

ROBSON CELESTINO MEIRELES

**EFEITO DO HIPOCLORITO DE SÓDIO E DA EMBEBIÇÃO EM ÁGUA NA
GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE CAFÉ (*Coffea arábica* L.)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2004**

A DEUS

A minha família

A minha esposa Luciléa

A meus avós Brígida e Orlandino (in memorian)

A todos os meus amigos.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A DEUS.

À minha mãe Magali pelo amor e por ter sempre compreendido minha ausência e ao meu irmão Marcus Vinícius, pela amizade e incentivo em todas as etapas de minha vida.

A minha esposa, principalmente por me fazer forte naqueles momentos de maior dificuldade onde pude contar com todo seu amor, carinho e confiança, fundamentais para a realização de meus sonhos.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), em especial ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Eduardo Fontes Araujo, que além de uma excelente orientação na condução de meus trabalhos, mostrou-se amigo em todos os momentos.

Aos professores Múcio Silva Reis, Carlos Sigueyuki Sedyama, Ney Sussumu Sakiyama, pelas sugestões, conselhos e ensinamentos.

A Geraldo Reis Filho e Lourdes Silva dos Reis, pela amizade, apoio e incentivo em todas as ocasiões e pelas orações nos momentos difíceis.

Ao grande amigo André Assis Pires por estar presente e sempre depositando confiança em meu trabalho.

Ao amigo José Márcio pelo companheirismo e ao Hevilásio por ter sido além de amigo, grande colaborador para a boa realização deste trabalho.

Aos funcionários Paulinho, Marcos e José Eduardo e ao amigo Aldo pela contribuição na execução dos experimentos.

À Mara Rodrigues pelo bom humor e palavras de incentivo sempre valiosas.

À Empresa Fertilizantes Heringer, na pessoa do Sr. Alberto Silveira do Amaral pelo apoio e concessão do material de trabalho.

Aos Professores Rosembergue e Horlandezan, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, pela grande contribuição em minha formação pessoal e profissional.

Aos amigos Cristiano, Fabrício, Giovanni, Thiago e Dona Graça pela amizade e descontraída convivência.

À galera do futebol, principalmente aos amigos Pahlev, Diolino, Franciscleudo e Adriano, pelas divertidas manhãs de domingo.

BIOGRAFIA

ROBSON CELESTINO MEIRELES, filho de Josué Celestino Meireles e Magali Brilhante Meireles, nasceu em Guarulhos, SP, no dia 12 de setembro de 1976.

Cursou o segundo grau na Escola Agrotécnica Federal de Alegre (EAFA) no município de Alegre-ES.

Em 1996, ingressou na Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), em Alegre, graduando-se em Engenharia Agrônômica, em março de 2001.

Em abril de 2002, iniciou o curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa.

ÍNDICE

| | Página |
|---|---------------|
| RESUMO..... | viii |
| ABSTRACT..... | x |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA..... | 4 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS..... | 12 |
| 3.1 Experimento I: Efeito do hipoclorito de sódio na remoção do pergaminho e na germinação das sementes de café..... | 13 |
| 3.1.1 Grau de umidade..... | 14 |
| 3.1.2 Teste de germinação..... | 14 |
| 3.1.3 Primeira contagem do teste de germinação..... | 14 |
| 3.1.4 Classificação do vigor de plântulas..... | 14 |
| 3.1.5 Análise estatística..... | 15 |
| 3.2 Experimento II: Efeito da remoção do pergaminho com hipoclorito de sódio e da embebição em água, na germinação de sementes de café..... | 15 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.2.1 | Grau de umidade..... | 16 |
| 3.2.2 | Teste de germinação..... | 16 |
| 3.2.3 | Primeira contagem do teste de germinação..... | 16 |
| 3.2.4 | Classificação do vigor de plântulas..... | 16 |
| 3.2.5 | Velocidade de germinação..... | 17 |
| 3.3.4 | Análise estatística..... | 17 |
| 3.3 | Experimento III: Emergência das plântulas de café após utilização do hipoclorito de sódio na remoção do pergaminho..... | 17 |
| 3.3.1 | Teste de emergência de plântulas..... | 18 |
| 3.3.2 | Análise estatística..... | 18 |
| 4. | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 19 |
| 4.1 | Experimento I: Efeito do hipoclorito de sódio na remoção do pergaminho e na germinação das sementes de café..... | 19 |
| 4.1.1 | Grau de umidade..... | 19 |
| 4.1.2 | Germinação..... | 20 |
| 4.1.3 | Primeira contagem..... | 26 |
| 4.1.4 | Classificação do vigor de plântulas..... | 29 |
| 4.2 | Experimento II: Efeito da embebição em água, após remoção do pergaminho com hipoclorito de sódio, na germinação de sementes de café..... | 33 |
| 4.2.1 | Grau de umidade..... | 33 |
| 4.2.2 | Germinação..... | 34 |
| 4.2.3 | Primeira contagem..... | 37 |
| 4.2.4 | Classificação do vigor de plântulas..... | 39 |
| 4.2.5 | Índice de velocidade de germinação..... | 40 |
| 4.3 | Experimento III: Emergência das sementes de café após utilização do hipoclorito de sódio na remoção do pergaminho..... | 41 |
| 5. | CONCLUSÕES..... | 44 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 46 |
| | APÊNDICE..... | 53 |

RESUMO

MEIRELES, Robson Celestino, M.S. Universidade Federal de Viçosa, março de 2004. **Efeito do hipoclorito de sódio e da embebição em água na germinação das sementes de café (*Coffea arabica* L.)**. Orientador: Eduardo Fontes Araujo. Conselheiros: Carlos Sigueyuki Sedyama, Múcio Silva Reis e Ney Sussumu Sakiyama.

O presente trabalho foi desenvolvido no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa com objetivo de verificar o efeito do hipoclorito de sódio na remoção do pergaminho de sementes de café (*Coffea arabica* L.) e sua influência sobre o processo germinativo. Utilizaram-se sementes de café arábica da variedade Catuaí 44, provenientes da área experimental da empresa Fertilizantes Heringer, localizada no município de Manhuaçu-MG. As sementes foram secas à sombra até atingirem umidade de 28,14% (base úmida), havendo nova determinação do grau de umidade após a aplicação dos tratamentos. No experimento I, utilizaram-se como testemunha sementes com pergaminho e sem pergaminho (remoção manual) e sementes submetidas à solução de hipoclorito de sódio (NaClO), nas concentrações de 0,0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0%. Para cada concentração, as sementes permaneceram imersas nas soluções por tempos de 6, 12, 18 e 24 horas. No experimento II, utilizaram-se sementes com o pergaminho, sementes cujo pergaminho foi retirado manualmente e sementes em que o pergaminho foi degradado por

ação do hipoclorito de sódio na concentração de 5,0%, por 6 e 12 horas, associadas a diferentes períodos de pré-embebição (0, 12, 24 e 36 horas) em água destilada. Já o experimento III foi constituído por sementes com pergaminho (testemunha), sementes cujo pergaminho foi removido manualmente e sementes cujo pergaminho foi degradado por ação de solução de hipoclorito de sódio a 5,0% por um período de 6 horas. As avaliações, para os experimentos I e II, foram realizadas por meio de testes de germinação e vigor e, para o experimento III, por meio do teste de emergência de plântulas em substrato de areia, terra e composto orgânico. Os resultados permitiram concluir que o hipoclorito de sódio foi eficiente na remoção do pergaminho e que a concentração de 5,0% no tempo de 6 horas apresentou os melhores resultados para todas as características avaliadas. A embebição em água no tempo de 36 horas melhorou a qualidade das plântulas, aumentando também a velocidade de germinação, principalmente quando as sementes foram tratadas anteriormente com hipoclorito de sódio por 6 horas. O uso do hipoclorito de sódio na concentração de 5,0% no tempo de 6 horas mostrou-se promissor para acelerar a germinação em substrato semelhante ao utilizado na produção de mudas.

ABSTRACT

MEIRELES, Robson Celestino, M.S. Universidade Federal de Viçosa, March of 2004. **Effect of the sodium hipochlorite and the water soaking in the germination of the coffee seeds (*Coffea arabica* L.).** Adviser: Eduardo Fontes Araujo. Committee members: Carlos Sigueyuki Sedyama, Múcio Silva Reis and Ney Sussumu Sakiyama.

The present work was developed in the Department of Fitotecnia of the Universidade Federal de Viçosa with the objective to verify the effect of sodium hipochlorite in the removal of the parchment of coffee seeds (*Coffea arabica* L.) and its influence on the germinative process. Seeds of Arabian coffee of variety Catuaí 44 had been used, proceeding from the experimental area of the Fertilizantes Heringer company, located in the city of Manhuaçu-MG. The seeds had been droughts to the shade until reaching 28,14% of humidity (humid base), having new determination of the humidity degree after the treatments application. In experiment I, they had used as witness seeds

with parchment and without parchment (manual removal) and seeds submitted to solution of sodium hypochlorite (NaClO), in the 0.0; 2.5; 5.0; 7.5 and 10.0% concentrations. For each concentration, the seeds had remained immersed in the solutions for times of 6, 12, 18 and 24 hours. In experiment II, seeds with the parchment, seeds whose parchment was removed manually and seeds where the parchment was degraded by action of the sodium hypochlorite in the 5.0% concentration, for 6 and 12 hours had been used, associates the different periods of daily pay-soaking (0, 12, 24 and 36 hours) in distilled water. The experiment III was constituted by seeds with parchment (witness), seeds whose parchment was removed manually and seeds whose parchment was degraded by the action of a sodium hypochlorite 5.0% solution for a 6 hours period. The evaluations, for experiments I and II, had been carried through by means of germination tests and strength and, for experiment III, by means of the test of emergency of little plants in substratum of sand, land and organic compound. The results had allowed to conclude that the sodium hypochlorite was efficient in the removal of the parchment and that the 5.0% concentration in 6 hours presented the best ones resulted for all the evaluated characteristics. The soaking in water in the time of 36 hours improved the quality of little plants, also increasing the germination speed, mainly when the seeds had been dealt previously with sodium hypochlorite for 6 hours. The use of the sodium hypochlorite in the 5.0% concentration in 6 hours of time revealed promising to speed up the germination in similar substratum to the one used in the production of seedlings.

1. INTRODUÇÃO

Entre as principais culturas de importância econômica, o café (*Coffea arabica* L.) ocupa o segundo lugar na pauta de exportação agrícola brasileira. O Brasil é o maior produtor mundial de café, sendo o segundo maior consumidor, perdendo apenas para os EUA. O café é produzido, atualmente, em cerca de 60 países e, dentre eles, o Brasil e a Colômbia representam, juntos, mais de 35% da produção no mundo (Screenath, 2000).

No Brasil, 80% da produção corresponde à espécie *Coffea arabica*, com destaque para os estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Bahia. O país produz anualmente a média histórica de 26 milhões de sacas beneficiadas e consome cerca de 13 milhões. O café movimenta aproximadamente US\$ 30 bilhões anuais em negócios, representando de 3 a 6% das receitas cambiais brasileiras (Screenath, 2000).

Nos últimos anos, novas tecnologias e métodos de cultivo, como plantio em espaçamentos menores, introdução de novos cultivares melhorados e avanços no manejo de pragas e doenças vêm sendo disponibilizados aos produtores de café, com intuito de contribuir para a redução do custo de produção e melhoria na qualidade do produto. No entanto, embora a pesquisa

já tenha solucionado parte dos principais fatores limitantes da produção, a etapa de germinação das sementes ainda constitui grande empecilho no avanço tecnológico para produção de mudas e, conseqüentemente, para a instalação da cultura.

A espécie *Coffea arabica* é tetraplóide, autofértil e, com isso, as sementes tornam-se o principal meio de propagação, sendo que para a obtenção de mudas vigorosas em condições de campo é necessário que as sementes apresentem alta qualidade fisiológica e sanitária, aliada à procedência conhecida. Contudo, as sementes do cafeeiro, caracteristicamente, apresentam desuniformidade e lentidão no processo de retomada do crescimento e desenvolvimento do embrião ou germinação propriamente dita (Camargo, 1998).

A qualidade de um lote de sementes é fator a ser considerado em qualquer programa de produção agrícola e o uso de sementes de boa qualidade possibilita a obtenção de emergência satisfatória e de plantas vigorosas e uniformes, com reflexos diretos na produtividade (Kikuti, 2000).

A baixa velocidade e a desuniformidade da germinação das sementes de café são os principais fatores envolvidos na redução da qualidade das mudas e na implantação das lavouras em épocas mais favoráveis ao bom desenvolvimento das plantas. Existem diversas hipóteses sobre as causas de tais problemas na germinação, sendo a presença do pergaminho (endocarpo) na semente a mais estudada, porém a pesquisa ainda não conseguiu esclarecer todos os mecanismos que trazem tais prejuízos ao processo germinativo.

Segundo Guimarães (1995), a retirada do pergaminho é uma prática eficiente na aceleração da germinação das sementes de café. Araujo et al. (2003) relatam que a remoção dessa estrutura deve ser realizada de modo a não causar danos ao embrião, uma vez que este se encontra localizado em camada muito superficial da semente, recomendando a remoção manual como sendo o método mais eficaz no aumento da porcentagem e na aceleração da germinação, sem trazer prejuízos à semente.

As sementes com pergaminho apresentam baixa germinação em meio asséptico (Franco, 1970). A remoção manual desta estrutura é o método mais utilizado em laboratórios de análise de sementes no preparo das amostras para o teste de germinação; contudo, este procedimento é bastante trabalhoso já que as sementes são manuseadas individualmente, aumentando o tempo gasto na obtenção da amostra, contribuindo com maior lentidão no processo de realização das análises.

Assim, o emprego da remoção manual vem de encontro à tendência atual das pesquisas que visam agilizar a divulgação dos resultados do teste de germinação, uma vez que as sementes de café, em geral, já apresentam baixa viabilidade e germinação vagarosa, fazendo com que os resultados gerados por meio deste teste possam ser comprometidos, não condizendo com o real estado fisiológico das sementes (Dias & Silva, 1986).

Deste modo, o desenvolvimento de metodologias que possam remover o pergaminho de forma prática e pouco onerosa, acelerando a germinação e, conseqüentemente, causando diminuição do tempo gasto no teste de germinação e na fase de produção de mudas, torna-se cada vez mais necessário para suprir as demandas geradas em laboratórios e no campo, além de auxiliar na realização de pesquisas ligadas ao setor.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do hipoclorito de sódio na escarificação ou remoção do pergaminho, buscando estabelecer uma alternativa ao uso da retirada manual desta estrutura, bem como o emprego da pré-embebição, visando acelerar e uniformizar a germinação das sementes de café.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O fruto de café é uma drupa de forma elipsóide, normalmente contendo dois lóculos e duas sementes. O pericarpo é formado pelo exocarpo, mesocarpo (camada mucilaginosa) e o endocarpo, que também recebe o nome de pergaminho. O pergaminho recobre independentemente cada semente e quando maduro apresenta uma textura coreácea. A semente é plana convexa, sendo formada pelo embrião, endosperma e espermoderma (película prateada). O embrião, encontrado na superfície convexa da semente, envolvido pelo endosperma, possui tamanho reduzido, medindo cerca de 3 a 4mm, e é composto por um hipocótilo e dois cotilédones cordiformes (Rena & Maestri, 1986).

O espermoderma, também conhecido como película prateada, se forma nas sementes a partir das células remanescentes do tecido nucelar e envolve todo o endosperma, persistindo como células viáveis até a maturação do fruto e da semente (Castro et al., 2001).

O endosperma contém água, aminoácidos, cafeína e outros alcalóides, triglicerídeos, açúcares, dextrina, pentosanas, galactomananas, celulose, ácido caféico, ácido clorogênico e minerais, entre outros. Essa composição química

está relacionada à qualidade da bebida e, no contexto fisiológico, é de grande importância durante a germinação das sementes e estabelecimento das plântulas (Rena & Maestri, 1986).

As reservas da semente do cafeeiro são constituídas basicamente por hemicelulose e substâncias graxas e, durante o processo de germinação, o embrião se desenvolve consumindo as reservas até que ocorra o “rompimento” do endosperma, observando-se a protrusão da radícula que apresenta geotropismo positivo. Logo após a emissão da radícula, forma-se a alça hipocotiledonar que eleva os cotilédones, ainda presos ao endosperma, para a superfície. Considera-se então germinada a semente, sendo denominado esse estágio de “palito de fósforo” (Carvalho & Alvarenga, 1993).

São vários os problemas encontrados com relação às sementes de café e, dentre eles, encontra-se o acentuado decréscimo da viabilidade durante o processo de armazenamento. Deste modo, torna-se necessário que os viveiristas utilizem as sementes o menos distante possível da época de colheita, acarretando a produção de mudas que dificilmente coincide com o período ideal de plantio, principalmente pelo fato de a colheita das sementes ocorrer no período de outono-inverno. A utilização das sementes em meses frios causa um desenvolvimento lento das mudas devido à forte ação da baixa temperatura sobre o metabolismo. Além disso, a semente do cafeeiro apresenta como característica natural uma baixa velocidade no processo de retomada do crescimento do embrião.

Went (1957) já afirmava que o processo germinativo poderia durar até 90 dias, nos períodos mais quentes do ano, porém, no inverno, esse período poderia chegar ao extremo de 120 dias. No entanto, é justamente no início da estação mais fria que as sementes começam a estar à disposição dos produtores e viveiristas, na maior parte da região Centro Sul do Brasil. Desta forma, a duração da fase inicial da produção de mudas é extremamente relevante em se tratando de sua interferência na época de estabelecimento dos plantios (Camargo, 1998).

Além disso, para Dias & Silva (1986) a lenta germinação das sementes de café, aliada a sua baixa viabilidade, faz com que em certas situações, os resultados encontrados com o teste de germinação não reflitam mais o verdadeiro estado fisiológico das sementes em tempo hábil para sua comercialização ou uso direto, uma vez que tais resultados só podem ser obtidos após 30 dias, período de duração do teste (Brasil, 1992).

Até o momento, pouco se sabe sobre as reais causas que venham a provocar a desuniformidade e a baixa velocidade da germinação das sementes de café. Misturando sementes de alface a extratos aquosos de espermoderma ou “película prateada” em diferentes concentrações, Pereira et al. (2002) demonstraram que, à medida que a concentração aumentava, ocorria um acréscimo no número de plântulas anormais e sementes mortas da espécie indicadora, aumentando também o número de dias para a germinação. Tais resultados permitiram sugerir que o espermoderma pode contribuir para a lenta germinação das sementes de cafeeiro, possivelmente devido à presença de cafeína.

Segundo vários autores, o pergaminho está diretamente relacionado com a baixa velocidade de germinação das sementes de café. Guimarães (1995) concluiu que, para acelerar o processo germinativo, as sementes devem ter o endocarpo retirado, confirmando os resultados já obtidos por Franco (1970), o qual observou também que as sementes com endocarpo não germinavam em meio asséptico. Rena & Maestri (1986) também afirmam que a presença do pergaminho nas sementes, especialmente sob baixas temperaturas, atrasa a germinação, sendo que, com a remoção do pergaminho e na temperatura de 32°C, sementes maduras germinam em apenas 15 dias.

É válido ressaltar que, conforme Araujo et al. (2003), a retirada do pergaminho deve ser realizada manualmente e de maneira criteriosa a fim de se evitar danos ao embrião, uma vez que este se encontra muito exposto nas sementes. Deste modo, fica limitada a utilização dos maquinários desenvolvidos para a retirada do pergaminho durante o processo de beneficiamento, fazendo com que os viveiristas utilizem sementes com

pergaminho, mesmo conscientes do atraso da germinação das sementes. No entanto, em condições de viveiro, existem microrganismos capazes de decompor o pergaminho, mesmo que de forma lenta. Porém, as sementes de café na presença do pergaminho não germinam em ambientes assépticos, já que estes não apresentam tais microrganismos (Franco, 1970).

A presença do pergaminho é notadamente um dos fatores que mais interfere negativamente no processo germinativo das sementes, principalmente no que diz respeito à velocidade de germinação. Para Sguarezi (2001), o atraso da germinação das sementes na presença do pergaminho intacto pode ser atribuído à insuficiência na absorção de água ou a algum mecanismo de resistência imposto por ele sobre o desenvolvimento do embrião. Já Velasco & Gutierrez (1974), citados por Rena & Maestri (1986), descreveram que fragmentos de pergaminho misturados com as sementes exerceram efeito inibidor sobre a germinação. Com isso, esses autores concluíram que os efeitos de impedimento à difusão de gases e a expansão em volume exercido pelo endosperma podem ser classificados como secundários quando comparados à presença de algum inibidor.

O equilíbrio entre substâncias inibidoras e promotoras de germinação é fator crucial para um bom desempenho germinativo de sementes. Quando este balanço é favorável aos promotores, não há presença de dormência e as sementes germinam satisfatoriamente sob este aspecto (Carvalho & Nakagawa, 2000). Estudos realizados por Válio (1976) relacionam a germinação de sementes de cafeeiro com a variação dos teores de substâncias semelhantes aos ácidos abscísico, giberélico e citocininas.

Nesse sentido, de acordo com Alvarenga (1990), as citocininas podem funcionar como agentes quebradores de dormência em alguns casos e até substituir a exigência de luz em espécies fotoblásticas positivas, podendo, assim, diminuir o efeito de certos inibidores de germinação, como o ácido abscísico, em sementes de cafeeiro. Por outro lado, Carvalho (1997) não verificou ganho significativo, quando sementes de cafeeiro foram tratadas com citocinina BAP. Maestri & Vieira (1961) observaram que o ácido giberélico

reduz a porcentagem de germinação das sementes de café, acentuando este efeito com a elevação das suas concentrações, mostrando-se tóxico às sementes.

Gopal & Ramaiah (1971) testaram 22 produtos químicos e concluíram que as sementes de café embebidas em ácido ascórbico a 0,1%, ácido fólico a 0,1% e em tiouréia a 1500ppm germinaram 5 a 7 dias mais cedo e que a porcentagem de germinação foi mais elevada em relação ao controle, quando as sementes foram embebidas nesses produtos. Contudo, observa-se que certas substâncias, comumente usadas para indução da germinação, podem não exercer influência positiva sobre as sementes do cafeeiro, como constatado por Valencia (1970), que observou efeitos prejudiciais em sementes embebidas com ácido oxálico.

O emprego da degradação enzimática das reservas da semente é uma técnica que vem sendo estudada com o intuito de reduzir o tempo gasto na germinação. Entretanto, Sales et al. (2001), utilizando sementes de café imersas em solução de celulase, tampão e água destilada, verificaram que a aplicação exógena de celulase não contribuiu para um melhor desempenho das sementes.

O uso de soluções de hipoclorito de sódio é bastante comum nos laboratórios, principalmente como forma de assepsia de sementes e de outras unidades de dispersão, contudo ainda há carência de pesquisas que tratem de seus supostos efeitos sobre as estruturas e a germinação das sementes de café.

Registros referentes ao estímulo de germinação e mesmo quebra de dormência de algumas sementes pelo hipoclorito de sódio indicam que essa substância além de escarificar o tegumento, dependendo da concentração e do tempo de exposição, aumentam sua permeabilidade ao oxigênio, a água e a solutos, podendo também facilitar a remoção ou oxidação de inibidores de germinação (Hsiao et al., 1981). Deste modo, essa substância pode afetar a germinação das sementes de algumas espécies, estimulando ou inibindo o processo, dependendo do tempo de exposição ao produto (Carnelossi et al., 1995).

Sementes, assim que são expostas às condições de plantio, estão sujeitas às adversidades do meio e essa suscetibilidade pode sofrer um grande aumento quando o processo germinativo e de emergência de plântulas se estende por períodos mais longos. Dentre os diversos procedimentos pesquisados, com o intuito de reduzir o período entre a semeadura e a emergência de plântulas, a pré-embebição das sementes em água constitui-se em uma das principais alternativas promissoras, com grande potencial de utilização (Khan, 1991).

Heydecker et al. (1975) associam a técnica de pré embebição a uma germinação mais regular conduzindo a estandes mais uniformes. A pré-embebição, utilizando-se apenas de água ou soluções osmóticas, permite que a semente passe rapidamente pelas fases iniciais de germinação, evitando assim que esta permaneça por um longo período exposta a condições desfavoráveis no meio de plantio, uma vez que a protrusão da raiz primária ocorre pouco tempo depois da semeadura.

A absorção de água pela semente constitui a primeira etapa de uma seqüência de eventos, como ativação enzimática, degradação, translocação e consumo de reservas armazenadas, que por fim resultam na retomada do crescimento do eixo embrionário (Bewley & Black, 1994).

Quando colocada em contato direto com água pura, a semente pode sofrer um processo de embebição muito rápido que pode trazer como conseqüência diversos danos devidos a fatores como redução da integridade de membranas celulares, com perda de nutrientes essenciais, atividade de microrganismos em razão dos exudatos, o que pode causar redução ou falta de oxigênio, ou ainda, trazer prejuízos ao estado sanitário da plântula (Powell & Matthews, 1979; Woodstock & Taylorson, 1981). Já para Carvalho & Nakagawa (2000), os danos causados pela rápida embebição podem estar relacionados, entre outros fatores, com a composição química da semente, estando condicionados às características próprias de cada espécie.

A imersão direta em água é o método mais simples de embebição, porém exige um conhecimento detalhado da curva de embebição das

sementes, pois o teor de água e o limite máximo da curva a ser atingido serão determinados pelo tempo de condicionamento (Matthews & Powell, 1986). Entretanto, o controle da hidratação das sementes pode ser realizado ainda, por diferentes maneiras, ou seja, pelo método de embebição simples, onde o controle da hidratação é realizado por meio do equilíbrio com o vapor de água da atmosfera, pela embebição em substrato úmido (Vazquez, 1995).

Segundo Bewley & Black (1994), quando sementes de diferentes tipos são colocadas para germinar sob condições adequadas de suprimento de água e temperatura, a absorção de água se dá por meio de um modelo trifásico, onde as diferentes fases da embebição são chamadas de fase I, II e III. A fase I é caracterizada por uma rápida absorção que ocorre em decorrência do potencial matricial dos diversos tecidos que compõem a semente. Exceto em sementes com impermeabilidade ao tegumento, essa fase ocorre em sementes viáveis ou não. Ao nível bioquímico, essa etapa marca o início da degradação das substâncias de reserva, de modo a garantir energia e nutrientes necessários à retomada do crescimento do embrião (Camargo, 1998).

Camargo (1998) verificou que, para as sementes vivas com ou sem o pergaminho, a fase I só foi atingida após um período de aproximadamente 144 horas de embebição. O fato das sementes viáveis com e sem pergaminho terem chegado ao final da fase I em tempos relativamente próximos, poderia indicar uma não influência do pergaminho, uma vez que a diferença de umidade entre os dois tipos de sementes foi de aproximadamente 4,2% ao final da etapa.

Durante a fase II, a embebição é praticamente nula em decorrência dos potenciais hídricos do meio e da semente terem seus valores muito próximos neste momento, ocasionando com isso uma quase que total estabilização da absorção de água pela semente, caracterizando esta fase como estacionária. É durante a fase II que ocorrem a digestão e transporte ativo das substâncias de reserva (Bewley & Black, 1994).

Ainda durante a fase II, enzimas, membranas e organelas como as mitocôndrias, tornam-se funcionais nas células hidratadas para as sementes

completarem a germinação, ocorrendo, assim, ativação de processos metabólicos pré-germinativos. Seu período de duração pode ser variável em função da temperatura e do potencial hídrico da semente, onde a baixa temperatura e o baixo potencial hídrico podem aumentar a duração dessa fase (Taylor, 1997).

Com a protrusão da raiz primária, observa-se o nítido crescimento do eixo embrionário, a semente entra na fase III de embebição, que é caracterizada por um novo ganho de umidade. Este aumento na absorção de água se deve ao alongamento celular e à redução do potencial osmótico, ocasionado pela degradação de materiais de reserva em moléculas osmoticamente ativas. Com isso, se dá a reorganização das reservas digeridas nas duas primeiras fases em substâncias mais complexas para formar novas células, ocorrendo o crescimento do eixo embrionário. Deste modo, é possível afirmar que somente sementes viáveis e livres de dormência atingem a fase III (Powell & Matthews, 1979; Bewley & Black, 1994; Carvalho & Nakagawa, 2000).

No entanto, o processo de embebição das sementes de café pode ser influenciado negativamente pela presença do pergaminho, estrutura que pode estar envolvida na obstrução da passagem de água e até mesmo atuar como um possível mecanismo de resistência ao embrião (Valio, 1976 e 1980).

Assim, é necessário que o pergaminho seja retirado para facilitar o processo de embebição e conseqüente germinação, principalmente em condições de laboratório, onde o meio é asséptico e não há presença de microrganismos capazes de decompor esta estrutura (Valio, 1976). E, segundo Araujo et al. (2003), a remoção do pergaminho deve ser feita de maneira cuidadosa, de modo a não atingir o embrião que se encontra muito próximo à superfície da semente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, utilizando-se sementes de café (*Coffea arabica* L.) cultivar Catuaí 44, provenientes da área experimental da Fazenda Fertilizantes Heringer, no município de Manhuaçu em Minas Gerais.

As sementes foram obtidas de frutos colhidos manualmente no estádio denominado cereja. Após a colheita, os frutos foram submetidos ao processo de despulpamento para a extração das sementes. Em seguida, as sementes foram submetidas ao processo de degomagem por meio da fermentação por 24 horas em água para remoção da mucilagem, lavadas em água corrente e dispostas sobre telado à sombra para que o excesso de água fosse retirado.

Antes do início da montagem dos experimentos as sementes com pergaminho foram selecionadas, com o intuito de eliminar aquelas que se apresentavam chochas, danificadas e ou brocadas. Após o processo de seleção, determinou-se a umidade das sementes que na ocasião apresentavam-se com 28,14%, na base de umidade.

3.1 Experimento I: Efeito do hipoclorito de sódio na remoção do pergaminho e na germinação das sementes de café.

Sementes com pergaminho, após serem selecionadas, foram submetidas à solução de hipoclorito de sódio (NaClO) em cinco concentrações (0,0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0%). Para cada concentração, as sementes permaneceram imersas na solução em tempos de 6, 12, 18 e 24 horas, para verificação da degradação do pergaminho.

Com a finalidade de comparar o comportamento das sementes tratadas com hipoclorito de sódio com o padrão utilizado para germinação de sementes de café foram utilizadas duas testemunhas: uma com o pergaminho e outra onde esta estrutura foi removida manualmente, a fim de evitar danos ao embrião, como sugerido por Franco (1970) e Araujo et al. (2003).

Para que as sementes fossem expostas à solução de hipoclorito de sódio, estas foram dispostas em caixas gerbox, de acordo com os tratamentos, obedecendo-se a proporção de 200ml de solução para 400 sementes. Foi utilizado o telado próprio das caixas gerbox para que todas as sementes permanecessem imersas, evitando-se que o contato fosse apenas parcial, uma vez que estas tendem a flutuar na superfície da solução. Após este procedimento, as caixas gerbox foram tampadas e levadas para uma BOD com temperatura constante de 25°C, onde permaneceram pelos períodos referentes a cada tratamento.

Decorridos os tempos de exposição, as sementes foram lavadas em água corrente e, independente do tratamento empregado, tratadas com solução do fungicida captan a 0,1% por 30 segundos. Após a aplicação dos tratamentos, determinou-se o grau de umidade atual das sementes, para que se desse prosseguimento à montagem dos testes de germinação e vigor.

3.1.1 Grau de umidade

Para a determinação do grau de umidade, foram utilizadas duas repetições de aproximadamente 30 gramas de sementes sem o pergaminho. O método usado foi o da estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, por um período de 24 horas, conforme BRASIL (1992), sendo os resultados expressos em porcentagem de umidade na base úmida.

3.1.2 Teste de germinação

No procedimento do teste de germinação, foram utilizadas oito repetições de 50 sementes, tendo-se como substrato rolos de papel tipo germitest umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos foram dispostos em germinador sob temperatura constante de 30°C . Após 30 dias, efetuou-se a avaliação das plântulas e sementes, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), sendo os resultados de germinação expressos pela porcentagem de plântulas normais.

3.1.3 Primeira contagem do teste de germinação

Transcorridos 15 dias da montagem do teste de germinação realizou-se a primeira contagem, com a finalidade de avaliar a velocidade de germinação, onde foram consideradas germinadas as sementes que apresentavam protrusão da raiz primária. Assim, o vigor foi expresso, em porcentagem, pelas sementes que emitiram raiz.

3.1.4 Classificação do vigor das plântulas

Ao término do teste de germinação, as plântulas normais obtidas foram avaliadas de acordo com seu vigor, sendo classificadas como plântulas normais fortes, quando, além de apresentarem todas as estruturas essenciais, destacavam-se das demais por seu maior tamanho e vigor de raiz e parte aérea (aproximadamente 6 cm). Assim, os resultados de vigor foram expressos pela porcentagem de plântulas normais fortes.

3.1.5 Análise estatística

Os experimentos foram analisados conforme o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em que cada repetição foi composta do somatório de duas repetições originais. Os tratamentos foram arrançados no esquema fatorial (5 x 4 + 2), ou seja, cinco concentrações de hipoclorito de sódio, quatro tempos de exposição e mais duas testemunhas. Os dados em porcentagem foram transformados em arco-seno $\sqrt{\frac{x}{100}}$, para as análises estatísticas. Foram realizadas análises de variância, aplicando-se o teste F a 5% de probabilidade.

3.2 Experimento II: Efeito da remoção do pergaminho com hipoclorito de sódio e da embebição em água, na germinação de sementes de café.

Após a definição dos melhores tratamentos, com base nos resultados obtidos no experimento I, realizou-se a montagem de um segundo experimento, em que foram utilizadas sementes com o pergaminho, sementes cujo pergaminho foi retirado manualmente e sementes em que o pergaminho foi degradado por ação do hipoclorito de sódio em concentração de 5,0%, por 6 e 12 horas. Essas sementes foram submetidas a diferentes tempos de embebição (0, 12, 24 e 36 horas) em água destilada, constituindo-se, assim, os tratamentos.

Após o procedimento de remoção ou não do pergaminho, as sementes foram sujeitas a embebição, utilizando-se caixas do tipo gerbox, com telado, contendo 200ml de água para 400 sementes, de acordo com os tratamentos. Em seguida, as caixas gerbox foram tampadas e durante os períodos de embebição as sementes permaneceram em câmaras do tipo BOD, sob temperatura constante de 25°C, segundo Pertel et al (2001). Como medida de controle sanitário, as sementes foram imersas em solução de captan a 0,1% por 30 segundos, antes de se proceder à montagem dos testes de germinação e

vigor. Assim como no experimento anterior, antes da instalação dos testes determinou-se o teor de água atual das sementes para todos os tratamentos.

3.2.1 Grau de umidade

Para a determinação do teor de água, foram utilizadas duas repetições de aproximadamente 30 gramas de sementes. O método usado foi o da estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, por um período de 24 horas, conforme Brasil (1992), sendo os resultados expressos em porcentagem de umidade na base úmida.

3.2.2 Teste de germinação

Para o teste de germinação, foram utilizadas oito repetições de 50 sementes que foram dispostas em rolos de papel germitest umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos foram levados para germinador sob temperatura constante de 30°C . Após 30 dias, procedeu-se a avaliação das plântulas e sementes, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), sendo os resultados de germinação expressos pela porcentagem de plântulas normais.

3.2.3 Primeira contagem do teste de germinação

O teste de primeira contagem foi conduzido em conjunto com o teste de germinação, onde a avaliação foi realizada com 15 dias, sendo o vigor expresso pela porcentagem de sementes que apresentavam protrusão da raiz primária.

3.2.4 Classificação do vigor das plântulas

As plântulas normais obtidas no teste de germinação, a exemplo do experimento anterior também foram classificadas, sendo o vigor expresso em porcentagem de plântulas normais fortes.

3.2.5 Velocidade de germinação

Foi avaliada durante a condução do teste de germinação, onde a cada três dias efetuou-se a contagem das sementes que haviam emitido a raiz primária, sendo a última avaliação realizada aos 15 dias após a semeadura.

Para o cálculo do índice de velocidade de germinação, foi utilizada a fórmula proposta por Maguire (1962), ou seja:

$$IVG = N_1/D_1 + N_2/D_2 + \dots + N_n/D_n, \text{ onde:}$$

IVG: índice de velocidade de germinação;

N_1 : número de sementes germinadas na primeira avaliação;

D_1 : número de dias transcorridos até a primeira avaliação;

N_2 : número de sementes germinadas na segunda avaliação;

D_2 : número de dias transcorridos até a segunda avaliação;

N_n : número de sementes germinadas na última avaliação;

D_n : número de dias transcorridos até a última avaliação;

3.2.6 Análise estatística

O experimento foi analisado no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições de 100 sementes formadas pela reunião de duas repetições originais. Os tratamentos foram constituídos pelo fatorial 4 x 4, sendo formados pela combinação dos quatro tratamentos de remoção do pergaminho e quatro tempos de embebição em água destilada. Foram realizadas análises de variância, aplicando-se o teste F a 5% de probabilidade.

Os dados em porcentagem foram transformados em arco-seno $\sqrt{x/100}$, para as análises estatísticas.

3.3 Experimento III: Emergência das plântulas de café após utilização do hipoclorito de sódio na remoção do pergaminho.

Utilizaram-se sementes com pergaminho, sementes cujo pergaminho foi removido manualmente e sementes cujo pergaminho foi degradado por ação de solução de hipoclorito de sódio a 5,0% por um período de 6 horas,

sendo a definição dos tratamentos realizada após a obtenção dos resultados do experimento I.

3.3.1 Teste de emergência de plântulas

Após procedimento de remoção do pergaminho, conforme descrito no Experimento I, oito repetições de 25 sementes dos tratamentos e da testemunha foram dispostas em caixas do tipo gerbox, contendo substrato constituído pela mistura em volume de terra, areia peneirada e composto orgânico, na proporção de 1:1:1 dado em volume.

A semeadura foi realizada a uma profundidade de aproximadamente 1cm e as sementes cobertas com o mesmo substrato, o qual foi umedecido com água destilada. Após a semeadura, as caixas gerbox foram acondicionadas em germinador sob temperatura constante de 30° C.

A avaliação foi realizada 50 dias após a instalação do teste, de modo que foram consideradas emergidas aquelas plântulas que, na ocasião da avaliação, apresentavam-se no estágio “palito de fósforo” que, segundo Carvalho e Alvarenga (1993) corresponde ao momento em que a alça hipocotiledonar desenvolve-se, elevando à superfície os cotilédones ainda presos ao endosperma. Os resultados foram expressos em porcentagem.

3.3.2 Análise estatística

O experimento foi analisado seguindo o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições de 50 sementes (obtidas do agrupamento de duas repetições originais). Os dados em porcentagem foram transformados em arco-seno $\sqrt{\frac{x}{100}}$, para as análises estatísticas. As médias dos tratamentos foram comparadas utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento I: Efeito do hipoclorito de sódio na remoção do pergaminho e na germinação das sementes de café.

4.1.1 Grau de umidade

Antes e após terem sido submetidas aos tratamentos, as sementes tiveram seu grau de umidade determinado, sendo o teor de água inicial de 28,14%. Na Figura 1, encontram-se descritos os valores de umidade apresentados pelas sementes tratadas, na ocasião da montagem dos testes, onde é possível observar um acréscimo de umidade em todos os tratamentos na medida em que se aumentavam os tempos de exposição, conforme esperado. Como as testemunhas não foram expostas a nenhuma solução de hipoclorito de sódio, sua umidade no momento do teste era de 28,14%, não sendo, portanto, descritas na figura.

As sementes tratadas com hipoclorito de sódio, nas concentrações de 0,0; 2,5 e 5,0% apresentaram umidades semelhantes, quando observadas em todos os tempos de exposição ao produto. Nas concentrações de 0,0 e 2,5% não houve remoção do pergaminho das sementes, enquanto na concentração

de 5,0% essa estrutura foi degradada por ação do produto, não ocorrendo, contudo, esscarificação intensa dos tecidos das sementes. Em concentrações mais elevadas, 7,5 e 10,0%, o hipoclorito de sódio deve ter tido ação esscarificadora não só sobre o pergaminho como também nas camadas mais profundas da semente, facilitando o ganho de umidade.

Deste modo, verifica-se que o pergaminho pode não ter oferecido barreira ao acréscimo de umidade nas sementes, uma vez que as sementes dos tratamentos onde o pergaminho foi removido por solução de 5,0% de hipoclorito de sódio mostraram comportamento semelhante ao das sementes das concentrações de 0,0 e 2,5%, que permaneceram com a estrutura.

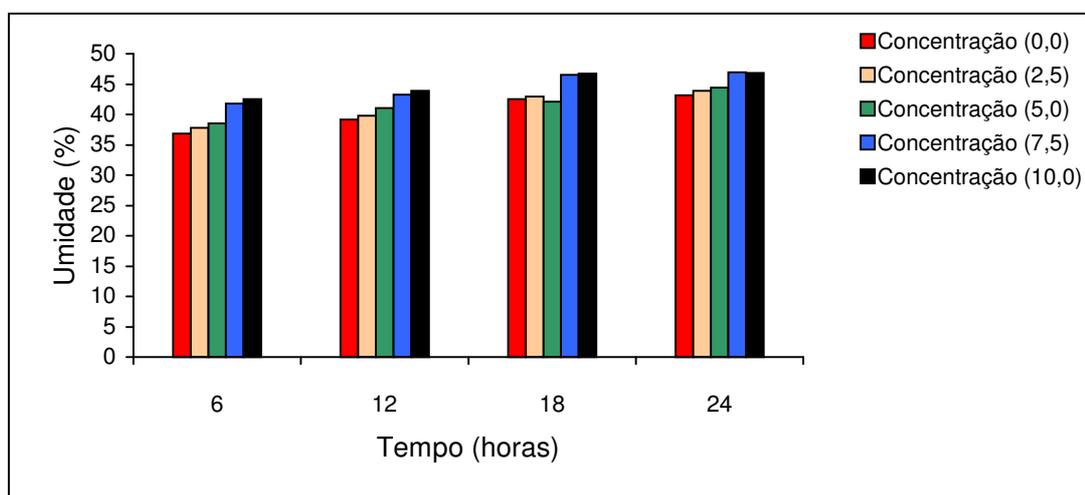


Figura 1: Grau de umidade (%) de sementes de café, submetidas a cinco concentrações de hipoclorito de sódio por diferentes períodos.

4.1.2 Germinação

Observa-se que para porcentagem de germinação obtida em função da concentração de hipoclorito de sódio (Figura 2), na ausência da solução, o número de plântulas normais foi inferior ao encontrado em sementes expostas ao hipoclorito de sódio. Os resultados de germinação observados, quando as sementes foram submetidas à concentração de 2,5%, mantiveram-se inferiores aos valores dos tratamentos com concentrações de 5,0% em todos os períodos de exposição. Já em comparação com a concentração de 7,5%, os tratamentos

com 2,5% de hipoclorito de sódio mantiveram-se inferiores apenas nos tempos de 6 e 12 horas, sendo superior também à concentração de 10,0% nos tempos de 18 e 24 horas.

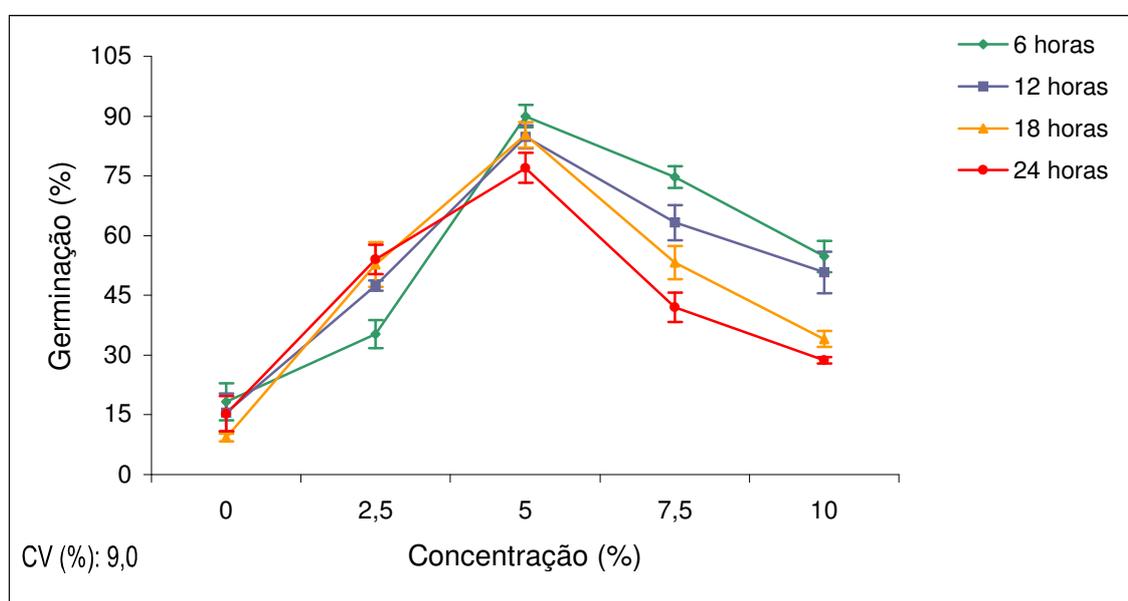


Figura 2: Germinação de sementes de café, submetidas a cinco concentrações de hipoclorito de sódio e a diferentes períodos de exposição.

Deste modo, é possível observar que o máximo de germinação ocorreu na concentração de 5,0% e, a partir deste ponto, começa haver declínio nos valores que, embora ainda sejam superiores aos resultados encontrados na ausência de hipoclorito de sódio, demonstram que concentrações elevadas tornam-se prejudiciais à germinação das sementes de café.

A concentração de 5,0% apresentou os melhores resultados, possivelmente devido à remoção total do pergaminho sem que o embrião fosse afetado negativamente, e as concentrações de 7,5 e 10,0%, além de eliminar completamente o pergaminho, podem ter danificado estruturas vitais da semente, como o embrião, pela alta concentração de hipoclorito de sódio.

Carnellosi et al. (1995) relataram que o uso do hipoclorito de sódio em certas sementes, cujos tegumentos não representam barreira física para a germinação, pode causar escarificação a ponto de ocorrer dano aos tecidos

vivos do embrião. Assim, no presente trabalho, quando foram utilizadas concentrações elevadas, após a remoção do pergaminho, as sementes de café provavelmente ficaram expostas à ação nociva do hipoclorito de sódio. Já, quando se utilizou o hipoclorito de sódio a 5,0%, a concentração foi suficiente para degradar o pergaminho, porém não causando prejuízos à germinação. Hsiao et al. (1981) descreveram que, dependendo da concentração e do tempo de exposição, o hipoclorito de sódio pode, além de escarificar, aumentando a permeabilidade ao oxigênio, a água e a solutos, facilitar a remoção ou oxidação de inibidores, proporcionando um incremento na germinação.

Analisando o tempo de exposição das sementes de café ao hipoclorito de sódio (Figura 3), é possível observar que, para concentrações a partir de 5,0%, a germinação diminui na medida em que se aumenta o tempo de exposição das sementes ao produto, encontrando-se os melhores resultados no tempo de 6 horas, onde a concentração de 5,0% proporcionou os melhores resultados. Esta observação concorda com Bewley & Black (1982) que afirmaram que longos períodos de exposição de algumas sementes ao hipoclorito de sódio, principalmente ultrapassando oito horas, podem provocar danos ao embrião.

Ao se comparar as sementes com pergaminho imersas em água destilada (concentração 0,0%) com as expostas na solução de 2,5% de hipoclorito de sódio, verifica-se que o produto aumentou, em razão considerável, a germinação. O aumento crescente da germinação, em função do tempo, nesta solução menos concentrada pode ser explicado pela ação escarificadora do hipoclorito de sódio sobre o pergaminho. Como o mesmo não foi degradado por completo, como nas concentrações mais elevadas, provavelmente esta concentração de 2,5% não causou prejuízos às estruturas essenciais da semente, mas ocorreu ainda efeito prejudicial pela presença parcial do pergaminho, quando se compara com a testemunha sem o pergaminho ou com a concentração de 5,0%.

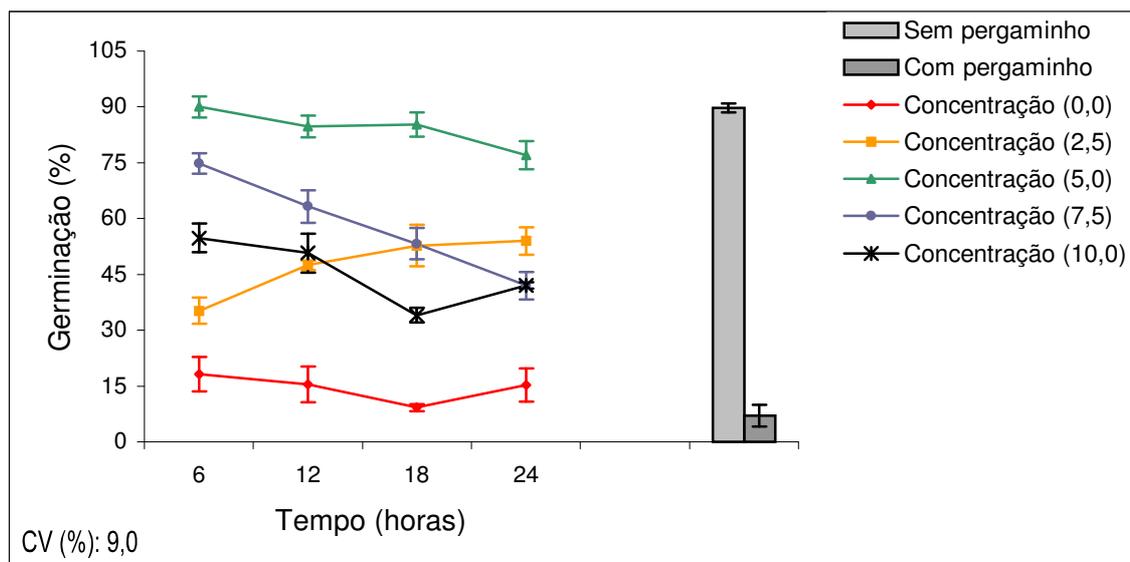


Figura 3: Germinação de sementes de café, de acordo com quatro períodos de exposição em cinco concentrações de hipoclorito de sódio.

Observando ainda a Figura 3, quando as médias dos tratamentos foram comparadas às testemunhas com e sem pergaminho, verifica-se que os melhores resultados foram dos tratamentos com 5,0% de hipoclorito de sódio por 6, 12 e 18 horas, não diferindo da testemunha cuja remoção do pergaminho foi manual e da qual esperam-se valores máximos de germinação. Já quando as sementes permaneceram em solução a 5,0% por 24 horas, a média de germinação foi inferior, provavelmente pela exposição excessiva das sementes ao produto, causando algum dano em tecidos vitais das sementes.

Nota-se, ainda, que a testemunha, cujo pergaminho não foi removido apresentou a menor média de germinação, não diferindo do tratamento com exposição das sementes em água (sem hipoclorito de sódio) que, mesmo no tempo de 24 horas de exposição, não foi eficiente para aumento significativo da germinação das sementes de café. Franco (1970) relatou que sementes de café com pergaminho não germinam em meio asséptico, onde esta estrutura não é degradada pela ação de microrganismos. Desta forma, pode ser explicada a baixa germinação das sementes que permaneceram com o pergaminho sem nenhuma escarificação ou remoção, pois, devido ao meio de

condução do experimento ter permanecido em condições desfavoráveis ao desenvolvimento de microrganismos, principalmente devido ao tratamento com o fungicida captan, não houve interferência destes na estrutura do pergaminho.

Os altos valores de germinação obtidos nos tratamentos com concentração de 5,0% de hipoclorito de sódio podem estar ligados não somente à degradação do pergaminho, como também à remoção de possíveis substâncias inibidoras contidas, por exemplo, na película prateada que, segundo Pereira et al. (2002), contém grande quantidade de cafeína, provavelmente um inibidor da germinação das sementes de café. Na Figura 4 observa-se que o hipoclorito de sódio além de degradar o pergaminho, removeu também a película prateada das sementes, estrutura essa que permaneceu nas sementes cuja retirada do pergaminho foi manual.



Figura 4: Sementes com remoção do pergaminho por ação de hipoclorito de sódio (A) e por remoção manual (B), onde se observa a ausência e presença da película prateada, respectivamente.

Os resultados de germinação encontrados, principalmente nos tratamentos com 5,0% de hipoclorito de sódio, indicam que o uso desta substância, por ser menos trabalhoso e mais prático, pode substituir de modo promissor o método de remoção manual do pergaminho, utilizado em testes de germinação de sementes de café em laboratório.

Os tratamentos com concentrações de 7,5 e 10,0% do produto podem ter causado danos ao embrião ou a certas estruturas de sua constituição, o que pode ter proporcionado maior frequência de ocorrência de anomalias e, conseqüentemente, reduzindo consideravelmente o número de plântulas normais. As porcentagens de plântulas anormais de todos os tratamentos encontram-se descritas na Tabela 1. Para uma melhor compreensão dos resultados, está ilustrada na Figura 5 a caracterização das plântulas que foram consideradas anormais na avaliação do teste de germinação.

Estes resultados, no entanto, não foram observados de maneira expressiva nos tratamentos com concentração de 5,0% do produto, os quais apresentaram reduzidas quantidades de plântulas defeituosas, e proporções de plântulas normais bastante satisfatórias, principalmente no período de 6 horas.

Tabela 1: Média da porcentagem de plântulas anormais obtidas no teste de germinação das sementes de café.

| Período (horas) | Concentração de hipoclorito de sódio (%) | | | | |
|----------------------------|---|------------|------------|------------|-------------|
| | 0,0 | 2,5 | 5,0 | 7,5 | 10,0 |
| 06 | 0,0 | 0,0 | 2,2 | 9,75 | 16,5 |
| 12 | 0,0 | 0,0 | 4,0 | 20,0 | 26,5 |
| 18 | 0,0 | 0,0 | 6,0 | 29,0 | 36,0 |
| 24 | 0,0 | 0,0 | 12,0 | 53,0 | 36,7 |
| Testemunhas | | | | | |
| Com pergaminho | 0,0 | | | | |
| Sem pergaminho | 0,25 | | | | |



Figura 5: Plântulas anormais de sementes de café obtidas no teste de germinação.

4.1.3 Primeira Contagem

Na Figura 6, encontram-se ilustrados os resultados de vigor obtidos com a primeira contagem de germinação das sementes de café, após exposição a várias concentrações de hipoclorito de sódio por diferentes tempos. Pode-se observar que a ausência desta substância, em sementes com pergaminho, e a concentração de 2,5% não possibilitaram que as sementes demonstrassem valores satisfatórios de germinação aos 15 dias, o que deve ter ocorrido, possivelmente, devido à presença do pergaminho, uma vez que a concentração zero consiste apenas de água destilada e a concentração de 2,5% não foi suficiente para a remoção do mesmo.

Sob concentrações mais elevadas de hipoclorito de sódio, os resultados de vigor foram superiores, com destaque para a concentração de 5,0%, que além de remover totalmente o pergaminho, como as concentrações de 7,5 e 10,0%, permitiu que a protrusão da raiz primária fosse mais rápida, aumentando a velocidade de germinação das sementes.

Nas concentrações de 7,5 e 10,0%, as sementes podem ter sofrido aumento na taxa de embebição, o que possivelmente causou aceleração nos processos metabólicos. Embora a emissão da radícula, nessas concentrações, tenha se dado precocemente, observa-se nos resultados de germinação, que as soluções de 7,5 e 10,0% podem ter causado danos mais profundos nas

sementes, afetando o processo germinativo e, conseqüentemente, reduzindo a porcentagem final de plântulas normais.

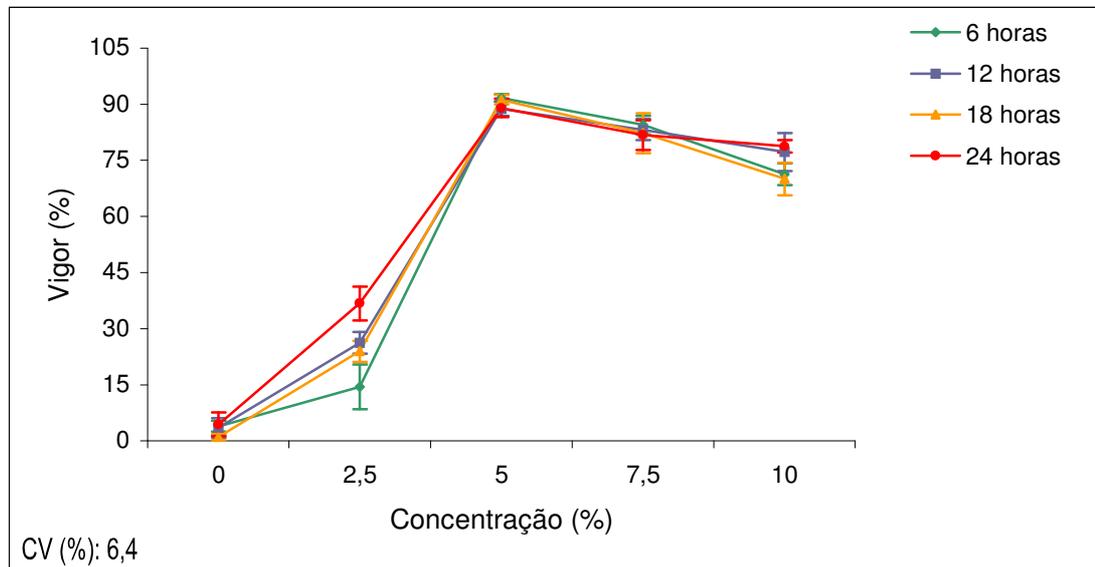


Figura 6: Vigor, pelo teste de primeira contagem de germinação de sementes de café, submetidas a cinco concentrações de hipoclorito de sódio por diferentes períodos de exposição.

Analisando ainda o teste de primeira contagem de germinação (Figura 7), observa-se que a germinação aos 15 dias foi maior quando as sementes foram expostas em hipoclorito por 06 horas na concentração de 5%, embora este tempo não tenha se mostrado expressivamente superior aos demais tempos de exposição. Esta concentração, mesmo nos menores tempos de exposição, além de ter degradado totalmente o pergaminho, pode ter facilitado a entrada de água nas sementes, acelerando assim os processos de degradação de reservas e permitindo que o processo de germinação ocorresse com maior rapidez. Também para Sguarezi (2001), a lenta germinação das sementes de café em presença do pergaminho intacto parece estar relacionada à dificuldade da passagem de água ou a mecanismos de resistência impostos ao embrião.

Assim, técnicas que removam ou tenham ação escarificadora sobre o pergaminho, sem que haja dano ao embrião, tendem a permitir uma melhoria

nas condições iniciais de absorção de água pelas sementes, aumentando, conseqüentemente, sua velocidade de germinação.

O maior tempo de exposição das sementes em água destilada não proporcionou ganho significativo na velocidade de germinação, onde os valores obtidos apresentaram-se muito aquém dos resultados encontrados em outros tratamentos.

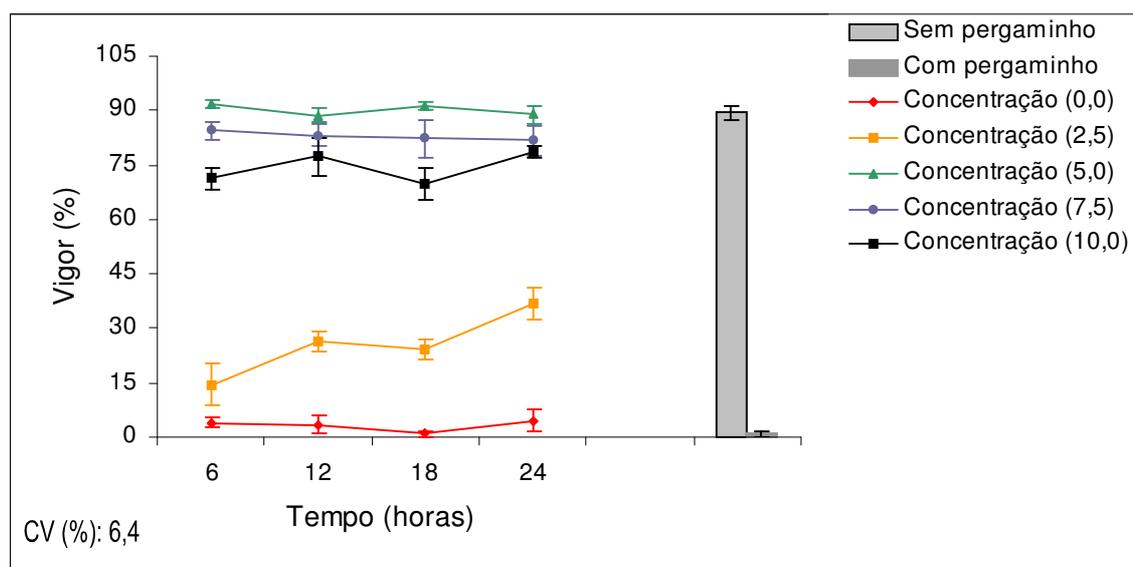


Figura 7: Vigor, pelo teste de primeira contagem de germinação de sementes de café, submetidas a quatro períodos de exposição em cinco concentrações de hipoclorito de sódio.

Para os tratamentos com concentração de 2,5%, os resultados encontrados no tempo de 24 horas se mostraram superiores. Embora esta concentração de hipoclorito de sódio não permita uma remoção total do pergaminho, a exposição por períodos prolongados pode ter causado uma escarificação parcial do pergaminho, permitindo uma melhor passagem de água, oxigênio ou ainda reduzido algum tipo de resistência mecânica imposta ao embrião durante o seu desenvolvimento.

Ainda na Figura 7, estão representados os resultados de vigor referentes à primeira contagem de germinação dos tratamentos quando comparados às testemunhas com e sem o pergaminho, que apresentaram 1,0 e 89,5% de vigor, respectivamente. Confrontando os valores encontrados, pode-se verificar que o vigor das sementes da testemunha sem o pergaminho (remoção manual) não diferiu significativamente do tratamento com concentração de 5,0% da solução de hipoclorito de sódio e, mostrou-se superior às concentrações de 7,5 e 10,0%.

Na concentração de 5,0%, independentemente do tempo de exposição das sementes ao produto, as sementes apresentaram vigor semelhante à testemunha sem pergaminho mostrando que o uso de tal concentração pode ser considerado como alternativa ao emprego da remoção manual na aceleração da germinação para as condições de laboratório.

Quando as sementes com pergaminho foram expostas apenas à água destilada, ou seja, em ausência de hipoclorito de sódio, os resultados de vigor na primeira contagem não diferiram significativamente da testemunha com pergaminho, mostrando que a presença do pergaminho pode prejudicar o surgimento da raiz primária em sementes de café, uma vez que se observou que, quando esta estrutura foi parcialmente escarificada na concentração de 2,5% ocorreu aumento do vigor medido pela porcentagem de germinação na primeira contagem aos 15 dias de teste.

4.1.4 Classificação do Vigor de Plântulas

Ao término do teste de germinação, efetuou-se a classificação das plântulas normais que foram agrupadas em fortes e fracas, conforme Figura 8, onde o vigor foi avaliado por meio da porcentagem de plântulas normais fortes obtidas nos tratamentos.

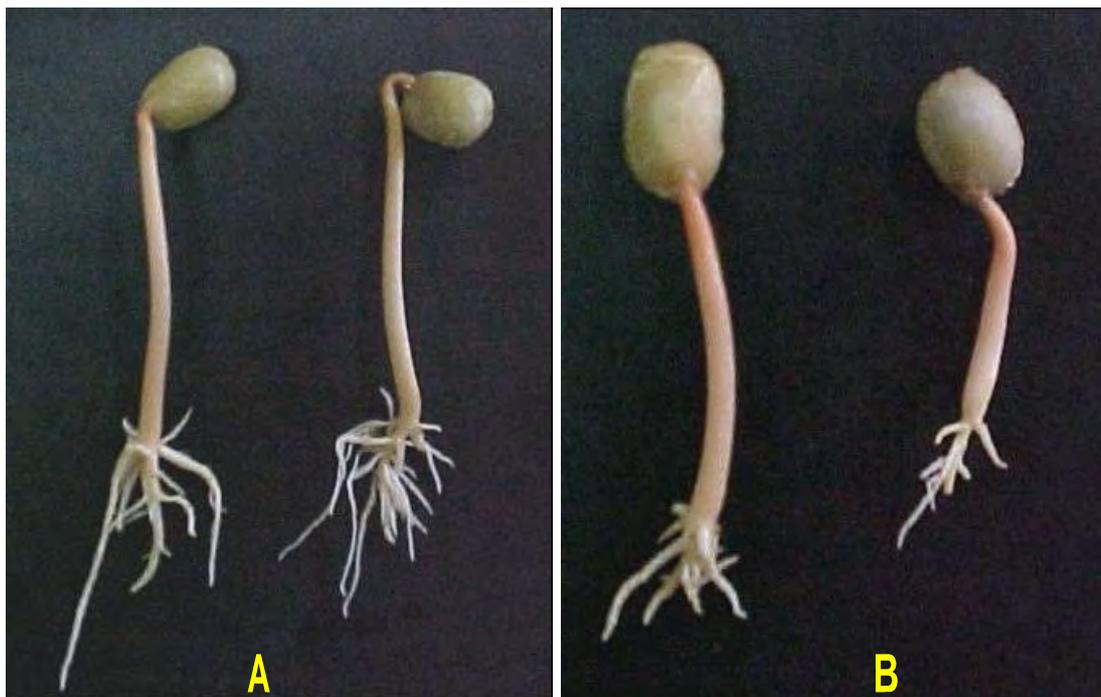


Figura 8: Plântulas normais de café, no teste de vigor de plântulas classificadas em fortes (A) e fracas (B).

Estabelecendo-se o percentual de plântulas normais fortes para cada concentração (Figura 9), é possível observar que os resultados obtidos em todos os tratamentos apresentaram comportamento semelhante aos encontrados na germinação, ou seja, os tratamentos referentes à concentração de 5,0% de hipoclorito de sódio foram os que proporcionaram a maior porcentagem de plântulas fortes, seguido da concentração de 7,5%. Verifica-se, ainda, que a concentração de 10,0% pode comprometer o bom desenvolvimento das plântulas, além de, como visto anteriormente, reduzir o potencial de germinação das sementes.

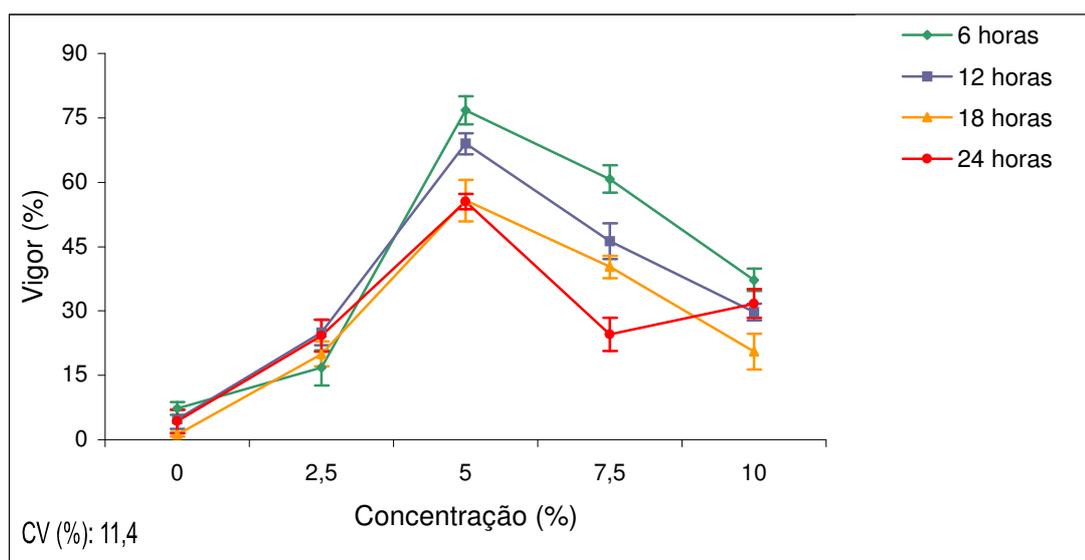


Figura 9: Vigor, pelo teste de classificação de plântulas de sementes de café, submetidas a cinco concentrações de hipoclorito de sódio por diferentes períodos de exposição.

Embora os tratamentos com 10,0% de hipoclorito de sódio tenham sido superiores aos com 2,5%, ainda continuaram apresentando resultados bastante reduzidos em relação aos demais tratamentos com hipoclorito de sódio. Em água destilada, o número de plântulas fortes foi praticamente nulo, demonstrando, assim, que o uso do produto em concentrações adequadas pode acelerar o processo germinativo e a manifestação do vigor das plântulas.

Quando o vigor das plântulas é analisado em função do tempo de exposição ao hipoclorito de sódio (Figura 10), verifica-se que, para esta característica, maiores tempos de exposição começam a ser prejudiciais, principalmente quando concentrações mais elevadas são utilizadas. Observando-se cada tempo de exposição isoladamente, os tratamentos com solução de 5,0% de hipoclorito de sódio apresentam maior percentual de plântulas fortes. Na ausência de hipoclorito de sódio, as porcentagens de plântulas fortes foram as menores em todos os tempos.

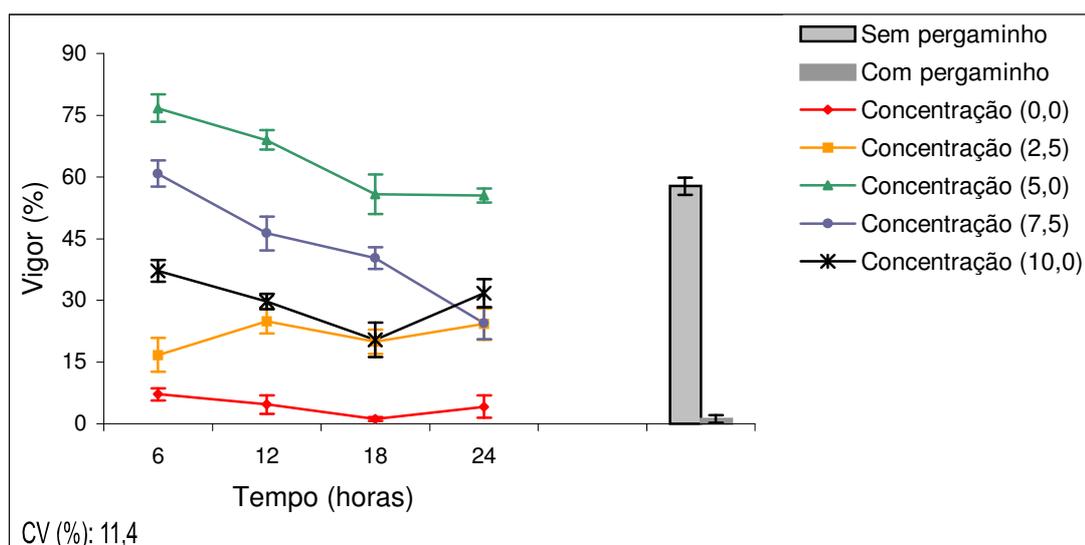


Figura 10: Vigor, pelo teste de classificação de plântulas de sementes de café, submetidas a quatro períodos de exposição em cinco concentrações de hipoclorito de sódio.

Quando as sementes foram expostas ao hipoclorito de sódio por menor tempo, a proporção de plântulas fortes foi superior, demonstrando que o uso da concentração de 7,5% por 6 horas pode apresentar resultados semelhantes aos encontrados na concentração de 5,0% de hipoclorito de sódio por 18 e 24 horas.

Ainda, na Figura 10, estão representadas as comparações das médias dos tratamentos às testemunhas. Nota-se, para os tempos de 6 e 12 horas, uma superioridade do tratamento com 5,0% de hipoclorito de sódio em relação à testemunha cujo pergaminho foi removido manualmente, e da qual esperam-se resultados superiores. Isto demonstra que a utilização deste produto, nesta concentração e nestes tempos de exposição, pode trazer benefícios à germinação e à manifestação do vigor das plântulas de café, não só no que diz respeito à simples retirada do pergaminho. Pode haver também um favorecimento a passagem de água para o interior da semente, concorrendo para mais rápida degradação das reservas e início das reações de síntese, fazendo com que o processo de retomada do crescimento do embrião ocorra de

maneira mais rápida e uniforme, propiciando maior número de plântulas com características desejáveis.

Em todos os casos em que foi realizada a remoção do pergaminho, manualmente ou com hipoclorito de sódio, os resultados foram superiores aos da testemunha que permaneceu com pergaminho, o que corrobora com Guimarães (1995) e Franco (1970) que afirmaram que, para uma melhor germinação das sementes de café, é necessário que o pergaminho seja retirado.

Assim, o emprego do hipoclorito de sódio pode vir a contribuir na realização do teste de germinação, pela remoção do pergaminho, facilitando a execução dos trabalhos de análise em laboratório, sem que estes sejam onerados de forma significativa, uma vez que se trata de um produto de baixo custo e facilmente encontrado no mercado.

4.2 Experimento II: Efeito da embebição em água, após remoção do pergaminho com hipoclorito de sódio, na germinação de sementes de café.

4.2.1 Grau de umidade

De acordo com os resultados de umidade apresentados na Figura 11 pode ser observado que as sementes que tiveram o pergaminho removido por ação do hipoclorito de sódio apresentaram porcentagem de umidade superior ao longo de todos os períodos de exposição em água destilada, sendo que, quando as sementes foram submetidas por 12 horas ao produto, o grau de umidade apresentou-se ainda maior, como esperado, uma vez que estas sementes já começaram a ganhar umidade quando foram expostas, anteriormente, à solução de hipoclorito de sódio. Nestes casos, o hipoclorito de sódio, além de ter degradado o pergaminho, pode ter agido também sobre o endosperma da semente, fazendo com que a absorção ocorresse de maneira mais acentuada.

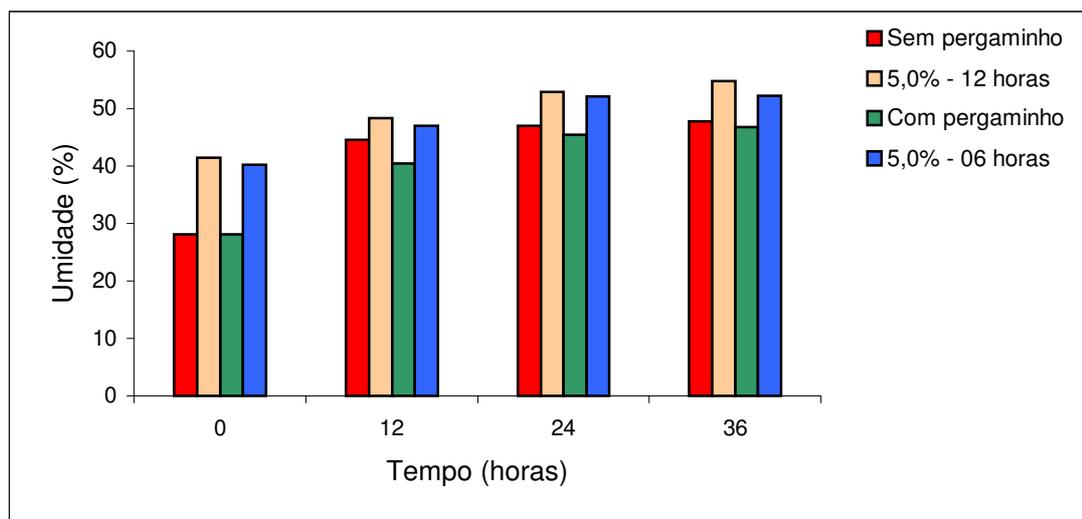


Figura 11: Grau de Umidade (%) de sementes de café, submetidas a diferentes períodos de embebição em água destilada após tratamentos de remoção do pergaminho.

No tratamento cuja remoção do pergaminho foi manual observa-se que, em todos os tempos de exposição, a umidade das sementes foi inferior aos tratamentos onde a remoção foi feita com o emprego do hipoclorito de sódio. Contudo, os resultados obtidos com a remoção manual foram discretamente superiores aos atingidos nos tratamentos onde o pergaminho não foi removido. Esses resultados concordam com os obtidos por Camargo (1998) que verificou que as sementes de café com e sem o pergaminho chegaram ao final da fase I com umidade muito próxima, indicando uma não influência do pergaminho sobre a passagem de água durante essa fase.

4.2.2 Germinação

Na Figura 12, observa-se que, quando as sementes tiveram seu pergaminho removido por hipoclorito de sódio em 6 horas, houve ligeiro aumento na porcentagem de plântulas normais na medida em que se prolongou o período de embebição das sementes em água, de modo que após 36 horas de embebição, a porcentagem de germinação era superior a 95%.

Quando as sementes ficaram expostas ao hipoclorito de sódio por 12 horas para que o pergaminho fosse removido, também ocorreu acréscimo na porcentagem de plântulas normais com o aumento do período de embebição, onde as sementes embebidas por 36 horas em água destilada apresentaram os melhores resultados, embora ainda sendo inferior ao uso de hipoclorito de sódio por 6 horas mesmo sem embebição.

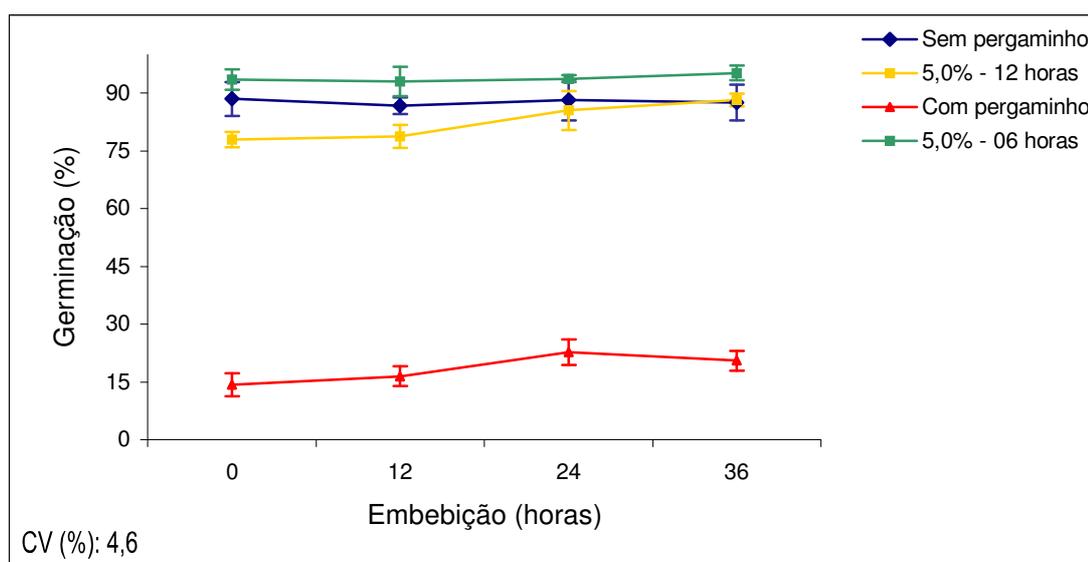


Figura 12: Germinação das sementes de café, submetidas a diferentes períodos de embebição em água destilada após tratamento de remoção do pergaminho.

As sementes cujo pergaminho foi retirado manualmente, sem a utilização do processo de embebição, apresentaram germinação de 87,5%, mostrando que se trata de um lote de sementes de boa qualidade.

Verifica-se também que, nas sementes cujo pergaminho foi retirado manualmente, não ocorreu alteração significativa de germinação com o decorrer dos períodos de embebição, concordando com Pertel (2001) que, trabalhando com condicionamento fisiológico de sementes de café, observou que, para a maioria dos lotes estudados em sua pesquisa, o processo de embebição não favoreceu a germinação e, que este fato havia ocorrido

naqueles lotes em que a qualidade inicial era satisfatória e com germinação variando de 88,4% a 91,4%.

Dias et al. (2003), trabalhando com lotes de sementes de cenoura com baixa qualidade, também concluíram que o ganho proporcional de germinação de sementes de baixa qualidade submetidas a embebição é bem superior ao aumento apresentado por sementes que já possuem germinação satisfatória, indicando que esta prática é eficiente na melhoria da qualidade dos lotes, principalmente nos que apresentam menor qualidade inicial e menos expressiva quando utilizada em sementes de alto vigor.

Nesse sentido, Cordoba et al. (1995), estudando sementes de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus grandis*, verificaram que o osmocondicionamento é eficaz apenas quando a viabilidade destas sementes for inferior a 70,75 e 84%, respectivamente, indicando que certas espécies são mais sensíveis ao tratamento e, dependendo de sua qualidade inicial, respondem de forma diferenciada à embebição.

Quando as sementes mantiveram-se com o pergaminho, sua germinação mostrou-se muito inferior às sementes que tiveram seu pergaminho retirado manualmente e por ação do hipoclorito de sódio. Com isso, verifica-se que, quando há persistência desta estrutura, embora embebendo as sementes por até 36 horas, o pergaminho, possivelmente, ainda exerce influencia negativa sobre a germinação, mesmo não dificultando, aparentemente, a passagem de água durante o período estudado.

Para Velasco e Gutierrez (1974), citados por Rena e Maestri (1986) o pergaminho pode prejudicar a germinação, provavelmente, por possuir efeito inibidor e também por impedir a expansão em volume do endosperma durante o processo germinativo.

Araujo et al. (2003), trabalhando com sementes de café com diversos tratamentos ao pergaminho, concluíram que a remoção dessa estrutura é a maneira eficaz de aumentar a porcentagem de germinação. Assim, a associação do uso do hipoclorito de sódio na concentração de 5,0% por 6

horas, na degradação do pergaminho, com o processo de embebição em água proporciona aumento da germinação das sementes de café.

4.2.3 Primeira contagem

Conforme dados da primeira contagem de germinação representados na Figura 13, o tratamento cujo pergaminho foi removido por hipoclorito de sódio em 6 horas e o tratamento com pergaminho removido manualmente, quando avaliados sem que as sementes fossem expostas a embebição em água destilada, não apresentaram diferença significativa entre si. No entanto, no tempo de 36 horas as sementes com remoção pelo produto no tempo de 6 horas apresentaram média de germinação na primeira contagem superior a todos os demais tratamentos.

Para os tratamentos cujo pergaminho foi removido por hipoclorito de sódio em 12 horas, as médias de germinação foram satisfatórias, porém ligeiramente inferiores aos tratamentos com remoção por hipoclorito de sódio em apenas 6 horas e à remoção manual.

Ao se observar os tratamentos em que o pergaminho não foi removido, nota-se que estes proporcionaram germinação muito baixa, com médias não ultrapassando 15%, enquanto os demais tratamentos de remoção apresentaram médias sempre superiores a 80%, já aos 15 dias, indicando que a presença do pergaminho, como já mencionado por Bendaña (1962), dificulta a absorção de água e oxigênio pela semente exercendo influência negativa sobre a germinação.

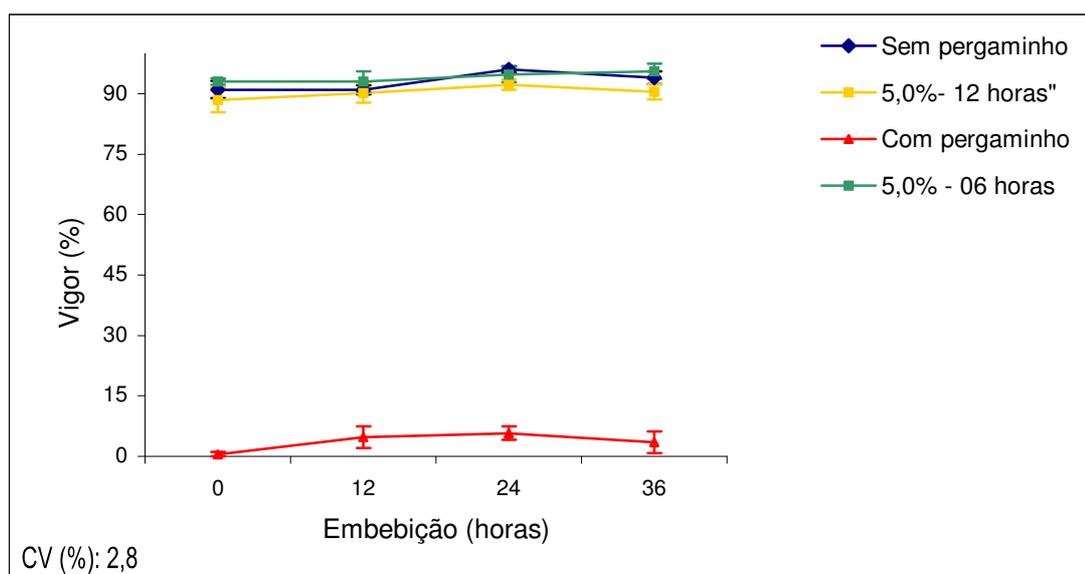


Figura 13: Vigor, pelo teste de primeira contagem de germinação de sementes de café, submetidas a diferentes períodos de embebição em água destilada após tratamento de remoção do pergaminho.

Ao se observar o ganho de germinação das sementes, ao longo dos períodos de embebição em água, verifica-se que o incremento não foi significativo, embora a embebição tenha propiciado um ligeiro aumento na porcentagem de germinação na primeira contagem. Deste modo, a embebição não contribuiu para o aumento do vigor das sementes, uma vez que o lote já apresentava alta qualidade fisiológica, com germinação superior a 88%, observada nos resultados dos tratamentos onde o pergaminho foi retirado manualmente.

O tratamento de embebição das sementes em água, até o tempo de 36 horas, não alterou significativamente a velocidade de germinação, uma vez que a pré-hidratação, geralmente, não atua efetivamente no aumento de vigor de lotes de alta qualidade, concordando com os resultados obtidos por Pertel et al. (2001).

Observa-se maior expressão de vigor nas sementes que tiveram seu pergaminho removido tanto por ação de hipoclorito de sódio quanto por remoção manual, indicando que a retirada desta estrutura favorece a

velocidade de germinação das sementes de café, independentemente da embebição prévia.

4.2.4 Classificação do Vigor de Plântulas

Verifica-se na Figura 14 que nos tratamentos onde o pergaminho foi degradado por ação do hipoclorito de sódio em 6 horas apresentaram um acréscimo da porcentagem de plântulas fortes até o tempo de 36 horas de embebição em água. Embora os demais tratamentos de remoção do pergaminho tenham apresentado o mesmo comportamento, suas porcentagens médias mostraram-se inferiores aos tratamentos com a utilização do produto por 6 horas.

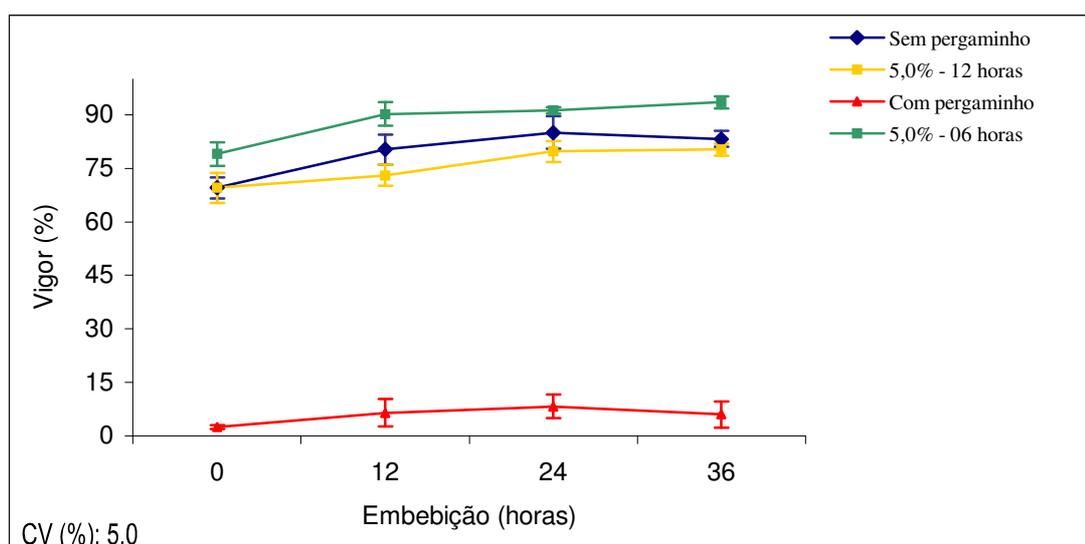


Figura 14: Vigor, pelo teste de classificação de plântulas de sementes de café, submetidas a diferentes períodos de embebição em água destilada após tratamento de remoção do pergaminho.

A exemplo do ocorrido no Experimento I, quando se utilizou o hipoclorito de sódio por 6 horas, sem embebição posterior, as médias de plântulas fortes apresentaram-se superiores ao tratamento em que o pergaminho foi retirado manualmente, demonstrando mais uma vez a eficiência deste produto na manifestação do vigor das plântulas de café.

Ao se classificarem as plântulas obtidas nos tratamentos cujo pergaminho não foi removido, observou-se que mesmo a embebição por 36 horas não foi eficiente para aumentar o número de plântulas normais fortes.

4.2.5 Índice de velocidade de germinação

É possível observar na Figura 15 que o uso da remoção do pergaminho por meio do uso do hipoclorito de sódio em concentração de 5,0% por 6 e 12 horas de exposição das sementes proporcionou um aumento na velocidade de germinação, em relação ao tratamento onde o pergaminho foi retirado manualmente.

O índice de velocidade de germinação das sementes que permaneceram com o pergaminho se mostrou muito inferior às sementes cujo pergaminho foi removido manualmente e, principalmente, quando este foi degradado pelo hipoclorito de sódio.

Na medida em que se aumentaram os tempos de embebição, houve um incremento da velocidade de germinação das sementes sem pergaminho, com destaque para os tratamentos com hipoclorito de sódio a 5,0% por 6 horas. Contudo, quando as sementes permaneceram com pergaminho, mesmos os maiores tempos de embebição não foram suficientes para proporcionar um aumento relevante da velocidade de germinação.

Verifica-se, portanto, um indicativo de que a degradação do pergaminho pelo hipoclorito de sódio pode aumentar a velocidade de germinação das sementes de café, principalmente quando este tratamento é associado a um processo de pré embebição.

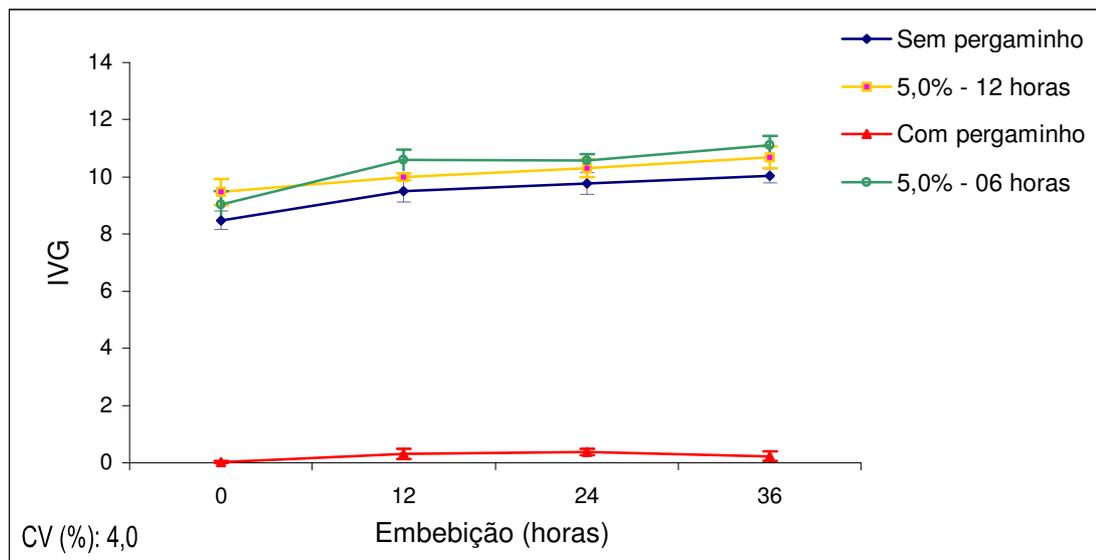
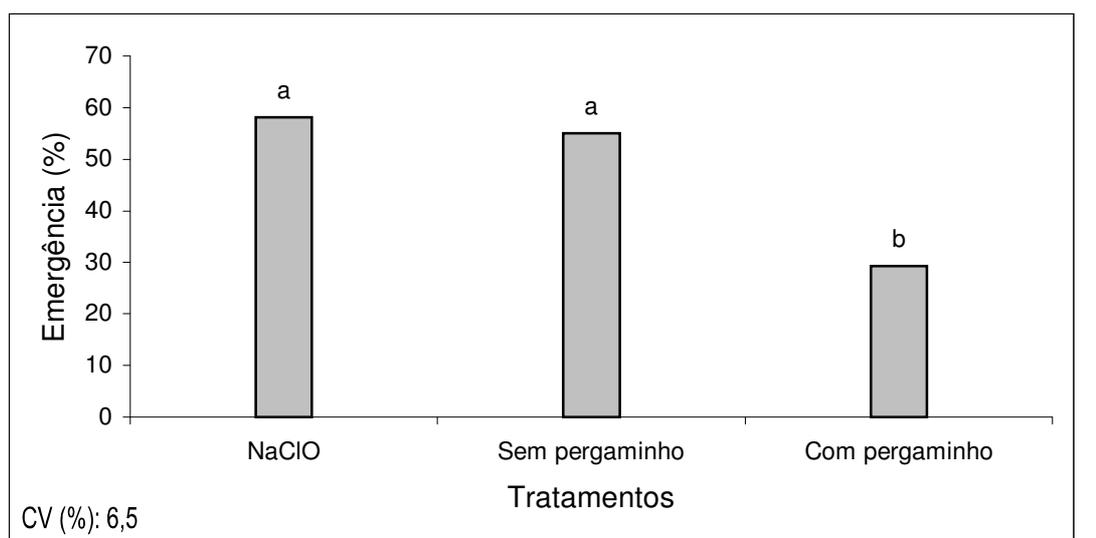


Figura 15: Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de café, submetidas a diferentes períodos de embebição em água destilada após tratamento de remoção do pergaminho.

4.3 Experimento III: Emergência das sementes de café após utilização do hipoclorito de sódio na remoção do pergaminho.

Na Figura 16 verifica-se que as sementes de café que tiveram o pergaminho retirado por ação do hipoclorito de sódio a 5% por seis horas ou por meio da remoção manual proporcionaram maiores valores de emergência de plântulas no substrato constituído de mistura de terra, areia peneirada e composto orgânico, na proporção de 1:1:1 em volume, não havendo diferença significativa entre os dois tratamentos, embora a média das sementes tratadas com NaClO tenha sido ligeiramente superior.



Colunas com a mesma letra, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Figura 16: Emergência de plântulas de café, de acordo com os tratamentos de do pergaminho.

As sementes com pergaminho, geralmente utilizadas em viveiros, apresentaram emergência média menor que 30%, tendo resultados muito inferiores aos demais tratamentos cujas médias de emergência foram 55% para as sementes com remoção manual e 58% para as sementes que tiveram o pergaminho degradado pelo NaClO.

Tais resultados reforçam a necessidade da remoção dessa estrutura, demonstrando que a utilização do hipoclorito de sódio, por ser uma técnica de simples realização e com custos muito reduzidos, pode vir a ser utilizado em laboratórios, como já estudado nos experimentos I e II, e também empregada em viveiros para produção de mudas, sem que seja necessária a utilização de mão-de-obra especializada para manuseio do produto.

O pergaminho pode ser escarificado pela ação dos microrganismos presentes nos substratos utilizados para a produção de mudas em condições de viveiro, fazendo com que a germinação obtida seja maior em relação à das sementes mantidas em condições de total assepsia, como descrito por Valio (1976), que afirmou que sementes de café não germinam em meio asséptico.

Contudo, observa-se ainda na Figura 15 que a diferença entre o tratamento com pergaminho e o com remoção manual foi muito elevada,

demonstrando que, mesmo em substratos que possam apresentar microrganismos que decompõem esta estrutura, o processo de degradação ocorre de forma vagarosa, acarretando uma emergência lenta e desuniforme, reafirmando que a retirada manual do pergaminho pode ser eficiente na obtenção de uma emergência mais precoce. No entanto, a remoção manual, quando executada em larga escala, torna-se praticamente inviável quando se considera o custo e o tempo requerido para que o trabalho seja realizado.

Assim, o uso do hipoclorito de sódio pode vir a ser empregado de forma extensiva por substituir de modo eficiente a técnica da remoção manual e por ser de fácil aplicabilidade. Deste modo, o uso do produto em questão, embora mereça mais estudos para adaptação da metodologia, principalmente em condições reais de viveiro, mostrou-se uma técnica promissora, podendo beneficiar os produtores de mudas, fazendo que estas sejam produzidas em um período ainda menor, evitando assim a exposição das sementes às condições adversas do meio, assegurando com isso uma maior uniformidade e qualidade das plantas obtidas.

5. CONCLUSÕES

- O uso do hipoclorito de sódio, nas concentrações de 5,0; 7,5 e 10,0%, foi eficiente na remoção do pergaminho;
- O hipoclorito de sódio na concentração de 2,5%, embora não tenha sido eficiente na total remoção do pergaminho, proporcionou resultados superiores aos encontrados em sementes com pergaminho;
- O uso do hipoclorito de sódio na concentração de 5,0% durante 6 horas, além de degradar o pergaminho de forma eficaz, proporcionou os melhores resultados em todas as características avaliadas.
- O hipoclorito de sódio, nas concentrações de 7,5 e 10,0%, reduziu a germinação das sementes de café;
- A embebição em água aumentou a velocidade de germinação e melhorou a qualidade das plântulas, principalmente no tratamento com hipoclorito de sódio a 5% por 6 horas;

- O hipoclorito de sódio, na concentração de 5% por 6 horas, constitui alternativa eficiente ao uso da remoção manual do pergaminho em laboratório, sendo também promissor na obtenção de mudas em condições de substrato de viveiro.

6. BIBLIOGRAFIA

ALVARENGA, A.A. **Substâncias de crescimento e regulação do desenvolvimento vegetal**. Lavras, ESAL, 1990. 56 p.

ARAÚJO, E.F.; REIS, L.S.; MEIRELES, R.C.; SERRANO, L.A.L. Efeito do pergaminho danificado mecanicamente ou removido na emergência das plântulas de café. In: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, Araxá, 2003. **Resumos...**Brasília: Embrapa Café, 2003. p. 171-172.

BENDAÑA, F.E. Fisiología de los semillos de café I. Problemas relativos al almacenamiento. **Turrialba**, San José, v.4, n.15, p.93-96, 1962.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination**. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination: viability, dormancy and environmental control.** Berlin: Springer-Verlag, 1982. 375p.

BRASIL, Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes.** Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 265p.

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

CARNELOSSI, M.A.G.; LAMOUNIER, L.; RANAL, M.A. Efeito da luz, hipoclorito de sódio, escarificação e estratificação na germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), c.v. Maioba e Moreninha-de-uberlândia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.6, p.779-787, 1995.

CARVALHO, G.R. **Germinação de sementes e aclimação de plântulas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) propagadas “in vitro”.** Lavras: UFLA, 1997. 64p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, 1997.

CARVALHO, M.M.; ALVARENGA, G. **Cultura do cafeeiro: parte II.** Lavras: ESAL, 1993. 50p.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência tecnologia e produção.** 4 ed. FUNEP, Jaboticabal, 2000. 588p.

CASTRO, R.D.; ESTANISLAU, W.T.; MESQUITA, P.R.; HILHORST, H.W.M. A semente de café: desenvolvimento e perspectivas genômicas. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2, Vitória, 2001. **Resumos...** Brasília: Embrapa Café, 2001. p.27.

CÓRDOBA, G.A.T.; BORGES, E.E.L.; BORGES, R.C.G.; NEVES, J.C.L. Osmocondicionamento, secagem e armazenamento de sementes de *Eucalyptus citriodora* Hook e *Eucalyptus grandis* W. Hill (Ex Maiden). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.17, n.1, p.81-95. 1995.

DIAS, D.C.F.S.; REIS, L.S.; MAURI, A.L.; PINHEIRO, S.; MANTOVANI-ALVARENGA, E. Efeito da pré-embebição na velocidade de germinação de sementes de cenoura. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES. **Informativo ABRATES**, v.13, n.3, p.273, 2003.

DIAS, M.C.L.L.; SILVA, W.R. Determinação da viabilidade de sementes de café através do teste de tetrazólio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.11, p.1139-1145, 1986.

FRANCO, C. M. **Apontamentos de fisiologia do cafeeiro**. Instituto agrônomo de Campinas, 1970. 32p.

GOPAL, N.H.; RAMAIAH, P.K. Studies on hastening of germination arabica coffee seed and further growth of the seedlings. 1 – Hastening of germination. **Indian Coffee**, Bangalore, v.35, n.10, p. 459-464, 1971.

GUIMARÃES, R.J. **Formação de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.): Efeitos de reguladores de crescimento e remoção do pergaminho na germinação de sementes e do uso de N e K em cobertura, no desenvolvimento de mudas**. Lavras: UFLA, 1995. 133p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, 1995.

HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, Y.J. Invigoration of seeds? **Seed Science and Technology**, Zürich, v.3, n.3/4, p. 881-888, 1975.

HISIAO, A.I.; WORSHAM, A.D.; MORELAND, D.E. Effects of sodium hypochlorite and certain plant growth regulators on germination of witchweed (*Striga asiatica*) seeds. **Weed Science**, Champaign, v.29, n.1, p. 98-100, 1981.

KHAN, A. A. Preplant physiological seed conditioning. **Horticultural Review**, New York, v.31, p. 131-181, 1991.

KIKUTI, A.L.P. **Aplicação de antioxidantes em sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) visando a preservação da qualidade**. Lavras: UFLA, 2000. 72p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, 2000.

MAESTRI, M.; VIEIRA, C. Nota sobre redução da porcentagem de germinação das sementes de café (*Coffea arabica* L.) var. Bourbon, por efeito do ácido giberélico. **Revista Ceres**, v.11, n.65, p.247-249, 1961.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evolution for seeding emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

MATTHEWS, S.; POWELL, A.A. Environmental and physiological constraints on field performance of seed. **HortScience**, Alexandria, v.21, n.5, p.1125-1128, 1986.

PEREIRA, C.E.; PINHO, E.V.R.V.; OLIVEIRA, D.F.; KIKUTI, A.L.P. Determinação de inibidores da germinação no espermoderma de sementes de café (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.24, n.1, p. 306-311, 2002.

PERTEL, J.; DIAS, D.C.F.S.; DIAS, L.A.S.; ALVARENGA, E.M. Efeito do condicionamento fisiológico na germinação e no vigor de sementes de café (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, Especial (3), p. 39-45, 2001.

POWELL, A. A.; MATTHEWS, S. The influence of testa condition on the imbibition and vigour of pea seeds. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.30, n.144, p.193-197, 1979.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 13-85, 1986.

RIBEIRO JÚNIOR, I.R. **Análises estatísticas ao SAEG**. Viçosa: UFV, 2001. 301p.

SALES, J.F.; ALVARENGA, A.A.; OLIVEIRA, J.A.; NOGUEIRA, F.D.; SILVA, F.G.; OLIVEIRA, C.R.M.; VEIGA, A.B.; RESENDE, L.C. Efeito da aplicação exógena de celulase na germinação de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: II SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, Vitória, 2001. **Resumos...** Vitória, 2001. p. 1714-1719.

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.

SGUAREZI, C.N. **Influência das condições de armazenamento e de tratamentos pré-germinativos na qualidade fisiológica e sanitária das sementes de café (*Coffea arabica* L.)**. Maringá, 2001. 75p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual de Maringá, 2001.

TAYLOR, A.C. Seed storage, germination and quality. In: WIEN, H.C. (Ed) **The physiological of vegetable crops**. New York, p.1-36, 1997.

VALENCIA, G. Tratamientos para acelerar la germinación de la semilla de café. **Revista Cafetera de Colombia**. Bogotá, v.19, n. 146, p.55-59, 1970.

VALIO, I.F.M. Germination of coffee seeds (*Coffea arabica* L.) cv. Mundo Novo. **Journal of Experimental Botany**. Oxford, v.2, n.100, p.983-991, 1976.

VALIO, I.F.M. Inhibition of germination of coffee seeds (*Coffea arabica* L.) cv. Mundo Novo by the endocarp. **Journal of Seed Technology**, East Lansing, v.5, n.1, p.32-39, 1980.

VAZQUEZ, G.H. **Condicionamento fisiológico de sementes de soja: efeitos sobre a germinação, vigor e potencial de armazenamento**. Piracicaba: ESALQ, 1995. 138p.

WENT, F.W. **The experimental control of plant growth**. New York: The Ronald, 1957. p. 164-168 (Chronica Botanica. Na International Biological and Agricultural Series, 17).

WOODSTOCK, L.W.; TAYLORSON, R.B. Soaking injury and its reversal with polyethylene glycol in relation to respiratory metabolism in high and low vigor soybean seeds. **Physiologia Plantarum**., Copemhagn, v.53, v. 263-268, 1981.

APÊNDICE

Experimento I

Tabela 1A: Resumo da análise de variância para os valores da primeira contagem de germinação de sementes de café, de acordo com quatro períodos de exposição em cinco concentrações de hipoclorito de sódio.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio |
|-----------------------------|----|----------------|
| Concentrações | 4 | 23788,43* |
| Tempos | 3 | 102,08* |
| Concentrações x Tempos | 12 | 82,92* |
| Resíduo | 60 | 12,84 |
| Média geral | | 55,21 |
| Coeficiente de variação (%) | | 6,49 |

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 2A: Resumo da análise de variância para os valores da germinação de sementes de café, de acordo com quatro períodos de exposição em cinco concentrações de hipoclorito de sódio.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio |
|-----------------------------|----|----------------|
| Concentrações | 4 | 9919,19* |
| Tempos | 3 | 611,21* |
| Concentrações x Tempos | 12 | 433,09* |
| Resíduo | 60 | 19,76 |
| Média geral | | 49,31 |
| Coeficiente de variação (%) | | 9,01 |

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 3A: Resumo da análise de variância para os valores da classificação do vigor de plântulas de sementes de café, de acordo com quatro períodos de exposição em cinco concentrações de hipoclorito de sódio.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio |
|-----------------------------|----|----------------|
| Concentrações | 4 | 8144,86* |
| Tempos | 3 | 838,95* |
| Concentrações x Tempos | 12 | 194,15* |
| Resíduo | 60 | 13,858 |
| Média geral | | 32,57 |
| Coeficiente de variação (%) | | 11,42 |

* Significativo a 5% de probabilidade.

Experimento II

Tabela 4A: Resumo da análise de variância para os valores da primeira contagem de germinação de sementes de café, de acordo com diferentes períodos de embebição em água destilada após tratamento de remoção do pergaminho.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio |
|-----------------------------|----|----------------|
| Tratamentos de remoção | 3 | 31618,68* |
| Tempos | 3 | 44,76* |
| Trat. de remoção x Tempos | 9 | 5,26 |
| Resíduo | 48 | 3,85 |
| Média geral | | 70,27 |
| Coeficiente de variação (%) | | 2,79 |

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 5A: Resumo da análise de variância para os valores da germinação de sementes de café, de acordo com diferentes períodos de embebição em água destilada após tratamento de remoção do pergaminho.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio |
|-----------------------------|----|----------------|
| Tratamentos de remoção | 3 | 19705,75* |
| Tempos | 3 | 88,37* |
| Trat. de remoção x Tempos | 9 | 26,15* |
| Resíduo | 48 | 10,83 |
| Média geral | | 70,68 |
| Coeficiente de variação (%) | | 4,66 |

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 6A: Resumo da análise de variância para os valores da classificação do vigor de plântulas de sementes de café, de acordo com diferentes períodos de embebição em água destilada após tratamento de remoção do pergaminho.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio |
|-----------------------------|----|----------------|
| Tratamentos de remoção | 3 | 23203,52* |
| Tempos | 3 | 413,68* |
| Trat. de remoção x Tempos | 9 | 26,99* |
| Resíduo | 48 | 9,75 |
| Média geral | | 62,35 |
| Coeficiente de variação (%) | | 5,00 |

* Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 7A: Resumo da análise de variância para os valores do índice de velocidade de germinação de sementes de café, de acordo com diferentes períodos de embebição em água destilada após tratamento de remoção do pergaminho.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio |
|-----------------------------|----|----------------|
| Tratamento de remoção | 3 | 380,95* |
| Tempos | 3 | 4,64* |
| Trat. de remoção x Tempos | 9 | 0,58* |
| Resíduo | 48 | 0,93 |
| Média geral | | 7,54 |
| Coeficiente de variação (%) | | 4,06 |

* Significativo a 5% de probabilidade.

Experimento III

Tabela 8A: Resumo da análise de variância para os valores da emergência de plântulas de café, de acordo com os tratamentos de remoção do pergaminho.

| Fonte de variação | GL | Quadrado médio |
|-----------------------------|----|----------------|
| Tratamentos de remoção | 2 | 1001,96* |
| Resíduo | 9 | 9,40 |
| Coeficiente de variação (%) | | 6,5 |

* Significativo a 5% de probabilidade.