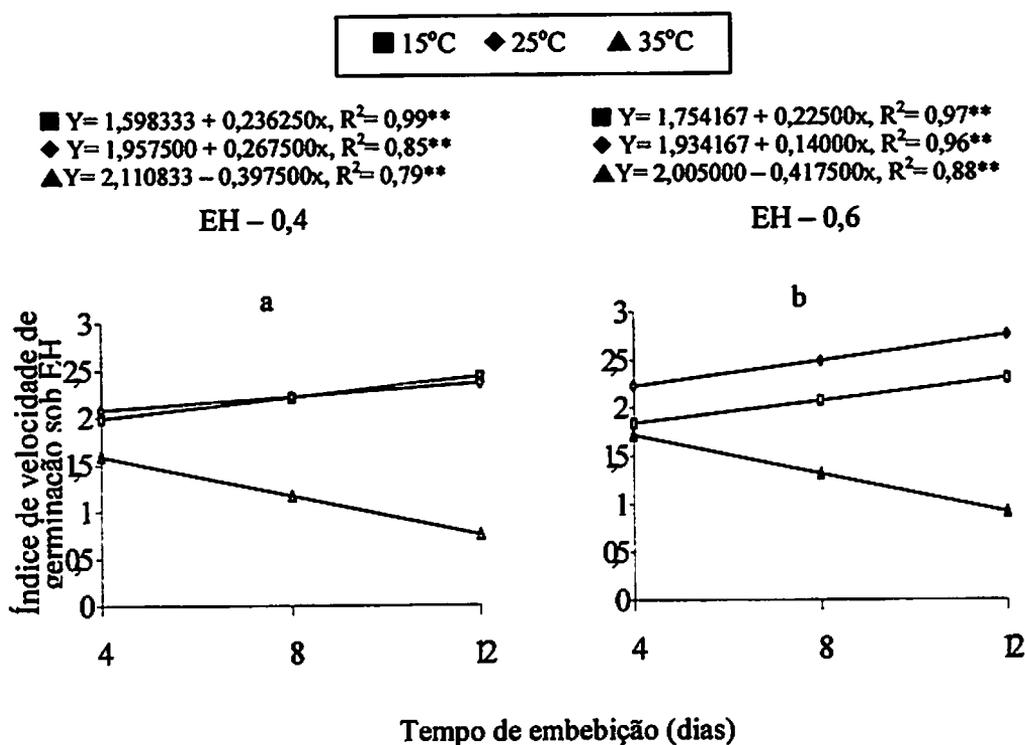


FIGURA 9 - Índice de velocidade de germinação sob estresse hídrico (EH) de -0,4 e -0,6MPa, de sementes de cafeeiro após condicionamento fisiológico em função do tempo de embebição. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Verifica-se pela Figura 10, de um modo geral, uma tendência crescente no índice de velocidade de germinação das sementes condicionadas por 4, 8 e 12 dias de embebição, sob estresse hídrico de $-0,4\text{MPa}$ e $-0,6\text{MPa}$, até à temperatura de 25°C seguida de uma tendência decrescente até 35°C . Nota-se nas sementes condicionadas por 4 dias, os menores índices até à temperatura de 25°C , tendo esse comportamento se invertido à temperatura de 35°C quando se verificaram, os maiores índices comparados com aqueles observados nas sementes condicionadas por 8 e 12 dias. Por outro lado, os maiores índices foram observados nas sementes condicionadas por 12 dias até à temperatura de 25°C , após o que ocorreu uma tendência de redução, atingindo os menores valores de índices à temperatura de 35°C .

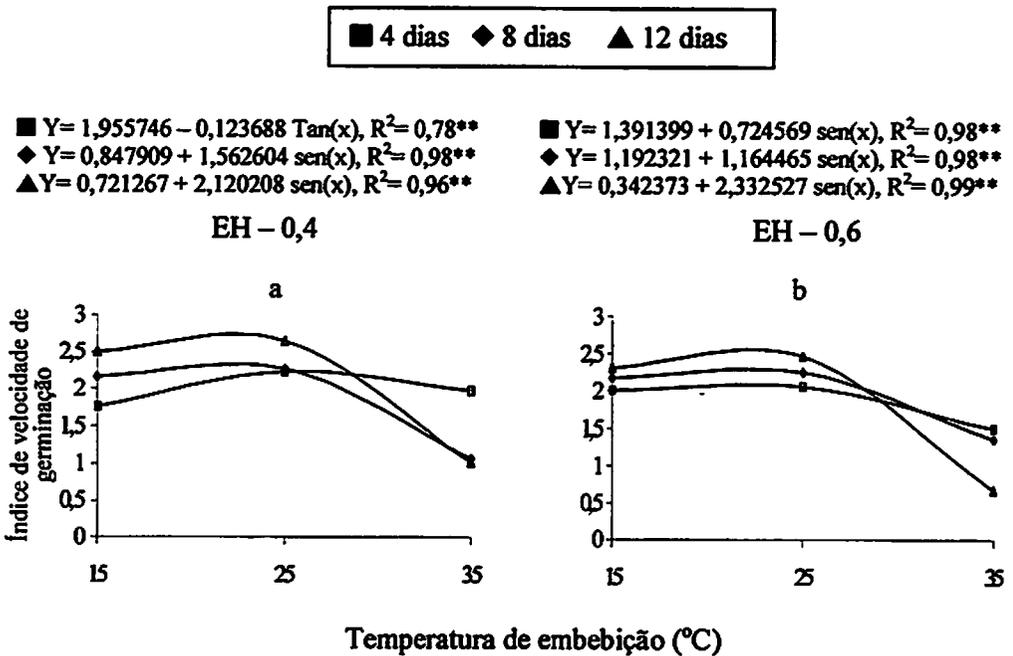


FIGURA 10 - Índice de velocidade de germinação sob estresse hídrico (EH) à $-0,4$ e $-0,6\text{MPa}$, de sementes de cafeeiro após condicionamento fisiológico em função da temperatura de condicionamento. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Verifica-se pela Figura 11 que, sementes condicionadas à 25°C por 4, 8 e 12 dias e à 15°C por 12 dias, apresentaram índices de velocidade de germinação significativamente superiores ao da testemunha. Esses resultados são coerentes com afirmações de Heydecker et al. (1975), que cita como uma das vantagens da técnica, os melhores standes conseguidos por sementes submetidas ao condicionamento fisiológico mesmo em condições de estresse. Já o condicionamento das sementes por 4 e 8 dias à 15°C e por 4 dias à 35°C, propiciaram índices semelhantes ao da testemunha. Por outro lado, as sementes submetidas à 35°C por 8 e 12 dias de embebição, proporcionaram índices significativamente inferiores às sementes não condicionadas.

(1) 4 dias 15°C; (2) 4 dias 25°C; (3) 4 dias 35°C; (4) 8 dias 15°C; (5) 8 dias 25°C; (6) 8 dias 35°C; (7) 12 dias 15°C; (8) 12 dias 25°C; (9) 12 dias 35°C; (10) testemunha; (**) significativo ao nível de 1% de probabilidade; (*) significativo ao nível de 5% de probabilidade; (NS) não significativo

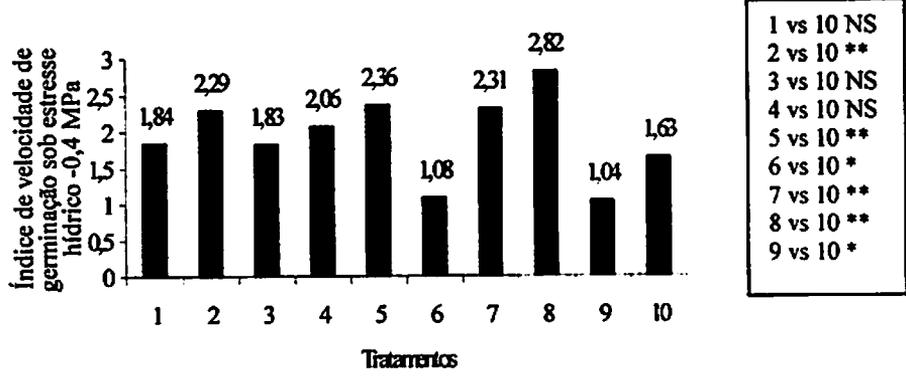


FIGURA 11 - Contrastes entre os resultados do índice de velocidade de germinação sob estresse hídrico (-0,4 MPa) relativos ao tratamento adicional (sementes não condicionadas) e os métodos de condicionamento do esquema fatorial. UFLA, Lavras-MG, 2001.

É possível verificar pelos resultados contidos na Figura 12, que os maiores índices de velocidade de germinação sob estresse hídrico de $-0,6\text{MPa}$, foram obtidos pelas sementes submetidas ao condicionamento à temperatura de 25°C independente do tempo de embebição, à semelhança do ocorrido para o índice de velocidade de germinação sob estresse hídrico de $-0,4\text{MPa}$ (Figura 11). Destacam-se ainda os tratamentos de condicionamento à 15°C por 4 e 12 dias, que também propiciaram índices de velocidade de germinação significativamente superiores à testemunha. Já no condicionamento à 35°C , o índice de velocidade de germinação foi semelhante ao das sementes não condicionadas nos tempos de 4 e 8 dias e inferior no tempo de 12 dias. Essa inferioridade do tratamento à 35°C por 12 dias também detectada pelo índice de velocidade de germinação sob estresse hídrico de $-0,4\text{MPa}$ (Figura 11), pode

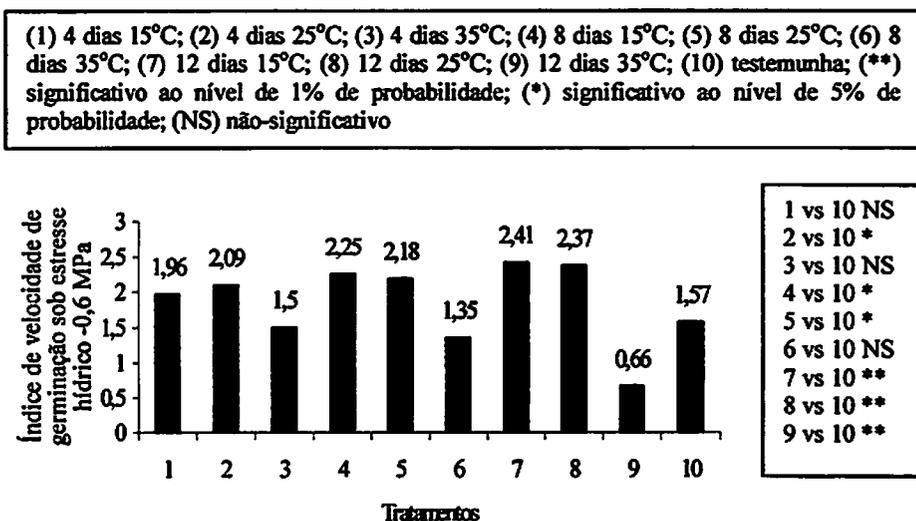


FIGURA 12 - Contrastes entre os resultados do índice de velocidade de germinação sob estresse hídrico de $-0,6\text{MPa}$ relativos ao tratamento adicional (sementes não-condicionadas) e os métodos de condicionamento do esquema fatorial. UFLA, Lavras-MG, 2001.

ser atribuído à condição de condicionamento, possivelmente por acelerar a respiração em função da alta temperatura reforçado por um longo período de permanência nessas condições. É importante lembrar que em decorrência das características das sementes de cafeeiro, os tempos de condicionamento utilizados foram relativamente longos quando comparados a trabalhos com outras espécies. Para sementes de soja por exemplo, Giúdice (1996) determinou que uma boa condição para o condicionamento é o uso do polietileno glicol (PEG 6000) a um potencial de $-0,8\text{MPa}$ no período de 4 dias.

3.6 Índice de velocidade de germinação sob estresse salino

O comportamento do índice de velocidade de germinação sob condições de estresse salino de $-0,4\text{MPa}$ das sementes de cafeeiro após os tratamentos analisados em esquema fatorial está apresentado na Figura 13. Verifica-se,

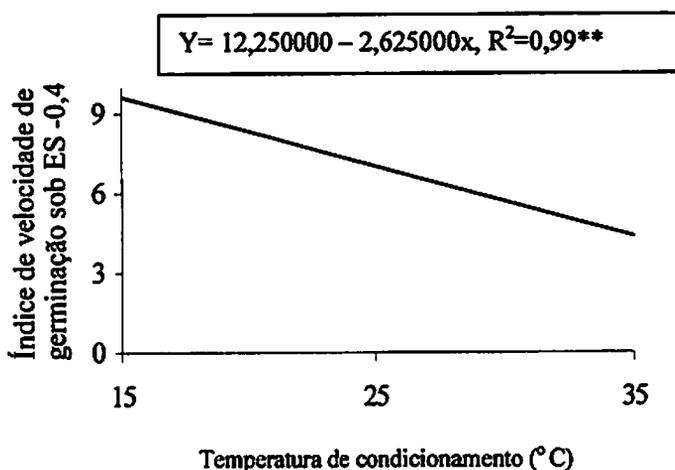


FIGURA 13 - Índice de velocidade de germinação sob estresse salino de $-0,4\text{MPa}$ (ES-0,4) de sementes de cafeeiro submetidas ao condicionamento fisiológico a temperaturas de 15, 25 e 35°C e períodos de tempo de 4, 8 e 12 dias de embebição. UFLA, Lavras-MG, 2001.

nessas condições, uma tendência de redução no índice de velocidade de germinação à medida que a temperatura de condicionamento aumentou, sendo que os maiores índices foram observados nas sementes condicionadas à 15°C. Por outro lado, quando as sementes foram colocadas para germinar sob condições de estresse salino de -0,6MPa (Figura 14), esse comportamento do índice de velocidade de germinação variou, de forma que para cada tempo de condicionamento, a temperatura influenciou de maneira diferenciada nos valores desses índices. Pela Figura 14a, verifica-se que o comportamento do índice quando as sementes foram condicionadas a 35°C, foi semelhante àquele apresentado em condições de estresse hídrico (Figura 9), ou seja, houve uma tendência decrescente à medida que o tempo de embebição se prolongou e ainda,

■ $Y = 2,177146 + 0,008360 \text{ Tan}(x), R^2 = 0,62^{**}$
 ◆ $Y = 1,713333 + 0,240000x, R^2 = 0,86^{**}$
 ▲ $Y = 2,007500 - 0,390000x, R^2 = 0,97^{**}$

■ $Y = 2,475000 - 0,262500x, R^2 = 0,96^{**}$
 ◆ $Y = 2,408571 - 0,131837x^2, R^2 = 0,90^{**}$
 ▲ $Y = 0,586669 + 2,007250\text{sen}(x), R^2 = 0,99^{**}$

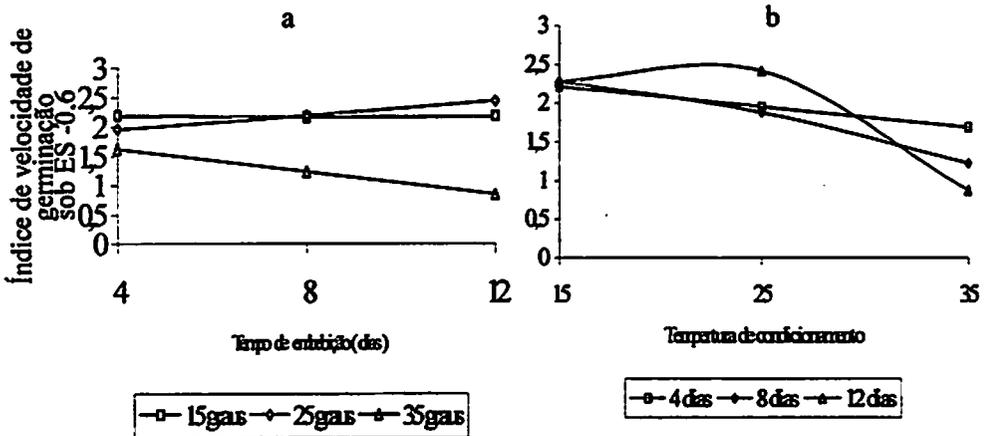


FIGURA 14 - Índice de velocidade de germinação sob estresse salino à -0,6 MPa (ES-0,6) de sementes de cafeeiro submetidas ao condicionamento fisiológico em diferentes temperaturas e períodos de tempo de embebição. UFLA, Lavras-MG, 2001.

nessa temperatura de condicionamento, foram observados os mais baixos índices em todos os tempos estudados. Já quando se utilizou a temperatura de condicionamento de 25°C, verificou-se uma tendência linear crescente com o decorrer do período de condicionamento, atingindo o maior índice no tempo de 12 dias de embebição. Verifica-se ainda, pela da Figura 14b uma tendência linear decrescente quando as sementes foram condicionadas por 4 dias, à medida que a temperatura de condicionamento aumentou. Já o tempo de 12 dias parece ter sido mais eficiente até à temperatura de 25°C e a partir desse ponto, o índice de velocidade de germinação sob estresse salino de -0,6 MPa das sementes decresceu, sendo que à temperatura de 35°C atingiu menores valores em relação aos tempos de 4 e 8 dias de embebição.

De um modo geral, o condicionamento das sementes de cafeeiro à temperatura de 35°C não foi eficiente em elevar o vigor das sementes e, em alguns casos, esse tratamento foi prejudicial. Isso pode ser observado na Figura 15 por meio dos contrastes entre os resultados do índice de velocidade de germinação sob estresse salino de -0,4MPa relativos ao tratamento adicional (sementes não condicionadas) e os tratamentos do esquema fatorial. Destaca-se ainda o método de condicionamento na qual as sementes foram condicionadas por 8 dias à 15°C que proporcionou o maior índice. Vale ressaltar que as sementes condicionadas à 35°C independente do tempo de embebição apresentavam-se com uma coloração escura ao final dos tratamentos.

(1) 4 dias 15°C; (2) 4 dias 25°C; (3) 4 dias 35°C; (4) 8 dias 15°C; (5) 8 dias 25°C; (6) 8 dias 35°C; (7) 12 dias 15°C; (8) 12 dias 25°C; (9) 12 dias 35°C; (10) testemunha; (**) significativo ao nível de 1% de probabilidade; (*) significativo ao nível de 5% de probabilidade; (NS) não significativo

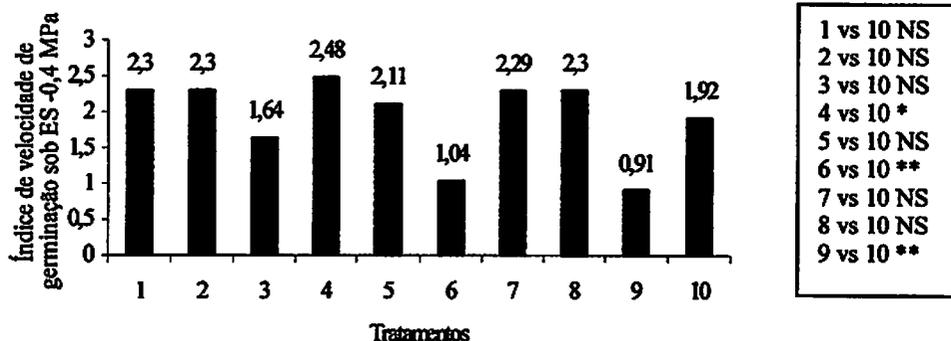


FIGURA 15 - Contrastes entre os resultados do índice de velocidade de germinação sob estresse salino de -0,4 MPa relativos ao tratamento adicional (sementes não condicionadas) e os métodos de condicionamento do esquema fatorial. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Pela Figura 16, é possível verificar que os mais baixos índices de velocidade de germinação sob estresse salino de -0,6MPa foram observados nas sementes embebidas à 35°C, principalmente nos tempos de 8 e 12 dias, confirmando mais uma vez o efeito prejudicial dessa temperatura de condicionamento sob o vigor das sementes de cafeeiro. Já os tratamentos nos quais as sementes foram condicionadas à 15°C e 25°C, proporcionaram índices significativamente superiores à testemunha, indicando que esses tratamentos apresentaram capacidade de aumentar o vigor de sementes de cafeeiro em condições de estresse salino à -0,6MPa. Vale lembrar que na avaliação do grau de umidade das sementes, os maiores teores de água foram encontrados em sementes condicionadas à temperatura de 35°C na maioria dos tempos de

(1) 4 dias 15°C; (2) 4 dias 25°C; (3) 4 dias 35°C; (4) 8 dias 15°C; (5) 8 dias 25°C; (6) 8 dias 35°C; (7) 12 dias 15°C; (8) 12 dias 25°C; (9) 12 dias 35°C; (10) testemunha; (**) significativo ao nível de 1% de probabilidade; (*) significativo ao nível de 5% de probabilidade; (NS) não significativo

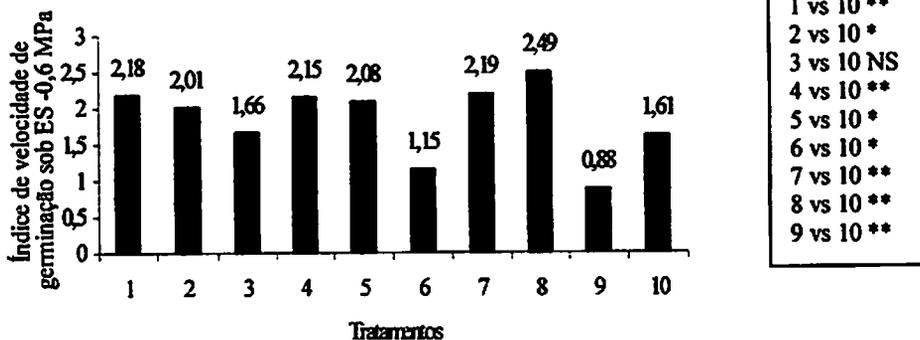


FIGURA 16 - Contrastes entre os resultados do índice de velocidade de germinação sob estresse salino de -0,6MPa relativos ao tratamento adicional (sementes não condicionadas) e os métodos de condicionamento do esquema fatorial. UFLA, Lavras-MG, 2001.

embebição. 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 e o período do tratamento. A melhor combinação entre esses fatores varia entre a espécie e, possivelmente, dentro de um mesmo lote de sementes (Heydecker et al., 1975). Assim, como o controle da embebição das sementes foi feito somente mediante o tempo e a temperatura de condicionamento, acredita-se que a temperatura de 35°C tenha sido muito alta, pois segundo Nascimento (1998), a temperatura utilizada para o condicionamento fisiológico geralmente é aquela recomendada para a germinação das sementes, que no caso do café é de 30°C.

3.7 Porcentagem de plantas normais sob condições térmicas de 30°C

Os resultados da porcentagem de plantas normais sob condições térmicas de 30°C estão apresentados na Figura 17. Observa-se na Figura 17a, que até aos 8 dias houve uma tendência decrescente na porcentagem de plantas normais e que a partir daí, foi verificada uma tendência crescente até aos 12 dias de embebição das sementes. Pela Figura 17b, verifica-se ainda que, até a temperatura de 25°C a tendência dessa porcentagem foi praticamente estável, porém, foi seguida por uma tendência decrescente até aos 35°C onde foram observadas as menores porcentagens de plantas normais.

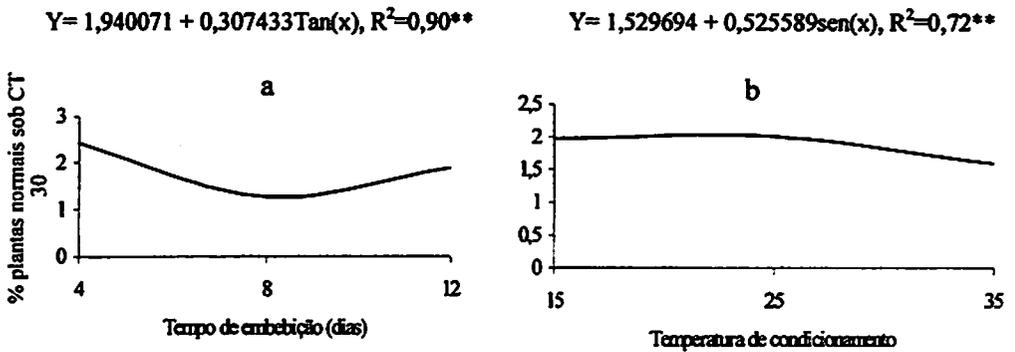


FIGURA 17 - Porcentagem de plantas normais sob condições térmicas de 30°C (CT30), de sementes de cafeeiro submetidas ao condicionamento fisiológico em diferentes períodos de e temperaturas de condicionamento. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Comparando os resultados obtidos pelas sementes não condicionadas com os resultados das sementes submetidas ao condicionamento em diferentes tempos e temperaturas, verifica-se pela Figura 18 que, nessas condições, houve uma maior porcentagem de plantas normais na testemunha comparado com todos os tratamentos de condicionamento. Esses resultados reforçam os obtidos por Camargo (1998) onde o referido autor observou que

(1) 4 dias 15°C; (2) 4 dias 25°C; (3) 4 dias 35°C; (4) 8 dias 15°C; (5) 8 dias 25°C; (6) 8 dias 35°C; (7) 12 dias 15°C; (8) 12 dias 25°C; (9) 12 dias 35°C; (10) testemunha; (**) significativo ao nível de 1% de probabilidade.

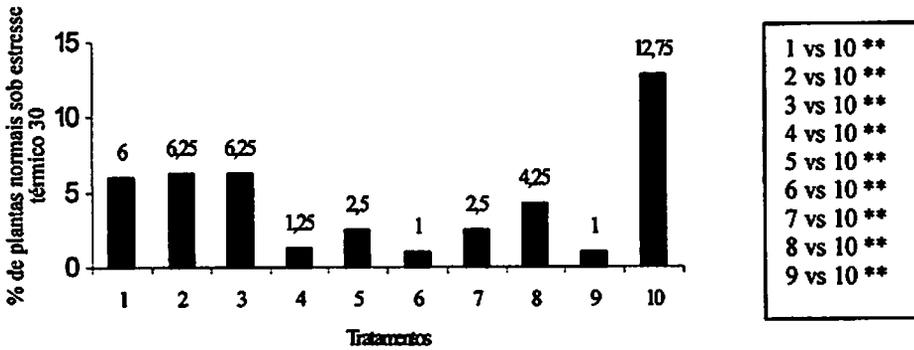


FIGURA 18 - Contrastes entre os resultados da porcentagem de plantas normais sob estresse térmico de 30°C obtidas de sementes de cafeeiro relativos ao tratamento adicional (sementes não condicionadas) e os métodos de condicionamento do esquema fatorial. UFLA, Lavras-MG, 2001.

ganhos obtidos em função dos tratamentos foram mais sobre o vigor das sementes do que sobre a viabilidade. Vale ressaltar que as sementes condicionadas não foram capazes de produzir plantas normais quando colocadas para germinar em condições de estresse térmico de 20°C e 35°C. Esse fato possivelmente pode estar relacionado ao tempo de duração do teste de germinação, no caso das sementes submetidas ao estresse térmico de 20°C, uma vez que, sendo essa uma temperatura mais baixa que a recomendada para a espécie, talvez o tempo de 30 dias não tenha sido suficiente para a formação de plantas normais. Por outro lado, no caso do estresse térmico de 35°C, foram detectados índices de 100% de mortalidade das sementes em alguns tratamentos, como por exemplo nos tratamentos por 8 dias à 15°C e 35°C. Nessas condições, vale lembrar que as sementes apresentavam aspecto

escuro já no início das avaliações, possivelmente em função de uma respiração acelerada ocasionada pela alta temperatura de germinação.

3.8 Porcentagem de plantas normais sob estresse hídrico

3.8.1 Estresse hídrico de $-0,4\text{MPa}$ (EH $-0,4$)

Pela Figura 19 observa-se a tendência da porcentagem de plantas normais obtidas de sementes de cafeeiro condicionadas, ao final do teste de germinação sob condições de estresse hídrico de $-0,4\text{ MPa}$. Verifica-se na Figura 19a que a porcentagem de plantas normais em função do tempo de embebição decresceu até aos 8 dias seguido de uma tendência crescente até aos 12 dias de embebição das sementes. Já na Figura 19b, na qual está

$$Y = 3,835681 + 0,433652 \tan(x), R^2 = 0,99^{**}$$

$$Y = 2,822213 + 1,430536 \text{sen}(x), R^2 = 0,95$$

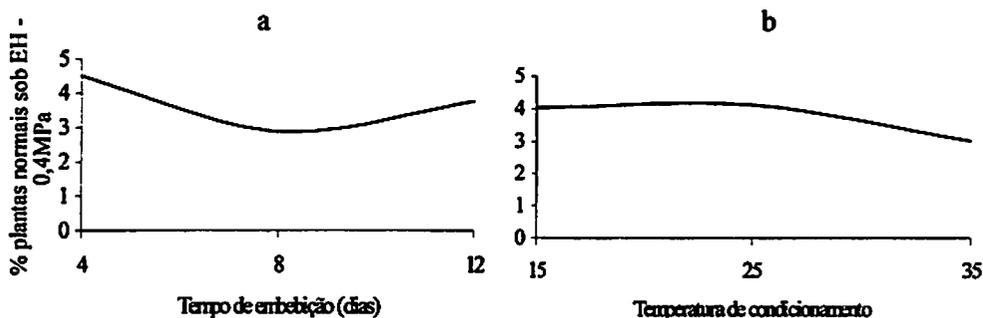


FIGURA 19 - Porcentagem de plantas normais sob estresse hídrico à $-0,4\text{ MPa}$, em função do tempo de embebição (dias) e da temperatura de condicionamento ($^{\circ}\text{C}$), obtidas de sementes de cafeeiro submetidas ao condicionamento fisiológico em diferentes períodos e temperaturas de condicionamento. UFLA, Lavras-MG, 2001.

apresentado o comportamento da porcentagem de plantas normais em função da temperatura de condicionamento das sementes de cafeeiro, observa-se que até à temperatura de 25°C, a porcentagem de plantas normais se manteve praticamente constante e que, a partir daí foi observada uma tendência decrescente até à temperatura de 35°C, na qual foram constatadas as menores porcentagens de plantas normais ao final do teste de germinação sob estresse hídrico de -0,4 MPa.

Com relação aos contrastes entre os resultados da porcentagem de plantas normais sob estresse hídrico de -0,4 MPa obtidas de sementes de cafeeiro, relativos ao tratamento adicional (testemunha) e os métodos de condicionamento, é possível verificar pela Figura 20, que ganhos significativos foram obtidos pelos tratamentos em que as sementes foram condicionadas por 4 dias à 15°C e 25°C e também por 12 dias à 25°C, porém, quando as sementes

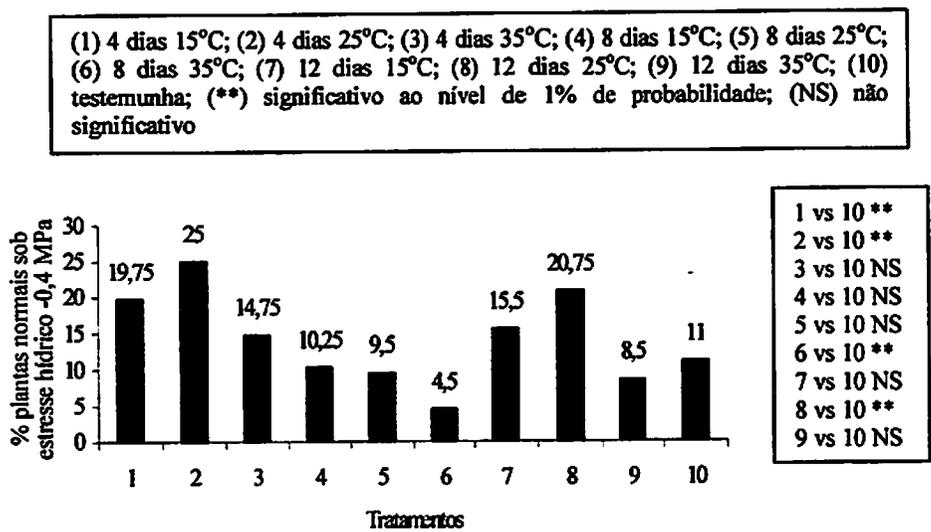


FIGURA 20 - Contrastes entre os resultados da porcentagem de plantas normais sob estresse hídrico -0,4 MPa obtidas de sementes de cafeeiro relativos ao tratamento adicional (sementes não condicionadas) e os métodos de condicionamento do esquema fatorial. UFLA, Lavras-MG, 2001.

foram condicionadas por 8 dias à 35°C, foi verificado um efeito negativo do tratamento. Já os demais tratamentos foram semelhantes à testemunha. De acordo com Heydecker & Coolbear (1977) um dos fatores que mais comumente interferem no condicionamento fisiológico de sementes é a manutenção do nível adequado de oxigênio. É possível então que a maior exigência de oxigênio imposta pela alta temperatura de condicionamento (35°C) tenha promovido efeitos negativos sobre a qualidade fisiológica destas.

3.8.2 Estresse hídrico de -0,6 MPa (EH -0,6)

Na Figura 21a está apresentada a porcentagem de plantas normais obtidas de sementes de cafeeiro condicionadas, ao final do teste de germinação sob estresse hídrico de -0,6MPa. Verifica-se que, no tempo de 4 dias de embebição, a maior porcentagem de plantas normais foram obtidas quando as sementes foram condicionadas à temperatura de 25°C. Por outro lado, quando as sementes foram condicionadas à 15°C, notou-se uma tendência crescente na porcentagem de plantas normais à medida que o tempo de embebição se prolongava, atingindo as maiores porcentagens no tempo de 12 dias. Já à temperatura de 35°C foi verificada uma tendência decrescente até os 12 dias de embebição das sementes. Pela Figura 21b é possível verificar que quando as sementes foram submetidas ao condicionamento fisiológico por 8 dias, houve uma tendência estável na porcentagem de plantas normais nas temperaturas estudadas. Observa-se ainda que, no tempo de 12 dias, essa tendência foi decrescente à medida que a temperatura de condicionamento aumentava, ao passo que, nas sementes condicionadas por 4 dias, a tendência foi crescente até 25°C seguida por uma tendência decrescente até 35°C. A comparação da testemunha (sementes não condicionadas) com os tratamentos de condicionamento fisiológico das sementes, estão apresentados na Figura 21.

■ $Y = 5,113426 - 2,233107 \text{ sen}(x)$, $R^2 = 0,99^{**}$
 ◆ $Y = 4,096685 + 0,477677 \text{ Tan}(x)$, $R^2 = 0,84^{**}$
 ▲ $Y = 3,636739 - 1,239616 \text{ Ln}(x)$, $R^2 = 0,85^{**}$

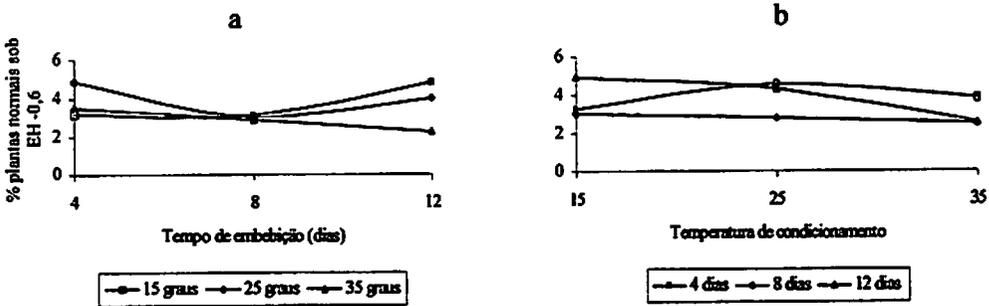


FIGURA 21 - Porcentagem de plantas normais sob estresse hídrico $-0,6$ MPa de sementes de cafeeiro submetidas ao condicionamento fisiológico em diferentes períodos e temperaturas de condicionamento. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Verifica-se que da mesma forma que ocorreu no teste de germinação sob estresse hídrico de $-0,4$ MPa (Figura 20), foi detectado um ganho significativo no tratamento em que as sementes foram condicionadas por 4 dias à 25°C assim como foi observado também um efeito negativo do tratamento por 8 dias à 35°C . Vale ressaltar ainda o tratamento de 12 dias à 15°C que também resultou em porcentagens de plantas normais significativamente superior à testemunha.

O condicionamento fisiológico e outros tratamentos de embebição controlada têm promovido aumentos significativos no desempenho germinativo, principalmente no estabelecimento de plântulas em condições de estresse conforme observações de Bradford (1986), Muhyaddin & Wiebe (1987), Eira (1988), Nath et al.(1991), Tarquis & Bradford (1992) e Zheng et al.(1994), dentre outros.

(1) 4 dias 15°C; (2) 4 dias 25°C; (3) 4 dias 35°C; (4) 8 dias 15°C; (5) 8 dias 25°C; (6) 8 dias 35°C; (7) 12 dias 15°C; (8) 12 dias 25°C; (9) 12 dias 35°C; (10) testemunha; (*) significativo ao nível de 5% de probabilidade; (NS) não significativo

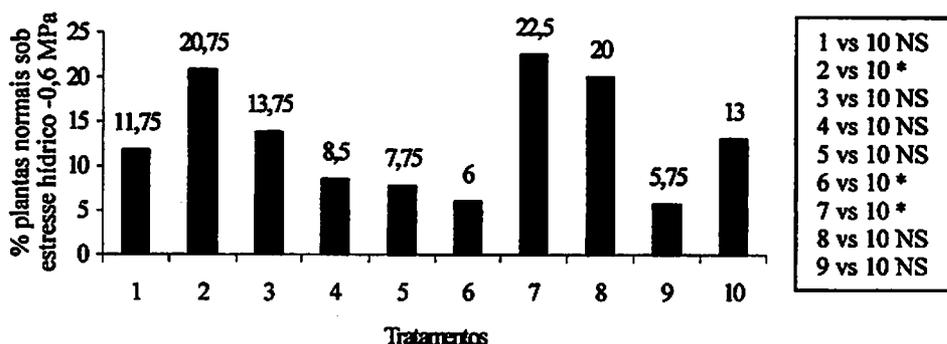


FIGURA 22 - Contrastes entre os resultados da porcentagem de plantas normais sob estresse hídrico $-0,6$ MPa obtidas de sementes de cafeeiro relativos ao tratamento adicional (sementes não condicionadas) e os métodos de condicionamento do esquema fatorial. UFLA, Lavras-MG, 2001.

3.9 Porcentagem de plantas normais sob estresse salino

3.9.1 Estresse Salino à $-0,4$ MPa

Os resultados da porcentagem de plantas normais sob estresse salino de $-0,4$ MPa obtidas de sementes de cafeeiro condicionadas estão apresentados na Figura 23. Verifica-se pela Figura 23a uma tendência decrescente até aos 8 dias de embebição seguida por uma tendência crescente até aos 12 dias, da mesma forma que foi verificado quando as sementes foram colocadas para germinar sob condições de estresse hídrico $-0,4$ MPa (Figura 19a). Observando a Figura 23b na qual está apresentado o comportamento da porcentagem de plantas normais em função da temperatura de condicionamento das sementes, verifica-se uma tendência linear decrescente à medida que a temperatura aumentou, atingindo assim, as menores porcentagens à temperatura de 35°C.

$$Y = 2,628794 + 0,240919 \tan(x), R^2 = 0,99^{**}$$

$$Y = 3,434070 - 0,433563x, R^2 = 0,97^{**}$$

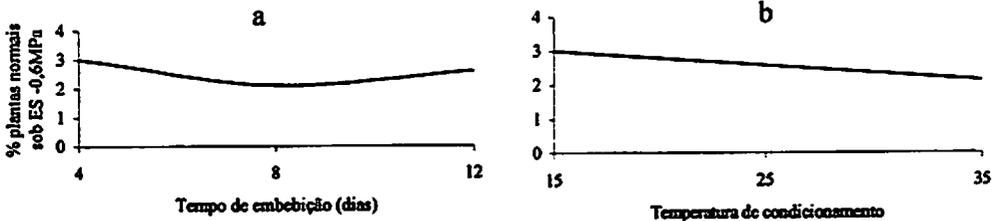


FIGURA 23 - Porcentagem de plantas normais sob estresse salino à $-0,4$ MPa , obtidas de sementes de cafeeiro submetidas ao condicionamento fisiológico em diferentes períodos e temperaturas de condicionamento. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Com relação às sementes não condicionadas, estas apresentaram porcentagens de plantas normais, nessas condições, semelhantes aos daquelas condicionadas, com exceção dos tratamentos à 35°C por 8 e 12 dias que resultaram em porcentagens inferiores à testemunha (Figura 24), reforçando assim o efeito prejudicial provocado pela temperatura de 35°C de condicionamento das sementes detectado nos demais testes. Nesse caso, provavelmente a concentração do sal não foi suficiente para provocar estresse sobre a germinação das sementes, de tal maneira que os ganhos em vigor não foram manifestados em relação à testemunha.

(1) 4 dias 15°C; (2) 4 dias 25°C; (3) 4 dias 35°C; (4) 8 dias 15°C; (5) 8 dias 25°C; (6) 8 dias 35°C; (7) 12 dias 15°C; (8) 12 dias 25°C; (9) 12 dias 35°C; (10) testemunha; (*) significativo ao nível de 5% de probabilidade; (NS) não significativo

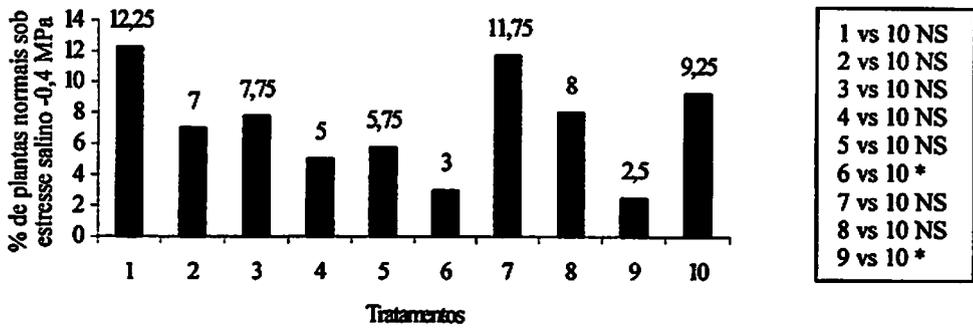


FIGURA 24 - Contrastes entre os resultados da porcentagem de plantas normais sob estresse salino de $-0,4\text{MPa}$ obtidas de sementes de cafeeiro relativos ao tratamento adicional (sementes não condicionadas) e os métodos de condicionamento do esquema fatorial. UFLA, Lavras-MG, 2001.

3.9.2 Estresse salino à $-0,6\text{MPa}$

Na Figura 25 estão apresentadas as porcentagens de plantas normais sob estresse salino de $-0,6\text{MPa}$ obtidas de sementes de cafeeiro condicionadas. Verifica-se pela Figura 25a que, em função do tempo de embebição, a porcentagem de plantas normais das sementes condicionadas à 15°C aumentou ao longo do período de condicionamento ao passo que na temperatura de 35°C foi verificada uma tendência decrescente até os 12 dias de embebição. Com relação à temperatura de 25°C , foi observada uma tendência estável até os 8 dias seguida por uma tendência crescente, culminando com as maiores porcentagens de plantas normais aos 12 dias. Por outro lado, analisando a Figura 25b, na qual estão apresentados os valores de porcentagens de plantas normais em função da temperatura de condicionamento, é possível verificar que, quando

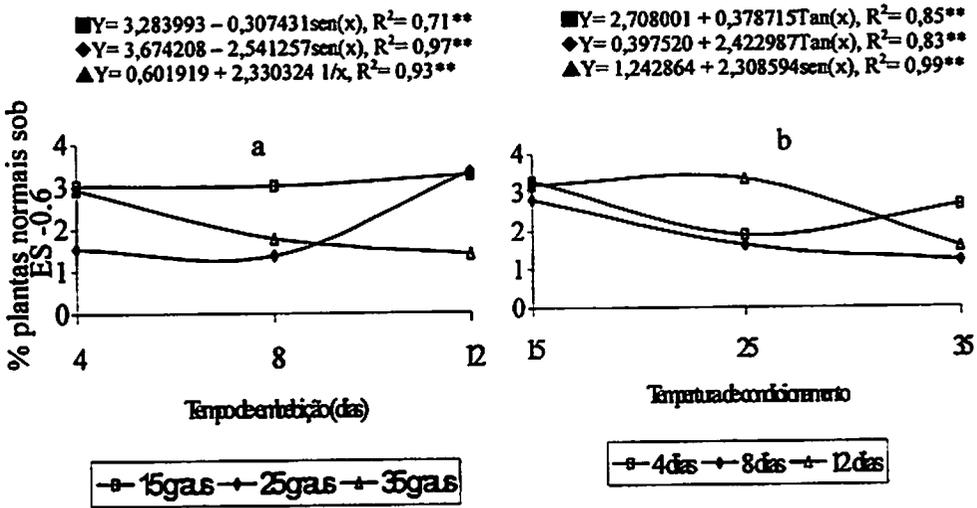


FIGURA 25 - Porcentagem de plantas normais sob estresse salino $-0,6\text{MPa}$ de sementes de cafeeiro submetidas ao condicionamento fisiológico em diferentes períodos e temperaturas de embebição. UFLA, Lavras-MG, 2001.

as sementes foram condicionadas por 4 dias, houve uma tendência decrescente até à temperatura de 25°C seguida por uma tendência crescente até os 35°C . Nas sementes condicionadas por 12 dias, ao contrário, foi observada uma tendência crescente até 25°C seguida por uma tendência decrescente até à temperatura de 35°C . Observa-se ainda que, quando as sementes foram condicionadas por 8 dias, houve uma tendência decrescente a medida que aumentava a temperatura. Vale destacar que, em todas as temperaturas de condicionamento, as menores porcentagens de plantas normais foram verificadas no condicionamento por 8 dias de embebição. Com relação às sementes não condicionadas, verifica-se pela Figura 26 que os tratamentos à 15°C por 4, 8 e 12 dias e também à 35°C por 4 dias e 25°C por 12 dias resultaram em ganhos significativos enquanto os demais tratamentos foram semelhantes à testemunha.

(1) 4 dias 15°C; (2) 4 dias 25°C; (3) 4 dias 35°C; (4) 8 dias 15°C; (5) 8 dias 25°C; (6) 8 dias 35°C; (7) 12 dias 15°C; (8) 12 dias 25°C; (9) 12 dias 35°C; (10) testemunha; (**) significativo ao nível de 1% de probabilidade; (NS) não significativo

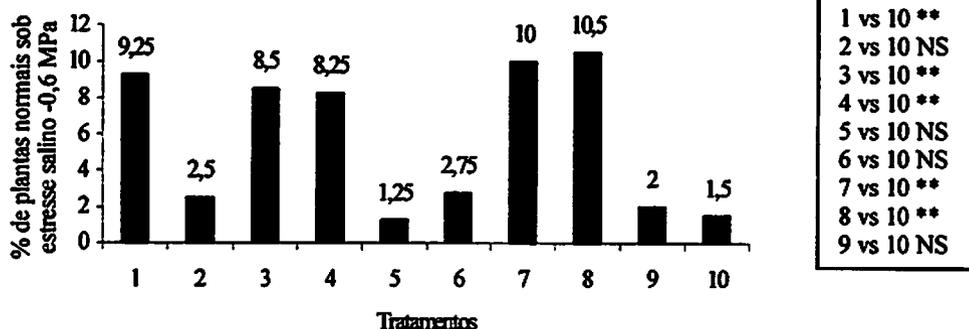


FIGURA 26 - Contrastes entre os resultados da porcentagem de plantas normais sob estresse salino $-0,6$ MPa obtidas de sementes de cafeeiro relativos ao tratamento adicional (sementes não condicionadas) e os métodos de condicionamento do esquema fatorial. UFLA, Lavras-MG, 2001.

3.10 Compostos fenólicos

Na Figura 27 estão apresentados os resultados de porcentagem de compostos fenólicos presentes nas sementes de cafeeiro após o condicionamento fisiológico em função do tempo e da temperatura de condicionamento estudadas. Observa-se pela Figura 27a uma tendência linear decrescente ao longo do período de condicionamento quando as sementes foram condicionadas à 15°C. Já nas temperaturas de 25°C e 35°C os resultados foram bastante estáveis. Por outro lado, analisando a Figura 27b na qual estão apresentadas as tendências da porcentagem de compostos fenólicos nas sementes em função da temperatura de

■ $Y = 4,334222 - 0,471000x$, $R^2 = 0,99^{**}$
 ◆ $Y = 2,976513 + 0,274615(1/x)$, $R^2 = 0,94^{**}$
 ▲ $Y = 2,981077 + 0,409692(1/x)$, $R^2 = 0,93^{**}$

◆ $Y = 2,957654 + 0,398385(1/x)$, $R^2 = 0,83^{**}$
 ▲ $Y = 2,836556 + 0,109833x$, $R^2 = 0,94^{**}$

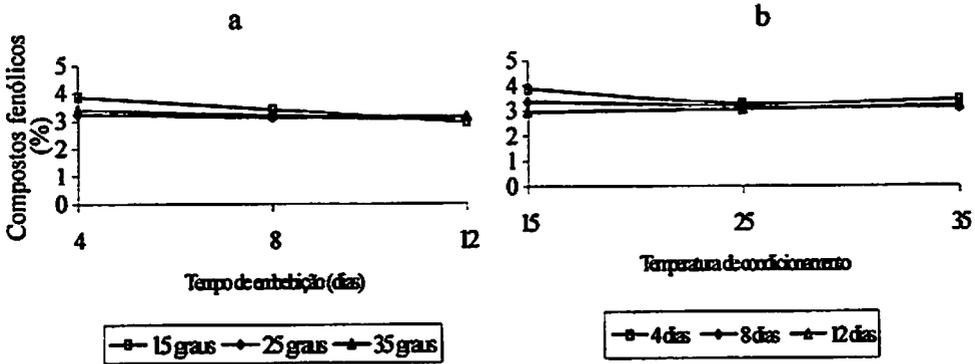


FIGURA 27 - Estimativa da porcentagem de compostos fenólicos de sementes de cafeeiro após o condicionamento fisiológico em função do tempo de embebição (4, 8 e 12 dias) e da temperatura de condicionamento (15, 25 e 35°C). UFLA, Lavras-MG, 2001.

condicionamento, verifica-se uma tendência linear crescente quando as sementes foram embebidas por um período de 12 dias, à medida que a temperatura aumentou. Com relação aos tempos de 4 e 8 dias de embebição, é possível notar uma tendência decrescente até à temperatura de 25°C com tendência de estabilização até os 35°C. A comparação entre os resultados da porcentagem de compostos fenólicos presentes em sementes não condicionadas (testemunha) e sementes de cafeeiro submetidas ao condicionamento fisiológico estão apresentados na Figura 28. Verifica-se que em todos os tratamentos a porcentagem de compostos fenólicos encontradas nas sementes foi significativamente inferior àquela encontrada na testemunha.

(1) 4 dias 15°C; (2) 4 dias 25°C; (3) 4 dias 35°C; (4) 8 dias 15°C; (5) 8 dias 25°C; (6) 8 dias 35°C; (7) 12 dias 15°C; (8) 12 dias 25°C; (9) 12 dias 35°C; (10) testemunha; (**) significativo ao nível de 1% de probabilidade.

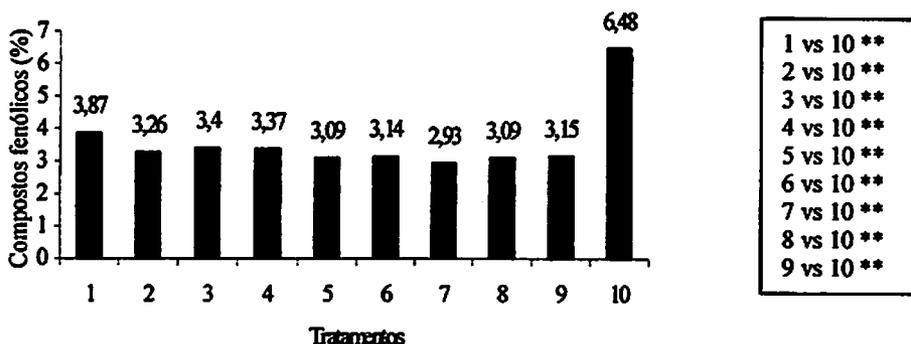


FIGURA 28 - Contrastes entre os resultados das determinações de compostos fenólicos relativas ao tratamento adicional (sementes não condicionadas) e os métodos de condicionamento do esquema fatorial. UFLA, Lavras-MG, 2001.

3.11 Ácido clorogênico

Com relação à porcentagem de ácido clorogênico das sementes de cafeeiro ao final de cada tratamento de condicionamento estudado, verifica-se pela Figura 29a uma tendência linear crescente ao longo do período de condicionamento quando as sementes foram condicionadas à 25°C. Por outro lado, analisando a figura 29b, verificou-se uma tendência crescente na porcentagem de ácido clorogênico no tempo de 4 dias de embebição à medida que a temperatura aumentava, sendo que a maior porcentagem foi obtida pelo tratamento em que as sementes foram acondicionadas por 4 dias a 35°C. Os ácidos clorogênicos constituem os principais compostos fenólicos do café e são ésteres do ácido químico com resíduos cinâmicos (Sondheimer, 1958). Para

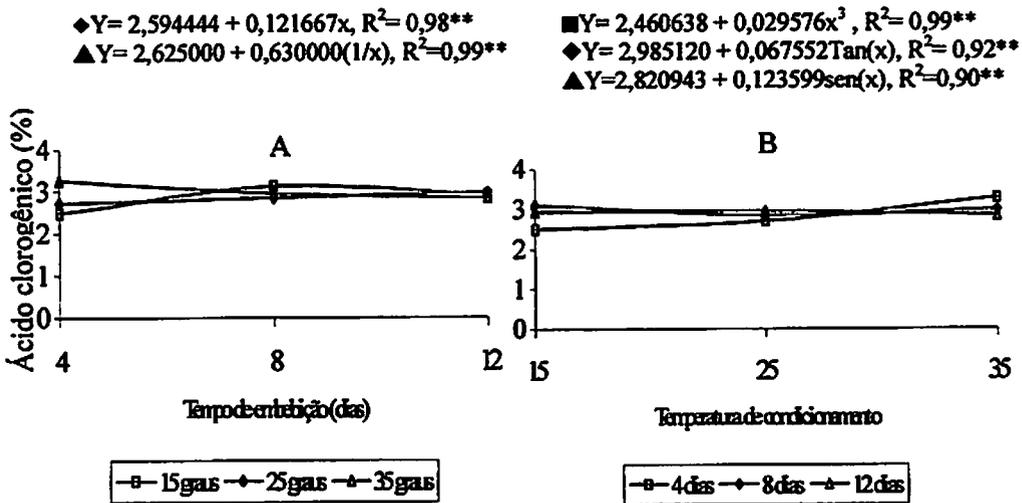


FIGURA 29 - Estimativa da porcentagem de ácido clorogênico em sementes de cafeeiro após o condicionamento fisiológico em diferentes períodos de tempo e temperaturas de condicionamento. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Amorim & Silva (1968), os compostos fenólicos, principalmente os ácidos clorogênicos e caféico, exercem um ação protetora, antioxidante dos aldeídos.

Em virtude de qualquer condição adversa aos grãos, ou seja, uma colheita inadequada dos frutos, problemas no processamento e no armazenamento, as polifenóis oxidases agem sobre os polifenóis, diminuindo sua ação antioxidante sobre os aldeídos facilitando a oxidação destes. As porcentagens de ácido clorogênico em sementes condicionadas foram significativamente inferiores à testemunha (sementes não condicionadas) como pode ser constatado pela Figura 30, da mesma forma que ocorreu para a determinação de compostos fenólicos presente nas sementes (Figura 28). Esses resultados sugerem que por causa da reestruturação do sistema de membranas ocorrida durante o condicionamento, houve redução no conteúdo dos compostos fenólicos por ação de enzimas com a polifenoloxidase.

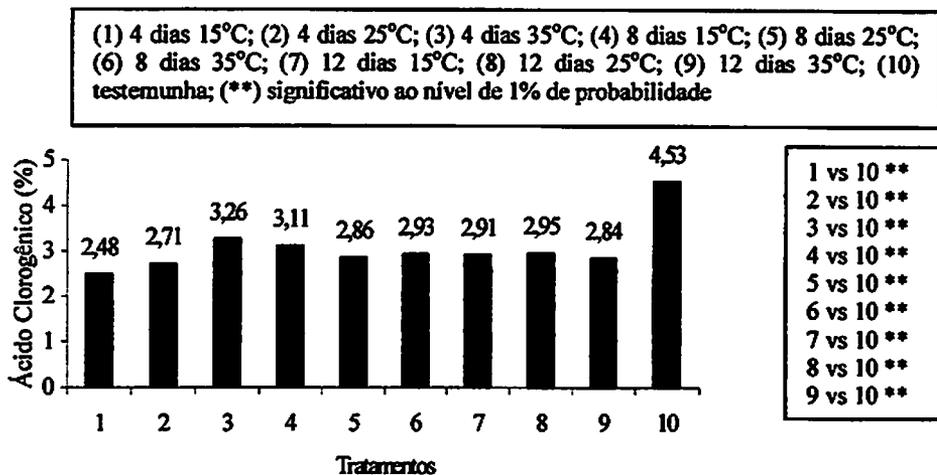


FIGURA 30 - Contrastes entre os resultados das determinações da porcentagem de ácido clorogênico relativas ao tratamento adicional (sementes não condicionadas) e os métodos de condicionamento do esquema fatorial. UFLA, Lavras-MG, 2001.

3.12 Polifenoloxidase

Os resultados da atividade da enzima polifenoloxidase em sementes de caféiro após o condicionamento fisiológico estão apresentados na Figura 31. É possível verificar pela Figura 31a que, quando as sementes foram condicionadas à 25°C, houve uma tendência crescente até os 8 dias de embebição seguida por uma tendência decrescente até os 12 dias. Por outro lado, quando as sementes foram submetidas ao condicionamento à temperatura de 35°C, esse comportamento foi inverso, ou seja, ocorreu inicialmente uma tendência decrescente até os 8 dias seguida por uma tendência crescente na atividade da polifenoloxidase até os 12 dias. Pela Figura 31b, observa-se o comportamento da polifenoloxidase nas sementes em função da temperatura de condicionamento. Verifica-se nos tempos de 4 e 12 dias uma tendência decrescente até à temperatura de 25°C seguida por uma tendência crescente até

$$\blacksquare Y = 62,301696 + 0,784883 \text{sen} x, R^2 = 0,99^{**}$$

$$\blacklozenge Y = 63,767308 - 0,759231(1/x), R^2 = 0,94^{**}$$

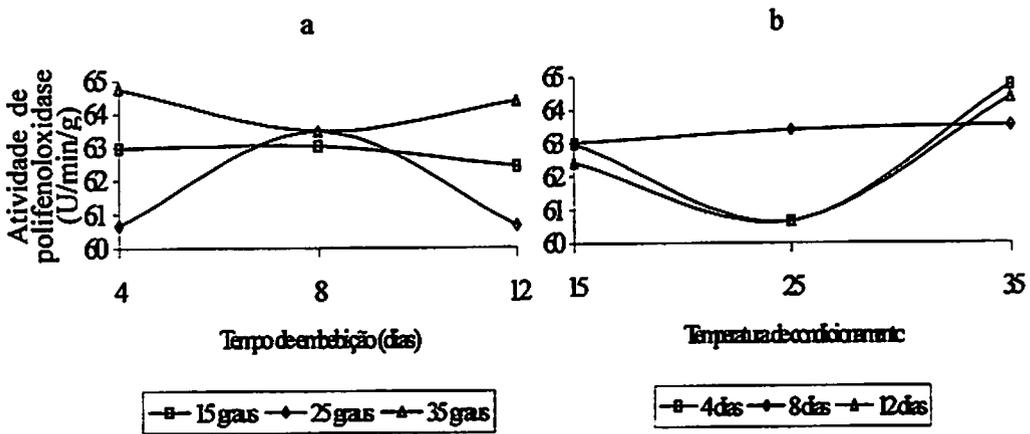


FIGURA 31 - Atividade da polifenoloxidase em sementes de cafeeiro após o condicionamento fisiológico em diferentes períodos e temperaturas de condicionamento. UFLA, Lavras-MG, 2001.

35°C. Já o condicionamento por 8 dias, apresentou uma tendência bastante estável em todas as temperaturas estudadas, fato semelhante ao que ocorreu com o condicionamento das sementes a 15°C (Figura 31a) que também apresentou tendência estável da atividade da polifenoloxidase ao longo do período de condicionamento.

As comparações da porcentagem de polifenoloxidase nas sementes não condicionadas (testemunha) e nas sementes condicionadas estão apresentadas na Figura 32. Observa-se que os tratamentos à 35°C por 4 e 12 dias apresentaram uma maior porcentagem da enzima nas sementes em relação à testemunha. A polifenoloxidase está presente na membrana plasmática das sementes e com a desestruturação dessas membranas, a enzima entra em contato com os compostos fenólicos catalizando a sua oxidação e reduzindo seu conteúdo nas sementes. Provavelmente a reestruturação das membranas durante os tratamentos, reduziu a atividade da polifenoloxidase pela compartimentalização

(1) 4 dias 15°C; (2) 4 dias 25°C; (3) 4 dias 35°C; (4) 8 dias 15°C; (5) 8 dias 25°C; (6) 8 dias 35°C; (7) 12 dias 15°C; (8) 12 dias 25°C; (9) 12 dias 35°C; (10) testemunha; (**) significativo ao nível de 1% de probabilidade; (*) significativo ao nível de 5% de probabilidade

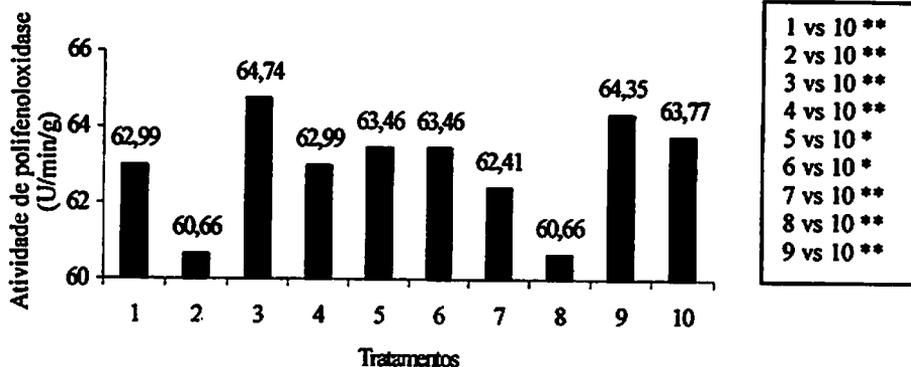


FIGURA 32 - Contrastes entre os resultados das determinações da atividade da polifenoloxidase relativas ao tratamento adicional (sementes não condicionadas) e os métodos de condicionamento do esquema fatorial. UFLA, Lavras-MG, 2001.

da enzima nos tratamentos nos quais observou-se uma melhor qualidade fisiológica das sementes. Os resultados indicam que o condicionamento à 35°C por 4 e 12 dias foram os responsáveis pela maior ativação da atividade da polifenol e conseqüentemente maior oxidação de compostos fenólicos e menor integridade do sistema de membrana o que concorda com resultados dos testes fisiológicos que demonstraram que a temperatura de 35°C não foi eficiente para o condicionamento fisiológico de sementes de cafeeiro.

3.13 Peroxidase

Analisando a Figura 33a, na qual estão apresentados os resultados da atividade da enzima peroxidase ao final de cada tratamento de condicionamento de sementes de cafeeiro em função do tempo de embebição, verifica-se que,

quando as sementes foram condicionadas à 25°C e 35°C, houve uma tendência crescente na atividade da peroxidase até aos 8 dias de condicionamento sendo que, a partir daí essa tendência decresceu até aos 12 dias. Por outro lado, quando as sementes foram embebidas à 15°C, foi observada uma tendência crescente na atividade dessa enzima até o tempo de 12 dias. Com relação ao comportamento da atividade da peroxidase em função da temperatura de condicionamento das sementes, verificou-se pela Figura 33b uma tendência linear crescente à medida que aumentava a temperatura quando as sementes foram condicionadas por períodos de 4 e 8 dias, porém, quando analisamos o comportamento dessa enzima no tempo de 12 dias, observou-se uma tendência decrescente na atividade da peroxidase até à temperatura de 25°C seguida por uma tendência crescente até 35°C.

$\blacksquare Y = 31,526427 + 0,231409x^3, R^2 = 0,99^{**}$
 $\blacktriangle Y = 42,398630 - 3,329242 \tan(x), R^2 = 0,94^{**}$

$\blacksquare Y = 29,320000 + 2,670000x, R^2 = 0,99^{**}$
 $\blacklozenge Y = 24,526667 + 8,355000x, R^2 = 0,99^{**}$

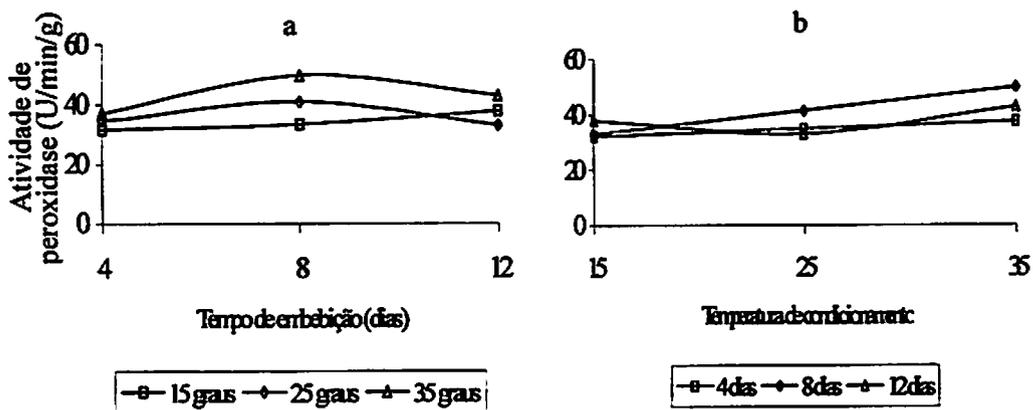


FIGURA 33 - Atividade da peroxidase em sementes de cafeeiro após o condicionamento fisiológico em diferentes períodos de tempo e temperaturas de condicionamento. UFLA, Lavras-MG, 2001.

Os contrastes entre a testemunha (sementes não condicionadas) e os tratamentos de condicionamento fisiológico das sementes de café estão apresentados na Figura 34. Pode-se observar que no tratamento por 8 dias de embebição à 35°C a atividade da enzima peroxidase foi maior que a testemunha enquanto as sementes acondicionadas por 8 dias à 25°C e 12 dias à 35°C foram estatisticamente semelhantes. Já os demais tratamentos apresentaram uma atividade dessa enzima menor quando comparados com a testemunha. A ação das peroxidases está ligada aos sistemas de processamento enzimático de radicais livres que incluem SOD (Superóxido Desmutase), que catalisa a dismutação do superóxido (O_2^-) em H_2O_2 e aquelas enzimas que estão envolvidas na desintoxicação de H_2O_2 , isto é, catalase, glutathione, redutase,

(1) 4 dias 15°C; (2) 4 dias 25°C; (3) 4 dias 35°C; (4) 8 dias 15°C; (5) 8 dias 25°C; (6) 8 dias 35°C; (7) 12 dias 15°C; (8) 12 dias 25°C; (9) 12 dias 35°C; (10) testemunha; (**) significativo ao nível de 1% de probabilidade; (NS) não significativo

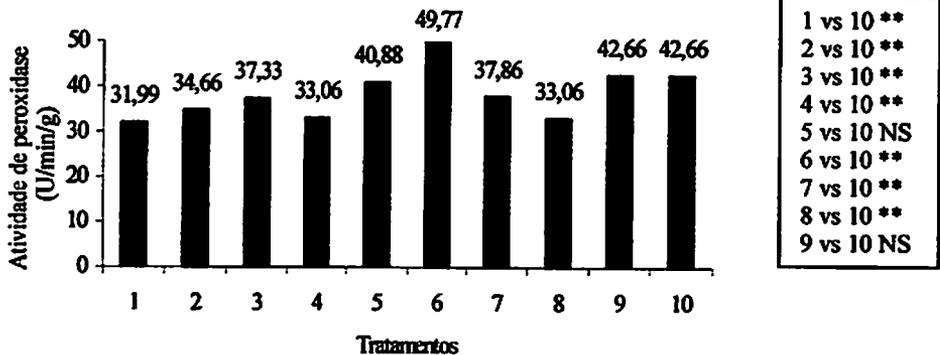


FIGURA 34 - Contrastes entre os resultados das determinações da atividade da peroxidase relativas ao tratamento adicional (sementes não condicionadas) e os métodos de condicionamento do esquema fatorial. UFLA, Lavras-MG, 2001.

ascorbato peroxidase e outras peroxidases. Os sistemas enzimáticos estão provavelmente mais envolvidos em uma resposta antioxidativa inicial por neutralizar potencialmente oxigênio tóxico ativado, formado durante processos de estresses (Price & Hendry, 1991; Winston, 1990). A tendência de maior atividade dessa enzima em temperaturas maiores (35°C) pode indicar maior estresse e portanto maiores produções de radicais livres nestas condições.

3.14 Análise enzimática

Pelas Figuras 35 e 36 podem ser observados os padrões eletroforéticos da álcool desidrogenase (ADH) e da isocitrato desidrogenase (IDH) das sementes de cafeeiro submetidas a diferentes tempos e temperaturas de condicionamento fisiológico.

Pela Figura 35, pode-se observar que a enzima álcool desidrogenase não apresentou atividade em sementes não condicionadas (testemunha). Essa enzima atua no metabolismo anaeróbico de plantas reduzindo o acetaldeído a etanol (Vantoi et al., 1987). De acordo com Zang et al. (1994), a produção de acetaldeído durante o armazenamento acelera a deterioração das sementes. Segundo os autores, o acetaldeído teve o maior efeito danoso independente da umidade relativa e temperatura de armazenamento, enquanto o etanol causou deterioração de sementes, somente em condições de umidade relativa alta. É provável que a atividade da ADH revelada para os tratamentos, esteja associada com um provável acúmulo de acetaldeído. Essa atividade da ADH pode ainda resultar em um suprimento adequado de ATP, via fermentação alcoólica. Dessa forma, a via fermentativa torna-se fundamental para manutenção da viabilidade da semente nessas condições.

Verifica-se ainda que no tratamento em que as sementes foram submetidas a 4 dias de embebição à 15°C, a atividade da ADH foi menos intensa em relação aos demais tratamentos. É provável que essa maior atividade da enzima nos

demais tratamentos de condicionamento das sementes de cafeeiro esteja associada ao acúmulo de produtos tóxicos, formados pela rota anaeróbica que possivelmente foi ativada em função dos maiores tempos e/ou temperaturas em que as sementes foram submetidas à submersão. Neste sentido, Alves et al. (1997) destacam que os produtos finais da fermentação (acetaldeído, etanol e ácido láctico) são fitotóxicos, acumulam rapidamente e provocam distúrbios na organização celular, podendo levar a célula à morte, além da solubilização de lipídios das membranas citoplasmáticas e das organelas pela ação do etanol. Ainda segundo esses autores, a anoxia causa grande aceleração no consumo de glicose, diminuindo drasticamente a sua disponibilidade para a célula. Em condições anaeróbicas, para a célula produzir a mesma quantidade de energia (ATP) que em condições aeróbicas, há necessidade de aumentar o consumo de glicose, pois a produção de ATP por molécula de glicose metabolizada é baixa (2 ATP/mol de glicose).

Com relação a isocitrato desidrogenase, verifica-se pela Figura 34 que da mesma forma observada para a ADH (Figura 33), os padrões eletroforéticos dessa enzima foram bastante semelhantes nos diversos tratamentos de condicionamento. Essa enzima, ao contrário da ADH, está relacionada com a respiração aeróbica, tendo importante função no ciclo de Krebs. Um aspecto que deve ser considerado, é que, ao submeter as sementes a diferentes temperaturas e tempos de condicionamento, ocorre uma aceleração na respiração e se não houver disponibilidade de oxigênio pode ocorrer uma mudança da via normal de suprimento de ATP (via aeróbica) para uma via alternativa que seria no caso a rota anaeróbica. Em função do maior tempo de condicionamento exigido para as sementes de cafeeiro em relação a maioria das espécies já estudadas, fica evidenciado assim, que os cuidados com o suprimento adequado de oxigênio na solução de imersão das sementes é de grande importância.

(T) testemunha; (1) 4 dias 15°C; (2) 4 dias 25°C; (3) 4 dias 35°C; (4) 8 dias 15°C; (5) 8 dias 25°C; (6) 8 dias 35°C; (7) 12 dias 15°C; (8) 12 dias 25°C; (9) 12 dias

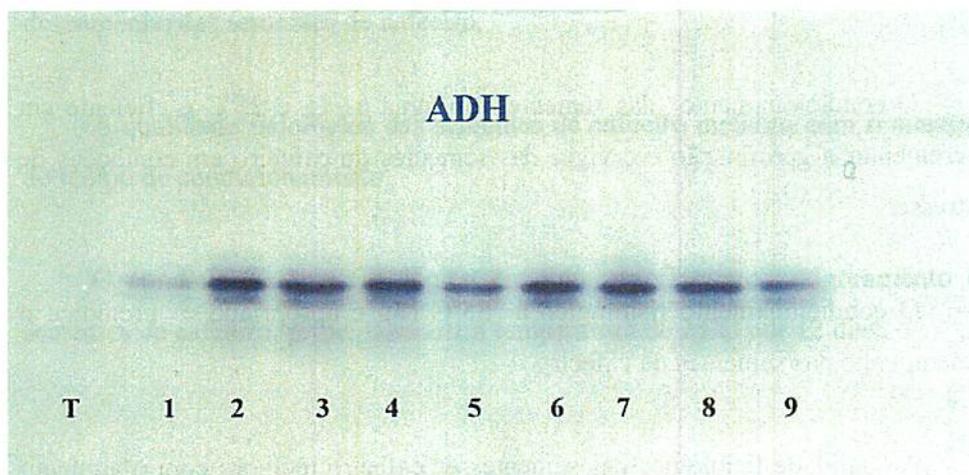


FIGURA 35 - Padrões isoenzimáticos de sementes de cafeeiro, submetidas a diferentes tempos e temperaturas de condicionamento fisiológico, reveladas para a álcool desidrogenase (ADH). UFLA, Lavras – MG, 2001.

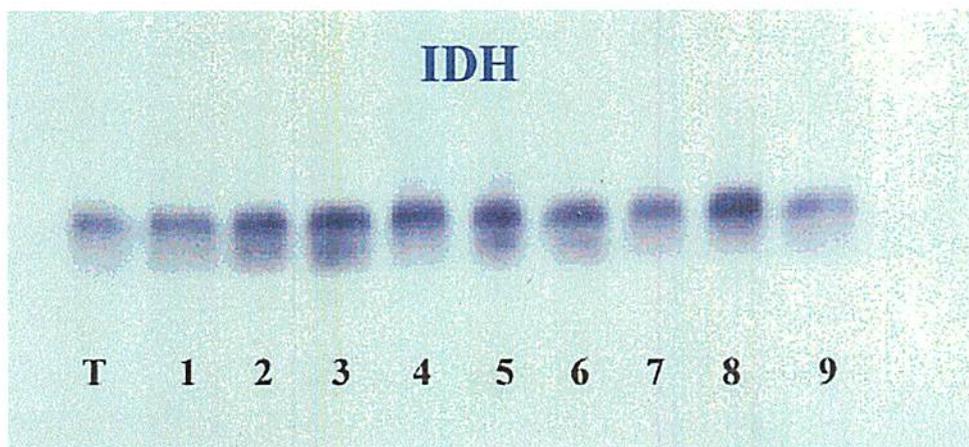


FIGURA 36 - Padrões isoenzimáticos de sementes de cafeeiro, submetidas a diferentes tempos e temperaturas de condicionamento fisiológico, reveladas para a isocitrato desidrogenase (ADH). UFLA, Lavras – MG, 2001.

4 – CONCLUSÕES

O condicionamento das sementes em água a 15 e 25°C é eficiente em incrementar a germinação e o vigor das sementes de cafeeiro em condições de estresse.

O condicionamento fisiológico à 35°C não é apropriado e prejudica o desempenho das sementes de cafeeiro.

A qualidade fisiológica das sementes de cafeeiro melhora com o aumento do tempo de condicionamento.

O condicionamento fisiológico em água é eficaz no revigoramento de sementes de cafeeiro, principalmente à temperatura de 25°C por 12 dias.

5 – REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- ALFENAS, A.C. **Eletroforese de proteínas e isoenzimas de fungos e essências florestais**. Viçosa: UFV, 1991. 242p.
- ALVES, J.D.; OLIVEIRA, L.E.M.; GOMIDE, M.B. **Apostila de Fisiologia Vegetal**; Lavras: UFLA, 1997. 131p. (Apostila – disc.Bio 108).
- AMORIM, H.V.; SILVA, D.M. Relationship between the polyphenol oxidase activity of coffee beans and quality of the beverage. *Nature*, New York, v.219, n.27, p.381-382, July 1968.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the association**. 15.ed. Washington, 1990. 2v.
- BRADFORD, K.J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *HortScience*, Alexandria, v.21, n.5, p.1105-12, 1986.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análises de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- CAMARGO, R. **Condicionamento fisiológico de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 1998. 108p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- DRAETTA, I.S.; LIMA, D.C. Isolamentos e caracterização das polifenoloxidasas do café. *Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.7, p.3-28, Jan./Jun. 1976.
- EIRA, M.T.S. **Condicionamento osmótico de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.)**: Efeitos sobre a germinação e desempenho sob estresse hídrico, salino e térmico. 1988. 90p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- GIÚDICE, M.P.DEL. **Condicionamento osmótico de sementes de soja (*Glycine max* (L.)Merrill)**. 1996. 117p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GULLIVER, R.L.; HEYDECKER, W. Establishment of seedlings in changeable environment. In: HEYDECKER, W., (ed.). *Seed Ecology*. London: Butterworth, 1973. p.433-462,

HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, I.J. Invigoration of seeds? *Seed Science and Technology*, Zurich, v.3, n.3, p.881-888, 1975.

HEYDECKER, W.; COOLBEAR, P. Seed treatments for improved performance; survey and attempted prognosis. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.5, p.353-425, 1997.

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*, Lansing, v.1, n.2, p.33-57, 1976.

KHAN, A.A.; PECK, N.H.; SAMIMY, C. Seed osmoconditioning, physiological and biochemical changes. *Israel Journal of Botany*, Jerusalem, v.29, n.1/4, p.133-44, 1980/81.

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*, Curitiba, v.7, n.1/2, p.107, 1997.

MAGUIRRE, J.D. Speed of germination – aid seedling emergence and vigor. *Crop Science*, Madison, v.2, n.2, p.176-177, Mar./Apr.1962.

MICHEL, B.E.; RADCLIFFE, D. A computer program relating solute potential to solution composition for five solutes. *Agronomy Journal*, Madison, v.87, n.1, p.126-130, Jan./Feb. 1995.

MUHYADDIN, T.; WIEBE, H.J. Influence of PEG seed treatments on emergence under stress conditions. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v.215, p.115-22, 1987.

NASCIMENTO, W.M. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças: potencialidades e implicações. *Horticultura Brasileira*. Brasília, v.16, n.2, p.106-109, 1998.

NATH, S.; COOLBEAR, S.N.; HAMPTON, J.G. Hydration-dehydration treatments to protect or repair stored “Karamu” wheat seeds. *Crop Science*, Madison, v.31, p.822-826, 1991.

PONTING, J.D.; JOSLYNG, M.A. Ascorbic acid oxidation and browning in apple tissue extract. **Archives of Biochemistry**, New York, v.19, p.47-63, 1948.

PRICE, A.H.; HENDRY, G.A.F. Iron-catalyzed oxygen radical formation and its possible contribution to drought damage in nine native grasses and three cereals. **Plant, Cell and Environment**, New York, v.14, p.477-484, 1991.

SONDHEIMER, E. On the distribution of caffeic acid and the chlorogenic acid isomers in plants. **Archives of Biochemistry & Biophysics**, Orlando, v.74, p.1311-338, 1958.

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**, Oxford, v.43, n.248, p.307-17, 1992.

VANTOAI, T.T.; FAUSEY, N.R.; McDONALD JR, M.B. Anaerobic metabolism enzymes as markers of flooding stress in maize seeds. **Plant and Soil**, New York, v.102, n.1, p.33-39, 1987.

WINSTON, G.W. Physicochemical basis for free radical formation *in cells*: production and defenses. In: ALSCHER, R.G. AND CUMMING, J.R. (eds) **Stress responses in plants: adaptation and acclimation mechanisms**. New York: Wiley-Liss, 1990. p 57-86.

ZHANG, M.; MAEDA, Y.; FURIHATA, Y.; NAKAMAR, Y.; ESASHI, Y. A mechanism of seed deterioration in relation to the volatile compounds evolved by dry seeds themselves. **Seed Science Research**, Wallingford, v.4, p.49-56, Mar.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**, Madison, v.34, p.1589-1593, 1994.

...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...

...

...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...

...

ANEXOS

...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...

...

...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...

...

- TABELA 1A** – Resumo da análise de variância (em fatorial e contrastes com três tratamentos adicionais) dos dados obtidos das avaliações de sementes de cafeeiro submetidas a diferentes métodos de condicionamento fisiológico, pelos testes de germinação (TG); índice de velocidade de germinação (IVG); condutividade elétrica (CE); Tempo para germinação de 50% das sementes (T_{50}). UFLA, Lavras – MG, 2001..... 153
- TABELA 2A** – Resumo da análise de variância (em fatorial e contrastes com três tratamentos adicionais) dos dados obtidos das avaliações de sementes de cafeeiro submetidas a diferentes métodos de condicionamento fisiológico, mudas normais (MN); índice de velocidade de emergência (IVE); Peso da matéria seca dos eixos hipocótilo/radicula (MSE); Peso da matéria seca da parte aérea das mudas (MSPA). UFLA, Lavras – MG, 2001..... 154
- TABELA 3A** – Resumo da análise de variância (em fatorial e contrastes com três tratamentos adicionais) dos dados obtidos das avaliações de sementes de cafeeiro submetidas a diferentes métodos de condicionamento fisiológico, pelos parâmetros: Diâmetro de caule das mudas (DC); Área foliar (AF); Altura das mudas (H); Grau de umidade das sementes (GUS). UFLA, Lavras – MG, 2001..... 155
- TABELA 4A** – Resumo da análise de variância (em fatorial e contrastes com um tratamento adicional) dos dados obtidos das avaliações de sementes de cafeeiro submetidas a diferentes métodos de condicionamento fisiológico, pelos testes de índice de velocidade de germinação (IVG) sob: estresse hídrico à $-0,4$ e $-0,6$ MPa e estresse salino à $-0,4$ e $-0,6$ MPa UFLA, Lavras – MG, 2001..... 156

TABELA 5A	– Resumo da análise de variância (em fatorial e contrastes com um tratamento adicional) dos dados obtidos das avaliações de sementes de cafeeiro submetidas a diferentes métodos de condicionamento fisiológico, pelos testes de índice de velocidade de germinação (IVG) sob: estresse térmico (ET) a 20°C (ET20) e 35°C (ET35) e condições térmicas de 30°C (CT30). UFLA, Lavras – MG, 2001.....	157
TABELA 6A	– Resumo da análise de variância (em fatorial e contrastes com um tratamento adicional) dos dados obtidos das avaliações de sementes de cafeeiro submetidas a diferentes métodos de condicionamento fisiológico, pelas avaliações do número de plantas normais obtidas no teste de germinação sob: estresse hídrico à -0,4 e -0,6 MPa e estresse salino à -0,4 e -0,6MPa UFLA, Lavras – MG, 2001.....	158
TABELA 7A	– Resumo da análise de variância (em fatorial e contrastes com um tratamento adicional) dos dados obtidos das avaliações de sementes de cafeeiro submetidas a diferentes métodos de condicionamento fisiológico, pelos parâmetros atividade da enzima peroxidase (APO) em (U/min/g) ; atividade da enzima polifenoloxidase (APF) em (U/min/g); teor de ácido clorogênico (ACL) em (%); teor de compostos fenólicos (CF) em (%) e grau de umidade das sementes (GUS) em (%). UFLA, Lavras – MG, 2001.....	159
TABELA 8A	– Temperaturas registradas durante o processo de condicionamento fisiológico das sementes de cafeeiro nos meses de Fevereiro, Março e Abril pelos métodos de água corrente e água aerada por 4, 8 e 12 dias de embebição.UFLA, Lavras – MG, 2001.....	160

TABELA 1A – Resumo da análise de variância (em fatorial e contrastes com três tratamentos adicionais) dos dados obtidos das avaliações de sementes de caféiro submetidas a diferentes métodos de condicionamento fisiológico, pelos testes de germinação (TG); índice de velocidade de germinação (IVG); condutividade elétrica (CE); Tempo para germinação de 50% das sementes (T₅₀). UFLA, Lavras – MG, 2001.

F.V	G.L	TG	IVG	CE	T ₅₀
		QM			
Fatorial	17	4060,888889**	182,523251**	87,438401	269,644147**
Época(E)	2	2762,666667**	64,972268**	10,902101**	62,437143**
Método(M)	1	709,388889**	0,444939	43,602235**	3,083472**
Tempo(T)	2	180,500000**	108,181276**	18,807756**	201,548356**
E*M	2	224,222222**	0,345460	1,305543	1,413901**
E*T	4	36,416667	7,753085**	3,179151**	0,399122
M*T	2	96,055556	0,464776	9,083772**	0,156606
E*M*T	4	51,638889	0,361447	0,557843	0,605547
F vs NCF	1	6917,166667**	82,979315**	498,078172**	163,964529**
M vs NCM	1	44,023810	10,455048**	342,800002**	51,1722610**
A vs NCA	1	262,500000*	4,061038**	485,520000**	33,046072**
FHC4D vs NCF	1	4608,000000**	9,137812**	253,800450**	38,940312**
FHC8D vs NCF	1	3280,500000**	35,028450**	247,006450**	102,030612**
FHC12D vs NCF	1	3872,000000**	153,212513**	230,373113**	192,864800**
FHA4D vs NCF	1	4232,000000**	8,120450**	299,757612**	25,704450**
FHA8D vs NCF	1	3698,000000**	36,380450**	367,205000**	98,210112**
FHA12D vs NCF	1	4608,000000**	133,252812**	359,790312**	181,451250**
MHC4D vs NCM	1	60,500000	0,092450	147,576200**	3,038112**
MHC8D vs NCM	1	40,500000	3,976200**	176,720000**	32,764512**
MHC12D vs NCM	1	24,500000	34,652812**	188,083013**	117,198050**
MHA4D vs NCM	1	242,000000*	0,234612	164,711250**	1,320313*
MHA8D vs NCM	1	18,000000	3,276800**	253,800450**	23,770512**
MHA12D vs NCM	1	18,000000	18,819112**	286,442113**	71,640450**
AHC4D vs NCA	1	264,500000*	0,000313	237,184200**	0,369800
AHC8D vs NCA	1	924,500000**	0,708050	250,432200**	15,042613**
AHC12D vs NCA	1	338,000000**	12,751250**	286,681513**	72,721800**
AHA4D vs NCA	1	84,500000	0,072200	195,426450**	0,086113
AHA8D vs NCA	1	0,500000	1,336613*	343,089013**	15,596113**
AHA12D vs NCA	1	0,500000	15,624050**	412,706450**	82,561250**
ERRO	63	39,746032	0,221317	0,643256	0,307719
CV%		8,81	9,08	14,65	5,95
Média Geral		71,52	5,18	5,47	9,32

* e ** Teste F significativo a 5 e 1% de probabilidade respectivamente

(NC) não condicionadas; (F) Fevereiro; (M) Março; (A) Abril; (HC) Água corrente; (HA) Água aerada; (D) dias de embrião.

TABELA 2A – Resumo da análise de variância (em fatorial e contrastes com três tratamentos adicionais) dos dados obtidos das avaliações de sementes de cafeeiro após condicionamento fisiológico, pelos parâmetros, mudas normais (MN); índice de velocidade de emergência (IVE); Peso da matéria seca do eixo hipocótilo-radícula (MSE); Peso da matéria seca da parte aérea das mudas (MSPA). UFLA, Lavras – MG, 2001.

F.V	G.L	QM			
		MN	IVE	MSE	MSPA ¹
Fatorial	17	9489,474826**	0,525551**	1,667479**	0,525227**
Época(E)	2	8331,705729**	0,394110**	1,383572**	0,425585**
Método(M)	1	2,170139	0,001701	0,057800**	0,000755
Tempo(T)	2	109,049479	0,104918**	0,132885**	0,009047
E*M	2	85,177951	0,002776	0,053317**	0,023492
E*T	4	816,243490**	0,016310**	0,012599	0,053336
M*T	2	39,605035	0,003268	0,017204	0,005902
E*M*T	4	105,523003	0,002468	0,010102	0,007110
F vs NCF	1	102,539063	0,018229*	1,084821**	0,011892
M vs NCM	1	223,446801	0,005038	0,000038	0,014333
A vs NCA	1	182,291667	0,007467	0,009752	0,000194
FHC4D vs NCF	1	19,531250	0,002813	0,446512**	0,000371
FHC8D vs NCF	1	19,531250	0,011250	0,655512**	0,046194
FHC12D vs NCF	1	312,500000	0,042050**	0,781250**	0,040881
FHA4D vs NCF	1	0,000000	0,001250	0,369800**	0,003433
FHA8D vs NCF	1	43,945313	0,017113*	0,800112**	0,001150
FHA12D vs NCF	1	175,781250	0,037812**	0,825612**	0,037788
MHC4D vs NCM	1	825,195313*	0,004513	0,006613	0,020582
MHC8D vs NCM	1	78,125000	0,001013	0,002113	0,004418
MHC12D vs NCM	1	43,945313	0,052813**	0,024200	0,002814
MHA4D vs NCM	1	175,781250	0,000450	0,001013	0,048634
MHA8D vs NCM	1	395,507813	0,004050	0,000313	0,034101
MHA12D vs NCM	1	78,125000	0,046512**	0,000200	0,000181
AHC4D vs NCA	1	312,500000	0,000050	0,003200	0,001036
AHC8D vs NCA	1	590,820313	0,002813	0,022050	0,004651
AHC12D vs NCA	1	43,945313	0,009113	0,006613	0,003283
AHA4D vs NCA	1	175,781250	0,000800	0,000613	0,000204
AHA8D vs NCA	1	488,281250	0,012012	0,040612*	0,000321
AHA12D vs NCA	1	78,125000	0,010513	0,122512**	0,002134
ERRO	63	199,652778	0,004225	0,006369	0,022906
CV%		20,46	13,66	9,48	24,06
Média Geral		69,05	0,48	0,842	0,629

* e ** Teste F significativo a 5 e 1% de probabilidade respectivamente

¹ Dados transformados em Raiz quadrada – SQRT(Y)

(NC) não condicionadas; (F) FEVEREIRO; (M) MARÇO; (A) ABRIL; (HC) ÁGUA CORRENTE; (HA) ÁGUA AERADA; (D) DIAS DE EMBEBIÇÃO.

TABELA 3A - Resumo da análise de variância (em fatorial e contrastes com três tratamentos adicionais) dos dados obtidos das avaliações de sementes de caféiro submetidas a diferentes métodos de condicionamento fisiológico, pelos parâmetros: Diâmetro de caule das mudas (DC); Área foliar (AF); Altura das mudas (H); Grau de umidade das sementes (GUS). UFLA, Lavras - MG, 2001.

F.V	GL	QM		
		DC	AF	H
Fatorial	17	0,031315**	14,160726**	354,434304**
Epoca(E)	2	0,027645**	12,817705**	315,122887**
Método(M)	1	0,000501	0,071668	0,378450
Tempo(T)	2	0,000185	0,055084	3,031817
E*M	2	0,001104	0,380326	5,811612
E*T	4	0,001482*	0,684593*	21,562567*
M*T	2	0,000148	0,067580	4,881717
E*M*T	4	0,000250	0,083770	3,645254
F vs NCF	1	0,000057	5,850134	4,211667
M vs NCM	1	0,000346	87,841610**	1,253215
A vs NCA	1	0,000363	0,007072	0,041172
FHC4D vs NCF	1	0,000120	0,348613	3,087612
FHC8D vs NCF	1	0,000253	21,190050	20,480000
FHC12D vs NCF	1	0,001922	26,608512	19,750613
FHA4D vs NCF	1	0,000136	3,289613	0,966050
FHA8D vs NCF	1	0,000613	1,522512	0,994050
FHA12D vs NCF	1	0,000496	14,284513	17,405000
MHC4D vs NCM	1	0,000002	13,030513	3,458450
MHC8D vs NCM	1	0,000481	3,213113	0,151250
MHC12D vs NCM	1	0,001682	0,066613	1,175713
MHA4D vs NCM	1	0,000003	43,152050	6,444050
MHA8D vs NCM	1	0,000041	9,990450	2,773013
MHA12D vs NCM	1	0,000162	1,029612	2,773013
AHC4D vs NCA	1	0,000113	0,446513	0,000013
AHC8D vs NCA	1	0,000010	0,756450	0,101250
AHC12D vs NCA	1	0,000153	0,475313	2,808450
AHA4D vs NCA	1	0,000968	0,022050	2,173612
AHA8D vs NCA	1	0,000242	0,231200	0,023112
AHA12D vs NCA	1	0,000435	0,277512	0,812813
ERRO	63	0,000569	0,263122	7,263919
CV%		10,75	16,28	25,62
Média Geral		0,22	3,15	10,52

* e ** Teste F significativo a 5 e 1% de probabilidade respectivamente

(NC) não condicionadas; (F) Fevereiro; (M) Março; (A) Abril; (HC) Água corrente; (HA) Água parada; (D) dias de embebição.

TABELA 4A – Resumo da análise de variância (em fatorial e contrastes com um tratamento adicional) dos dados obtidos das avaliações de sementes de cafeeiro submetidas a diferentes métodos de condicionamento fisiológico, pelos parâmetros índice de velocidade de germinação (IVG) sob: estresse hídrico à $-0,4$ (EH-0,4) e $-0,6$ MPa (EH-0,6) e estresse salino à $-0,4$ (ES-0,4) e $-0,6$ MPa (ES-0,6). UFLA, Lavras – MG, 2001.

FV	GL	QM			
		IVG			
		EH-0,4	EH-0,6	ES-0,4	ES-0,6
Tratamento	9	1,293432**	1,235118**	1,244407**	1,038380**
Fatorial vs teste	1	0,385468	0,308588	0,000538	0,225500
Tempo (T)	2	0,158819	0,040411	0,211144	0,075103
Temperatura (T°C)	2	4,264744**	4,319769**	4,889344**	3,661853**
(T) * (T°C)	4	0,602074**	0,521778**	0,249536	0,411503**
4 Dias vs Teste	1	0,378075	0,232408	0,080033	0,336675*
8 Dias vs Teste	1	0,121002	0,381633	0,005208	0,095408
12 Dias vs Teste	1	0,544002*	0,177633	0,021675	0,169219
15°C vs Teste	1	0,576408*	1,206502**	0,576408*	0,940800**
25°C vs Teste	1	2,218800**	1,244852**	0,307200	1,003408**
35°C vs Teste	1	0,300833	0,480000	1,562408**	0,450469*
4Dias15° vs Teste	1	0,086113	0,300313	0,296450	0,644112**
4Dias25° vs Teste	1	0,864613**	0,540800*	0,288800	0,312050*
4Dias35° vs Teste	1	0,080000	0,010512	0,151250	0,003613
8Dias15° vs Teste	1	0,365512	0,918013*	0,627200*	0,577813**
8Dias25° vs Teste	1	1,065800**	0,70313*	0,074113	0,432450*
8Dias35° vs Teste	1	0,616050*	0,096800	1,540012**	0,437113*
12Dias15° vs Teste	1	0,924800**	1,402813**	0,273800	0,661250**
12Dias25° vs Teste	1	2,844113**	1,280000**	0,300313	1,531250**
12Dias35° vs Teste	1	0,708050*	1,647112**	2,050312**	1,087812**
ERRO	30	0,096958	0,124742	0,112288	0,065183
CV (%)		16,16	19,26	17,38	13,87
Média Geral		1,93	1,83	1,93	1,84

* e ** Teste F significativo a 5 e 1% de probabilidade respectivamente

TABELA 5A – Resumo da análise de variância (em fatorial e contrastes com um tratamento adicional) dos dados obtidos das avaliações de sementes de caféiro submetidas a diferentes métodos de condicionamento fisiológico, pelos parâmetros, índice de velocidade de germinação (IVG) sob: estresse térmico a 20°C (ET20) e 35°C (ET35) e sob condições térmicas de 30°C (CT30), UFLA, Lavras – MG, 2001.

FV	GL	QM		
		ET 20°C	CT 30°C	ET 35°C
Treatamento	9	1,16639**	1,713278**	0,222660**
Fatorial vs teste	1	0,610914**	0,036603	0,001988
Tempo (T)	2	0,438678**	2,065858**	0,508538**
Temperatura (T°C)	2	3,577544**	4,816158**	0,237107**
(T) * (T°C)	4	0,464099**	0,404717*	0,127665**
4 Dias vs Teste	1	1,187552**	0,277552	0,030268
8 Dias vs Teste	1	0,341719*	0,020008	0,024404
12 Dias vs Teste	1	0,217352	0,826875*	0,204567**
15°C vs Teste	1	1,310102**	0,069008	0,000306
25°C vs Teste	1	1,868352**	0,405169	0,094856**
35°C vs Teste	1	0,137602	2,025408**	0,028361
4Dias15° vs Teste	1	0,918012**	0,105800	0,017075
4Dias25° vs Teste	1	1,428050**	1,095200**	0,020076
4Dias35° vs Teste	1	0,266450	0,006613	0,023651
8Dias15° vs Teste	1	0,871200**	0,427813	0,038015*
8Dias25° vs Teste	1	0,732050**	0,238050	0,000053
8Dias35° vs Teste	1	0,127513	2,215512**	0,038015*
12Dias15° vs Teste	1	0,832050**	0,112813	0,079990**
12Dias25° vs Teste	1	1,683612**	0,000613	0,789974**
12Dias35° vs Teste	1	1,140050**	3,672050**	0,004064
ERRO	30	0,076638	0,114762	0,008311
CV (%)		14,80	16,12	10,53
Média Geral		1,87	2,10	0,87

* e ** Teste F significativo a 5 e 1% de probabilidade respectivamente

TABELA 6A – Resumo da análise de variância (em fatorial e contrastes com um tratamento adicional) dos dados obtidos das avaliações de sementes de cafeeiro submetidas a diferentes métodos de condicionamento fisiológico, pelos parâmetros, número de plantas normais (%PN) obtidas no teste de germinação sob: estresse hídrico à -0,4(EH-0,4) e -0,6 MPa (EH-0,6); estresse salino à -0,4(ES-0,4) e -0,6MPa (ES-0,6) e condições térmicas à 30°C (CT30). UFLA, Lavras-MG,2001.

FV	GL	QM				
		% PN				
		¹ EH-0,4	¹ EH-0,6	¹ ES-0,4	¹ ES-0,6	CT30
Tratamento	9	2,968988**	2,995412**	1,531555*	3,178580**	2,527580**
Fatorial vs teste	1	0,421321	0,002615	1,058179	4,489631**	11,282461**
Tempo (T)	2	7,949323**	5,249525**	2,470621*	2,435137**	4,406868**
Temperatura (T°C)	2	4,662463**	3,775662**	2,313452*	4,343519**	0,818174*
(T) * (T°C)	4	0,268999	2,226429**	0,789418	2,640069**	0,253920
4 Dias vs Teste	1	3,628047**	0,472834	0,017497	5,319526**	3,592027**
8 Dias vs Teste	1	0,806013	1,627988	2,897784*	1,076640	15,385671**
12 Dias vs Teste	1	0,593904	0,530478	0,965478	6,045481**	11,431888**
15°C vs Teste	1	0,756663	0,128444	0,066285	9,838615**	9,722804**
25°C vs Teste	1	2,269417**	0,679178	0,640528	1,883920*	6,709732**
35°C vs Teste	1	0,358453	1,086747	3,095362*	1,673302*	12,182703**
4Dias15° vs Teste	1	2,485507**	0,055527	0,364502	6,719815**	2,395628**
4Dias25° vs Teste	1	5,537843**	2,401022*	0,345515	0,399288	2,392731**
4Dias35° vs Teste	1	0,541458	0,137240	0,115563	5,882439**	2,395694**
8Dias15° vs Teste	1	0,024915	0,508191	1,760051	5,419121**	11,119654**
8Dias25° vs Teste	1	0,150330	0,846638	1,001970	0,015877	7,464882**
8Dias35° vs Teste	1	2,734192	2,227151*	3,393269*	0,115413	12,540173**
12Dias15° vs Teste	1	0,506970	3,335707*	0,008517	7,634430**	7,592551**
12Dias25° vs Teste	1	2,973956**	1,930113	0,138094	8,157780**	4,267988**
12Dias35° vs Teste	1	0,301217	2,049530	4,526325*	0,162786	11,975883**
ERRO	30	0,219783	0,524024	0,679896	0,289430	0,202839
CV (%)		12,70	20,55	31,46	23,55	22,10
Média Geral		3,69	3,52	2,62	2,28	2,04

* e ** Teste F significativo a 5 e 1% de probabilidade respectivamente

¹ Dados transformados em Raiz quadrada – SQRT(Y)

* e ** Teste F significativo a 5 e 1% de probabilidade respectivamente

FV	GL	APQ	APF	ACL	CF	GUS
Tratamento	9	95,088470**	5,718174**	0,933719**	3,316296**	470,712969**
Fatorial vs teste	1	60,690963**	2,261423**	7,225885**	28,041067**	4170,849620**
Tempo (T)	2	97,341633**	1,571393**	0,052293**	0,485006**	16,988550**
Temperatura (T° C)	2	200,17403**	15,131693**	0,090737**	0,142330**	7,015817**
(T) * (T° C)	4	50,018483**	3,948993**	0,22881**	0,137732**	4,389592**
4 Dias vs Teste	1	144,0000**	2,146225**	6,613469**	19,820304**	3209,518817**
8 Dias vs Teste	1	4,558225	0,497025**	5,491211**	24,170333**	3550,477004**
12 Dias vs Teste	1	51,840000**	3,796003**	5,986178**	26,354533**	3675,622504**
15° C vs Teste	1	157,12622**	2,146225**	6,468544**	21,433813**	3310,915504**
25° C vs Teste	1	93,896100**	10,692900**	6,443136**	25,015002**	3499,818017**
35° C vs Teste	1	0,792100	0,380278**	5,198400**	23,725017**	3619,898437**
4Dias15° vs Teste	1	170,77335**	0,920417**	6,283267**	10,186854**	1864,512400**
4Dias25° vs Teste	1	96,000000**	14,539267**	4,986817**	15,562262**	2236,344100**
4Dias35° vs Teste	1	42,613350**	1,401667**	2,432067**	14,201894**	2332,890000**
8Dias15° vs Teste	1	138,24000**	0,920417**	3,010417**	14,464643**	2311,686400**
8Dias25° vs Teste	1	4,752600	0,147267*	4,200067**	17,248322**	2353,220100**
8Dias35° vs Teste	1	75,828150**	0,147267*	3,824017**	16,696680**	2436,903225**
12Dias15° vs Teste	1	34,560000**	2,788017**	3,952817**	18,882456**	2468,599225**
12Dias25° vs Teste	1	138,24000**	14,539267**	3,744600**	17,248322**	2411,792100**
12Dias35° vs Teste	1	0,000000	0,504600**	4,284150**	16,616704**	2471,084100**
CV (%)		2,84	0,24	1,64	2,62	0,99
Média Geral		38,39	62,95	3,06	3,58	54,36

TABELA 7A – Resumo da análise de variância (em fatorial e contrastes com um tratamento adicional) dos dados obtidos das avaliações de sementes de caféiro submetidas a diferentes métodos de condicionamento fisiológico, pelos parâmetros atividade da enzima peroxidase (APO) em (U/min/g); atividade da enzima polifenoloxidase (APF) em (U/min/g); teor de ácido clorogênico (ACL) em (%); teor de compostos fenólicos (CF) em (%) e grau de umidade das sementes (GUS) em (%). UFLA, Lavras – MG, 2001.

TABELA 8A - Temperaturas registradas durante o processo de condicionamento fisiológico das sementes de cafeeiro nos meses de Fevereiro, Março e Abril pelos métodos de água corrente e água aerada por 4, 8 e 12 dias de embebição. UFLA, Lavras – MG, 2001.

FEVEREIRO		
DIA	ÁGUA CORRENTE	ÁGUA AERADA
11/02	24,5	28,0
12/02	26,0	28,0
13/02	25,0	27,5
14/02	27,0	30,0
15/02	27,0	30,0
16/02	26,0	29,0
17/02	26,0	28,0
18/02	25,5	27,5
19/02	24,0	27,5
20/02	25,0	29,0
21/02	25,5	28,5
22/02	26,0	29,0
MARÇO		
DIA	ÁGUA CORRENTE	ÁGUA AERADA
14/03	22,0	26,0
15/03	22,5	26,0
16/03	23,0	27,0
17/03	23,0	28,0
18/03	21,0	27,0
19/03	22,0	25,5
20/03	22,0	25,5
21/03	24,0	28,0
22/03	24,0	28,0
23/03	23,5	27,0
24/03	25,0	31,0
25/03	24,5	30,0
ABRIL		
DIA	ÁGUA CORRENTE	ÁGUA AERADA
17/04	23,0	25,0
18/04	22,0	25,0
19/04	22,0	25,0
20/04	21,0	25,0
21/04	20,0	24,0
22/04	20,0	23,0
23/04	22,0	24,0
24/04	22,5	23,0
25/04	21,0	23,0
26/04	20,0	22,5
27/04	19,0	22,5