MÉTODOS PARA CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE CEBOLA E INFLUÊNCIA DA SECAGEM E ARMAZENAMENTO

ROSELI FÁTIMA CASEIRO

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de
São Paulo, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia, Área de Concentração:
Fitotecnia.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo – Brasil
Dezembro - 2003

MÉTODOS PARA CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE CEBOLA E INFLUÊNCIA DA SECAGEM E ARMAZENAMENTO

ROSELI FÁTIMA CASEIRO

Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof.Dr. JULIO MARCOS FILHO

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de
São Paulo, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia, Área de Concentração:
Fitotecnia.

PIRACICABA
Estado de São Paulo – Brasil
Dezembro - 2003

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Caseiro, Roseli Fátima

Métodos para condicionamento fisiológico de sementes de cebola e influência da secagem e armazenamento / Roseli Fátima Caseiro. - - Piracicaba, 2003. 109 p.

Tese (doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2003. Bibliografia.

1. Armazenamento 2. Cebola 3. Condicionamento osmótico 4. Incubação 5. Metodologia 6. Qualidade fisiológica 7. Secagem 8. Sementes 8. Teor de água I. Título

CDD 635.25

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

“Se ousares fazer, receberás o poder de fazer”.

provérbio rosacruz.

Aos meus pais Celestino e Neuza, e aos meus irmãos Hilton, Gerson e Denilson,

pelo apoio, pela compreensão e, principalmente, pela presença constante em
minha vida...

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (USP/ESALQ) pela oportunidade de realizar o curso de Doutorado.

Ao Professor Julio Marcos Filho, pela orientação, amizade e confiança.

Ao Professor Mark A. Bennett pela co-orientação e à Universidade do Estado de Ohio (The Ohio State University) pelo apoio ao desenvolvimento de parte dessa pesquisa.

Ào CNPq pela concessão da bolsa de estudo no primeiro ano de curso e, à FAPESP, por ter concedido a bolsa de estudo nos anos posteriores e, também, pelo apoio financeiro ao desenvolvimento do projeto.

À Empresa Hortec pelo fornecimento das sementes.

À Engenheira Agrônoma Helena M. C. Pescarim Chamma e à Professora Ana Dionísia L. C. Novembre, pela amizade e sugestões prestadas durante a condução do experimento.

Às secretárias Ilze Helena C. G. das Neves e Luciane Aparecida Lopes, e ao funcionário do Laboratório de Sementes João E. Jabur Filho, pela amizade e pelos serviços prestados durante o curso.

Às funcionárias Flávia Oliveira e Nilda pelos serviços prestados na limpeza do laboratório e do Pavilhão de Tecnologia de Sementes.

Aos funcionários da Biblioteca Central, pelo cordial atendimento durante o curso.

Aos Doutores Ademir Assis Henning, Ceci Castilho Custódio, Francisco Carlos Krzyzanowski, José de Barros França Neto e Nelson B. Machado Neto pela amizade, apoio e incentivo.

Às amigas Márcia Cristiane Scherer e Sílvia R. S. de Oliveira, pela amizade, apoio, paciência, compreensão nos momentos difíceis, e, também, pelos agradáveis momentos de lazer.

Aos amigos do Curso de Pós-Graduação, Ana Lídia V. Bonato, André Luiz S. Lacerda, Adriana Teramoto, Ana Lúcia Kikuti, Angélica B. Rodo, Bryan, Cássia Orlandi, Cibele Machado, Cleiton Perleberg, Clodoaldo Almeida, Daniel Gentil, Debra Bermann, Ebert Flor, Edna Moresco, Eraldo Carvalho, Everton Teixeira, Fabián Rodriguez, Geraldo Ramirez Rosales, José Luiz Marchi, Luís Carlos Timm, Magali Santos, Maria Cristina Spínola, Marie Purtell, Nilza Patrícia Ramos, Osmar P. Beckert, Paula Hortelop, Salvador B. Torres, Samara Fonseca, Soja Sekharan, Uzoma Ihemere, Victor Marcon, Virgínia Carpi, Walnice Nascimento e Wenting Li, pela amizade, companheirismo, incentivo e pela inesquecível e agradável convivência.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	x
SUMMARY	xii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Considerações sobre as técnicas de condicionamento fisiológico ...	5
2.2 Secagem das sementes após o condicionamento fisiológico	13
2.3 Armazenamento das sementes após o condicionamento fisiológico ..	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 Testes para a avaliação da qualidade inicial das sementes e determinação da marcha de absorção de água	22
3.1.1 Avaliação da qualidade inicial das sementes	22
3.1.2 Absorção de água pelas sementes	24
3.2 Comparação de métodos para o condicionamento fisiológico	25
3.2 – A) Método do tambor	26
3.2 – B) Osmocondicionamento	30
3.2 – C) Hidrocondicionamento	30

3.3 Estudo de procedimentos para secagem de sementes condicionadas	31
3.3.1 Testes preliminares para verificação do período de hidratação para o condicionamento fisiológico de lotes do cultivar Petrolina ..	31
3.3.2 Comparação entre métodos de secagem das sementes	32
3.3.2 – A) Secagem rápida	32
3.3.2 – B) Secagem lenta	32
3.3.2 – C) Incubação das sementes	33
3.4 Armazenamento das sementes	35
3.4.1 Testes preliminares para a escolha do período de hidratação mais adequado para o condicionamento fisiológico dos lotes dos cultivares Primavera e Crioula Mercosul	35
3.4.2 Tratamento, secagem e armazenamento das sementes	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1 Testes para a avaliação da qualidade inicial das sementes e marcha de absorção de água	40
4.1.1 Avaliação da qualidade inicial das sementes	40
4.1.2 Marcha de absorção de água pelas sementes	42
4.2 Comparação de métodos para o condicionamento fisiológico	46
4.3 Estudos de procedimentos para a secagem de sementes condicionadas	53
4.3.1 Testes preliminares para verificação do período de hidratação para o condicionamento fisiológico de lotes do cultivar Petrolina ..	53
4.3.2 Comparação entre métodos de secagem das sementes	54

4.4 Armazenamento das sementes	69
4.4.1 Testes preliminares para a escolha do período de hidratação mais adequado para o condicionamento fisiológico dos lotes dos cultivares Primavera e Crioula Mercosul	69
4.4.2 Tratamento, secagem e armazenamento das sementes	71
5 CONCLUSÕES	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97

MÉTODOS PARA CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE CEBOLA E INFLUÊNCIA DA SECAGEM E ARMAZENAMENTO

Autora: ROSELI FÁTIMA CASEIRO

Orientador: Prof. Dr. JULIO MARCOS FILHO

RESUMO

A pesquisa foi conduzida nos laboratórios de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal, USP/ESALQ, e do Departamento de Horticultura e Agricultura da Universidade do Estado de Ohio, Columbus, OH, E.U.A. O trabalho procurou avaliar a eficiência de diferentes processos de condicionamento fisiológico de sementes de cebola, bem como estudar o efeito da secagem e do armazenamento sobre o potencial fisiológico das sementes condicionadas. O trabalho foi conduzido em três etapas; na primeira, utilizando-se 6 lotes de sementes do cultivar Granex 33, avaliaram-se três procedimentos para o condicionamento fisiológico: a) hidratação das sementes entre folhas de papel toalha, durante 48 e 96 horas, a 15°C; b) osmocondicionamento em solução de PEG 8000, sob potenciais hídricos de -0,5 MPa e -1,0 MPa, durante 24 e 48 horas, a 15°C e c) hidratação das sementes com utilização do método do tambor, a 15°C e 25°C, em que as quantidades de água adicionadas e o período de hidratação foram variáveis entre os diferentes lotes. A segunda etapa constou do estudo de diferentes procedimentos de secagem após o

condicionamento fisiológico. Para tanto, após o hidrocondicionamento entre folhas de papel toalha, por 48h, seis lotes do cultivar Petrolina, foram submetidos a secagem rápida (em estufa com circulação de ar) e a secagem lenta (em câmara a 20°C e umidade relativa de 50%-55% durante 72h). Foi também, avaliada a influência da incubação pré-secagem, utilizando-se: a) soluções de PEG 8000, a 8°C durante 24, 72 ou 120 horas; b) banho-maria a 40°C, durante 1, 3 e 5 horas; e c) em estufa, a 35°C, durante 24 e 48 horas. Na terceira fase da pesquisa, avaliou-se o potencial de armazenamento das sementes, de quatro lotes de sementes de três cultivares (Petrolina, Primavera e Crioula Mercosul), submetidas ao hidrocondicionamento e secagem rápida; as sementes foram armazenadas em câmara seca (50% de umidade relativa do ar, a 20°C) e em ambiente de laboratório, durante 9 meses. Os resultados permitiram concluir que: a) o hidrocondicionamento, envolvendo a embebição entre folhas de papel toalha, constitui procedimento adequado para o condicionamento fisiológico de sementes de cebola, beneficiando principalmente a velocidade de germinação; b) a definição de procedimentos para o condicionamento fisiológico deve considerar o grau de umidade das sementes após a hidratação, não sendo recomendada a embebição durante período pré-determinado; as sementes de cebola devem atingir grau de umidade de 44% a 49% após a hidratação; c) o processo de secagem rápida, em estufa com circulação de ar, a 35°C-40°C, é mais conveniente para a secagem de sementes de cebola condicionadas, tornando-as tolerantes à dessecação e d) o desempenho das sementes durante o armazenamento após o condicionamento fisiológico é dependente do genótipo utilizado.

PRIMING ON ONION SEEDS AND EFFECTS OF DRYING AND STORAGE

Author: ROSELI FÁTIMA CASEIRO

Adviser: Prof. Dr. JULIO MARCOS FILHO

SUMMARY

This work was carried out at the seed analysis laboratories of the Department of Crop Science, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (USP/ESALQ) and of the Department of Horticulture and Crop Science of the Ohio State University. The objectives were to study different methods of priming for onion seeds and also to verify the influence of drying and storage on the physiological potential of primed seeds. The research was conducted in three phases. First, using six lots of onion seeds (cultivar Granex 33), the effects of three priming techniques were compared: a) hydropriming, through seed imbibition between layers of paper towel, for 48 or 96 h, at 15°C; b) osmopriming, using PEG 8000 solution with osmotic potentials of – 0.5 MPa and –1.0 MPa, for 24 and 48 h, at 15°C) and c) seed hydration by the drum priming technique, at 15°C and 25°C, which the optimal amount of water added and imbibition periods were variable among seed lots. At the second phase, drying procedures after priming were tested. For that, after hydropriming (between layers of paper towel, for 48h), six lots of “Petroline”, were submitted to fast drying (in an oven with air circulation) and to slow drying (in a chamber at 20°C

and 50%-60% relative humidity, for 72h). The influence of pre-drying incubation was also evaluated by using: a) PEG 8000 solution, at 8°C, for 24, 72 and 120h; b) waterbath at 40°C, for 1, 3 and 5h; and c) incubation in an oven, at 35°C, for 24 and 48h. In the third phase, the storability of four seed lots each of three cultivars (Petroline, Primavera and Crioula Mercosul), hydroprimed and fast dried, was evaluated; samples of those lots were stored in a dry chamber (relative humidity around 50%, at 20°C) and in the laboratory environment, during 9 months. The results showed that: a) the hydropriming, between layers of paper towel, is an adequate procedure for priming onion seeds, with beneficial effects mainly on speed of germination; b) for choosing the physiological conditioning procedure, the seed moisture content should be considered after hydration, it's not being recommended the imbibition during pre-determined period; the onion seeds should reach moisture content of 44% to 49% after the hydration; c) the process of fast drying, in oven with air circulation, at 35°C-40°C, is convenient for the drying of primed onion seeds, inducing desiccation tolerance and d) the primed seed performance during storage is dependent on genotypes.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de sementes de alta qualidade é fundamental para a emergência rápida e uniforme das plântulas em campo, possibilitando o estabelecimento de estande adequado, constituído por plantas vigorosas. Esses aspectos podem influenciar o rendimento por área e a qualidade do produto, principalmente para as espécies de ciclo curto, como as hortaliças (TeKrony e Egly, 1991).

Vários pesquisadores têm verificado que o condicionamento fisiológico das sementes (“priming”) pode afetar diretamente o desempenho das sementes ao reduzir o período de germinação e emergência das plântulas ou, indiretamente, ao beneficiar a tolerância das sementes a estresses como, por exemplo, a deficiência hídrica moderada (Finch-Savage, 1995). Segundo Pill (1995) esse tratamento compreende a hidratação parcial das sementes, promovendo a ativação dos processos metabólicos necessários para a germinação, sem permitir a protrusão da raiz primária.

Diversos procedimentos têm sido propostos para realizar o condicionamento fisiológico; no entanto, o procedimento adotado pode influenciar os resultados. De maneira geral, têm sido utilizadas as técnicas de hidrocondicionamento (com utilização exclusiva de água para a hidratação das sementes) e de osmocondicionamento (emprego de soluções de polietilenoglicol, manitol, sais), embora existam, também, outras técnicas como o matricondicionamento (que envolve o uso de materiais como argila, vermiculita, areia e turfa), a exposição das sementes à atmosfera úmida e a pré-germinação.

No entanto, conforme destacou Nascimento (1998), a utilização comercial do condicionamento fisiológico e, conseqüentemente, a disponibilidade de sementes condicionadas para os produtores, ainda é relativamente baixa, mesmo em países mais desenvolvidos, como os E.U.A.

Um dos aspectos fundamentais para possibilitar a comercialização das sementes condicionadas é a redução do teor de água após o tratamento, até atingir nível seguro para o armazenamento. Nesse sentido, é necessária a secagem cuidadosa das sementes pois, dependendo da maneira como é realizada, pode provocar reversão dos benefícios alcançados durante o condicionamento. O período e as condições de armazenamento (temperatura e umidade relativa do ambiente) também são fatores que podem comprometer a qualidade das sementes condicionadas. Não há, ainda, consenso na literatura quanto aos efeitos da secagem e armazenamento sobre o desempenho das sementes submetidas ao condicionamento fisiológico.

Diante do exposto, o presente trabalho foi conduzido com os seguintes objetivos: a) verificar se os métodos de hidrocondicionamento e de osmocondicionamento podem constituir alternativas viáveis para o condicionamento fisiológico de sementes de cebola; b) estudar procedimentos para secagem das sementes condicionadas, sem promover a reversão dos efeitos benéficos do condicionamento e c) avaliar o efeito de condições de temperatura e umidade relativa do ambiente de armazenamento sobre potencial fisiológico das sementes condicionadas.

A utilização de sementes de cebola é justificada por sua importância econômica indiscutível. Além desse fato, a decisão quanto à utilização dessa espécie foi procurar reduzir a carência de informações quanto aos procedimentos para o condicionamento fisiológico e, também, em relação aos processos de secagem e armazenamento das sementes condicionadas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A cebola (*Allium cepa* L.), uma das hortaliças mais cultivadas, é originária da Ásia Central e utilizada pelos antigos egípcios, muitos séculos antes de Cristo (Minami, 1984). No Brasil, a cultura da cebola teve rápida expansão a partir do início do século XX, com a vinda dos imigrantes europeus. Os produtores mais importantes de cebola são: China, Índia, Estados Unidos e Turquia. O Brasil está entre os quinze maiores produtores mundiais, mas a produtividade média é relativamente baixa, de aproximadamente 17t/ha (Agrianual, 2002).

Conforme destacaram Lopes et al. (1996) a porcentagem de emergência e a uniformidade de desenvolvimento das plântulas de cebola podem afetar a produtividade e a qualidade final do produto, tanto no que diz respeito à produção de mudas quanto à de bulbos.

Quando se trata de hortaliças em que o produto final é colhido durante o período vegetativo, o rendimento por área geralmente está relacionado com o da planta individual, sendo esta a unidade de interesse. Nesses casos, conforme comentam TeKrony e Egli (1991), o vigor das sementes pode afetar o crescimento vegetativo e estar freqüentemente relacionado com o rendimento das culturas. No que se refere a cebola, Rodo e Marcos-Filho (2003), verificaram que o efeito do vigor da semente sobre o desempenho das plantas foi mais evidente na fase inicial do desenvolvimento da cultura, tanto para o sistema de plantio direto quanto para o de transplante de mudas. Desta forma, é desejável que se utilizem sementes de alta qualidade, dando origem a plântulas normais, de maneira rápida e uniforme. O elevado valor comercial das

sementes de hortaliças e, também, o aumento da utilização de sementes híbridas têm enfatizado a importância do desempenho de cada semente utilizada para a instalação da cultura (Pill, 1995).

No entanto, além do potencial fisiológico da semente, Bradford (1986) salientou que fatores como temperaturas extremas, excesso ou deficiência de água, salinidade, compactação do solo e a presença de patógenos e insetos, podem afetar a germinação e o desenvolvimento das plântulas, causando falhas no estande.

Tendo em vista os problemas provocados por esses fatores nos processos de germinação, emergência de plântulas e estabelecimento do estande, resultando em prejuízos econômicos ao produtor, técnicas de condicionamento fisiológico ("priming") têm sido desenvolvidas com o objetivo de beneficiar o desempenho das sementes em campo.

O estudo dessas técnicas e a verificação de seus efeitos sobre o potencial fisiológico das sementes têm sido realizados para um grande número de espécies, dentre as quais podem se destacar a cebola (Heydecker et al. 1973; Brocklehurst e Dearman 1983a,b; Lopes et al. 1996; Trigo et al., 1999a,b), cenoura (Brocklehurst e Dearman 1983a,b; Gray, 1989; Sampaio e Sampaio, 1998), alface (Guedes e Cantliffe, 1980; Valdes et al. 1985; Bradford, 1986; Eira e Marcos Filho, 1990a,b; Taquis e Bradford, 1992; Taminini et al., 2001), aipo (Brocklehurst e Dearman 1983a,b), alho-porró (Maude et al., 1994; Rowse, 1996), milho doce (Bennet e Waters Jr., 1987; Parera e Cantliffe, 1994; Warren e Bennet, 1997), couve-flor (Fujikura et al., 1993; Thornton e Powell, 1995), couve-de-bruxelas (Thornton e Powell, 1995), beterraba (Rosseto e Minami, 1994), tomate (Odell e Cantliffe, 1986; Coolbear et al., 1987; Argerick et al., 1989), melão (Nascimento e West, 2000; Nascimento, 2002), soja (Tilden e West, 1985; Armstrong e McDonald, 1992), cedro-rosa (Carpi et al., 1996), eucalipto (Córdoba et al., 1995a) e guarantã (Córdoba et al., 1995b).

Os benefícios observados após o condicionamento fisiológico das sementes, geralmente estão associados à obtenção de maior uniformidade e

velocidade de germinação. Ao mesmo tempo, esse tipo de tratamento pode superar a termodormência em alface, induzida quando as sementes são embebidas a temperatura acima de 30°C (Guedes e Cantliffe, 1980; Valdes et al., 1985; Bradford, 1986). O condicionamento fisiológico pode, ainda, reduzir a aderência do tegumento das sementes de melão durante a emergência das plântulas (Nascimento e West, 1998) e constituir alternativa viável para favorecer o desempenho das sementes sob condições de estresse hídrico (Bradford, 1986; Eira e Marcos Filho, 1990b; Finch-Savage, 1995), térmico (Bennett e Waters Jr., 1987; Akers, 1987; Eira e Marcos Filho, 1990b; Ali et al., 1990; Trigo et al., 1999a) ou salino (Eira e Marcos Filho, 1990b).

2.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS TÉCNICAS DE CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO

Em 1918, conforme Kidd e West (1918) citados por Khan (1992), foi demonstrado que períodos curtos de pré-embebição das sementes favoreceram a germinação e o crescimento das plântulas. No entanto, o grande avanço da pesquisa nesta área, teve início na década de 1970, quando Heydecker et al. (1975) utilizaram o osmocondicionamento (soluções osmóticas com PEG 6000) para o tratamento das sementes e verificaram que esta técnica, denominada "priming", poderia ser aplicada para várias espécies; após a semeadura, a raiz primária emergia rapidamente e quase simultaneamente, mesmo sob a influência de baixas temperaturas.

Segundo Bewley e Black (1994) o processo de absorção de água pelas sementes durante a germinação segue um padrão trifásico. Os tratamentos de condicionamento fisiológico se dirigem às fases I e II de embebição, durante as quais ocorre a ação de mecanismos de reparo de macromoléculas danificadas e de estruturas celulares (Bray, 1995). Durante essas fases de hidratação, os processos metabólicos das sementes necessários para a germinação são ativados, sem permitir a protusão da raiz primária, ou seja, as sementes não

atingem a fase III de embebição (Pill, 1995). Desta forma, após o condicionamento fisiológico, as sementes tratadas estarão praticamente no mesmo estágio metabólico e, conseqüentemente, a germinação ocorrerá de forma mais rápida e sincronizada (Bray, 1995).

De acordo com McDonald (1999) pelo menos três técnicas são empregadas para realizar o condicionamento fisiológico de sementes: a) hidrocondicionamento, que consiste na hidratação das sementes apenas com a utilização de água; b) osmocondicionamento, envolve a hidratação das sementes em contato com soluções de baixo potencial osmótico, utilizando-se geralmente substâncias como polietilenoglicol (PEG), nitrato de potássio (KNO_3), ortofosfato de potássio (KH_2PO_4) e manitol, e c) matricondicionamento, no qual há controle da hidratação das sementes utilizando material sólido com baixo potencial mátrico como vermiculita, argila, areia ou turfa. Como exemplo de outras técnicas, pode-se citar a exposição das sementes a atmosfera úmida (atmosfera praticamente saturada) e a pré-germinação, que consiste na hidratação das sementes em condições ideais, até a raiz primária atingir de 1 a 2 mm de comprimento (Khan, 1992).

Além do fornecimento de água às sementes, que pode ser feito pelos diversos meios citados, a temperatura, o suprimento adequado de oxigênio e o cuidado para que não haja contaminação por fungos, também são aspectos que devem ser controlados durante o processo de condicionamento fisiológico. Fatores como o pH do meio e a luminosidade, também podem ser importantes (Heydecker e Coolbear, 1977).

No que se refere aos diferentes métodos de aplicação de água às sementes, Brocklehurst e Dearman (1984) utilizaram polietilenoglicol (PEG 6000), glicerol e ortofosfato de potássio (KH_2PO_4) para o condicionamento osmótico de sementes de cebola, cenoura, aipo e alho-porró. Verificaram que todos os tratamentos promoveram aumento da velocidade de germinação e de emergência das plântulas, quando comparados com sementes não tratadas; porém, de modo geral, os maiores índices de porcentagem e velocidade de

germinação, foram obtidos com o uso PEG. Sementes tratadas com glicerol germinaram e emergiram mais lentamente quando comparadas com a utilização de PEG 6000 e KH_2PO_4 .

Lopes et al. (1996) também observaram que sementes de cebola condicionadas em solução osmótica de PEG 6000 (-0,75 MPa, 15°C, por quatro a seis dias), apresentaram melhor desempenho em relação às sementes não condicionadas ou às embebidas em água destilada, principalmente nos testes de germinação e vigor.

Soluções com polietilenoglicol geralmente são utilizadas para o tratamento osmótico porque possuem propriedade de ser inerte e não tóxica (Heydecker e Coolbear, 1977). Por outro lado, a alta viscosidade dessas soluções pode interferir na disponibilidade de oxigênio para as sementes, sendo que, a 10°C, o oxigênio é 69% menos disponível a -1,1 MPa (PEG 6000) do que em água (Mexal et al., 1975). O baixo nível de oxigênio induzindo à anaerobiose, favorece a produção de níveis tóxicos de etanol nas sementes (Mayer e Poljakoff-Mayber, 1982).

Desta forma, foi constatado em trabalho realizado por Furutani et al. (1986), que o tratamento com solução de PEG 6000 a -1,1MPa, durante 24 ou 48 horas, a 10°C, reduziu a porcentagem de germinação, sendo o pior procedimento para o condicionamento osmótico de sementes de cebola quando comparado ao uso de manitol, NaCl e $\text{KNO}_3 + \text{K}_3\text{PO}_4$ (fosfato tri-potássio). Segundo esses autores, a redução na germinação pode ter ocorrido em função da baixa disponibilidade de oxigênio para as sementes durante a embebição na solução de PEG. O melhor tratamento foi obtido com o condicionamento por 8 dias, a 10°C, em soluções de manitol ou de NaCl a -1,1MPa, permitindo germinação mais rápida e uniforme sob baixa temperatura.

Heydecker e Coolbear (1977) citaram que o uso de sais poderia apresentar vantagens sobre PEG 6000 por não reduzir a disponibilidade de oxigênio dentro da solução. O condicionamento osmótico com soluções aeradas de nitrato de potássio (KNO_3) nas concentrações de 0,1M e 0,3 M por

24 horas de embebição, favoreceu a porcentagem e a velocidade de germinação das sementes de cebola (Trigo et al., 1999a). Os benefícios do tratamento também foram verificados na germinação das sementes sob temperatura sub-ótima (10°C) e supra-ótima (30°C).

Os tratamentos com soluções de KNO_3 e K_3PO_4 para sementes de cenoura (Haigh e Barlow, 1987), de KNO_3 para sementes de tomate (Alvarado et al., 1987) e de $\text{KNO}_3 + \text{K}_3\text{PO}_4$ para sementes de pimentão (O'Sullivan e Bow, 1984), promoveram maior rapidez na emergência das plântulas quando comparados com o tratamento envolvendo solução de polietilenoglicol.

No entanto, existem evidências de que os sais também podem provocar efeitos negativos. Assim, soluções salinas foram tóxicas para sementes de sorgo, sendo que para cebola foram menos benéficas do que soluções com PEG (Haigh e Barlow, 1987). Brocklehurst e Dearman (1984) verificaram que o condicionamento osmótico com KH_2PO_4 reduziu a porcentagem de germinação e emergência das plântulas de cebola, aipo e cenoura.

Ainda com relação aos efeitos do condicionamento fisiológico, a utilização de água tem-se revelado uma opção interessante, favorecendo o desempenho das sementes sem a interferência de produtos químicos empregados para o osmocondicionamento.

Nesse sentido, Trigo et al. (1999a) evidenciaram que, em linhas gerais, o condicionamento das sementes de cebola em água, proporcionou incrementos na porcentagem de germinação das sementes (a 10°C, 20°C e 30°C), na velocidade de germinação, no teste de frio e no comprimento da raiz primária, mostrando ser um tratamento promissor. Entretanto, com 24 horas de embebição em água houve protusão da raiz primária, fato que inviabilizaria sua recomendação no período que foi adotado. De toda forma, períodos inferiores a 24 horas poderiam ser mais adequados.

Para sementes de tomate, a velocidade e a uniformidade de germinação foram mais favorecidas pela embebição das sementes em água destilada do que em soluções osmóticas (Coolbear et al., 1987). Fujikura et al. (1993)

verificaram, para sementes de couve-flor, que tanto o hidro como o osmocondicionamento, incrementaram a velocidade de germinação de sementes não envelhecidas. Porém, os autores destacaram que, além de ser mais simples e barato, o método que envolve a embebição das sementes em água não requer reagentes ou equipamentos sofisticados.

Outra técnica de hidrocondicionamento é o “método do tambor” (“drum priming”), descrito por Rowse (1996); sementes de alho-porró tratadas por este método germinaram mais rápida e uniformemente quando comparadas às tratadas com PEG 20.000 a $-1,5$ MPa. Warren e Bennett (1997) também utilizaram este procedimento para a hidratação das sementes de milho doce e, ressaltaram que esse método permite regular a entrada de água nas sementes, sendo a hidratação feita de maneira gradual (hidratação em vários ciclos) com a distribuição uniforme da água por toda a massa de sementes. Outra vantagem, é que o método do tambor não inclui a utilização de substâncias químicas empregadas durante o osmocondicionamento, facilitando o tratamento das sementes em larga escala.

Rowse (2001) descreveu um procedimento similar ao método do tambor, o método da membrana (“membrane priming”). Esta técnica emprega solução osmótica para controlar o nível de hidratação das sementes; no entanto, o tipo de membrana utilizada (peso molecular de 12000-14000 Daltons), permite a passagem apenas da água e não da substância osmótica, separando desta forma as sementes da solução de polietilenoglicol; assim, as sementes absorvem água até entrarem em equilíbrio com o potencial da solução. Esse método é mais favorável ao tratamento das sementes do que o procedimento que envolve a imersão direta das sementes em soluções osmóticas, onde a disponibilidade de oxigênio pode ser severamente afetada.

Além do tipo de substância empregada para o condicionamento fisiológico, o nível de aeração, principalmente quando se trata de soluções osmóticas, também pode interferir nos resultados. Por exemplo, Bujalski e Nienow (1991) estudaram três métodos para o condicionamento fisiológico em

sementes de cebola (papel de filtro com solução de PEG a -1,5 MPa, hidratação em colunas aeradas e hidratação em recipientes aerados e com agitador) e verificaram que, a presença de ar (principalmente de ar enriquecido, 75% de O₂ e 25% de N₂) contribuiu para maiores reduções no tempo médio para a germinação de 50% das sementes, independentemente do equipamento utilizado. Contudo, de maneira geral, as sementes tratadas apresentaram menores porcentagens de germinação, quando comparadas à testemunha.

De toda forma, constata-se que, quando as sementes de cebola são imersas na solução de PEG, a aeração artificial é fator importante para o sucesso do tratamento, pois, em trabalhos realizados por Heydecker e Coolbear (1977) e Bujalski et al. (1989), soluções aeradas de PEG proporcionaram maiores percentuais de germinação do que soluções que não receberam complementação de ar.

Os resultados também podem ser dependentes da concentração da solução osmótica, da temperatura e da duração do tratamento. Em experimentos realizados por Heydecker et al. (1973), temperaturas de 10°C e 15°C e potencial osmótico de -15 bar, promoveram redução da porcentagem de germinação e, portanto, foi necessário um período mais longo de tratamento para que se obtivesse porcentagem de germinação adequada. O melhor tratamento para melhorar a velocidade e porcentagem de germinação foi a 15°C e -10 bar, durante 11 dias.

Sementes de cebola embebidas em soluções osmóticas (manitol) com potenciais de -1,1, -1,3 e -1,7 MPa, a 10°C, não apresentaram diferença significativa no tempo médio para a germinação de 50% das sementes. Porém, o condicionamento fisiológico a 24°C, em todos os potenciais osmóticos, provocou reduções na porcentagem de germinação, quando comparado com a testemunha. A 10°C, esse efeito foi verificado apenas no potencial de -1,7 MPa, indicando que o incremento do potencial osmótico da solução foi mais prejudicial às sementes (Furutani et al., 1986).

Similarmente, Trigo et al. (1999b) constataram que a germinação e o vigor de sementes de cebola diminuíram à medida que foram aumentados os potenciais osmóticos de -1,0MPa para -1,4 MPa e, os períodos de embebição, de 24 para 96 horas. O melhor tratamento constituiu na embebição das sementes em soluções com potencial hídrico de -1,0MPa durante 24 horas. Em resultados obtidos com sementes de alho-porró (Nienow et al., 1991), não houve diferença entre o uso de solução de PEG 6000 com potencial osmótico de -1,0MPa por 7dias e potencial de -1,5MPa por 14 dias. No entanto, os autores destacaram que o tratamento com potencial de -1,0MPa por 7 dias, seria mais econômico e, portanto, mais atrativo para a indústria de sementes.

Para sementes de espécies florestais, como as de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus grandis* (Córdoba et al., 1995a) e as de guarantã (Córdoba et al., 1995b), o aumento do potencial osmótico de -0,2 para -0,6 MPa, também provocou redução da porcentagem de emergência das plântulas.

Lopes et al. (1996) destacaram a importância de fatores como o período de embebição e a temperatura; os resultados mostraram que a germinação das sementes de cebola diminuiu linearmente com o aumento do período de condicionamento osmótico (PEG 6000, -0,75MPa) até 8 dias e com a redução da temperatura (20°C para 10°C). Porém, o melhor desempenho com relação ao vigor (primeira contagem de germinação) e à germinação sob estresse hídrico (papel umedecido com solução osmótica a -0,5MPa), foi verificado nos tratamentos de quatro a seis dias de hidratação, a 15°C. Haigh et al. (1986) também verificaram redução na porcentagem de emergência das plântulas de cebola e cenoura com o aumento do período do tratamento (7 a 21 dias); para cebola, houve, inclusive, germinação das sementes na solução osmótica.

Para sementes de couve-de-bruxelas, Thornton e Powell (1995) destacaram que a hidratação prolongada (superior a 32 horas) provocou efeitos deletérios às sementes, detectados pelo aumento no período médio necessário para a germinação e, também, pela redução na porcentagem de germinação após o teste de deterioração controlada. Os autores atribuíram o efeito negativo

do tratamento às injúrias causadas pela dessecação após o condicionamento fisiológico, uma vez que, houve emissão da raiz primária durante a hidratação. Como observado por alguns autores (Senaratna e McKersie, 1983; Koster e Leopold, 1988), a emergência da raiz primária é conhecida como o estágio em que ocorre a perda da tolerância à dessecação das sementes em germinação.

No processo de condicionamento fisiológico, além dos cuidados com os fatores essenciais do tratamento (tipo de substância a ser utilizada, duração do tratamento, temperatura, concentração da solução e nível de aeração), existe outra característica que deve ser considerada: a qualidade inicial da semente.

Os resultados obtidos com o estudo da resposta das sementes com diferentes níveis de vigor ao condicionamento fisiológico, têm sido pouco consistentes. No caso de sementes de cebola, para lotes de sementes de baixo vigor, da mesma forma que foi verificado efeito positivo do condicionamento fisiológico (Brocklehurst e Dearman, 1983a; Drew et al., 1997), também foi demonstrado que não houve resposta ao tratamento (Heydecker e Coolbear, 1977; Dearman et al., 1986). Sementes de médio vigor de azevém (Naylor e Syversen, 1988) e de tomate (Penaloza e Eira, 1993), e sementes de baixo vigor de couve-de-bruxelas (Burgass e Powell, 1984), de tomate (Ali et al., 1990) e de cenoura e alho-porró (Drew et al., 1997), foram as que demonstraram melhor desempenho após o condicionamento fisiológico. Por outro lado, para sementes de pimentão (Passam et al., 1997) e de cenoura (Elballa, 1987, citado por Parera e Cantiliffe, 1994b) foi constatado que o condicionamento fisiológico favoreceu o desempenho dos lotes de alto potencial fisiológico.

De maneira geral, para obter melhores resultados nos processos de condicionamento fisiológico, se faz necessária a utilização de potenciais osmóticos menos negativos, aeração adequada e, também, a redução no período de exposição das sementes ao tratamento. Considerando os tipos de substâncias utilizadas, a água é mais promissora por não utilizar sais (que podem ser tóxicos) e nem polietilenoglicol (que pode restringir a aeração), além

de apresentar resultados satisfatórios quanto ao desempenho das sementes. Com relação à qualidade inicial dos lotes de sementes, verifica-se que os resultados são divergentes e que os mesmos podem variar de acordo com a espécie e cultivar e com os diferentes lotes dentro da mesma espécie. Sendo assim, a qualidade inicial das sementes, seria outra característica que deveria ser sempre avaliada na escolha do processo de condicionamento fisiológico para determinada cultura.

Apesar dos benefícios que as essas técnicas podem trazer, Heydecker e Coolbear (1977) salientaram que tratamentos de pré-semeadura que envolvem a presença de água (com ou sem a presença de polietilenoglicol ou sais) também apresentam problemas. Durante o processo de hidratação as sementes devem ser mantidas úmidas sem que ocorra deterioração ou emergência da raiz primária; posteriormente, as sementes devem ser secadas até atingir grau de umidade compatível com o armazenamento, também sem causar deterioração. Este processo, se não realizado de maneira adequada, pode provocar reversão dos efeitos benéficos obtidos durante o tratamento.

2.2 SECAGEM DAS SEMENTES APÓS O CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO

Após o condicionamento fisiológico as sementes atingem teores de água relativamente elevados e inadequados para a conservação do potencial fisiológico durante o armazenamento. Portanto, quando se deseja armazenar as sementes após este tipo de tratamento, é necessário submetê-las a secagem.

Segundo Carvalho (1994), a secagem das sementes, embora seja uma operação de rotina, pode apresentar alto risco. Desta forma, o estudo sobre os efeitos da secagem em sementes condicionadas fisiologicamente é tão importante quanto o estudo da técnica de condicionamento fisiológico. Com o

objetivo de tentar elucidar tais efeitos, foram conduzidas pesquisas para avaliar procedimentos de secagem de sementes condicionadas.

A secagem das sementes de cebola em ambiente com circulação de ar por 2 horas (Heydecker et al., 1975) ou em ambiente a 22°C por 24 horas, com posterior transferência das sementes para recipientes fechados (com CaSO_4) a 22°C por 5 dias até atingir 7% de água (Furtani et al., 1986) não promoveu reversão dos efeitos benéficos obtidos com o tratamento condicionador. Resultados semelhantes foram observados para sementes de trigo, nas quais o processo de desidratação (em estufa com circulação de ar, a 25°C, por 24 horas), provocou pequena redução na velocidade de germinação quando comparado com a secagem superficial, sendo que as funções metabólicas ativadas durante o osmocondicionamento, foram parcialmente conservadas durante a desidratação e posterior período de armazenamento (Dell'Aquila e Tritto, 1990).

Brocklehurst e Dearman (1983a) utilizaram, para o processo de secagem, temperaturas de 15°C (50% de umidade relativa) e 30°C (25% de umidade relativa) com fluxo de ar de 4,6 m/s para cada temperatura; os resultados mostraram que a porcentagem e uniformidade de germinação das sementes de cebola, aipo e cenoura, não foram afetadas pela secagem realizada após o osmocondicionamento. Neste caso, houve apenas atraso no período de germinação quando comparadas com sementes não submetidas a secagem, pois houve necessidade de período adicional para a reumbebição das sementes colocadas para germinar. No entanto, em parte dos lotes de aipo e cenoura houve redução da porcentagem de emergência das plântulas em campo (Brocklehurst e Dearman, 1983b).

Em trabalho realizado por Haigh et al. (1986) foi demonstrado, em sementes de cebola, que a secagem em ambiente de laboratório, a 15°C, por 24 horas, provocou redução da porcentagem de emergência das plântulas em campo; no entanto, para sementes de tomate e cenoura, a secagem e o armazenamento das sementes por 28 dias não provocaram efeitos prejudiciais.

Özbingöl et al. (1998), também com sementes de tomate, verificaram que mesmo após a secagem (a 20°C e 55% de umidade relativa, por 3 dias), as sementes condicionadas apresentaram germinação mais elevada sob ampla variação de temperatura (entre 5°C e 40°C) quando comparadas com sementes não tratadas.

A secagem de sementes de cebola condicionadas (fluxo de ar com 40-45% de umidade relativa, a 15°C, durante 48 a 72 horas) promoveu redução significativa da porcentagem de germinação somente para as sementes tratadas em colunas de ar não enriquecido (50% O₂ / 50% N₂ ou 75% O₂ / 25% N₂). Mesmo após a secagem, nos tratamentos em papel de filtro, em colunas de ar com ar enriquecido e em recipientes aerados com agitador, o período médio para a germinação das sementes condicionadas decresceu significativamente quando comparado com a testemunha (Bujalski e Nienow, 1991).

Nota-se, geralmente, que as temperaturas utilizadas para a secagem das sementes condicionadas são inferiores a 25°C; contudo, também há pesquisas com o uso de temperaturas mais elevadas. Rudrapal e Nakamura (1988), conduziram a secagem de sementes condicionadas de berinjela e de rabanete a 35°C, durante 48 horas; essa condição não provocou redução do potencial fisiológico das sementes. Para milho doce, as sementes submetidas a secagem sob temperaturas de 30°C e 40°C apresentaram vigor mais elevado, maior porcentagem de emergência das plântulas em campo e menor lixiviação de solutos do que sementes secadas a 20°C e 15°C (Parera e Cantliffe, 1994a).

Por outro lado, foi verificado para sementes condicionadas de melão, que a utilização de temperaturas mais elevadas (28°C e 38°C) durante a secagem, ocasionou a redução do vigor das sementes após 12 meses de armazenamento (Nascimento e West, 2000). Sementes condicionadas de alho-porró secadas a 60°C, apresentaram maior porcentagem de plântulas anormais do que as secadas a 40°C (Maude et al., 1994).

Para sementes de alface, a secagem realizada a 21°C e 45% de umidade relativa não afetou a velocidade e porcentagem de germinação das

sementes (Guedes e Cantliffe, 1980). Porém, quando a secagem foi realizada em estufa a 32°C houve reversão dos efeitos benéficos obtidos pelo tratamento, possivelmente pela desorganização das membranas devido à secagem mais rápida na estufa. Contraditoriamente, Eira e Marcos Filho (1990a) verificaram que tanto a secagem ao ar (em ambiente de laboratório por 48 horas) como a secagem em estufa (32°C por 12 horas) não foram prejudiciais para os dois lotes de sementes de alface utilizados, embora houvesse uma tendência de melhor comportamento das sementes de um dos lotes após secagem ao ar, em relação às secas em estufa.

De maneira geral, no processo de secagem, os fatores grau de umidade das sementes e temperatura de secagem devem ser considerados sempre em conjunto. Conforme destacaram Toledo e Marcos Filho (1977), com o aumento da temperatura de secagem há uma redução na umidade relativa do ar, o que proporciona uma secagem rápida e completa; no entanto, os autores salientaram que temperaturas muito elevadas podem provocar danos às sementes, especialmente quando as mesmas apresentam teores de água relativamente mais elevados. Assim, quanto maior o grau de umidade das sementes, mais baixa deve ser a temperatura de secagem.

Apesar das informações já existentes, ainda há dúvidas em relação ao efeito da secagem em sementes condicionadas fisiologicamente. De maneira geral, tem sido verificado após a secagem das sementes, um pequeno decréscimo na velocidade de germinação; no entanto, este fato é esperado, pois inclui o período necessário para a reumbebição das sementes durante o processo de germinação. De toda forma, os resultados com relação à porcentagem de germinação e emergência das plântulas são divergentes. O estabelecimento de um padrão para o processo de secagem das sementes condicionadas não seria tarefa simples pois, além das próprias características da secagem, como por exemplo, o tipo de secagem realizada (secagem superficial ou em estufa com circulação de ar), a temperatura utilizada e o período de secagem, fatores como o processo de condicionamento fisiológico, a

espécie considerada e os diferentes lotes utilizados, também podem interferir nos resultados.

Koster e Leopold (1988) observaram que a perda da tolerância à dessecação de sementes de soja, de ervilha e de milho, estava relacionada com a perda de oligossacarídeos, os quais podem prevenir a cristalização da sacarose. Na forma não cristalizada, a sacarose pode interagir com a superfície das membranas substituindo as moléculas de água, mantendo, desta forma, a estrutura das membranas. Assim, a sacarose juntamente com os oligossacarídeos, pode preservar a estrutura das membranas e também das proteínas (estrutura terciária), quando ocorre a perda de água nas sementes.

Alternativas têm sido propostas para tentar superar esses problemas. Bruggink e van der Toorn (1995) verificaram que a tolerância à dessecação de sementes germinadas de pepino, pôde ser induzida pela incubação das sementes em soluções com PEG. Este procedimento incrementou o conteúdo de sacarose nas sementes, aumentando também a sobrevivência das sementes após a dessecação. Processos semelhantes a esse foram utilizados por Bruggink et al. (1999) para obter sementes condicionadas, sem redução no potencial de armazenamento.

De acordo com Bruggink et al. (1999), a similaridade entre o método para induzir a tolerância à dessecação em sementes germinadas e o método para prevenir a redução da longevidade de sementes condicionadas, sugere que os mesmos mecanismos fisiológicos estão envolvidos e que a tolerância a dessecação e a longevidade das sementes são características relacionadas.

2.3 ARMAZENAMENTO DAS SEMENTES APÓS O CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO

Segundo Delouche et al. (1973), as sementes são armazenadas por duas razões. Primeiro, porque existe um intervalo de tempo entre a colheita e a

próxima semeadura, variável dependendo da espécie e do sistema de cultivo. A segunda e a principal razão para o armazenamento das sementes é preservar ou manter o potencial fisiológico, minimizando a taxa de deterioração das sementes.

Quando se trata de sementes condicionadas fisiologicamente, a preocupação em manter a qualidade durante o armazenamento é ainda maior, pois há informações de que sementes condicionadas podem apresentar redução do potencial de armazenamento. Porém, o tipo de tratamento empregado no condicionamento fisiológico, o método de secagem, as condições (temperatura e umidade relativa do ambiente) e o período de armazenamento, são fatores que podem exercer influência no potencial de armazenamento das sementes tratadas.

Sementes de cenoura e alho-porró condicionadas em soluções com polietilenoglicol por 10 e 14 dias e armazenadas a 10°C por 12 meses, mantiveram a habilidade para germinar mais rapidamente; porém, foi constatada redução na porcentagem de germinação de sementes de cenoura osmocondicionadas por 17 dias. Neste caso, as sementes podem ter passado por um período de “super-condicionamento” alcançando o estágio de sensibilidade à dessecação (Derman et al., 1987).

Nesse sentido, Maude et al. (1994), também constataram, para sementes de alho-porró, que os principais fatores determinantes do aumento da intensidade de deterioração das sementes condicionadas, durante o armazenamento, foi o tratamento de hidratação prolongada (30 dias, a 5°C) e o uso de temperaturas elevadas (60°C) durante a secagem. Nascimento e West (2000), utilizaram temperaturas de 18°C, 28°C e 38°C durante a secagem de sementes osmocondicionadas de melão e verificaram que maiores reduções no vigor, após 12 meses de armazenamento foram verificadas após a secagem sob temperaturas mais elevadas.

Conforme demonstrado por Sampaio e Sampaio (1998), sementes de cenoura tratadas com água destilada apresentaram apenas 3% de queda na

viabilidade após 150 dias de armazenamento em condições de ambiente, sendo semelhante às sementes não condicionadas; no entanto, sementes tratadas com KNO_3 , KH_2PO_4 e PEG 6000, exibiram decréscimos de, respectivamente, 12%, 13% e 11% na viabilidade, indicando que a substância utilizada no tratamento também pode interferir no desempenho das sementes após o período de armazenamento.

Bruggink et al. (1999) estudaram a possibilidade de obter sementes condicionadas com redução no período de germinação, mas com potencial de armazenamento similar ao das sementes não tratadas. Nessa pesquisa, foram empregados os processos de incubação das sementes em PEG 8000 (para sementes de *Impatiens walleriana* Hook), de incubação a 35°C e de banho maria a 40°C (para sementes de pimentão) e de secagem lenta (para sementes de amor-perfeito). Em todos os casos, houve aumento da porcentagem de germinação após o teste de deterioração controlada, quando comparados com a testemunha ou com as sementes que passaram apenas pela secagem rápida. Para as sementes de amor-perfeito, após 23 meses de armazenamento, houve maior porcentagem de germinação para as sementes que passaram pela secagem lenta do que para as secadas rapidamente.

Em relação às condições de armazenamento, Alvarado e Bradford (1988) observaram que sementes de tomate tratadas com polietilenoglicol (PEG 8000), KNO_3 e sementes não tratadas conservaram a viabilidade por 18 meses quando armazenadas a 10°C e 20°C. No armazenamento a 30°C as sementes, particularmente quando tratadas com KNO_3 , perderam o vigor e a viabilidade mais rapidamente que sementes não condicionadas. Resultados semelhantes foram encontrados por Argerich et al. (1989), onde sementes de tomate osmocondicionadas (soluções salinas) apresentaram redução marcante na viabilidade e velocidade de germinação após 6 meses de armazenamento a 30°C; no entanto, a 4°C a qualidade não foi afetada.

Para sementes de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus grandis* (Córdoba et al., 1995a) e para sementes de guarantã (Córdoba et al., 1995b), foi

verificada melhor conservação das sementes não submetidas a secagem ao ar e armazenadas a 5°C, após o osmocondicionamento.

Por outro lado, nem sempre as temperaturas mais baixas durante o armazenamento podem preservar a qualidade das sementes condicionadas. Mesmo mantidas em ambiente a 5°C, sementes de alface (Tarquis e Bradford, 1992) e de salva (Carpenter, 1989), tiveram o potencial de armazenamento reduzido. Em trabalho realizado por Georghiou et al. (1987), o osmocondicionamento de sementes de pimentão reduziu a velocidade de deterioração das sementes durante 6 meses de armazenamento, a 35°C; sementes não tratadas perderam mais rapidamente a viabilidade nessas condições de armazenamento.

Valdes et al. (1985) ressaltaram que a alta umidade relativa do ar durante o armazenamento foi mais prejudicial para as sementes condicionadas que para as sementes não tratadas de alface, mesmo armazenadas a 5°C. Conforme Carpenter (1989), tanto a umidade relativa muito alta (95%) como a muito baixa (11%), provocaram a deterioração mais rápida das sementes de salva durante o armazenamento. Sementes osmocondicionadas de melão, apresentaram maior queda no potencial fisiológico do que sementes não condicionadas, quando armazenadas em ambiente com temperaturas de 15°C a 30°C e umidade relativa de 30% a 80% (Nascimento, 2002).

De toda forma, como observado para sementes de cebola (Dearman et al., 1986), de alface (Tamanini et al., 2001), salsa (Akers, 1987), de alho-porró (Dearman et al., 1987), cenoura (Dearman et al., 1987) e melancia (Sachs, 1977), quando se utilizam condições controladas de temperatura e/ou umidade relativa durante o armazenamento, as sementes condicionadas podem ser armazenadas por períodos relativamente longos sem exibir queda no potencial fisiológico. Porém, períodos prolongados de armazenamento, mesmo em condições controladas, podem não ser adequados para a conservação das sementes condicionadas. Após 10 meses de armazenamento (10°C, 45%UR), sementes de tomate osmocondicionadas não apresentaram alteração na

porcentagem de germinação conduzida a 25°C; no entanto, houve queda significativa após 19 meses, especialmente em condições não adequadas (35°C) de temperatura (Odell e Cantliffe, 1986).

As condições ideais de armazenamento para sementes condicionadas fisiologicamente não são totalmente conhecidas, embora a experiência indique que baixa temperatura e a baixa umidade relativa do ar possam ser eficientes em conservar as sementes tratadas por pelo menos 12 meses (Valdes et al., 1985). O baixo teor de água nas sementes também parece ser importante para conservar o potencial de armazenamento (Alvarado e Bradford, 1988).

Em adição aos fatores já citados, o genótipo é outro ponto que deve ser considerado. Nascimento e Cantliffe (1998) verificaram que após 12 meses de armazenamento o osmocondicionamento não afetou a viabilidade e vigor das sementes de alface de genótipos termotolerantes, mas em genótipos termosensíveis houve declínio da viabilidade após 6 meses de armazenamento.

Os estudos envolvendo o armazenamento das sementes condicionadas, mostram que a metodologia empregada no condicionamento fisiológico e na secagem e, também, o genótipo utilizado, podem interferir no potencial de armazenamento das sementes. Com relação às condições de armazenamento, de maneira geral, observa-se melhor conservação do potencial fisiológico quando utiliza-se baixa temperatura e baixa umidade relativa do ambiente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido nos laboratórios de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal, USP/ESALQ, e do Departamento de Horticultura e Agricultura da Universidade do Estado de Ohio, Columbus, OH, E.U.A. Foi dividido em quatro etapas, a saber: a) testes para a avaliação da qualidade inicial das sementes e marcha de absorção de água; b) comparação de métodos para o condicionamento fisiológico; c) estudo de procedimentos para secagem de sementes condicionadas e d) armazenamento das sementes após condicionamento e secagem.

3.1 Testes para a avaliação da qualidade inicial das sementes e determinação da marcha de absorção de água

3.1.1 Avaliação da qualidade inicial das sementes

Inicialmente, foi realizada a avaliação do potencial fisiológico de seis lotes de sementes do cultivar Granex 33. Para tanto, conduziram-se testes de germinação, velocidade de germinação, envelhecimento acelerado, velocidade de germinação após o envelhecimento acelerado e determinação do grau de umidade das sementes.

A) Teste de germinação

Conduzido com 4 repetições de 50 sementes para cada lote, distribuídas sobre papel mata-borrão convenientemente umedecido e colocadas para germinar a 20°C. O volume de água utilizado para embebição foi equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato. As contagens foram realizadas diariamente e os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

B) Velocidade de germinação

Essa avaliação foi realizada conjuntamente com o teste de germinação, de acordo com Maguire (1962). As contagens foram realizadas diariamente e, a partir do dia em que surgiram as primeiras plântulas normais, estas eram computadas e retiradas do substrato. Ao fim do teste, 12 dias após a semeadura, foi calculado o índice de velocidade de germinação para cada repetição, através da seguinte fórmula:

$$IVG = (G_1 \div N_1) + (G_2 \div N_2) + \dots + (G_n \div N_n); \text{ onde:}$$

IVG = índice de velocidade de germinação

G_1, G_2, G_n = número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem e última contagem.

N_1, N_2, N_n = número de dias de semeadura á primeira, segunda e última contagens.

Os resultados foram expressos em índices médios de velocidade de germinação para cada lote.

C) Envelhecimento Acelerado

Foram utilizadas caixas plásticas adaptadas, funcionando como compartimento individual ou mini-câmara (Marcos-Filho, 1999). Em cada caixa plástica, foram colocados 40 mL de solução saturada de cloreto de sódio, conforme metodologia proposta por Jianhua e McDonald (1996). As sementes foram distribuídas uniformemente, formando camada única, sobre a tela de alumínio colocada no interior de cada caixa. As caixas plásticas foram tampadas e mantidas em câmara de envelhecimento (tipo B.O.D) a 41°C ($\pm 0,3^\circ\text{C}$), durante 72 horas. Após esse período, as sementes foram colocadas para germinar a 20°C e avaliadas aos 6 dias após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem média de plântulas normais para cada lote. Avaliações do grau de umidade (estufa 105°C $\pm$ 3°C/24h), após o período de envelhecimento, permitiram verificar a precisão dos resultados.

D) Velocidade de Germinação após o Envelhecimento Acelerado

Para esse teste, foi feita a avaliação da velocidade de germinação das sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado. O procedimento utilizado para calcular a coleta dos dados foi o mesmo descrito no item 3.1.1B.

E) Grau de Umidade

A determinação do grau de umidade (base úmida) foi efetuada de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992), utilizando-se o método da estufa a 105°C $\pm$ 3°C por 24 horas, com duas repetições para cada lote.

3.1.2 Absorção de água pelas sementes

O conhecimento da marcha de absorção permitiu calcular a quantidade de água necessária a ser aplicada para que as sementes fossem mantidas no

estágio II de embebição (Bewley e Black, 1994) durante o condicionamento fisiológico. Esta etapa foi baseada em procedimento descrito por Rossetto et al. (1997) e conduzida com 4 repetições de 1,0 g de sementes para cada lote. As sementes de cada repetição, foram distribuídas entre duas camadas de 6 folhas de papel toalha tipo Germitest, umedecidas com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o seu peso. As folhas de papel toalha, com tamanho adequado, foram dispostas sobre a tela de alumínio de cada caixa plástica transparente (10,6 x 10,6 x 3,0 cm, do tipo utilizado para a condução do teste de envelhecimento acelerado), contendo 40 mL de água. As caixas foram tampadas e mantidas em germinador regulado para manter temperatura constante de 20°C. Para monitorar a absorção de água pelas sementes, foi efetuada sua pesagem em intervalos de 60 minutos, durante as primeiras 8 horas e, após este período, a cada 120 minutos. Este procedimento foi seguido até que ocorresse a protrusão da raiz primária. Como o peso inicial das sementes foi pré-determinado, os cálculos da quantidade total de água absorvida em cada lote foram feitos através da subtração do peso final (estágio em que emitiram raiz primária) pelo peso inicial (1,0g).

3.2 Comparação de métodos para o condicionamento fisiológico

O estudo para a comparação de métodos de condicionamento fisiológico foram conduzidos na Universidade do Estado de Ohio, Columbus, OH, E.U.A. Para tanto, foram utilizadas amostras de seis lotes de sementes de cebola, do cultivar Granex 33, com potenciais fisiológicos distintos. Para todos os métodos, utilizou-se a temperatura de 15°C, considerada como a mais favorável nos tratamentos de condicionamento fisiológico de sementes de cebola (Heydecker et al., 1973; Heydecker et al., 1975; Brocklehurst e Dearman, 1983; Bujalski e Nienow, 1991; Lopes et al., 1996).

A) Método do tambor

Em grande parte dos métodos disponíveis para a realização do condicionamento fisiológico, as sementes são colocadas diretamente em contato com água ou com soluções osmóticas; utilizam-se, ainda, materiais sólidos (folhas de papel toalha, vermiculita, areia, turfa, etc.) umedecidos com água ou soluções osmóticas. Diferente desses métodos comumente empregados nesse tipo de tratamento, o método do tambor consiste na utilização de um equipamento especial para promover a hidratação das sementes. Neste caso, o condicionamento fisiológico é realizado com volume de água pré-determinado (dependendo de cada espécie e/ou lote de sementes utilizado) e o tratamento é feito em vários ciclos, característica necessária para que a aplicação de água seja parcelada. Em função do próprio projeto do equipamento e, também, por utilizar apenas água para a hidratação das sementes, o método do tambor permite o tratamento de maior quantidade de sementes.

O condicionamento fisiológico através do método do tambor (FIGURA 1), foi realizado com volume de água pré-determinado (dependente de cada lote de semente utilizado) e distribuído em quatro ciclos, com a aplicação parcelada de água. O volume de água adicionado para cada lote foi calculado através da multiplicação da quantidade de sementes (em gramas) pelo volume de água necessário para que atingissem o estágio II de embebição, determinado com base na marcha de embebição de água pelas sementes.

Vale ressaltar que o período de cada ciclo é mais importante que o número de ciclos, permitindo que a semente absorva toda a quantidade de água disponível; a presença de água livre não é desejada entre um ciclo e outro. O período de cada ciclo foi variável entre os lotes, dependendo da velocidade de absorção de água de cada lote. O tratamento das sementes foi conduzido a 15°C e a 25°C.

A injeção de água foi ajustada através da abertura da válvula solenóide, peça que regula o fluxo de água em cada ciclo, liberando volume de água pré-determinado e variável de acordo com o período de abertura programado. Por exemplo, quando o equipamento permaneceu em ambiente de laboratório (tratamento conduzido a 25°C), o período de abertura de 1,0 s proporcionou volume de água de 1,4 mL; o período de 2,0 s, correspondeu a um volume de 2,6 mL. Porém, a posição (ou altura) do tanque reservatório de água, pode provocar alterações no volume de água liberado pois, quando o equipamento foi transferido para o interior de uma B.O.D. (tratamento conduzido a 15°C), o período de abertura de 1,0 s proporcionou volume de água de 1,8 mL; o período de 2,0 s emitiu volume de 3,4 mL. Desta forma, a abertura da válvula solenóide foi regulada de acordo com a quantidade de água a ser liberada em cada ciclo, para cada lote tratado. Assim, houve variação do volume de água liberado em cada ciclo.

O equipamento disponível permitia o tratamento de até 23 gramas de sementes de cebola, pois acima dessa quantidade havia sobreposição e excesso de sementes no tambor; porém, em função da disponibilidade limitada de sementes, utilizaram-se 10 ou 15 gramas para a maioria dos lotes. Apenas para o lote 2, a 25°C, utilizaram-se 23 gramas de sementes. A hidratação ocorreu de maneira uniforme, tendo sido verificados, em testes preliminares, valores muito próximos do grau de umidade das sementes (43,5% a 43,9%), em diferentes regiões do tambor, após o condicionamento.

As especificações sobre os volumes de água adicionados e a duração total do tratamento dos seis lotes, a 15°C e 25°C, são apresentados no quadro 1.

Lotes	Absorção de água durante a embebição (g água / g sementes)	Quantidades de sementes (g)		Volume de água (mL)		Duração total do tratamento (h)	
		15°C	25°C	15°C	25°C	15°C	25°C
1	0,7241	15	15	10,86	10,86	31	23
2	0,6114	10	23	6,11	14,06	48	29
3	0,6896	10	10	6,89	6,89	32,5	27,83
4	0,6805	15	10	10,20	6,80	49,5	24
5	0,6753	15	10	10,13	6,75	48	24,41
6	0,5842	10	10	5,84	5,84	77,5	23,41

Quadro 1. Absorção de água durante a embebição (g água / g sementes), quantidades de sementes (gramas), volumes de água adicionados (mL) e duração total do tratamento (horas), a 15°C e 25°C, dos seis lotes de sementes de cebola, cultivar Granex 33, submetidos ao condicionamento pelo do método do tambor

FIGURA 1-Drum primer ou método do tambor, aparelho utilizado para realizar o condicionamento fisiológico das sementes

B) Osmocondicionamento

Para o condicionamento osmótico, foram utilizadas soluções de polietilenoglicol (PEG 8000) com potenciais osmóticos ajustados para $-0,5\text{MPa}$ e $-1,0\text{MPa}$, de acordo com Villella e Beckert (2001). Para cada potencial osmótico, as sementes foram colocadas em recipientes com 250 ml da solução, sendo considerados os períodos de 1 e 2 dias de embebição, a 15°C . Os recipientes foram cobertos com papel alumínio, para evitar a evaporação e possível alteração do potencial osmótico da solução, e providos de aeração contínua através da utilização de bombas habitualmente utilizadas em aquários.

C) Hidrocondicionamento

Neste caso, as sementes foram colocadas entre 2, 4 ou 6 folhas de papel toalha, umedecidas com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel, e mantidas em ambiente a 15°C , durante 2 ou 4 dias.

Com exceção do método do tambor, em que as sementes ao final do último ciclo se apresentavam superficialmente secas, as sementes foram submetidas a secagem superficial (sobre papel toalha por 15 minutos), após os períodos de hidratação. Para a comparação da eficiência dos métodos para o condicionamento, a avaliação do potencial fisiológico foi feita através da porcentagem e velocidade de germinação. Para monitorar o processo de embebição de água pelas sementes, também foi realizada a determinação do grau de umidade. Todas essas determinações foram realizadas de acordo com os procedimentos descritos no item 3.1.1.

A análise estatística dos dados de porcentagem e velocidade de germinação foi efetuada de acordo com delineamento experimental inteiramente casualizado, com 13 tratamentos (testemunha e 12 processos de condicionamento fisiológico) e 4 repetições, sendo cada lote analisado

separadamente. A comparação de médias foi realizada através do teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

O esquema da análise da variância é apresentado a seguir:

Causas da Variação	Graus de Liberdade
Tratamentos (condicionamento fisiológico)	12
Resíduo	39
Total	51

3.3 Estudo de procedimentos para secagem de sementes condicionadas

Durante a etapa anterior, verificou-se que o hidrocondicionamento foi o procedimento mais favorável para o condicionamento das sementes de cebola, principalmente quando avaliado através do índice de velocidade de germinação. Assim, esse foi o método escolhido para dar prosseguimento aos estudos de secagem das sementes após o condicionamento fisiológico.

3.3.1 Testes preliminares para verificação do período de hidratação para o condicionamento fisiológico de lotes do cultivar Petrolina

Nessa etapa foram utilizados 6 lotes de sementes de cebola, cultivar Petrolina, com potenciais fisiológicos distintos. Como as sementes dos seis lotes disponíveis para esta etapa do projeto eram de cultivar e, também, de potencial fisiológico diferente das sementes utilizadas na primeira etapa, novos testes preliminares foram realizados para determinar o período mais favorável para a embebição das sementes durante o condicionamento fisiológico. Nesses testes, utilizaram-se apenas sementes dos lotes 4 e 5, que possuíam, respectivamente, o maior e o menor potencial fisiológico e, portanto, poderiam

apresentar maiores variações do grau de umidade das sementes após diferentes períodos de embebição. As sementes foram colocadas para embeber entre 2 folhas de papel toalha, umedecidas com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o seu peso, durante 24, 48, 72 e 96 horas, a 15°C.

O grau de umidade das sementes foi considerado como parâmetro balizador na escolha do período adequado para o condicionamento. Também, consideram-se amostras com poucas sementes (aproximadamente 3%) apresentando protrusão da raiz primária, como indicativo de que pelo menos parte da amostra havia atingido o estágio III de embebição de água.

3.3.2 Comparação entre métodos de secagem das sementes

Nos testes preliminares do item anterior, determinou-se que a embebição entre 2 folhas de papel toalha durante 48 horas, foi a mais adequada para os seis lotes do cultivar Petrolina. Portanto, para essas fase, as sementes foram condicionadas pelo método descrito acima e, posteriormente, submetidas aos métodos de secagem descritos a seguir:

A) Secagem rápida: realizada em estufa com circulação de ar a 35°C-40°C e 45% de umidade relativa do ar por, aproximadamente, 24 horas, até que as sementes atingissem grau de umidade em torno de 7,7%.

B) Secagem lenta: sementes condicionadas foram mantidas em câmara a 20°C e 75% de umidade relativa do ar por 72 horas. Após este período, passaram pela secagem rápida para assegurar a dessecação desejada (sementes com grau de umidade em torno de 7,3%).

C) Incubação das sementes:

Os processos de incubação constituíram procedimentos de pré-secagem, baseados em pesquisa de Bruggink et al., 1999, após o condicionamento fisiológico, visando favorecer a tolerância das sementes à dessecação. Os métodos são descritos a seguir:

- c.1)** Sementes condicionadas foram transferidas para solução aerada de polietilenoglicol (340g PEG 8000/L) a 8°C. Após períodos de 24, 72 e 120 horas, as sementes foram removidas da solução e lavadas em água corrente.
- c.2)** Sementes condicionadas foram submetidas a choque térmico. Para tanto, foram colocadas em embalagens herméticas de plástico e mantidas em banho-maria a 40°C por 1, 3 e 5 horas.
- c.3)** Sementes condicionadas foram secadas pelo método da secagem rápida e por curto período de tempo (até que houvesse decréscimo de 6% a 8% no teor de água) e, então, mantidas em recipientes plásticos (embalagem tipo “tupperware”) a 35°C, por 24 e 48 horas.

Após cada procedimento de incubação, as sementes foram secadas pelo método rápido (3.3.2 A) até atingirem teor de água em torno de 6%-8%.

Para a avaliação do potencial fisiológico das sementes foram utilizados os testes de germinação, velocidade de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e determinação do grau de umidade. Os testes de germinação, velocidade de germinação, envelhecimento acelerado e determinação do grau de umidade, foram realizados conforme descrição no item 3.1.1.

Condutividade elétrica

O teste de condutividade elétrica foi conduzido de acordo com o “método de massa”, conforme Vieira (1994). Foram avaliadas 4 repetições de 50 sementes para cada lote. Cada repetição foi pesada com precisão de 0,0001 g e, a seguir, colocada para embeber em copo plástico de 200mL, contendo 50mL de água deionizada ($\leq 2\mu\text{mhos/cm}$ de condutividade) e mantido em germinador a 20°C, durante 24 horas. Após esse período, a leitura da condutividade elétrica na solução de embebição, foi realizada utilizando-se condutivímetro Digimed-CD-20 e os dados foram expressos em $\mu\text{mho/cm/g}$ de sementes.

Para todos os testes, a análise estatística foi efetuada utilizando-se delineamento experimental inteiramente casualizado, com 12 tratamentos (testemunha e 11 processos de secagem) e 4 repetições para cada teste conduzido, sendo cada lote analisado separadamente. A comparação de médias foi realizada através do teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

O esquema da análise da variância é apresentado a seguir:

Causas da Variação	Graus de Liberdade
Tratamentos (secagem)	11
Resíduo	36
Total	47

3.4 Armazenamento das sementes

Na última etapa do projeto, utilizaram-se quatro lotes de sementes do cultivar Petrolina, quatro lotes de “Primavera” e outros quatro de “Crioula Mercosul”.

3.4.1 Testes preliminares para a escolha do período de hidratação mais adequado para o condicionamento fisiológico dos lotes dos cultivares Primavera e Crioula Mercosul

Inicialmente, foi conduzida avaliação preliminar para verificar se o procedimento adotado para os lotes do cultivar Petrolina (na fase de secagem) também se adequaria ao condicionamento fisiológico dos lotes de “Primavera” e “Crioula Mercosul”. Para tanto, amostras de quatro lotes do cultivar Primavera e de quatro lotes do cultivar Crioula Mercosul, foram embebidas entre duas folhas de papel toalha umedecidas com volume de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel, por 48 horas, a 15°C. Após este período foi feita a determinação do grau de umidade das sementes e, também, a verificação da quantidade de sementes que haviam emitido raiz primária. Conforme já destacado na etapa anterior, foram identificadas amostras que apresentaram poucas sementes (aproximadamente 3%) com emissão da raiz primária após o período de hidratação.

3.4.2 Tratamento, secagem e armazenamento das sementes

O tratamento dos quatro lotes do cultivar Petrolina foi o mesmo determinado nos testes preliminares anteriores à fase de secagem (embebição entre duas folhas de papel toalha, por período de 48 horas).

Para os lotes 7 e 8, do cultivar Primavera, e para os lotes 9 e 11, do cultivar Crioula Mercosul, o tratamento foi realizado também através da

embebição das sementes entre 2 folhas de papel toalha, a 15°C, por período de 48 horas; para os lotes 5 e 6 do cultivar Primavera e para os lotes 10 e 12 do cultivar Crioula Mercosul, foi escolhido o período de 24 horas de hidratação para o processo de condicionamento fisiológico.

Após o condicionamento fisiológico, as sementes foram secadas rapidamente (em estufa a 35°C - 40°C), ou seja, o melhor procedimento identificado na etapa anterior da pesquisa. Em seguida, foram acondicionadas em envelopes aluminizados, fechados com fita adesiva; sementes não tratadas (testemunha) também foram colocadas no mesmo tipo de embalagem. Posteriormente, parte das sementes tratadas e da testemunha foi armazenada em câmara a $19\pm 1^\circ\text{C}$ e $50\pm 8\%$ de umidade relativa do ar e parte foi mantida em ambiente de laboratório. Os dados médios referentes à temperatura e à umidade relativa do ambiente de laboratório são apresentados no quadro 2.

A avaliação do potencial fisiológico das sementes foi realizada em quatro épocas, sendo a primeira no início do armazenamento e, as outras, após 3, 6 e 9 meses. Os seguintes testes foram utilizados: germinação, velocidade de germinação, envelhecimento acelerado, determinação do grau de umidade (descritos no item 3.1.1), condutividade elétrica (descrito no item 3.3.2) e emergência e velocidade de emergência das plântulas.

A) Emergência das plântulas em ambiente protegido

O teste foi realizado em ambiente protegido, com quatro repetições de 50 sementes por lote, distribuídas em bandejas multicelulares de isopor contendo substrato comercial Plantimax[®]. Após a sementeira, o substrato foi coberto com vermiculita expandida (para evitar perda excessiva de água por evaporação) e, então, umedecido diariamente através de irrigação manual. As contagens foram realizadas diariamente e a porcentagem de plântulas emersas computada no 14^º dia após a sementeira, considerando-se como plântulas emergidas as que apresentavam altura igual ou superior a 1,0cm.

B) Velocidade de emergência das plântulas

Esse teste foi realizado em conjunto com o teste de emergência das plântulas. A contagem foi realizada diariamente a partir do dia em que surgiram as primeiras plântulas normais, que eram computadas e retiradas do substrato. A determinação do índice de velocidade de emergência foi feita utilizando-se a mesma fórmula descrita para o teste de velocidade de germinação (item 3.1.1).

Mês	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)
Setembro	19,9	77,5
Outubro	25,0	69,7
Novembro	23,6	81,3
Dezembro	24,3	85,7
Janeiro	23,9	87,8
Fevereiro	25,1	79,8
Março	23,6	80,0
Abril	22,1	78,5
Maio	19,7	75,6

Quadro 2. Temperaturas e umidades relativas médias do ambiente de laboratório (condições não controladas), no período de setembro/2002 a maio/2003

Para os testes de germinação, velocidade de germinação, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica (conduzidos em laboratório), a análise estatística foi efetuada utilizando-se delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4 (tratamentos x épocas de armazenamento), com 4 repetições. Os dados de cada lote e de cada teste foram analisados separadamente. Os tratamentos constituíram-se das

sementes não tratadas (testemunha) armazenadas em ambiente controlado (NCC) ou em ambiente de laboratório (NCL) e das sementes tratadas (condicionadas fisiologicamente), armazenadas em ambiente controlado (CC) e em ambiente de laboratório (CL). As épocas de armazenamento foram os períodos de 0, 3, 6 e 9 meses, em que as sementes foram avaliadas.

O esquema da análise da variância é apresentado a seguir:

Causas da variação	Graus de liberdade
Tratamentos	3
Épocas	3
Tratamentos x Épocas	9
Resíduo	48
Total	63

Para os testes de emergência e velocidade de emergência das plântulas, conduzidos em ambiente protegido, porém em condições não controladas, foi adotado delineamento blocos ao acaso, também em esquema fatorial 4 x 4 (tratamentos x épocas de armazenamento), com 4 repetições. Cada lote e cada teste foi analisado separadamente.

O esquema da análise da variância é apresentado a seguir:

Causas da variação	Graus de liberdade
Blocos	3
Tratamentos	3
Épocas	3
Tratamentos x Épocas	9
Resíduo	45
Total	63

Para todos os testes foram feitas análises de variância e, a comparação de médias, realizadas através do teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Testes para a avaliação da qualidade inicial das sementes e marcha de absorção de água

4.1.1 Avaliação da qualidade inicial das sementes

As diferenças na qualidade inicial dos seis lotes de sementes de cebola, podem ser observadas pelos resultados do teste de germinação, índice de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado (EA) e índice de velocidade de germinação durante o teste de EA (tabela 1). Verifica-se que os lotes 2, 3 e 6, apresentaram potencial fisiológico superior aos demais, conforme os testes de germinação e velocidade de germinação. Esses mesmos testes também revelaram o potencial intermediário dos lotes 1 e 5 e, o menor para o lote 4.

Porém, quando foi considerado o envelhecimento acelerado, mais drástico, não foi detectada diferença entre os lotes 2 e 3, mas este superou o lote 6. Por outro lado, o lote 1, considerado de qualidade intermediária quanto à porcentagem e velocidade de germinação, apresentou desempenho semelhante ao dos lotes 2 e 3. Assim, numa análise geral dessas informações, os lotes 2 e 3 foram considerados de potencial fisiológico superior aos lotes 4, 5 e 6, sendo o lote 4 de mais baixa qualidade.

Desta maneira, verifica-se para a classificação mais precisa de lotes de sementes com potenciais fisiológicos distintos, há necessidade de se utilizar mais de um teste de vigor.

Tabela 1. Resultados de testes de germinação (%), de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado (%), velocidade de germinação durante o teste de EA e grau de umidade (%), de seis lotes de sementes de cebola, cultivar Granex 33

Lotes	Teste realizados				
	Germinação (%)	Velocidade de germinação	Envelhecimento acelerado (EA) (%)	Velocidade de germinação após o EA	Grau de umidade (%)
1	78 b	5,46 b	18,0 a	1,28 a	7,9
2	87 a	7,39 a	11,0 bc	1,03 ab	9,1
3	91 a	8,13 a	17,0 ab	1,38 a	8,5
4	41 c	2,47 c	1,0 d	0,05 c	8,8
5	79 b	5,82 b	1,0 d	0,06 c	8,5
6	87 a	7,30 a	9,0 c	0,59 b	8,5
C.V	5,65	9,67	23,0	46,5	

Essa diferença de qualidade, entre lotes de sementes do mesmo cultivar e espécie, é importante quando se estudam métodos para o condicionamento fisiológico, pois, sabe-se que, dentre os diferentes fatores que afetam os resultados desse tipo de tratamento, o potencial fisiológico inicial da semente é um dos mais importantes.

Na literatura há informações contraditórias quanto aos efeitos da qualidade inicial das sementes sobre os resultados do condicionamento fisiológico. Heydecker e Coolbear (1977) verificaram que não houve resposta ao condicionamento fisiológico em lote de sementes de cebola com apenas 60% de germinação. Por outro lado, também tem sido observado que o

condicionamento pode ser mais favorável ao desempenho de sementes de cebola de baixo potencial fisiológico, quando comparado com sementes mais vigorosas (Brocklehurst e Dearman, 1983a,b). McDonald (1999) também destacou que o condicionamento favorece o desempenho das sementes sob condições adversas no campo, principalmente em lotes com baixo potencial fisiológico, sem, no entanto, definir quantitativamente esse potencial.

4.1.2 Marcha de absorção de água pelas sementes

Os resultados referentes à marcha de absorção de água dos seis lotes de sementes híbridas de cebola, cultivar Granex 33, são apresentados na tabela 2. Neste processo, considerou-se que as sementes atingiram o estágio III de embebição de água, quando as amostras apresentaram em torno de 3% de sementes com protrusão da raiz primária.

Conforme mostram os dados da tabela 2, a emissão da raiz primária em amostras dos lotes 1, 2, 3 e 6, ocorreu após menores períodos de embebição. Os lotes 4 e 5, com menor potencial fisiológico (Tabela 1), exigiram maior período de embebição, de 60 e 48 horas, respectivamente.

No entanto, é importante ressaltar que as diferenças no padrão de absorção de água e no total do volume de água absorvido entre os seis lotes avaliados afetam diretamente os resultados do processo de condicionamento fisiológico das sementes. Portanto, é necessário que esses fatores sejam considerados e que cada lote receba um tratamento diferenciado.

O grau de umidade das sementes no início da emissão da raiz primária, dos seis lotes de sementes de cebola encontra-se na tabela 3. O exame desses dados, permite notar que os maiores valores foram observados para os lotes 3, 4 e 5, destacando a necessidade de um maior período de embebição para que houvesse emissão da raiz primária.

Tabela 2. Absorção de água pelas sementes (valores expressos em gH₂O/g sementes) de seis lotes de sementes de cebola (L1 a L6), cultivar Granex 33, expostos a diferentes períodos de embebição

Período de Embebição (h)	Lotes					
	L1	L2	L3	L4	L5	L6
gH ₂ O / g sementes						
1	0,1660	0,1267	0,1479	0,1258	0,1344	0,1339
2	0,2299	0,1835	0,2132	0,1823	0,1977	0,1898
3	0,2886	0,2307	0,2640	0,2278	0,2470	0,2326
4	0,3353	0,2624	0,3026	0,2636	0,2882	0,2696
5	0,3755	0,2936	0,3381	0,2958	0,3198	0,3027
6	0,4080	0,3207	0,3683	0,3220	0,3504	0,3294
7	0,4374	0,3444	0,3940	0,3417	0,3758	0,3523
8	0,4647	0,3654	0,4182	0,3644	0,4003	0,3754
10	0,5070	0,4018	0,4647	0,4031	0,4417	0,4127
12	0,5477	0,4366	0,4620	0,4523	0,4633	0,4618
14	0,5870	0,4679	0,5189	0,4829	0,4947	0,4965
16	0,6231	0,4997	0,5546	0,5115	0,5263	0,5254
18	0,6520	0,5253	0,5774	0,5346	0,5493	0,5498
20	0,6759	0,5494	0,5985	0,5558	0,5704	0,5667
22	0,6988	0,5700	0,6183	0,5748	0,5902	0,5821
24	0,7241*	0,5899	0,6420	0,5798	0,6086	0,5842*
26		0,6114*	0,6601	0,5980	0,6268	

Tabela 2. Absorção de água pelas sementes (valores expressos em gH₂O/g sementes) de seis lotes de sementes de cebola (L1 a L6), cultivar Granex 33, expostos a diferentes períodos de embebição

Período de Embebição (h)	Lotes					
	L1	L2	L3	L4	L5	L6
	gH ₂ O / g sementes					
28			0,6773	0,6129	0,6371	
30			0,6896*	0,6247	0,6444	
32				0,6345	0,6465	
34				0,6412	0,6480	
36				0,6393	0,6511	
38				0,6418	0,6549	
40				0,6455	0,6596	
42				0,6494	0,6569	
44				0,6552	0,6611	
46				0,6568	0,6624	
48				0,6583	0,6753*	
50				0,6608		
52				0,6651		
54				0,6650		
56				0,6662		
58				0,6662		
60				0,6805*		

(*)Início da emissão da raiz primária.

Tabela 3. Grau de umidade das sementes (%), de seis lotes de sementes de cebola híbrida, cultivar Granex 33, após o início da emissão da raiz primária

Lotes	Grau de umidade (%)
1	46,3 (24 horas)*
2	45,3 (26 horas)
3	47,5 (30 horas)
4	48,3 (60 horas)
5	47,4 (48 horas)
6	44,3 (24 horas)

* Entre parenteses, período verificado para a emissão da raiz primária.

Verificou-se que o grau de umidade dos diferentes lotes foram comparáveis (ou próximos) ao grau de umidade das sementes utilizadas em outros trabalhos envolvendo o condicionamento de sementes de cebola. Como exemplo, podem-se citar sementes de cebola do cultivar "Bola Precoce Empasc 352", também hidratadas entre folhas de papel toalha e que, após 24 horas de hidratação, tiveram o grau de umidade elevado para 45% (Lopes et al., 1996). Sementes de cebola dos cultivares Petrolina e Aurora, foram condicionadas através da imersão direta das sementes em água destilada e, após 24, 48 e 72 horas de embebição, o grau de umidade das sementes foi de respectivamente, 44,7, 48,0 e 48,9% (Trigo et al., 1999).

Com relação aos lotes do cultivar Granex 33 utilizados nesse estudo, nota-se que a maior diferença entre os valores do grau de umidade foi de apenas 4%, entre os lotes 6 e 4. Portanto, é importante destacar que, independentemente do período de embebição, o grau de umidade dos diferentes lotes situou-se próximo de 46,5% (média dos seis lotes). Assim,

verifica-se que para o condicionamento fisiológico de sementes de cebola, estas devem atingir grau de umidade de, no máximo, 45%. Esse valor permite garantir que as sementes da amostra dificilmente atingirão a fase III do processo de embebição.

Dessa forma, observa-se que o grau de umidade das sementes e a quantidade de sementes com emissão da raiz primária, devem ser os principais parâmetros considerados na escolha de um método para o condicionamento fisiológico, pois quando efetuada apenas com base no período de hidratação, pode conduzir ao fracasso, devido à entrada das sementes na fase III de embebição. Durante o condicionamento fisiológico, dependendo do período de hidratação utilizado, pode eventualmente estar ocorrendo uma super hidratação das sementes, podendo a amostra estar apresentando grau de umidade acima do considerado ideal para o processo de condicionamento e/ou número elevado de sementes com emissão da raiz primária.

Um ponto importante a ser destacado nos tratamentos que envolvem a hidratação e desidratação das sementes é que, conforme as sementes embebem água e progridem para a fase III do padrão trifásico, tornam-se menos resistentes à dessecação (Bewley e Black, 1985); na fase III de embebição (emissão da raiz primária), os danos provocados pela secagem são considerados irreversíveis, para a maioria das espécies.

4.2 Comparação de métodos para o condicionamento fisiológico

Os seis lotes de sementes de cebola responderam diferentemente ao condicionamento fisiológico (tabela 4 para lotes 1 e 5; tabela 5 para lotes 2, 3 e 6 e tabela 6 para lote 4).

Para o lote 1 (tabela 4) verificou-se que o condicionamento não promoveu alterações significativas na porcentagem de germinação. Por outro lado, quando os tratamentos foram avaliados pela velocidade de germinação, apenas o osmocondicionamento a $-0,5$ MPa (24h e 48 h) e a $-1,0$ MPa (24h),

Tabela 4. Porcentagem de germinação, velocidade de germinação e grau de umidade (%) de sementes de cebola, cultivar Granex 33, lotes 1 e 5, submetidos a vários processos de osmocondicionamento, hidrocondicionamento e método do tambor

Treatmentos	LOTE 1			LOTE 5		
	Germinação (%)	Velocidade de germinação	Grau de umidade (%)	Germinação (%)	Velocidade de germinação	Grau de umidade (%)
Testemunha	78 a	5,46 g	7,9	79 a	5,82 c	8,5
<i>Osmocondicionamento</i>						
-0.5 MPa, 24 hs	87 a	7,05 efg	41,9	76 a	5,74 c	40,4
-0.5 MPa, 48 hs	84 a	7,38 defg	45,7	76 a	6,01 c	44,2
-1.0 MPa, 24 hs	87 a	6,70 fg	38,9	76 a	5,48 c	38,0
-1.0 MPa, 48 hs	84 a	7,58 cdef	43,7	81 a	5,75 c	42,0
<i>Hidrocondicionamento</i>						
2 folhas* / 48 hs	88 a	9,50 abc	45,4	75 a	6,07 c	44,3
2 folhas / 96 hs	88 a	10,48 ab	48,0	79 a	7,75 a	46,6
4 folhas / 48 hs	84 a	9,33 abcd	45,7	76 a	6,69 abc	43,3
4 folhas / 96 hs	86 a	10,35 ab	49,1	77 a	7,58 ab	46,7
6 folhas / 48 hs	86 a	8,96 bcde	45,6	75 a	6,18 bc	44,7
6 folhas / 96 hs	87 a	11,27 a	49,2	71 a	6,95 abc	46,8
<i>Método do tambor</i>						
15°C	82 a	9,53 abc	46,8	69 a	5,48 c	43,5
25°C	84 a	7,76 cdef	48,2	48 b	3,51 d	45,0
C.V.	6,03	9,78		6,71	9,78	

* Folhas de papel toalha umedecidas com água.

Tabela 5. Porcentagem de germinação, velocidade de germinação e grau de umidade (%) de sementes de cebola, cultivar Granex 33, lotes 2, 3 e 6, submetidos a vários processos de osmocondicionamento, hidrocondicionamento e método do tambor

Treatmentos	LOTE 2			LOTE 3			LOTE 6		
	Germ. (%)	Veloc. de germinação	Grau Umid. (%)	Germ. (%)	Veloc. de germinação	Grau Umid. (%)	Germ. (%)	Veloc. de germinação	Grau Umid. (%)
Testemunha	87 a	7,39 d	9,1	91 a	8,13 efg	8,5	87 a	7,30 bcd	8,5
<i>Osmocondicionamento</i>									
-0.5 MPa, 24 hs	86 a	7,50 d	40,5	84 ab	8,40 def	41,6	74 abc	6,23 de	40,1
-0.5 MPa, 48 hs	88 a	8,11 cd	44,2	88 ab	9,03 def	46,4	78 abc	6,69 d	43,7
-1.0 MPa, 24 hs	86 a	7,35 d	38,6	83 ab	7,64 fg	39,6	76 abc	6,10 de	38,3
-1.0 MPa, 48 hs	88 a	8,17 cd	42,5	87 ab	8,49 def	44,1	81 ab	6,79 d	41,7
<i>Hidrocondicionamento</i>									
2 folhas* / 48 hs	88 a	9,85 bc	43,4	82 abc	9,45 def	44,7	75 abc	7,12 bcd	43,4
2 folhas / 96 hs	86 a	11,45 ab	47,0	87 ab	13,06 a	49,3	81 ab	9,42 a	45,5
4 folhas / 48 hs	83 a	8,57 cd	45,7	83 ab	10,34 bcd	45,4	70 bcd	7,00 cd	42,6
4 folhas / 96 hs	89 a	11,76 ab	47,7	86 ab	12,19 ab	48,8	74 abc	8,64 abc	45,3
6 folhas / 48 hs	87 a	9,23 cd	44,2	82 abc	9,87 cde	46,5	67 bcd	6,55 d	43,5
6 folhas / 96 hs	88 a	12,53 a	46,7	75 bc	11,74 abc	49,3	72 bc	8,81 ab	45,2
<i>Método do tambor</i>									
15°C	75 a	7,37 d	46,7	67 cd	6,25 gh	42,7	65 cd	6,16 de	47,3
25°C	87 a	9,52 bcd	46,8	57 d	4,55 h	47,4	54 d	4,64 e	42,9
C.V.	6,90	9,52		6,37	8,92		6,98	9,67	

* Folhas de papel toalha umedecidas com água.

Tabela 6. Porcentagem de germinação, velocidade de germinação e grau de umidade de sementes de cebola, cultivar Granex 33, lote 4, submetido a vários processos de osmocondicionamento, hidrocondicionamento e método do tambor

Treatmento	LOTE 4		
	Germinação (%)	Velocidade de germinação	Grau de umidade (%)
Testemunha	41 a	2,47 a	8,8
<i>Osmocondicionamento</i>			
-0.5 MPa, 24 hs	31 ab	1,84 a	39,3
-0.5 MPa, 48 hs	35 ab	2,38 a	43,8
-1.0 MPa, 24 hs	26 ab	1,51 a	37,2
-1.0 MPa, 48 hs	39 ab	2,33 a	42,3
<i>Hidrocondicionamento</i>			
2 folhas* / 48 hs	21 b	1,41 ab	43,1
2 folhas / 96 hs	32 ab	2,55 a	46,5
4 folhas / 48 hs	32 ab	2,21 a	42,4
4 folhas / 96 hs	31 ab	2,39 a	46,4
6 folhas / 48 hs	28 ab	1,74 a	43,6
6 folhas / 96 hs	30 ab	2,26 a	46,0
<i>Método do tambor</i>			
15°C	5 c	0,35 b	45,6
25°C	6 c	0,34 b	44,7
C.V.	15,23	25,24	

* Folhas de papel toalha umedecidas com água.

não promoveram efeitos benéficos significativos ao potencial fisiológico das sementes em relação à testemunha, embora os valores numéricos fossem superiores. Com relação ao lote 5 (tabela 4), observou-se que o método do tambor a 25°C, foi prejudicial tanto à porcentagem quanto à velocidade de germinação das sementes quando comparado ao demais tratamentos. Neste caso, o hidrocondicionamento com 2 e 4 folhas, durante 96 horas, favoreceu a velocidade de germinação, quando comparado à testemunha.

Os diferentes tratamentos não afetaram a porcentagem de germinação do lote 2 (tabela 5). Porém, houve redução da porcentagem de germinação dos lotes 3 e 6, quando as sementes foram submetidas ao condicionamento fisiológico pelo método do tambor (a 15°C e 25°C), apresentando desempenho inferior ao da testemunha (tabela 5). O método do tambor a 25°C, também prejudicou a velocidade de germinação das sementes; portanto, a utilização desse procedimento não promoveu qualquer benefício ao desempenho das sementes. De maneira geral, para os lotes 2 e 3, o hidrocondicionamento com 2, 4 e 6 folhas durante 96 horas, promoveu os índices de velocidade de germinação mais elevados, sendo favorável ao desempenho das sementes. A superioridade do índice de velocidade de germinação para o lote 6, em relação à testemunha, foi verificada apenas com o hidrocondicionamento com 2 folhas, durante 96 horas.

Quando comparadas à testemunha, sementes do lote 4 (tabela 6), de menor potencial fisiológico, principalmente quando tratadas pelo método do tambor (a 15°C e 25°C), apresentaram redução tanto da porcentagem quanto da velocidade de germinação. Aliás, para esse lote, nenhum dos tratamentos condicionadores favoreceu o desempenho das sementes. Várias pesquisas têm demonstrado que o condicionamento fisiológico não é eficiente para aprimorar o desempenho de lotes de sementes de baixo vigor (Heydecker e Coolbear, 1977; Dearman et al., 1986). Porém, os efeitos do condicionamento fisiológico em lotes com diferenças na qualidade inicial, parecem não ser consistentes para os lotes de sementes de cebola, visto que alguns estudos também

demonstraram que lotes de sementes de baixo vigor, exibiram respostas mais amplas ao condicionamento (Brocklehurst and Dearman 1983a, b; Drew et al., 1997).

No presente estudo, de maneira geral, verificou-se que os lotes mais vigorosos (lotes 2, 3 e 6) e, também, os lotes de médio vigor (lotes 1 e 5), tiveram seu desempenho beneficiado por pelo menos um dos tratamentos utilizados, especialmente o hidrocondicionamento (tabelas 5 e 4, respectivamente). Por outro lado, para o lote 4, o de pior qualidade, não foi constatado resposta positiva para nenhum dos processos de condicionamento fisiológico (tabela 6). Desta maneira, vale ressaltar que os efeitos do condicionamento fisiológico dependem do potencial fisiológico das sementes, confirmando as observações de Heydecker e Coolbear (1977), Brocklehurst e Dearman (1983a), Dearman et al. (1986) e Drew et al. (1997).

Com relação aos diferentes procedimentos aplicados às sementes, nota-se que o hidrocondicionamento, foi o que proporcionou os resultados mais favoráveis em termos de porcentagem e velocidade de germinação. A utilização de 2, 4 e 6 folhas de papel toalha, durante 96 horas, provocou o umedecimento mais elevado das sementes de todos os lotes, constatando-se maiores índices de velocidade de germinação, mesmo que apenas numéricos, quando comparado a outros procedimentos e, principalmente, a testemunha (tabelas 4 e 5).

A porcentagem de germinação das sementes osmocondicionadas, não diferiu estatisticamente das hidrocondicionadas; porém, o índice de velocidade de germinação foi, na maioria dos casos, estatisticamente inferior (tabelas 4 e 5).

O uso de polietilenoglicol no processo de osmocondicionamento, tornou a técnica mais dispendiosa em função do preço relativamente elevado desse produto e, também, em função da necessidade de aeração suplementar durante o tratamento. A hidratação das sementes entre folhas de papel toalha umedecidas com água (hidrocondicionamento), apesar de ser trabalhosa, foi o

procedimento mais adequado, pois utilizou-se apenas água durante a embebição e, também, proporcionou bons resultados.

O melhor desempenho das sementes de cebola, quando hidrocondicionadas, também foi observado por Mello et al. (1993) e Trigo et al. (1999). Entretanto, também tem sido demonstrado que sementes de cebola tratadas com polietilenoglicol 6000 apresentaram melhor desempenho em relação ao tratamento conduzido com sais e glicerol (Brocklehurst and Dearman, 1984) ou, ainda, ao tratamento realizado com água (Lopes et al., 1996). Porém, deve-se ressaltar que, o uso de polietilenoglicol pode apresentar desvantagens como a viscosidade e restrição na transferência de oxigênio, quando comparado com a água (Mexal et al., 1975).

O método do tambor, apesar de hidratar as sementes de maneira uniforme, de ser o método mais prático por não utilizar PEG ou folhas de papel toalha e de permitir o tratamento de maior quantidade de sementes, foi menos eficiente quando comparado à testemunha, provocando reduções mais drásticas na porcentagem e no índice de velocidade de germinação, de quatro dos seis lotes avaliados (tabelas 4, 5 e 6). Apenas o lote 1 (em ambas as temperaturas) e o lote 2 (a 25°C), não tiveram seu desempenho afetado quando submetidos ao tratamento pelo método do tambor (tabelas 4 e 5). Neste caso, o índice de velocidade de germinação foi menor em relação ao hidrocondicionamento com 96 horas de exposição. Apesar do método do tambor ter utilizado apenas água para a hidratação das sementes, este tratamento foi considerado menos eficiente que os procedimentos envolvendo PEG 8000 (osmocondicionamento).

De maneira geral, verificou-se que o procedimento mais favorável ao desempenho das sementes foi a embebição entre folhas de papel toalha umedecidas com água, durante 96 horas. Nesse período, não foi detectada diferença no uso de diferentes quantidades de folhas de papel toalha. Portanto, visando maior economia de material, a utilização de apenas duas folhas de

papel toalha foi mais conveniente. Sendo assim, esse método foi escolhido para ser utilizado nas etapas subsequentes desta pesquisa.

4.3 Estudos de procedimentos para secagem de sementes condicionadas

4.3.1 Testes preliminares para verificação do período de hidratação para o condicionamento fisiológico de lotes do cultivar Petrolina

Nesse teste preliminar utilizaram-se apenas sementes dos lotes 4 e 5, as quais, respectivamente, apresentaram o maior e o menor potencial fisiológico e que, presumivelmente, poderiam apresentar maiores variações nos resultados do grau de umidade das sementes em diferentes períodos de embebição.

O grau de umidade das sementes dos lotes 4 e 5, nos diferentes períodos de exposição são apresentados na tabela 7. Verificou-se que, após 24 horas, o grau de umidade das sementes atingiu 41,5% para o lote 4 e 41,7%, para o lote 5; nessa ocasião, as amostras ainda não haviam emitido a raiz primária. Os valores obtidos para os períodos de 48 e 72 horas foram próximos, não apresentando diferenças acentuadas; no período de 48 horas, as amostras apresentavam poucas sementes com emissão da raiz primária e, com 72 horas, constatou-se a média de 15 sementes por amostra.

Com 96 horas de embebição, praticamente todas as sementes já haviam emitido raiz primária, com tamanho aproximado de 2mm. Como o objetivo do condicionamento fisiológico neste projeto é o de conduzir as sementes até fase II de embebição, o período de 96 horas não foi considerado.

Com base no exposto, considerou-se que o procedimento com 48 horas de embebição, foi o mais adequado para o condicionamento fisiológico das sementes de “Petrolina”, pois, neste caso, poucas sementes haviam germinado e, também, os valores do grau de umidade obtidos encontravam-se na média dos valores que têm sido utilizados em outros trabalhos (Lopes et al., 1996; Trigo et al., 1999) de condicionamento fisiológico com sementes de cebola.

Tabela 7. Grau de umidade das sementes (%) dos lotes 4 e 5, após períodos de 24, 48, 72 e 96 horas de embebição

Períodos de embebição	Grau de umidade (%)	
	Lote 4	Lote 5
24h	41,5	41,7
48h	45,0	44,9
72h	46,0	45,9
96h	48,3	48,2

4.3.2 Comparação entre métodos de secagem das sementes

Os resultados obtidos após diferentes métodos de secagem aplicados às sementes encontram-se nas tabelas 8 a 13, para os lotes 1 a 6, respectivamente.

Os diversos processos de secagem não afetaram significativamente a germinação, para todos os lotes utilizados. Contudo, quando consideraram-se os testes de índice de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica, foram detectadas diferenças significativas no desempenho das sementes submetidas aos diferentes tratamentos.

A velocidade de germinação das sementes condicionadas e não submetidas à secagem foi sempre significativamente superior à dos demais procedimentos (tabelas 8 a 13) ; tal fato era esperado, pois ao final do condicionamento fisiológico as sementes possuem teores de água mais elevados e, portanto, atingem mais rapidamente o nível de atividade metabólica necessário para a complementação do processo de germinação.

Após a secagem, verificou-se decréscimo na velocidade de germinação. Isso pode ser atribuído ao período necessário para a reumbebição das sementes durante a germinação, pois as sementes não submetidas a secagem apresentaram grau de umidade em torno de 45%, enquanto que, após a secagem, os valores do grau de umidade foram de aproximadamente 7%. Sabe-se que o grau de umidade da semente é diretamente relacionado à velocidade de germinação (Rossetto et al., 1997). No entanto, destaca-se que, mesmo após a secagem, os índices de velocidade de germinação foram ainda superiores aos obtidos para a testemunha, embora, em alguns casos, as diferenças não tenham sido estatisticamente significativas. Esse fato também foi constatado por outros autores (Brocklehurst e Dearman, 1983; Nienow et al., 1991; Chojnowski et al., 1997), indicando que é possível efetuar a secagem de sementes condicionadas, sem promover a reversão dos efeitos benéficos do tratamento.

Por outro lado, verificou-se que para o lote 1 (tabela 8), a incubação em polietilenoglicol durante 72 e 120 horas, provocou queda da velocidade de germinação em relação à testemunha, revertendo os efeitos do condicionamento fisiológico.

No teste de envelhecimento acelerado, para as sementes tratadas e que não passaram pelo processo de secagem, destaca-se que, no início do teste, essas sementes possuíam teores de água mais elevados, em relação aos demais tratamentos; em geral, sementes mais úmidas são mais sensíveis às condições do teste (Marcos Filho, 1999). Entretanto, na presente pesquisa, não verificaram-se diferenças amplas entre os resultados do envelhecimento acelerado das sementes não submetidas a secagem e os demais tratamentos (com exceção do procedimento de incubação em polietilenoglicol 8000, nos três períodos avaliados, os quais foram os piores tratamentos). Talvez, como o envelhecimento acelerado foi conduzido com solução saturada de cloreto de sódio, as sementes que inicialmente apresentavam grau de umidade em torno de 45,2% (média dos seis lotes), foram perdendo água para o ambiente durante

Tabela 8. Resultados dos testes de germinação, velocidade de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e grau de umidade das sementes do lote 1, cultivar Petrolina, submetidas a vários processos de secagem após o condicionamento fisiológico

Tratamentos	Germ. (%)	Veloc. de Germ.	Envelh. Acelerado (%)	Condut. Elétrica μmho/cm/g	Grau de Umidade (%)
Testemunha	86 a	7,60 cde	61 cdef	202,78 e	5,6
Tratadas sem secagem	85 a	12,07 a	65 bcde	74,75 ab	44,9
Secagem rápida	86 a	8,90 bcd	79 a	92,05 bcd	7,9
Secagem lenta	83 a	9,23 bc	70 abcd	114,19 d	7,2
Banho maria 1 hora	88 a	9,52 bc	76 ab	104,32 bcd	7,4
Banho maria 3 horas	90 a	10,33 b	80 a	107,54 cd	7,5
Banho maria 5 horas	89 a	9,71 bc	79 ab	102,60 bcd	7,8
Incubação PEG 24 horas	81 a	7,26 efg	58 def	81,08 abcd	7,2
Incubação PEG 72 horas	79 a	6,69 fg	49 f	65,66 a	6,9
Incubação PEG 120 horas	80 a	6,16 g	50 ef	69,61 a	7,2
Incubação 35°C 24 horas	86 a	7,67 def	74 abc	104,82 bcd	6,6
Incubação 35°C 48 horas	87 a	8,69 cde	78 ab	107,33 cd	6,9
c.v.	5,73	6,82	6,51	12,63	

Tabela 9. Resultados dos testes de germinação, velocidade de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e grau de umidade das sementes do lote 2, cultivar Petrolina, submetidas a vários processos de secagem após o condicionamento fisiológico

Tratamentos	Germ. (%)	Veloc. de Germ.	Envelh. Acelerado (%)	Conduct. Elétrica μmho/cm/g	Grau de Umidade (%)
Testemunha	85 a	8,02 de	73 ab	179,18 d	6,6
Tratadas sem secagem	85 a	13,75 a	76 a	66,74 a	44,2
Secagem rápida	87 a	10,29 bc	81 a	88,77 c	7,7
Secagem lenta	87 a	10,28 bc	58 bc	90,21 c	7,3
Banho maria 1 hora	80 a	9,10 cd	78 a	95,58 c	7,1
Banho maria 3 horas	81 a	10,73 b	73 ab	95,14 c	7,6
Banho maria 5 horas	84 a	10,29 bc	79 a	90,60 c	7,7
Incubação PEG 24 horas	80 a	8,11 de	52 c	73,11 ab	6,6
Incubação PEG 72 horas	82 a	7,49 de	58 bc	60,45 a	6,9
Incubação PEG 120 horas	76 a	7,05 e	48 c	64,65 a	6,8
Incubação 35°C 24 horas	80 a	7,86 de	74 ab	93,58 c	6,1
Incubação 35°C 48 horas	82 a	8,37 de	76 a	87,65 bc	6,9
c.v.	5,97	7,03	7,45	6,97	

Tabela 10. Resultados dos testes de germinação, velocidade de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e grau de umidade das sementes do lote 3, cultivar Petrolina, submetidas a vários processos de secagem após o condicionamento fisiológico

Tratamentos	Germ. (%)	Veloc. de Germ.	Envelh. Acelerado (%)	Condut. Elétrica μmho/cm/g	Grau de Umidade (%)
Testemunha	89 a	9,02 fg	77 bcde	185,26 e	5,3
Tratadas sem secagem	92 a	14,24 a	85 abcd	61,58 a	45,8
Secagem rápida	89 a	10,71 bcd	87 abc	81,60 bc	7,6
Secagem lenta	90 a	10,54 cd	80 abcde	83,28 bc	7,3
Banho maria 1 hora	92 a	10,37 cde	83 abcd	90,46 cd	7,1
Banho maria 3 horas	93 a	11,93 b	87 ab	92,42 cd	7,6
Banho maria 5 horas	93 a	11,52 bc	89 a	100,60 d	7,9
Incubação PEG 24 horas	88 a	8,90 fg	75 cde	73,92 ab	6,8
Incubação PEG 72 horas	91 a	8,93 fg	67 e	64,55 a	6,9
Incubação PEG 120 horas	83 a	7,76 g	73 de	69,38 ab	7,0
Incubação 35°C 24 horas	94 a	9,86 def	84 abcd	95,35 cd	6,6
Incubação 35°C 48 horas	90 a	9,15 ed	85 abcd	84,46 bc	6,9
c.v.	5,78	5,33	5,75	7,18	

Tabela 11. Resultados dos testes de germinação, velocidade de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e grau de umidade das sementes do lote 4, cultivar Petrolina, submetidas a vários processos de secagem após o condicionamento fisiológico

Tratamentos	Germ. (%)	Veloc. de Germ.	Envelh. Acelerado (%)	Condut. Elétrica µmho/cm/g	Grau de Umidade (%)
Testemunha	93 a	9,62 ef	82 abc	156,90 f	6,2
Tratadas sem secagem	94 a	16,08 a	87 ab	63,53 ab	45,4
Secagem rápida	94 a	11,66 bc	88 ab	76,55 cd	7,6
Secagem lenta	92 a	11,14 cd	88 ab	84,55 de	7,2
Banho maria 1 hora	92 a	10,89 cde	91 a	89,68 e	7,1
Banho maria 3 horas	94 a	12,86 b	78 bc	91,81 e	7,4
Banho maria 5 horas	92 a	12,02 bc	86 ab	91,94 e	7,5
Incubação PEG 24 horas	93 a	9,74 ef	76 bc	71,80 bc	6,4
Incubação PEG 72 horas	86 a	8,70 f	70 c	62,07 a	6,6
Incubação PEG 120 horas	88 a	8,80 f	76 bc	61,56 a	6,5
Incubação 35°C 24 horas	92 a	10,24 de	87 ab	87,94 e	6,1
Incubação 35°C 48 horas	93 a	9,93 def	89 ab	78,13 cd	6,4
c.v.	6,24	4,77	6,21	4,49	

Tabela 12. Resultados dos testes de germinação, velocidade de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e grau de umidade das sementes do lote 5, cultivar Petrolina, submetidas a vários processos de secagem após o condicionamento fisiológico

Tratamentos	Germ. (%)	Veloc. de Germ.	Envelh. Acelerado (%)	Condut. Elétrica μmho/cm/g	Grau de Umidade (%)
Testemunha	82 a	7,70 bcde	54 cd	218,84 f	5,87
Tratadas sem secagem	87 a	12,52 a	61 bc	95,59 abcd	45,9
Secagem rápida	82 a	8,27 bcd	73 ab	103,65 bcde	7,7
Secagem lenta	85 a	9,27 b	75 ab	108,73 bcde	7,2
Banho maria 1 hora	85 a	8,97 b	79 a	115,06 cde	7,4
Banho maria 3 horas	85 a	9,52 b	62 bc	116,26 cde	7,7
Banho maria 5 horas	84 a	9,21 b	75 ab	125,57 de	8,0
Incubação PEG 24 horas	74 a	6,35 de	28 e	91,17 abc	6,6
Incubação PEG 72 horas	77 a	6,72 cde	39 de	68,50 a	6,8
Incubação PEG 120 horas	74 a	6,07 e	48 cd	81,61 ab	6,8
Incubação 35°C 24 horas	87 a	8,70 bc	64 abc	119,82 cde	6,4
Incubação 35°C 48 horas	86 a	8,16 bcde	72 ab	127,38 de	6,6
c.v.	7,59	10,29	7,78	11,06	

Tabela 13. Resultados dos testes de germinação, velocidade de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e grau de umidade das sementes do lote 6, cultivar Petrolina, submetidas a vários processos de secagem após o condicionamento fisiológico

Tratamentos	Germ. (%)	Veloc. de Germ.	Envelh. Acelerado (%)	Condut. Elétrica μmho/cm/g	Grau de Umidade (%)
Testemunha	85 a	8,04 defg	61 cde	224,12 f	5,6
Tratadas sem secagem	88 a	12,75 a	76 abc	80,40 ab	45,0
Secagem rápida	85 a	9,27 cde	79 ab	92,92 abcd	7,7
Secagem lenta	91 a	10,41 bc	78 ab	100,95 bcde	7,4
Banho maria 1 hora	86 a	9,61 bcd	82 ab	102,40 bcde	7,4
Banho maria 3 horas	90 a	10,48 bc	79 ab	107,52 cde	7,6
Banho maria 5 horas	91 a	11,21 ab	85 a	117,57 e	7,9
Incubação PEG 24 horas	84 a	7,72 efg	59 de	83,67 abc	6,5
Incubação PEG 72 horas	80 a	7,41 fg	58 de	67,17 a	6,5
Incubação PEG 120 horas	77 a	6,93 g	48 e	72,00 a	6,6
Incubação 35°C 24 horas	88 a	9,09 cdef	69 bcd	123,27 e	6,0
Incubação 35°C 48 horas	87 a	8,78 cdef	87 a	109,54 de	6,4
c.v.	7,21	7,44	7,35	9,73	

o teste, e, no final, o teor de água situou-se ao redor de 12,7% (média dos seis lotes, conforme mostram os dados da tabela 21). Assim, as sementes não permaneceram com grau de umidade elevado durante todo o teste, o que pode ter amenizado os efeitos do envelhecimento acelerado nas sementes tratadas sem secagem.

De maneira geral, verificou-se que as porcentagens de germinação das sementes após o envelhecimento acelerado, nos diversos tratamentos de secagem, foram similares à porcentagem obtida para a testemunha, indicando que a secagem após o condicionamento não foi prejudicial ao desempenho das sementes. Destaca-se que os procedimentos de secagem rápida, de banho maria durante 1 hora, de incubação a 35°C por 48 horas (lotes 1, 5 e 6, tabelas 8, 12 e 13, respectivamente), de banho maria por 3 e 5 horas (lotes 1, 3, 5 e 6, tabelas 8, 10, 12 e 13) e de secagem lenta (lotes 5 e 6, tabelas 12 e 13), foram significativamente superiores à testemunha. Apenas a incubação em polietilenoglicol durante 24 e 120 horas para o lote 2 (tabela 9) e durante 24 horas para o lote 5 (tabela 12), provocaram reduções na germinação após o envelhecimento acelerado quando comparados com as sementes não tratadas (testemunha).

Em pesquisas realizadas por Dearman et al. (1986) e Georghiou et al. (1987), com sementes de cebola e de pimentão, respectivamente, também foi constatado que as sementes condicionadas e secadas foram mais resistentes ao envelhecimento acelerado. No entanto, também há informações de que a secagem pode tornar as sementes mais sensíveis ao processo de envelhecimento acelerado (Dearman et al., 1987; Tarquis e Bradford, 1992; Chojnowski et al., 1997).

Na presente pesquisa, os procedimentos utilizados para a secagem das sementes de cebola, foram baseados nos utilizados por Bruggink et al. (1999), onde resultados semelhantes foram obtidos com a secagem lenta, banho maria (ou choque térmico) e incubação das sementes a 35°C, favorecendo o potencial fisiológico das sementes.

Tabela 14. Grau de umidade das sementes após o teste de envelhecimento acelerado, de seis lotes de sementes de cebola, cultivar Petrolina, submetidas a vários processos de secagem após o condicionamento fisiológico

Tratamentos	Lotes					
	1	2	3	4	5	6
Testemunha	11,3	11,6	10,9	11,2	12,1	12,2
Tratadas sem secagem	13,0	12,8	12,8	12,4	12,9	12,4
Secagem rápida	12,2	12,2	12,2	11,9	12,0	12,0
Secagem lenta	12,0	11,8	11,9	11,9	11,9	11,8
Banho maria 1 hora	12,1	12,4	12,2	12,0	12,1	11,5
Banho maria 3 horas	12,7	12,0	12,0	12,1	12,3	11,8
Banho maria 5 horas	12,1	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6
Incubação PEG 24 horas	12,3	12,5	12,1	11,8	11,9	12,1
Incubação PEG 72 horas	11,8	11,5	11,7	11,6	11,7	11,7
Incubação PEG 120 horas	12,0	11,6	11,6	11,5	11,6	11,4
Incubação 35°C 24 horas	12,3	12,1	12,5	12,1	12,1	12,0
Incubação 35°C 48 horas	12,2	13,5	12,7	12,2	12,5	12,2

Porém, contraditoriamente ao que foi encontrado no presente trabalho, Bruggink et al. (1999), verificaram que a incubação das sementes em polietilenoglicol 8000, foi eficiente para prevenir a redução do potencial de armazenamento das sementes de *Impatiens walleriana* Hook. Esse mesmo procedimento, utilizado por Bruggink e van der Toorn (1995), induziu a

tolerância à dessecação de sementes germinadas de pepino. Com relação à secagem rápida, Bruggink et al. (1999) mencionaram que as sementes submetidas a esse método, foram mais sensíveis ao teste de deterioração controlada que as submetidas à secagem lenta e à incubação a 35°C (neste último caso, utilizando-se sementes de pimentão). Assim, parece que a eficiência dos métodos para induzir tolerância à dessecação e/ou armazenamento das sementes, são também influenciados pela espécie utilizada.

No teste de condutividade elétrica, a comparação das sementes que foram condicionadas com as sementes condicionadas e secadas merece atenção especial, pois os teores de água no início do teste eram diferentes (as sementes não secadas apresentaram em torno de 45,2% de umidade e, as demais, teores de água sempre inferiores a 8%). Tem sido verificado no teste de condutividade elétrica, que o teor de água das sementes no início do teste pode influenciar os resultados obtidos e que, quanto menor for o grau de umidade das sementes, maior é o valor da condutividade elétrica da solução de embebição (Tao, 1978; Loeffler et al., 1988; Hampton et al., 1992).

Em análise geral, nota-se que, todos os tratamentos causaram redução significativa na lixiviação de solutos quando comparados com a testemunha. Os menores valores da condutividade elétrica foram verificados para a incubação em polietilenoglicol 8000 (todos os períodos) e para as sementes tratadas e não secadas. No primeiro caso, ressalta-se que, ao contrário dos demais tratamentos, as sementes ficaram imersas em solução e, por isso, novamente pode ter ocorrido perda de eletrólitos no momento da incubação, diminuindo desta maneira a quantidade de lixiviados durante o teste de condutividade elétrica. Assim, não se pode afirmar que esse procedimento tenha sido o mais eficiente em promover a reorganização das membranas celulares. No caso das sementes não submetidas a secagem, não está claro se a diminuição na lixiviação de solutos ocorreu porque as sementes já haviam apresentado perda de eletrólitos durante o processo de condicionamento ou em função de

realmente ter ocorrido reparo no sistema de membranas após o condicionamento fisiológico.

Vários trabalhos mencionam que o condicionamento fisiológico pode exercer efeito sob a integridade das membranas celulares (Woodstok e Tao, 1981; Tilden e West, 1985; Dearman et al., 1986; Choudhuri e Basu, 1988; Armstrong e McDonald, 1992; Sung e Chang, 1993). Porém, resultados obtidos por Dearman et al. (1986) e Chojnowski et al. (1997) sugeriram que a redução na lixiviação de solutos após o condicionamento fisiológico pode ocorrer principalmente em função da perda de eletrólitos durante esse processo; talvez não esteja relacionada a um aumento na capacidade de retenção dos solutos das sementes condicionadas, durante o período de lixiviação.

No entanto, é provável que os dois eventos possam ocorrer durante o processo de condicionamento fisiológico das sementes. Sabe-se que, quando uma semente seca é colocada em contato com a água, existe um período de rápida embebição e lixiviação do material celular (Bewley e Black, 1985), sendo que essa lixiviação decresce conforme o tecido vai se hidratando (Woodstok, 1988). No processo de condicionamento fisiológico, a hidratação ocorre de maneira mais lenta, o que pode proporcionar maior tempo para o reparo ou reorganização das membranas (Woodstock e Tao, 1981).

De qualquer modo, verifica-se que, para todos os lotes (tabelas 8 a 13), os valores da condutividade elétrica obtidos para todos os tratamentos de secagem (exceto incubação em polietilenoglicol 8000) foram superiores aos observados para as sementes não secadas; talvez, neste caso, os métodos de secagem tenham provocado certa desorganização no sistema de membranas, permitindo maior lixiviação de eletrólitos. Porém, observa-se que todos os procedimentos de secagem conduziram à redução significativa na lixiviação de solutos quando comparados à testemunha, indicando que, provavelmente, houve reparo no sistema de membranas durante o condicionamento fisiológico e que, mesmo após a secagem, pelo menos parte desse reparo e/ou reorganização foi mantido. Reduções na lixiviação de eletrólitos após o

condicionamento fisiológico e posterior secagem das sementes, indicando maior integridade das membranas, também foram observados por Rudrapal e Nakamura (1988) e por Choudhuri e Basu (1988).

No teste de condutividade elétrica, para todos os lotes avaliados (tabelas 8 a 13, com exceção do tratamento de incubação em polietilenoglicol 8000), a secagem rápida foi o procedimento que provocou as menores perdas de solutos durante o teste, embora, em alguns casos, os valores tenham sido apenas numericamente menores que os dos demais tratamentos. Entretanto, destaca-se que os procedimentos de banho maria por 5 horas (nos lotes 3 e 6, tabelas 10 e 13 respectivamente), o de banho maria durante 1, 3 e 5 horas (no lote 4, tabela 11) e o de incubação a 35°C por 24 horas (nos lotes 4 e 6, tabelas 11 e 13 respectivamente), influenciaram a ocorrência de maiores índices de lixiviação em relação à secagem rápida.

De maneira geral, nota-se que, o tratamento de incubação das sementes em polietilenoglicol 8000, durante 24, 72 e 120 horas, foi o mais prejudicial ao potencial fisiológico das sementes, não induzindo a tolerância das mesmas à dessecação. Tal fato pôde ser observado pelos valores do índice de velocidade de germinação e envelhecimento acelerado, os quais, na maioria dos casos, foram estatisticamente inferiores aos verificados para os demais tratamentos de secagem e, também, em relação à testemunha. Mesmo no teste de germinação, onde não houve diferença estatística, verificou-se tendência de redução da porcentagem de germinação para o tratamento de incubação das sementes em polietilenoglicol 8000. Porém, contraditoriamente, esse mesmo procedimento, conduziu a menores índices de lixiviação de solutos, para todos os lotes (tabelas 8 a 13), quando os tratamentos foram avaliados pelo teste de condutividade elétrica. A provável explicação para essa inversão do desempenho das sementes no teste de condutividade elétrica, já foi apresentada em parágrafos anteriores. Conforme mostram os dados da tabela 15, com exceção da incubação em polietilenoglicol 8000, os demais procedimentos provocaram decréscimo no grau de umidade das sementes

Tabela 15. Grau de umidade das sementes após o período de incubação pré-secagem de seis lotes de sementes de cebola, cultivar Petrolina

Tratamentos	Lotes					
	1	2	3	4	5	6
Secagem lenta	10,1	10,5	10,0	10,0	10,5	9,9
Banho maria 1 hora	39,3	38,9	38,3	38,9	39,6	35,6
Banho maria 3 horas	40,3	39,3	41,1	39,7	41,6	41,6
Banho maria 5 horas	34,7	35,0	39,1	35,7	38,9	39,9
Incubação PEG 24 horas	47,6	47,3	48,2	48,0	48,9	49,1
Incubação PEG 72 horas	48,1	49,5	48,7	49,1	49,4	47,5
Incubação PEG 120 horas	48,4	48,9	49,3	48,8	47,7	48,0
Incubação 35°C 24 horas	39,2	38,1	40,2	39,7	40,4	37,1
Incubação 35°C 48 horas	33,6	32,4	34,6	29,2	36,3	35,4

condicionadas, as quais apresentavam em torno de 45,2% de água (média dos seis lotes) antes do início da incubação. Em contrapartida, quando utilizou-se a incubação em solução de polietilenoglicol 8000, os teores de água das sementes sofreram aumento em relação às sementes apenas condicionadas, sendo que esse nível mais elevado foi mantido durante todo o período de incubação.

Desta maneira, as sementes de cebola mostraram sensibilidade à desidratação após o condicionamento fisiológico, apenas quando foram mantidas com grau de umidade elevado (acima de 47,5%) por período prolongado (acima de 24 horas) antes da secagem. Durante a incubação em solução de polietilenoglicol 8000, as sementes que já haviam iniciado os

processos metabólicos da germinação durante o processo de condicionamento fisiológico, foram ainda incubadas durante 24, 72 e 120 horas, sem dar continuação à etapa seguinte da germinação ou sem iniciar o processo de secagem, permanecendo por mais tempo com teores elevados de água. De acordo com Vertucci e Farrant (1995), quando mantidas com níveis de umidade em que somente ocorrem as atividades catabólicas, as células naturalmente tolerantes à dessecação podem sofrer danos mais severos se permanecerem nessas condições por um período de tempo mais longo do que se forem secadas rapidamente. Assim, segundo essas autoras, a capacidade de tolerância das sementes à dessecação também depende da maneira como a secagem foi realizada.

Além do processo de secagem empregado, os resultados também podem ser dependentes da espécie utilizada. No entanto, tem-se verificado de maneira geral, que as sementes de cebola podem ser condicionadas fisiologicamente e posteriormente secadas até atingir o teor de água inicial, sem perder todo o efeito do tratamento (Heydecker et al. 1975; Heydecker e Coolbear, 1977; Brocklehurst e Dearman, 1983a,b; Furutani et al. 1986). Porém, efeitos negativos da secagem das sementes de cebola após o condicionamento fisiológico, também já foram observados por Haigh et al. (1986) e Bujalski e Nienow (1991).

Diante do exposto, nota-se, em análise geral, que o condicionamento fisiológico com posterior secagem, pode trazer benefícios ao potencial fisiológico das sementes de cebola; como não houve variações amplas entre os processos de secagem rápida, secagem lenta, incubação em banho maria (durante de 1, 3 e 5 horas) e incubação a 35°C (durante 24 e 48 horas), o processo de secagem rápida foi considerado o mais adequado para a dessecação das sementes de cebola, pois além de rápido (o período gasto é de aproximadamente 24 horas), este procedimento é mais prático que os demais métodos, pois não requer equipamentos, reagentes e nem períodos adicionais,

os quais geralmente estão envolvidos nos processos de incubação pré-secagem.

4.4 Armazenamento das sementes

4.4.1 Testes preliminares para a escolha do período de hidratação mais adequado para o condicionamento fisiológico dos lotes do cultivar Primavera e Crioula Mercosul

O grau de umidade das sementes dos quatro lotes do cultivar Primavera e dos quatro lotes do cultivar Crioula Mercosul, após 48 horas de embebição, são apresentados na tabela 16. Esses valores, para os lotes 7 e 8 do cultivar Primavera foram semelhantes entre si; também, verificou-se que, após 48 horas de hidratação, poucas sementes haviam emitido raiz primária. O mesmo fato foi observado para os lotes 9 e 11 do cultivar Crioula Mercosul.

Teores de água pouco mais elevados e maior número de sementes com emissão da raiz primária foram observados nos lotes 5 e 6 do cultivar Primavera e, nos lotes 10 e 12 do cultivar Crioula Mercosul, quando utilizou-se a embebição por 48 horas. Assim, tais lotes foram hidratados novamente, desta vez, por período de 24 horas. Os graus de umidade referentes a esse período de hidratação nos diferentes lotes encontra-se na tabela 17.

Com a diminuição do período de hidratação das amostras dos lotes 5 e 6 do cultivar Primavera e dos lotes 10 e 12 do cultivar Crioula Mercosul, as sementes apresentaram teores de água inferiores aos obtidos após 48 horas de hidratação, mas ainda condizentes com o procedimento para o condicionamento fisiológico, proposto neste trabalho. Com o período de 24 horas de hidratação, as amostras também apresentaram menor quantidade de sementes com emissão da raiz primária, indicando que este período de embebição foi o mais adequado para esses lotes.

Com base nos resultados deste teste preliminar, a hidratação dos lotes 7 e 8 do cultivar Primavera e dos lotes 9 e 11 do cultivar Crioula Mercosul, foi conduzida durante 48 horas; para os lotes 5 e 6 do cultivar Primavera e para os lotes 10 e 12 do cultivar Crioula Mercosul, o hidrocondicionamento foi conduzido durante 24 horas, para o processo de condicionamento fisiológico.

Tabela 16. Grau de umidade dos quatro lotes do cultivar Primavera e dos quatro lotes do cultivar Crioula Mercosul, após 48 horas de hidratação a 15°C

Lotes	cv. Primavera	Lotes	cv. Crioula Mercosul
5	47,6	9	46,7
6	47,2	10	48,1
7	46,0	11	47,0
8	46,0	12	49,7

Tabela 17. Grau de umidade dos lotes 5 e 6 do cultivar Primavera, e dos lotes 10 e 12 do cultivar Crioula Mercosul, após 24 horas de hidratação a 15°C

Lotes	cv. Primavera	Lotes	cv. Crioula Mercosul
5	43,4	9	-
6	43,3	10	45,3
7	-	11	-
8	-	12	44,6

4.4.2 Tratamento, secagem e armazenamento das sementes

A - Cultivar Petrolina

Os resultados dos testes de germinação, velocidade de germinação (VG), emergência das plântulas, velocidade de emergência (VE), envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE) e do grau de umidade das sementes armazenadas, encontram-se nas tabelas de 18 a 21.

Para os lotes 1 e 2 (tabelas 18 e 19), verificou-se germinação mais elevada para as sementes não tratadas e mantidas em ambiente controlado (NCC); ao final de 9 meses, o comportamento dessas sementes foi significativamente superior ao das submetidas ao condicionamento fisiológico (CL e CC), fato também observado para o lote 3 (tabela 20).

Por outro lado, para os lotes 3 e 4 (tabelas 20 e 21), o armazenamento em ambiente controlado, das sementes condicionadas (CC), favoreceu a obtenção de índices mais elevados de velocidade de germinação em relação à testemunha (NCC), principalmente nos períodos 0, 3 e 6 meses. No entanto, aos 9 meses, não foram encontradas vantagens para as sementes condicionadas, indicando que houve reversão dos efeitos benéficos obtidos com o condicionamento fisiológico. No armazenamento em ambiente de laboratório (tratamentos NCL e CL), houve comportamento similar ao verificado em câmara, ou seja, observou-se maior índice velocidade de germinação para as sementes condicionadas (CL) apenas nos períodos iniciais de armazenamento, sendo que, posteriormente, aos 9 meses, principalmente no lote 4 (tabela 21), foi constatado decréscimo significativo desse índice, tornando-se, inclusive, inferior ao observado para a testemunha (NCL).

Em análise geral, para todos os lotes e em todas as épocas de avaliação, não houve vantagens do tratamento condicionador quanto à porcentagem e velocidade de emergência das plântulas, tanto para as sementes armazenadas em ambiente controlado quanto para as armazenadas em ambiente de

Tabela 18. Resultados do teste de germinação (%), de velocidade de germinação, emergência das plântulas (%), velocidade de emergência, envelhecimento acelerado (%), condutividade elétrica (µmhos/cm/g) e grau de umidade das sementes não condicionadas fisiologicamente (NCL) e das sementes condicionadas (CL) armazenadas em ambiente de laboratório, das sementes não condicionadas fisiologicamente (NCC) e das sementes condicionadas (CC) armazenadas em ambiente controlado, do lote 1 do cultivar Petrolina, avaliados durante os períodos de 0, 3, 6 e 9 meses de armazenamento

Cultivar Petroline – lote 1																				
Tratamentos	Germinação (%)					Velocidade de germinação					Emergência das plântulas (%)					Velocidade de emergência				
	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média
NCL	82 Aa*	80 Aa	80 Aa	73 Aab	79 ab	7,58 Aa*	7,22 Ab	7,44 Ab	6,06 Bab	7,08 bc	78 Aa*	82 Aa	46 Bb	68 Aa	69 a	4,57 Aa*	5,01 Aab	2,18 Bb	3,16 Ba	3,73 a
CL	87 Aa	78 Ba	76 Ba	63 Cb	76 b	8,00 Aa	7,08 Ab	7,48 Ab	5,35 Bb	6,98 c	81 ABa	84 Aa	64 Bab	69 ABa	75 a	4,48 Aa	5,32 Aa	3,24 Bab	3,26 Ba	4,08 a
NCC	82 Aa	82 Aa	83 Aa	82 Aa	82 a	7,58 Aa	7,70 Aab	7,91 Aab	6,95 Aa	7,54 ab	78 Aa	72 ABa	68 ABa	53 Ba	68 a	4,57 Aa	3,90 Ab	3,42 ABa	2,28 Ba	3,54 a
CC	87 Aa	81 ABa	78 BCa	70 Cb	79 ab	8,00 Aa	8,30 Aa	8,74 Aa	6,32 Bab	7,84 a	81 Aa	83 Aa	77 Aa	56 Ba	75 a	4,48 Aa	4,82 Aab	4,15 Aa	2,44 Ba	3,91 a
Média	85 A	80 AB	79 B	72 C		7,79 A	7,57 A	7,89 A	6,17 B		80 A	80 A	64 B	62 B		4,52 A	4,70 A	3,23 B	2,79 B	
C.V. (%)	5,7					7,7					11,7					15,9				
	Envelhecimento acelerado (%)					Condutividade elétrica (µmho/cm/g)					Grau de Umidade (%)									
	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9						
NCL	51 Ab*	51 Ab	13 Bc	10 Bb	28 d	186,34 ABb*	168,88 Ab	175,22 Ab	200,80 Bc	182,81 b	7,5	8,0	9,6	10,4						
CL	68 Aa	66 Aa	30 Bb	5 Cb	39 c	119,60 Aa	99,96 Aa	100,60 Aa	109,45 Aa	107,40 a	5,9	7,4	9,4	10,7						
NCC	51 Ab	47 Ab	49 Aa	44 Aa	48 b	186,34 Ab	172,32 Ab	171,04 Ab	174,24 Ab	175,98 b	7,5	7,4	7,2	8,0						
CC	68 ABa	75 Aa	56 BCa	56 Ca	63 a	119,60 Aa	98,86 Aa	96,98 Aa	106,17 Aa	105,40 a	5,9	7,5	7,4	8,2						
Média	59 A	59 A	36 B	25 C		159,97 C	135,01 A	135,96 AB	147,67 BC											
C.V. (%)	9,0					8,8														

* Letras maiúsculas: comparação de médias em cada linha; Letras minúsculas: comparação de médias em cada coluna (Teste de Tukey, p ≤ 0,05).

Tabela 19. Resultados do teste de germinação (%), velocidade de germinação, emergência das plântulas (%), velocidade de emergência, envelhecimento acelerado (%), condutividade elétrica (µmhos/cm/g) e grau de umidade das sementes não condicionadas fisiologicamente (NCL) e das sementes condicionadas (CL) armazenadas em ambiente de laboratório, das sementes não condicionadas fisiologicamente (NCC) e das sementes condicionadas (CC) armazenadas em ambiente controlado, do lote 2 do cultivar Petrolina, avaliados durante os períodos de 0, 3, 6 e 9 meses de armazenamento

Cultivar Petroline – lote 2																				
Tratamentos	Germinação (%)					Velocidade de germinação					Emergência das plântulas (%)					Velocidade de emergência				
	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média
NCL	86 Aa*	86 Aa	70 Bb	67 Bab	78 ab	8,38 Aa*	7,72 Aa	6,15 Bb	5,37 Bb	6,91 b	83 Aa*	75 Aa	52 Bab	71 ABa	70 a	4,73 Aa*	4,64 Aa	2,29 Bbc	3,22 Ba	3,72 a
CL	80 Aa	77 Aab	73 ABab	65 Bb	74 b	8,85 Aa	7,30 Ba	7,53 Ba	5,43 Cb	7,28 ab	80 Aa	70 Aa	46 Bb	68 Aa	66 a	4,62 Aa	4,61 Aa	2,15 Bc	3,27Ba	3,66 a
NCC	86 Aa	77 Bab	82 ABa	77 Ba	81 a	8,38 Aa	7,40 ABa	8,09 Aa	6,72 Ba	7,65 a	83 Aa	72 ABa	71 ABa	55 Ba	71 a	4,73 Aa	4,17 Aa	3,71 Aa	2,29 Ba	3,73 a
CC	80 Aa	72 ABb	77 Aab	63 Bb	73 b	8,85 Aa	7,76 Ba	8,53 ABa	5,97 Cab	7,78 a	80 Aa	72 ABa	68 ABa	52 Ba	68 a	4,62 Aa	4,24 Aa	3,49 ABab	2,27 Ba	3,66 a
Média	83 A	78 B	75 B	68 C		8,62 A	7,54 B	7,58 B	5,87 C		81 A	72 A	59 B	61 B		4,67 A	4,42 A	2,91 B	2,76 B	
C.V. (%)			6,00					7,8					11,8					18,6		
	Envelhecimento acelerado (%)					Condutividade elétrica (µmho/cm/g)					Grau de Umidade (%)									
	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9						
NCL	58 Ab*	41 Bb	7 Cc	3 Cb	23 d	162,92 Ab*	158,88 Ab	159,86 Ab	165,42 Ab	161,77 b	7,9	8,2	9,5	10,2						
CL	73 Aa	65 Aa	16 Bb	6 Cb	37 c	94,12 Aa	85,06 Aa	96,02 Aa	98,32 Aa	93,38 a	6,7	8,0	9,5	10,5						
NCC	58 Ab	39 Bb	42 Ba	37 Ba	44 b	162,92 Ab	154,79 Ab	160,64 Ab	155,81 Ab	158,54 b	7,9	7,7	7,4	8,0						
CC	73 Aa	65 Aa	51 Ba	35 Ca	56 a	94,12 Aa	91,45 Aa	87,41 Aa	97,30 Aa	92,57 a	6,7	8,2	7,8	8,5						
Média	65 A	52 B	27 C	17 D		128,52 A	122,55 A	125,98 A	129,21 A											
C.V. (%)			8,6					6,1												

* Letras maiúsculas: comparação de médias em cada linha; Letras minúsculas: comparação de médias em cada coluna (Teste de Tukey, p ≤ 0,05).

Tabela 20. Resultados do teste de germinação (%), velocidade de germinação, emergência das plântulas (%), velocidade de emergência, envelhecimento acelerado (%), condutividade elétrica (µmhos/cm/g) e grau de umidade das sementes não condicionadas fisiologicamente (NCL) e das sementes condicionadas (CL) armazenadas em ambiente de laboratório, das sementes não condicionadas fisiologicamente (NCC) e das sementes condicionadas (CC) armazenadas em ambiente controlado, do lote 3 do cultivar Petrolina, avaliados durante os períodos de 0, 3, 6 e 9 meses de armazenamento

Cultivar Petroline – lote 3																				
Tratamentos	Germinação (%)					Velocidade de germinação					Emergência das plântulas (%)					Velocidade de emergência				
	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média
NCL	89 Aa*	85 Aa	87 Aa	83 Aab	86 a	9,08 Ab*	7,98 BCc	8,34 Bc	7,40 Cab	8,20 c	95 Aa*	90 ABa	76 Ca	80 BCa	86 a	5,44 Aa*	5,81 Aa	3,60 Bb	3,89 Ba	4,69 a
CL	93 Aa	86 Ba	88 ABa	76 Cb	86 a	10,53 Aa	8,73 Cb	9,45 Bb	6,89 Db	8,90 b	94 Aa	84 ABa	58 Cb	75 Bab	79 b	5,38 Aa	5,67 Aa	2,81 Cc	3,62 Bab	4,37 a
NCC	89 Aa	86 Aa	87 Aa	89 Aa	88 a	9,08 Ab	8,33 Bbc	8,68 ABc	8,08 Ba	8,54 c	95 Aa	81 BCa	86 ABa	68 Cab	84 ab	5,44 Aa	4,80 Ab	4,78 Aa	2,98 Bbc	4,50 a
CC	93 Aa	88 Aa	90 Aa	80 Bb	88 a	10,53 Aa	9,79 Ba	10,28 ABa	7,91 Ca	9,63 a	94 Aa	88 ABa	82 Ba	62 Cb	83 ab	5,38 Aa	5,12 Aab	4,40 Ba	2,69 Cc	4,40 a
Média	91 A	86 B	88 B	82 C		9,81 A	8,71 C	9,19 B	7,57 D		94 A	86 B	76 C	72 C		5,40 A	5,35 A	3,90 B	3,30 C	
C.V. (%)			4,1					4,3					7,9					8,3		
	Envelhecimento acelerado (%)					Condutividade elétrica (µmho/cm/g)					Grau de Umidade (%)									
	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9						
NCL	72 Ab*	51 Bb	26 Cc	14 Dc	39 d	157,77 Ab*	157,41 Ab	149,26 Ab	157,22 Ab	155,41 b	7,2	7,6	9,3	10,1						
CL	84 Aa	81 Aa	22 Bc	4 Cd	45 c	86,03 Aa	93,16 Aa	82,51 Aa	92,46 Aa	88,54 a	6,5	7,8	9,3	10,4						
NCC	72 Ab	50 Bb	59 Bb	53 Ba	58 b	157,77 ABb	157,40 ABb	165,55 Bc	148,74 Ab	157,37 b	7,2	7,0	7,0	7,7						
CC	84 Aa	82 Aa	73 Ba	31 Cb	69 a	86,03 Aa	89,41 Aa	83,15 Aa	86,65 Aa	86,31 a	6,5	8,0	7,7	8,3						
Média	78 A	67 B	44 C	22 D		121,90 A	124,35 A	120,12 A	121,27 A											
C.V. (%)			6,5							6,4										

* Letras maiúsculas: comparação de médias em cada linha; Letras minúsculas: comparação de médias em cada coluna (Teste de Tukey, p ≤ 0,05).

Tabela 21. Resultados do teste de germinação (%), velocidade de germinação, emergência das plântulas (%), velocidade de emergência, envelhecimento acelerado (%), condutividade elétrica (µmhos/cm/g) e grau de umidade das sementes não condicionadas fisiologicamente (NCL) e das sementes condicionadas (CL) armazenadas em ambiente de laboratório, das sementes não condicionadas fisiologicamente (NCC) e das sementes condicionadas (CC) armazenadas em ambiente controlado, do lote 4 do cultivar Petrolina, avaliados durante os períodos de 0, 3, 6 e 9 meses de armazenamento

Cultivar Petroline – lote 4																				
Tratamentos	Germinação (%)					Velocidade de germinação					Emergência das plântulas (%)					Velocidade de emergência				
	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média
NCL	79 Aa*	76 Aa	77 Aa	77 Aa	77 a	7,45 Ab*	6,49 ABc	6,92 ABb	6,31 Ba	6,79 c	76 Aa*	78 Aa	65 Ab	73 Aa	74 a	4,10 Aa*	4,13 Ab	3,35 Ab	3,35 Aa	3,73 a
CL	85 ABa	91 Aa	79 Ba	63 Cb	80 a	8,92 Aa	8,76 Aa	7,44 Bb	5,14 Cb	7,57 ab	78 ABa	85 Aa	67 BCb	56 Cb	72 a	4,42 Ba	5,44 Aa	3,27 Cb	2,47 Cb	3,90 a
NCC	79 Aa	80 Aa	80 Aa	77 Aa	79 a	7,45 Ab	7,35 Abc	7,39 Ab	6,45 Aa	7,16 bc	76 Aa	83 Aa	86 Aa	60 Bab	77 a	4,10 Ba	4,70 ABab	5,02 Aa	2,46 Cb	4,07 a
CC	85 Aa	81 Aa	80 Aa	65 Bb	78 a	8,92 Aa	8,11 Aab	8,58 Aa	6,13 Bab	7,94 a	78 Aa	82 Aa	70 Ab	67 Aab	75 a	4,42 ABa	4,89 Aab	3,73 BCb	2,96 Cab	4,00 a
Média	82 A	82 A	79 A	70 B		8,19 A	7,68 AB	7,58 B	6,00 C		77 AB	82 A	73 B	64 C		4,26 B	4,79 A	3,84 C	2,81 D	
C.V. (%)	6,0					7,2					8,8					10,8				
	Envelhecimento acelerado (%)					Condutividade elétrica (µmho/cm/g)					Grau de Umidade (%)									
	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9						
NCL	47 Ab*	34 Bb	13 Cc	10 Cc	24 d	219,42 Ab*	208,69 Ab	219,37 Ab	222,08 Ab	217,39 b	7,2	7,5	9,3	10,2						
CL	68 Aa	67 Aa	19 Bc	2 Cd	35 c	125,17 Aa	113,65 Aa	136,81 Aa	128,90 Aa	126,13 a	8,0	8,2	9,8	10,8						
NCC	47 ABb	34 Cb	54 Ab	37 BCb	43 b	219,42 ABb	207,95 Ab	245,00 Bb	221,19 ABb	223,39 b	7,2	7,0	7,0	7,6						
CC	68 Aa	73 Aa	70 Aa	64 Aa	68 a	125,17 Aa	110,86 Aa	123,01 Aa	138,87 Aa	124,48 a	8,0	8,3	7,7	8,5						
Média	58 A	52 A	37 B	24 C		171,75 AB	159,75 A	180,75 B	177,25 B											
C.V. (%)	8,9					10,5														

* Letras maiúsculas: comparação de médias em cada linha; Letras minúsculas: comparação de médias em cada coluna (Teste de Tukey, p ≤ 0,05).

laboratório. Destaca-se que em condições não controladas de armazenamento, a porcentagem de emergência das plântulas provenientes das sementes condicionadas fisiologicamente (CL), na 3ª época (6 meses) para o lote 3 (tabela 20), e na 4ª época (9 meses) para o lote 4 (tabela 21), foi inferior à obtida para as sementes não tratadas (NCL). Quanto à velocidade de emergência das plântulas, resultados menos consistentes foram verificados no lote 4 (tabela 21), pois as sementes condicionadas (CL) que, no período de 3 meses, apresentavam índice de velocidade de emergência superior ao da testemunha (NCL), foram as que originaram o menor índice no período final de armazenamento (9 meses).

Vale ressaltar que, no teste de emergência das plântulas, foram constatadas variações. Assim, no período de 9 meses, para o lote 1 (tabela 18), o valor obtido para o tratamento NCL, foi significativamente superior ao verificado após 6 meses de armazenamento. Além disso, nessa mesma época de avaliação (9 meses), os valores foram numericamente superiores aos observados para as sementes mantidas ambiente controlado (NCC e CC). Tal fato também foi notado para os lotes 2 e 3 (tabelas 19 e 20), quando foram armazenados em laboratório, após o condicionamento (CL). Apesar do teste ter sido repetido na última época para a confirmação da consistência dos dados, os resultados foram similares aos obtidos no teste original, não tendo sido possível explicar o comportamento diferenciado desses lotes no período de 9 meses de armazenamento. De toda forma, ao analisar os testes de germinação, velocidade de germinação e envelhecimento acelerado, durante esse período, verifica-se, de maneira geral, que tanto a testemunha como as sementes condicionadas mantidas em ambiente de laboratório (NCL e CL) foram as que apresentaram a queda mais acentuada do potencial fisiológico.

De maneira semelhante ao que ocorreu no parâmetro velocidade de germinação, o condicionamento fisiológico influenciou positivamente a germinação das sementes após o teste de envelhecimento acelerado, principalmente nos períodos iniciais (0 e 3 meses), fato observado nos dois

ambientes de armazenamento (CL e CC) e nos quatro lotes de “Petroline” (tabelas 18 a 21). No armazenamento em ambiente controlado, até a 3ª e 4ª época, para o lote 3 (tabela 20) e para o lote 4 (tabela 21) respectivamente, destacou-se a superioridade das sementes condicionadas. Porém, nesses mesmos lotes, após 9 meses de armazenamento, em condições não controladas, foi constatada queda mais drástica no potencial fisiológico das sementes condicionadas, com valores significativamente inferiores à testemunha.

Dessa forma, observa-se, principalmente através dos testes de velocidade de germinação e envelhecimento acelerado que, os possíveis efeitos benéficos do condicionamento fisiológico, persistiram, de maneira geral, até o 3º mês de armazenamento; a partir dessa época, constatou-se reversão do benefício obtido no desempenho, de modo que as sementes condicionadas passaram a apresentar comportamento semelhante ou inferior à testemunha. O teste de envelhecimento acelerado permitiu verificar que, nos períodos de 6 e 9 meses, as sementes mantidas em ambiente controlado (NCC e CC) mostraram-se mais vigorosas que as mantidas em ambiente de laboratório (NCL e CL).

Por outro lado, as sementes condicionadas de todos os lotes (tabelas 18 a 21), independentemente do ambiente de armazenamento, apresentaram, nas quatro épocas avaliadas, menor lixiviação de solutos no teste de condutividade elétrica, revelando qualidade superior à das sementes não condicionadas (NCL e NCC).

Nos quatro lotes avaliados (tabelas 18 a 21), os valores obtidos no teste de condutividade elétrica nos períodos de 3, 6 e 9 meses de armazenamento foram, na maioria dos casos, numericamente inferiores aos obtidos no início do armazenamento, tanto para a testemunha quanto para as sementes condicionadas, nos dois ambientes de armazenamento. Tal comportamento também foi observado para os cultivares Primavera (tabelas 22 a 25) e Crioula Mercosul (tabelas 26 a 29). Como esse teste foi conduzido nas mesmas condições de temperatura e período de embebição correspondentes à 1ª época

de armazenamento, a observação de valores menores para a lixiviação de solutos nas demais épocas não era esperada, pois é pouco provável que, após alguns meses de armazenamento, tenha ocorrido reorganização das membranas celulares.

Talvez, essas variações pudessem ser atribuídas à elevação do grau de umidade das sementes durante o armazenamento, verificada principalmente nos lotes não condicionados e armazenados em ambiente de laboratório (NCL) e nos lotes condicionados mantidos nos dois ambientes de armazenamento (CL e CC), de todos os cultivares utilizados (tabelas 25 a 36); porém, ao avaliar as sementes não condicionadas e armazenadas em ambiente controlado (NCC), nota-se que praticamente não houve modificações nos teores de água, mas também foram verificadas reduções na lixiviação de solutos, com o decorrer das épocas de armazenamento.

Apesar dos testes terem sido repetidos para verificar a confiabilidade dos dados, esses resultados foram confirmados. Em alguns casos, para os três cultivares, houve redução significativa na lixiviação de solutos nos períodos finais de armazenamento. De toda forma, quando compararam-se a testemunha e as sementes condicionadas, ainda foi possível mostrar que os menores índices de lixiviação foram verificados para as sementes condicionadas fisiologicamente.

Embora seja prático, rápido e utilizado amplamente em análise de sementes de várias espécies, existem estudos demonstrando que o teste de condutividade elétrica ainda precisa ser aprimorado para a avaliação do vigor de sementes de hortaliças. Fatores como o número de sementes, volume de água, temperatura, período de embebição e mesmo o genótipo avaliado, podem fazer com que haja resultados discrepantes. No caso específico de sementes de cebola, esses parâmetros foram estudados por vários autores (Pianna et al., 1995; Torres, 1998; Rodo, 2000); no entanto, ainda não há proposta consistente para a metodologia desse teste. No presente estudo, o procedimento utilizado para o teste de condutividade elétrica (4 repetições de 50 sementes, 50 mL de

água, a 20°C) foi baseado em Rodo (2000). Porém, a autora também encontrou resultados discrepantes, dependendo do cultivar avaliado, e salientou a necessidade de estudos adicionais para definição de procedimento adequado, visando a utilização desse teste para sementes de cebola.

Nesta pesquisa, nos três cultivares, o teste de condutividade elétrica foi sensível para separar o vigor da testemunha em relação às sementes condicionadas fisiologicamente, indicando lixiviação de solutos significativamente inferior para este último grupo. No entanto, ao avaliar as diferentes épocas de armazenamento, os resultados não foram consistentes, pois, para todos os tratamentos, observam-se, de maneira geral, valores menores para as últimas épocas, levando à falsa impressão de que houve aumento do potencial fisiológico das sementes aos 3, 6 e 9 meses de armazenamento.

Com relação ao grau de umidade das sementes dos cultivares Petrolina, Primavera e Crioula Mercosul (tabelas 18 a 29), não foram constatadas variações acentuadas entre os tratamentos, até o 3º mês de armazenamento. Nos períodos de 6 e 9 meses, verificou-se que as sementes armazenadas em ambiente de laboratório (NCL e CL), ou seja, em condições teoricamente menos adequadas, apresentaram elevação mais pronunciada no teor de água, fator que provavelmente contribuiu para o desempenho relativamente deficiente das sementes provenientes desses tratamentos, principalmente das sementes condicionadas fisiologicamente.

Em todos os testes realizados e em todas as épocas (0 a 9 meses), nos lotes de 1 a 4 (tabelas 18 a 21) do cultivar Petrolina, em análise geral, não foi verificada ampla diferença no potencial fisiológico entre a testemunha (NCC) e as sementes tratadas (CC), armazenadas em ambiente controlado, sendo o efeito do condicionamento fisiológico pouco pronunciado no desempenho das sementes. Apenas nos testes de velocidade de germinação e envelhecimento acelerado, em algumas épocas, foi constatado maior potencial para as sementes condicionadas fisiologicamente.

No entanto, no teste de emergência das plântulas, considerando cada ambiente de armazenamento, as sementes condicionadas apresentaram comportamento semelhante ao da testemunha. Pode-se ressaltar que o potencial de emergência das plântulas é o parâmetro de maior relevância no que tange à avaliação do potencial fisiológico das sementes, visto que essas são utilizadas como meio de multiplicação de plantas de várias espécies. Os lotes mantidos em ambiente de laboratório (NCL e CL), principalmente os submetidos ao condicionamento fisiológico (CL), foram os que apresentaram queda mais rápida no potencial fisiológico, caracterizando que o armazenamento das sementes em ambiente não controlado, é mais prejudicial para a qualidade das sementes.

B - Cultivar Primavera

Para o cultivar Primavera, em todos os lotes (tabelas 22 a 25), quando consideraram-se todos os parâmetros avaliados, também foi constatado, de maneira geral, que os melhores resultados foram obtidos com o armazenamento em ambiente com controle de temperatura e umidade relativa.

Nos testes de germinação, velocidade de germinação, porcentagem e velocidade de emergência das plântulas, para os lotes 5, 6, 7 e 8 (tabelas 22 a 25), nos quatro períodos de armazenamento, não houve diferença entre o comportamento das sementes condicionadas (CC) e da testemunha (NCC), armazenadas em ambiente controlado. Entretanto, apenas os lotes 7 e 8, nos períodos de 3 e 6 meses (tabelas 24 e 25), apresentaram maior índice de velocidade de germinação para as sementes condicionadas fisiologicamente (CC). No parâmetro envelhecimento acelerado, verificou-se efeito mais pronunciado do condicionamento fisiológico somente nos primeiros 3 meses de armazenamento, nos lotes 5 e 8 (tabelas 22 e 25).

O potencial fisiológico das sementes mantidas em ambiente de laboratório (NCL e CL), dos lotes 5, 6 e 7 do cultivar Primavera (tabelas 22, 23 e

Tabela 22. Resultados do teste de germinação (%), velocidade de germinação, emergência das plântulas (%), velocidade de emergência, envelhecimento acelerado (%), condutividade elétrica (µmhos/cm/g) e grau de umidade das sementes não condicionadas fisiologicamente (NCL) e das sementes condicionadas (CL) armazenadas em ambiente de laboratório, das sementes não condicionadas fisiologicamente (NCC) e das sementes condicionadas (CC) armazenadas em ambiente controlado, do lote 5 do cultivar Primavera, avaliados durante os períodos de 0, 3, 6 e 9 meses de armazenamento

Cultivar Primavera – lote 5																				
Tratamentos	Germinação (%)					Velocidade de germinação					Emergência das plântulas (%)					Velocidade de emergência				
	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média
NCL	64 Aa*	66 Aa	66 Aa	63 Aa	65 a	6,66 Aa*	6,29 Ab	6,85 Aa	6,03 Aa	6,46 b	73 Aa*	72 Aa	70 Aa	61 Aa	69 a	4,16 Aa*	4,25 Aa	3,52 ABa	2,89 Ba	3,71 a
CL	70 Aa	65 Aa	67 Aa	63 Aa	66 a	8,04 Aa	6,79 ABab	6,87 ABa	5,46 Ba	6,79 ab	76 Aa	67 ABa	63 ABa	57 Ba	66 a	4,34 ABa	4,53 Aa	3,47 BCa	2,70 Ca	3,76 a
NCC	64 Aa	66 Aa	67 Aa	69 Aa	66 a	6,66 Aa	6,88 Aab	6,75 Aa	6,59 Aa	6,72 ab	73 Aa	72 Aa	69 Aa	54 Aa	67 a	4,16 Aa	4,25 Aa	3,90 Aa	2,22 Ba	3,63 a
CC	70 Aa	76 Aa	65 Aa	62 Aa	68 a	8,04 Aa	8,14 Aa	7,49 ABa	6,05 Ba	7,43 a	76 Aa	77 Aa	72 Aa	61 Aa	72 a	4,34 Aa	4,44 Aa	4,20 Aa	2,71 Ba	3,92 a
Média	67 A	68 A	66 A	64 A		7,35 A	7,03 A	6,99 A	6,03 B		75 A	72 A	69 A	58 B		4,25 AB	4,37 A	3,77 B	2,63 C	
C.V. (%)	8,4					11,5					10,9					19,2				
	Envelhecimento acelerado (%)					Condutividade elétrica (µmho/cm/g)					Grau de Umidade (%)									
	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9						
NCL	57 Ab*	46 ABc	38 BCb	33 Cb	43 c	202,80 Ab*	188,06 Ab	188,98 Ab	204,43 Ab	196,07 b	7,0	7,3	9,1	10,2						
CL	74 Aa	59 Bab	51 Ba	36 Cb	55 b	138,61 Aa	134,78 Aa	126,23 Aa	128,14 Aa	131,94 a	7,2	8,0	9,7	10,7						
NCC	57 Ab	50 Abc	59 Aa	56 Aa	55 b	202,80 Ab	193,34 Ab	199,47 Ab	192,84 Ab	197,11 b	7,0	7,1	6,9	7,8						
CC	74 Aa	68 ABa	59 BCa	55 Ca	64 a	138,61 Ba	115,54 Aa	126,07 ABa	120,31 ABa	125,13 a	7,2	7,7	7,9	8,6						
Média	65 A	56 B	51 B	45 C		170,71 B	157,93 A	160,19 AB	161,43 AB											
C.V. (%)	8,0					7,09														

* Letras maiúsculas: comparação de médias em cada linha; Letras minúsculas: comparação de médias em cada coluna (Teste de Tukey, p ≤ 0,05).

Tabela 23. Resultados do teste de germinação (%), velocidade de germinação, emergência das plântulas (%), velocidade de emergência, envelhecimento acelerado (%), condutividade elétrica (µmhos/cm/g) e grau de umidade das sementes não condicionadas fisiologicamente (NCL) e das sementes condicionadas (CL) armazenadas em ambiente de laboratório, das sementes não condicionadas fisiologicamente (NCC) e das sementes condicionadas (CC) armazenadas em ambiente controlado, do lote 6 do cultivar Primavera, avaliados durante os períodos de 0, 3, 6 e 9 meses de armazenamento

Cultivar Primavera – lote 6																				
Tratamentos	Germinação (%)					Velocidade de germinação					Emergência das plântulas (%)					Velocidade de emergência				
	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média
NCL	75 Aa*	67 ABa	70 ABa	63 Ba	69 a	7,86 Aa*	6,51 Bb	7,02 ABa	5,94 Bab	6,83 b	78 Aa*	77 Aa	68 Aa	66 Aa	72 a	4,49 ABa*	4,53 Aa	3,52 BCb	3,12 Ca	3,92 a
CL	74 Aa	73 ABa	70 ABa	63 Ba	70 a	8,61 Aa	7,69 ABa	7,23 Ba	5,40 Cb	7,23 ab	78 Aa	74 Aa	77 Aa	64 Aa	73 a	4,36 Aa	4,99 Aa	4,32 Aab	3,00 Ba	4,17 a
NCC	75 Aa	72 Aa	68 Aa	69 Aa	71 a	7,86 Aa	7,45 ABab	6,85 ABa	6,60 Ba	7,19 ab	78 Aa	70 ABa	78 Aa	60 Ba	72 a	4,49 Aa	4,06 Aa	4,65 Aa	2,48 Ba	3,92 a
CC	74 Aa	76 Aa	69 Aa	67 Aa	71 a	8,61 Aa	8,08 Aa	7,73 Aa	6,45 Bab	7,72 a	78 ABa	81 Aa	78 ABa	64 Ba	75 a	4,36 Aa	4,70 Aa	4,64 Aa	2,88 Ba	4,15 a
Média	75 A	72 AB	69 BC	65 C		8,24 A	7,43 B	7,21 B	6,10 C		78 A	75 A	75 A	63 A		4,43 A	4,57 A	4,28 A	2,87 B	
C.V. (%)	6,3					8,2					8,4					14,6				
	Envelhecimento acelerado (%)					Condutividade elétrica (µmho/cm/g)					Grau de Umidade (%)									
	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9						
NCL	70 Aa*	46 Bb	44 Ba	31 Cb	47 b	187,65 Ab*	197,70 Ac	184,70 Ab	194,51 Ab	191,14 b	7,0	7,1	8,8	9,9						
CL	67 Aa	69 Aa	48 Ba	30 Cb	53 ab	144,06 Aa	141,43 Ab	130,66 Aa	140,00 Aa	139,04 a	7,4	7,6	9,6	10,6						
NCC	70 Aa	62 ABa	50 Ba	51 Ba	58 a	187,65 Ab	181,98 Ac	219,00 Bc	200,66 ABb	197,32 b	7,0	6,9	6,8	7,7						
CC	67 Aa	64 Aa	57 Aa	32 Bb	55 a	144,06 Ba	117,92 Aa	138,19 Ba	126,76 ABa	131,73 a	7,4	7,6	7,7	8,3						
Média	69 A	60 B	50 C	36 D		165,86 A	159,76 A	168,14 A	165,48 A											
C.V. (%)	8,7					6,24														

* Letras maiúsculas: comparação de médias em cada linha; Letras minúsculas: comparação de médias em cada coluna (Teste de Tukey, p ≤ 0,05).

Tabela 24. Resultados do teste de germinação (%), velocidade de germinação, emergência das plântulas (%), velocidade de emergência, envelhecimento acelerado (%), condutividade elétrica (µmhos/cm/g) e grau de umidade das sementes não condicionadas fisiologicamente (NCL) e das sementes condicionadas (CL) armazenadas em ambiente de laboratório, das sementes não condicionadas fisiologicamente (NCC) e das sementes condicionadas (CC) armazenadas em ambiente controlado, do lote 7 do cultivar Primavera, avaliados durante os períodos de 0, 3, 6 e 9 meses de armazenamento

Cultivar Primavera – lote 7																				
Tratamentos	Germinação (%)					Velocidade de germinação					Emergência das plântulas (%)					Velocidade de emergência				
	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média
NCL	81 Aa*	85 Aa	81 Aa	75 Aab	81 a	8,13 ABa*	7,98 ABb	8,40 Ab	6,95 Bab	7,87 b	87 Aa*	84 ABa	69 BCb	65 Ca	77 a	4,85 Aa*	5,01 Aa	3,37 Bb	2,91 Ba	4,04 a
CL	82 Aa	84 Aa	85 Aa	67 Bb	80 a	8,83 Aa	9,04 Aab	8,99 Aab	5,67 Bb	8,13 b	85 ABa	88 Aa	74 ABab	70 Ba	80 a	5,00 Aa	5,77 Aa	3,85 Bb	3,42 Ba	4,51 a
NCC	81 Aa	83 Aa	84 Aa	84 Aa	83 a	8,13 Aa	8,24 Aab	8,45 Ab	7,94 Aa	8,19 b	87 Aa	87 Aa	86 Aa	68 Ba	83 a	4,85 Aa	4,97 Aa	4,94 Aa	2,88 Ba	4,41 a
CC	82 Aa	87 Aa	86 Aa	79 Aab	83 a	8,83 ABa	9,32 Aa	9,81 Aa	7,57 Ba	8,88 a	85 Aa	82 ABa	86 Aa	69 Ba	81 a	5,00 Aa	4,78 Aa	5,23 Aa	3,09 Ba	4,53 a
Média	82 AB	85 A	84 A	77 B		8,48 A	8,65 A	8,91 A	7,03 B		86 A	85 A	79 A	68 B		4,92 A	5,13 A	4,35 B	3,08 C	
C.V. (%)	6,5					8,6					8,8					13,7				
	Envelhecimento acelerado (%)					Condutividade elétrica (µmho/cm/g)					Grau de Umidade (%)									
	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9						
NCL	74 Aa*	56 Bbc	47 Bb	32 Cb	52 b	186,73 Ab*	189,85 Ab	181,07 Ab	194,88 Ab	188,13 b	6,8	6,5	9,3	10,1						
CL	73 Aa	46 Bc	17 Cc	3 Dc	30 c	119,40 Aa	111,09 Aa	107,09 Aa	114,95 Aa	113,13 a	7,9	7,9	9,4	10,5						
NCC	74 Aa	67 Aab	67 Aa	66 Aa	69 a	186,73 Ab	179,07 Ab	198,05 Ab	200,92 Ab	191,19 b	6,8	6,9	6,8	7,7						
CC	73 Aa	76 Aa	70 Aa	66 Aa	71 a	119,40 Aa	101,66 Aa	101,93 Aa	112,76 Aa	108,94 a	7,9	7,6	7,6	8,4						
Média	74 A	61 B	49 C	38 D		153,07 A	145,42 A	147,04 A	155,88 A											
C.V. (%)	8,6					10,4														

* Letras maiúsculas: comparação de médias em cada linha; Letras minúsculas: comparação de médias em cada coluna (Teste de Tukey, p ≤ 0,05).

Tabela 25. Resultados do teste de germinação (%), velocidade de germinação, emergência das plântulas (%), velocidade de emergência, envelhecimento acelerado (%), condutividade elétrica (µmhos/cm/g) e grau de umidade das sementes não condicionadas fisiologicamente (NCL) e das sementes condicionadas (CL) armazenadas em ambiente de laboratório, das sementes não condicionadas fisiologicamente (NCC) e das sementes condicionadas (CC) armazenadas em ambiente controlado, do lote 8 do cultivar Primavera, avaliados durante os períodos de 0, 3, 6 e 9 meses de armazenamento

Cultivar Primavera – lote 8																				
Tratamentos	Germinação (%)					Velocidade de germinação					Emergência das plântulas (%)					Velocidade de emergência				
	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média
NCL	84 Aa*	87 Aa	83 Aa	82 Aa	84 a	7,96 Aa*	7,92 Aab	7,70 Ab	7,03 Aa	7,65 b	86 Aa*	79 Aa	54 Bb	75 Aa	74 a	4,63 Aa*	4,40 Ab	2,56 Bb	3,58 ABa	3,79 b
CL	83 Aa	80 Aa	78 ABa	67 Bb	77 b	9,00 Aa	7,98 Aab	8,24 Aab	5,61 Bb	7,71 b	85 Aa	85 Aa	76 Aa	56 Bb	76 a	4,92 Aa	5,65 Aa	3,92 Ba	2,60Cb	4,27 ab
NCC	84 Aa	82 Aa	80 Aa	74 Aab	80 ab	7,96 Aa	7,72 Ab	7,62 Ab	6,95 Aa	7,56 b	86 Aa	73 ABa	80 Aa	58 Bb	75 a	4,63 Aa	4,23 Ab	4,67 Aa	2,35 Bab	3,97 ab
CC	83 ABa	84 ABa	84 Aa	72 Bab	81 ab	9,00 Aa	8,89 Aa	9,36 Aa	7,03 Ba	8,57 a	85 Aa	84 ABa	77 ABa	71 Bab	80 a	4,92 Aa	5,19 ABab	4,06 BCa	3,14 Cab	4,33 a
Média	83 A	83 A	81 A	74 B		8,48 A	8,13 A	8,23 A	6,66 B		85 A	81 A	73 B	65 B		4,78 A	4,87 A	3,80 B	2,92 C	
C.V. (%)	7,0					7,6					8,5					15,5				
	Envelhecimento acelerado (%)					Condutividade elétrica (µmho/cm/g)					Grau de Umidade (%)									
	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9						
NCL	66 Ab*	34 Bc	35 Bb	33 Bb	42 c	208,66 Ab*	200,68 Ab	208,17 Ab	197,43 Ab	203,74 b	7,4	7,5	9,0	9,9						
CL	79 Aa	49 Bb	18 Cc	5 Dc	35 d	142,07 Ba	121,23 ABa	126,55 ABa	112,30 Aa	125,54 a	7,4	7,4	8,8	10,3						
NCC	66 Ab	61 Ab	61 Aa	55 Aa	60 b	208,66 Ab	217,35 Ab	213,38 Ab	217,76 Ab	214,29 b	7,4	7,3	7,1	7,9						
CC	79 Aa	75 Aa	60 Ba	61 Ba	69 a	142,07 Aa	128,16 Aa	133,95 Aa	118,44 Aa	130,66 a	7,4	7,1	7,3	8,0						
Média	73 A	55 B	43 C	35 D		175,37 B	166,86 AB	170,51 AB	161,48 A											
C.V. (%)	8,4					8,37														

* Letras maiúsculas: comparação de médias em cada linha; Letras minúsculas: comparação de médias em cada coluna (Teste de Tukey, p ≤ 0,05).

24), também foi semelhante, quando avaliados pelos testes de germinação, velocidade de germinação, porcentagem e velocidade de emergência. Diferenças mais acentuadas entre o comportamento dessas mesmas sementes, puderam ser constatadas no teste de envelhecimento acelerado, onde no lote 1 (até a 3ª época, tabela 22), no lote 6 (2ª época, tabela 23) e no lote 8 (1ª e 2ª épocas, tabela 25), os valores obtidos foram superiores para as sementes condicionadas fisiologicamente. Por outro lado, para o lote 8 (tabela 25), na última época, sementes condicionadas (CL) apresentaram desempenho inferior em relação à testemunha (NCL), nos testes de germinação velocidade de germinação, porcentagem e velocidade de emergência e envelhecimento acelerado.

Para o cultivar Primavera (tabelas 22 a 25), a partir do 6º mês, principalmente quando avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado, houve pior desempenho das sementes armazenadas em ambiente de laboratório (NCL e CL).

O lote 8 (tabela 25) do cultivar Primavera, foi o único dos quatro lotes em que o condicionamento fisiológico proporcionou benefícios acentuados ao desempenho das sementes embora, freqüentemente, a diferença entre as sementes condicionadas (CC) e a testemunha (NCC) não tenha sido significativa. Nos demais lotes, como verificou-se para os quatro lotes do cultivar Petrolina, o efeito do condicionamento foi pouco pronunciado, não justificando a adoção desse tratamento.

C – Cultivar Crioula Mercosul

Dos três cultivares estudados, “Crioula Mercosul”, foi o que mostrou efeitos mais pronunciados sobre o desempenho das sementes condicionadas e armazenadas.

No teste de germinação (tabelas 26 a 29), nota-se, para os quatro lotes, que houve comportamento semelhante das sementes condicionadas (CC) e da

testemunha (NCC), nas quatro épocas de avaliação. Por outro lado, no lote 9 (períodos de 0 e 9 meses), no lote 11 (períodos de 3 e 9 meses) e no lote 12 (período de 9 meses), foram detectados menores índices de velocidade de germinação para as sementes não condicionadas (NCC); para o lote 12 (9 meses), a porcentagem de germinação da testemunha (NCC), foi significativamente inferior à obtida para as sementes condicionadas (CC).

Com relação à porcentagem e velocidade de emergência das plântulas, para os quatro lotes (tabelas 26 a 29), embora não tenha sido verificada diferenças acentuadas nos períodos de 0, 3, e 6 meses de armazenamento, constatou-se que, após 9 meses (com exceção do lote 3), as sementes condicionadas (CC) apresentaram desempenho significativamente superior ao das sementes não condicionadas (NCC), indicando o menor potencial de armazenamento para estas sementes.

No teste de envelhecimento acelerado (tabelas 26 a 29), de maneira geral, também observou-se que o potencial fisiológico das sementes condicionadas (CC) foi superior ao das não condicionadas (NCC), havendo diferença significativa para o lote 10 (nos períodos de 3, 6 e 9 meses, tabela 27) e para o lote 12 (em todos os períodos avaliados, tabela 29).

Na maioria dos casos (para todos os cultivares), observou-se melhor desempenho das sementes condicionadas fisiologicamente e armazenadas em ambiente controlado (CC), no teste de envelhecimento acelerado. Esses resultados são consistentes com os encontrados por Dearman et al. (1986), com sementes de cebola, por Georghiou et al. (1987), com pimentão e por Savino et al. (1979) com ervilha, tomate e cenoura, em que o processo de condicionamento fisiológico promoveu efeito protetor às sementes submetidas ao envelhecimento acelerado. Entretanto, a maior sensibilidade das sementes condicionadas em relação às não condicionadas, ao envelhecimento acelerado ou à deterioração controlada, também foi observada para sementes de girassol (Chojnowski et al., 1997), cenoura (Dearman et al., 1987), alface (Tarquis e

Tabela 26. Resultados do teste de germinação (%), velocidade de germinação, emergência das plântulas (%), velocidade de emergência, envelhecimento acelerado (%), condutividade elétrica (µmhos/cm/g) e grau de umidade das sementes não condicionadas fisiologicamente (NCL) e das sementes condicionadas (CL) armazenadas em ambiente de laboratório, das sementes não condicionadas fisiologicamente (NCC) e das sementes condicionadas (CC) armazenadas em ambiente controlado, do lote 9 do cultivar Crioula Mercosul, avaliados durante os períodos de 0, 3, 6 e 9 meses de armazenamento

Cultivar Crioula Mercosul – lote 9																				
Tratamentos	Germinação (%)					Velocidade de germinação					Emergência das plântulas (%)					Velocidade de emergência				
	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média
NCL	81 Aa*	77 Aa	85 Aa	79 Aa	81 a	8,13 Bb*	7,28 Bb	9,36 Aa	7,69 Bab	8,11 b	90 Aa*	83 Aba	77 Ba	78 ABab	82 a	4,83 ABa*	5,24 Aa	4,24 BCb	3,78 Cab	4,52 a
CL	89 Aa	86 Aa	82 Aa	83 Aa	85 a	9,24 Aa	8,62 ABa	9,27 Aa	7,62 Bab	8,69 a	82 Aa	83 Aa	84 Aa	82 Aab	83 a	4,71 ABa	5,57 Aa	4,93 ABab	4,11 Ba	4,83 a
NCC	81 Aa	84 Aa	81 Aa	77 Aa	81 a	8,13 ABb	8,02 Bab	9,10 Aa	6,95 Cb	8,05 b	90 Aa	84 Aa	84 Aa	68 Bb	82 a	4,83 Aa	5,22 Aa	5,08 Aab	2,92 Bb	4,51 a
CC	89 Aa	81 Aa	86 Aa	84 Aa	85 a	9,24 ABa	8,61 Ba	10,08 Aa	8,38 Ba	9,08 a	82 Aa	85 Aa	85 Aa	85 Aa	84 a	4,71 ABa	5,51 Aa	5,22 Aa	4,23 Ba	4,91 a
Média	85 A	82 A	84 A	81 A		8,69 B	8,13 C	9,45 A	7,66 C		86 A	84 AB	82 AB	78 B		4,77 B	5,38 A	4,87 B	3,76 C	
C.V. (%)			6,2					6,3					8,0					11,0		
	Envelhecimento acelerado (%)						Condutividade elétrica (µmho/cm/g)						Grau de Umidade (%)							
	0	3	6	9	Média		0	3	6	9	Média		0	3	6	9				
NCL	75 Aa*	61 Bb	61 Bb	54 Bb	63 b		196,56 Ab*	188,49 Ab	174,05 Ab	188,26 Ab	186,84 b		5,6	6,1	8,3	9,6				
CL	81 Aa	70 Ab	42 Bc	19 Cc	53 c		109,73 Aa	101,89 Aa	106,36 Aa	113,63 Aa	107,90 a		7,2	7,9	9,2	10,4				
NCC	75 ABa	73 ABab	78 Aa	64 Bab	72 a		196,56 Ab	193,46 Ab	187,26 Ab	203,07 Ab	195,09 b		5,6	6,0	5,9	7,0				
CC	81 ABa	83 Aa	73 ABab	71 Ba	77 a		109,73 Aa	94,49 Aa	98,59 Aa	104,74 Aa	101,89 a		7,2	7,3	7,4	8,1				
Média	78 A	72 A	64 B	51 C			153,15 A	144,58 A	141,57 A	152,42 A										
C.V. (%)			8,0						8,3											

* Letras maiúsculas: comparação de médias em cada linha; Letras minúsculas: comparação de médias em cada coluna (Teste de Tukey, p ≤ 0,05).

Tabela 27. Resultados do teste de germinação (%), velocidade de germinação, emergência das plântulas (%), velocidade de emergência, envelhecimento acelerado (%), condutividade elétrica (µmhos/cm/g) e grau de umidade das sementes não condicionadas fisiologicamente (NCL) e das sementes condicionadas (CL) armazenadas em ambiente de laboratório, das sementes não condicionadas fisiologicamente (NCC) e das sementes condicionadas (CC) armazenadas em ambiente controlado, do lote 10 do cultivar Crioula Mercosul, avaliados durante os períodos de 0, 3, 6 e 9 meses de armazenamento

Cultivar Crioula Mercosul – lote 10																				
Tratamentos	Germinação (%)					Velocidade de germinação					Emergência das plântulas (%)					Velocidade de emergência				
	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média
NCL	76 Aa*	75 Aa	74 Aa	67 Aa	73 a	7,47 Aa*	7,17 ABa	7,54 Aa	6,25 Bb	7,10 b	70 Aa*	78 Aa	65 Ab	75 Aab	72 b	3,51 ABa*	4,61 Aa	3,33 Bb	3,37 Bab	3,70 b
CL	82 Aa	73 Aa	75 Aa	73 Aa	76 a	8,08 Aa	7,39 ABa	7,90 Aa	6,75 Bab	7,53 ab	84 Aa	85 Aa	89 Aa	72 Aab	83 a	4,44 ABa	5,52 Aa	5,45 Aa	3,55 Bab	4,74 a
NCC	76 Aa	78 Aa	72 Aa	71 Aa	74 a	7,47 Aa	7,35 Aa	7,63 Aa	6,58 Aab	7,26 b	70 ABa	77 ABa	82 Aab	61 Bb	73 b	3,51 BCa	4,48 ABa	4,79 Aa	2,54 Cb	3,83 b
CC	82 Aa	79 Aa	73 Aa	76 Aa	78 a	8,08 Aa	7,91 Aa	8,18 Aa	7,45 Aa	7,90 a	84 Aa	85 Aa	79 Aab	82 Aa	83 a	4,44 Ba	5,60 Aa	4,64 ABa	3,94 Ba	4,66 a
Média	79 A	76 AB	73 B	72 B		7,78 A	7,45 A	7,81 A	6,76 B		77 A	82 A	80 A	73 A		3,97 B	5,05 A	4,55 AB	3,35 C	
C.V. (%)	6,8					8,1					11,2					14,5				
	Envelhecimento acelerado (%)					Condutividade elétrica (µmho/cm/g)					Grau de Umidade (%)									
	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9						
NCL	72 Aa*	49 Bc	56 Bb	29 Cc	52 c	235,85 Bb*	215,21 ABb	192,44 Ab	221,89 ABb	216,35 b	6,2	6,6	8,6	9,8						
CL	80 Aa	63 Bb	64 Bab	42 Cc	63 b	125,81 Aa	136,55 Aa	128,82 Aa	125,64 Aa	129,20 a	6,7	7,5	8,7	10,2						
NCC	72 Aa	61 ABbc	59 Bb	57 Bb	62 b	235,85 Ab	236,03 Ab	221,46 Ab	211,14 Ab	226,12 b	6,2	6,5	6,3	7,5						
CC	80 Aa	77 Aa	74 Aa	76 Aa	76 a	125,81 Aa	127,55 Aa	125,84 Aa	137,71 Aa	129,23 a	6,7	6,8	6,9	7,6						
Média	76 A	63 B	63 B	51 C		180,83 A	178,84 A	167,14 A	174,09 A											
C.V. (%)	7,7					9,1														

* Letras maiúsculas: comparação de médias em cada linha; Letras minúsculas: comparação de médias em cada coluna (Teste de Tukey, p ≤ 0,05).

Tabela 28. Resultados do teste de germinação (%), velocidade de germinação, emergência das plântulas (%), velocidade de emergência, envelhecimento acelerado (%), condutividade elétrica (µmhos/cm/g) e grau de umidade das sementes não condicionadas fisiologicamente (NCL) e das sementes condicionadas (CL) armazenadas em ambiente de laboratório, das sementes não condicionadas fisiologicamente (NCC) e das sementes condicionadas (CC) armazenadas em ambiente controlado, do lote 11 do cultivar Crioula Mercosul, avaliados durante os períodos de 0, 3, 6 e 9 meses de armazenamento

Cultivar Crioula Mercosul – lote 11																				
Tratamentos	Germinação (%)					Velocidade de germinação					Emergência das plântulas (%)					Velocidade de emergência				
	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média
NCL	88 Aa*	76 Ba	81 ABa	78 ABa	81 a	8,95 Aa*	7,40 Cb	8,80 ABa	7,62 BCab	8,19 b	82 Aa*	89 Aa	72 Ab	75 Aa	80 ab	4,28 ABa*	5,43 Aab	3,69 Bb	3,48 Bab	4,22 b
CL	89 Aa	82 ABa	76 Ba	74 Ba	81 a	9,09 Aa	8,80 Aa	8,37 Aa	6,74 Bb	8,25 b	83 Aa	88 Aa	82 Aab	84 Aa	84 ab	4,61 Ba	5,96 Aa	5,13 ABa	4,09 Ba	4,95 a
NCC	88 Aa	75 Ba	83 ABa	76 Ba	81 a	8,95 Aa	7,16 Bb	9,17 Aa	7,08 Bb	8,09 b	82 Aa	76 Aa	81 Aab	68 Aa	77 b	4,28 Aa	4,67 Ab	4,92 Aa	2,79 Bb	4,16 b
CC	89 Aa	80 Aa	80 Aa	81 Aa	83 a	9,09 Aa	8,80 Aa	9,43 Aa	8,33 Aa	8,91 a	83 Aa	89 Aa	94 Aa	82 Aa	87 a	4,61 BCa	5,86 Aab	5,64 ABa	4,03 Ca	5,04 a
Média	89 A	78 B	80 B	77 B		9,02 A	8,04 B	8,94 A	7,44 B		83 A	86 A	83 A	77 A		4,47 B	5,48 A	4,84 B	3,60 C	
C.V. (%)	6,7					7,7					11,1					14,0				
	Envelhecimento acelerado (%)					Condutividade elétrica (µmho/cm/g)					Grau de Umidade (%)									
	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9						
NCL	78 Aa*	61 BCb	68 ABa	53 Cb	65 b	211,64 Bb*	178,98 Ab	176,09 Ab	194,41 ABb	190,28 b	5,4	5,6	7,9	9,2						
CL	84 Aa	60 Bb	43 Cb	10 Dc	48 c	110,58 Aa	110,69 Aa	107,47 Aa	105,97 Aa	108,68 a	6,5	7,2	8,6	10,1						
NCC	78 Aa	77 Aa	64 Ba	63 Bab	70 b	211,64 Bb	175,36 Ab	213,11 Bc	185,60 Ab	196,43 b	5,4	5,7	5,7	6,8						
CC	84 Aa	81 ABa	74 ABa	71 Ba	77 a	110,58 Aa	91,64 Aa	111,03 Aa	111,40 Aa	106,14 a	6,5	6,7	6,7	7,6						
Média	81 A	70 B	62 C	48 D		161,11 C	139,14 A	151,92 BC	149,35 AB											
C.V. (%)	7,1					7,2														

* Letras maiúsculas: comparação de médias em cada linha; Letras minúsculas: comparação de médias em cada coluna (Teste de Tukey, p ≤ 0,05).

Tabela 29. Resultados do teste de germinação (%), velocidade de germinação, emergência das plântulas (%), velocidade de emergência, envelhecimento acelerado (%), condutividade elétrica (µmhos/cm/g) e grau de umidade das sementes não condicionadas fisiologicamente (NCL) e das sementes condicionadas (CL) armazenadas em ambiente de laboratório, das sementes não condicionadas fisiologicamente (NCC) e das sementes condicionadas (CC) armazenadas em ambiente controlado, do lote 12 do cultivar Crioula Mercosul, avaliados durante os períodos de 0, 3, 6 e 9 meses de armazenamento

Cultivar Crioula Mercosul – lote 12																				
Tratamentos	Germinação (%)					Velocidade de germinação					Emergência das plântulas (%)					Velocidade de emergência				
	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média
NCL	76 Aa*	66 Aa	76 Aa	70 Aab	72 ab	7,29 ABa*	6,24 Ba	7,75 Aa	6,48 ABab	6,94 bc	73 Aa*	78 Aab	69 Aa	72 Aa	73 a	3,94 ABa*	4,81 Aab	3,55 Bb	3,37 Ba	3,92 b
CL	78 Aa	72 Aa	80 Aa	74 Aa	76 a	7,46 ABa	7,31 ABa	8,40 Aa	6,72 Ba	7,47 ab	77 Aa	86 Aa	80 Aa	75 Aa	80 a	4,50 BCa	5,68 Aa	4,80 ABa	3,69 Ca	4,67 a
NCC	76 Aa	71 Aa	72 Aa	57 Bb	69 b	7,29 Aa	6,75 Aa	7,81 Aa	5,35 Bb	6,80 c	73 Aa	64 Ab	76 Aa	39 Bb	63 b	3,94 Aa	3,69 Ac	4,36 Aab	1,62 Bb	3,40 c
CC	78 Aa	74 Aa	75 Aa	71 Aa	75 ab	7,46 Aa	7,47 Aa	8,45 Aa	7,14 Aa	7,63 a	77 Aa	80 Aa	77 Aa	74 Aa	77 a	4,50 Aa	4,56 Abc	4,55 Aa	3,30 Ba	4,23 ab
Média	77 A	71 AB	76 A	68 B		7,37 B	6,94 BC	8,10 A	6,42 C		75 A	78 A	75 A	65 B		4,22 A	4,69 A	4,31 A	3,00 B	
C.V. (%)	7,6										8,6					12,2				
	Envelhecimento acelerado (%)					Condutividade elétrica (µmho/cm/g)					Grau de Umidade (%)									
	0	3	6	9	Média	0	3	6	9	Média	0	3	6	9						
NCL	62 Ab*	44 Bb	32 Cc	16 Dc	38 d	255,52 Bb*	216,12 Ab	208,75 Ab	218,30 Ab	224,67 c	6,3	6,5	8,3	9,4						
CL	74 Aa	65 Aa	57 Aa	36 Bb	60 b	123,22 Aa	124,46 Aa	125,67 Aa	135,40 Aa	127,19 a	6,8	7,4	8,5	9,9						
NCC	62 Ab	51 ABb	48 Bb	46 Bb	52 c	255,52 Bb	217,28 Ab	213,19 Ab	219,79 Ab	226,45 c	6,3	6,4	6,2	7,3						
CC	74 Aa	75 Aa	70 Aa	65 Aa	71 a	123,22 Aa	135,36 Aa	186,50 Bb	132,63 Aa	144,43 b	6,8	7,0	7,0	7,8						
Média	68 A	59 B	54 B	40 C		189,37 B	173,30 A	183,53 AB	176,53 AB											
C.V. (%)	7,6					8,1														

* Letras maiúsculas: comparação de médias em cada linha; Letras minúsculas: comparação de médias em cada coluna (Teste de Tukey, p ≤ 0,05).

Bradford, 1992), alho (Dearman et al., 1987; Corbineau et al., 1994) e pimentão (Saracco et al., 1995).

Para o cultivar Crioula Mercosul, ao contrário do que foi verificado para os cultivares Petrolina e Primavera, tanto a testemunha (NCL) quanto as sementes condicionadas (CL), armazenadas em ambiente de laboratório, apresentaram desempenho semelhante, quando não superior, às não condicionadas e armazenadas em câmara (NCC). Por exemplo, aos 9 meses de armazenamento, a porcentagem e índice de velocidade de emergência das plântulas para as sementes do lote 12 armazenadas em laboratório (tabela 29), foram mais elevados em relação às não tratadas e mantidas em ambiente controlado. Apenas no teste de envelhecimento acelerado, como também fora observado para os cultivares Petrolina e Primavera, houve desempenho deficiente das sementes armazenadas em laboratório, principalmente nos períodos finais (6 e 9 meses) de armazenamento.

Em suma, para o cultivar Crioula Mercosul (tabelas 26 a 29), pôde-se observar que o processo de condicionamento fisiológico trouxe benefícios para o desempenho das sementes durante o armazenamento, verificados para todos os parâmetros avaliados. Para os quatro lotes desse cultivar (lotes 9 a 12), não houve redução na porcentagem de germinação e de emergência das plântulas até o 9º mês de armazenamento, para as sementes condicionadas e mantidas em ambiente controlado. Dearman et al. (1986), também não constataram alteração na porcentagem e velocidade de germinação de sementes de cebola osmocondicionadas, após 18 meses de armazenamento a 10°C.

A resposta das sementes ao armazenamento após o condicionamento fisiológico no presente estudo, foi dependente do genótipo utilizado. Para as sementes dos cultivares Petrolina e Primavera (com exceção do lote 8), o condicionamento fisiológico não reduziu a qualidade das sementes, mas também não beneficiou significativamente o desempenho durante o armazenamento, quando comparado ao da testemunha. Por outro lado, para os lotes do cultivar Crioula Mercosul, o armazenamento das sementes

condicionadas em ambiente controlado, apresentou vantagens em relação às não condicionadas e às armazenadas em laboratório. Para os três cultivares avaliados, as sementes armazenadas em ambiente de laboratório (principalmente as sementes condicionadas) apresentaram queda no potencial fisiológico de maneira mais rápida e acentuada que as sementes armazenadas em ambiente controlado. No entanto, para o cultivar Crioula Mercosul, esse comportamento foi mais pronunciado no teste de envelhecimento acelerado.

O estudo das condições de temperatura e umidade relativa durante o armazenamento de sementes condicionadas fisiologicamente, tem sido realizado para várias espécies. De maneira similar ao que foi observado para as sementes de cebola nesta pesquisa, sementes condicionadas de tomate apresentaram redução drástica na viabilidade, após 6 meses, quando armazenadas a 30°C; porém, o armazenamento a 4°C, não provocou efeitos deletérios ao potencial fisiológico das sementes (Argerich et al., 1989). Alvarado e Bradford (1988), salientaram que o armazenamento a 30°C foi mais prejudicial para as sementes de tomate tratadas com KNO₃ do que para sementes não tratadas ou osmocondicionadas com PEG 8000; de toda forma, sementes (de todos os tratamentos) armazenadas a 10°C e 20°C, mantiveram alta viabilidade por período de até 18 meses de armazenamento.

O fator umidade relativa do ambiente de armazenamento de sementes condicionadas, não tem sido tão estudado quanto a temperatura. Entretanto, em trabalho realizado por Ellis e Roberts (1981) com dados obtidos por Banerjee e Roberts (1974) e por Ellis e Roberts (1977), foi demonstrado que o fator grau de umidade das sementes, o qual é dependente da umidade relativa do ambiente, é o mais importante para a conservação da viabilidade das sementes de cebola durante o armazenamento. Sementes com 5,7% de água, mesmo armazenadas a 40°C, apresentaram queda menos acentuada na porcentagem de germinação do que sementes armazenadas sob temperaturas mais baixas (20°C a 30°C), mas com teores de água em torno de 14,9% a 18,0%.

No presente estudo, como as sementes foram armazenadas entre a primavera e o outono (outubro/2002 a junho/2003), ocorreram freqüentemente temperatura e umidade relativa elevadas durante o período de armazenamento, em ambiente de laboratório. De acordo com Popinigis (1977), a temperatura e a umidade relativa do ar são os fatores que mais afetam o potencial de armazenamento das sementes; a umidade relativa, por interferir no grau de umidade e, a temperatura, por afetar a velocidade dos processos bioquímicos nas sementes. Segundo Roberts (1981), para sementes ortodoxas, quanto menor for o teor de água das sementes e a temperatura do ambiente, maior será o potencial de armazenamento das mesmas. Através da presente pesquisa, constatou-se que essa regra foi verdadeira para as sementes de cebola condicionadas fisiologicamente.

Considerações Gerais

O presente trabalho envolveu o estudo de técnicas de condicionamento fisiológico, de processos de secagem após o condicionamento e o do desempenho das sementes, tratadas e secadas, durante 9 meses de armazenamento.

Considerando as técnicas de condicionamento fisiológico, verificou-se que, o procedimento mais adequado envolveu a embebição das sementes entre 2 folhas de papel toalha umedecidas com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel. O osmocondicionamento em PEG 8000, determinou prejuízos à velocidade de germinação das sementes, em relação ao hidrocondicionamento. O método do tambor, embora apresentasse potencial para o tratamento das sementes em larga escala, provocou reduções drásticas na porcentagem e velocidade de germinação das sementes. A técnica de hidrocondicionamento, apesar de ter proporcionado bons resultados, também apresenta desvantagem, pois, o tratamento de sementes, em nível comercial, seria praticamente inviável devido à dificuldade de manuseio das sementes.

Os processos de secagem rápida (em estufa a 35°C-40°C, por aproximadamente 24 horas), não apresentaram diferenças acentuadas em relação ao processo de secagem lenta e, também, aos procedimentos que envolveram período de incubação das sementes em banho maria e de incubação a 35°C. A incubação das sementes condicionadas em solução de PEG 8000, antes da secagem rápida, reduziu drasticamente a germinação e o vigor das sementes. Desta forma, a secagem rápida foi considerada a metodologia mais favorável para a secagem de sementes de cebola, após o condicionamento fisiológico. Destaca-se também que, além de rápida, foi o procedimento mais prático de ser conduzido, pois não envolveu os processos de incubação, os quais tornam a técnica mais demorada e onerosa.

Com relação às condições de armazenamento, invariavelmente para os três cultivares e para ambos os tratamentos (testemunha e sementes

condicionadas), verificou-se que as condições controladas (20°C, 50% UR), foram as mais adequadas para retardar a queda no potencial fisiológico das sementes.

Com base nos resultados obtidos na última etapa da pesquisa (fase de armazenamento), constatou-se que realmente há necessidade de se avaliar diferentes cultivares e diferentes lotes dentro de cada cultivar, quando se trabalha com o processo de condicionamento fisiológico. Observou-se, de maneira geral, que para o cultivar Petrolina, não houve diferença marcante no desempenho das sementes dos quatro lotes submetidos ao processo de condicionamento fisiológico, durante o armazenamento. Por outro lado, para o cultivar Primavera, apenas um dos lotes (lote 8) apresentou resposta mais significativa ao condicionamento fisiológico, enquanto que, para o cultivar Crioula Mercosul, nos quatro lotes, o condicionamento fisiológico promoveu efeitos benéficos, mantidos até a última época de avaliação (9 meses).

Em suma, nota-se que, a adoção do condicionamento fisiológico em escala comercial não seria tarefa simples face às diversas limitações que essa técnica apresenta. Quando se desenvolve um procedimento para a hidratação, com maiores benefícios às sementes, o mesmo não é prático. Outro ponto a ser considerado, revelando-se nítido na última etapa da pesquisa, é que o melhor período de hidratação pode não ser o mesmo para os diferentes lotes utilizados; isso acarreta a necessidade de realizar testes preliminares para cada lote que a ser tratado. Além disso, a resposta pode ser dependente dos diferentes níveis de vigor dos lotes e também do genótipo utilizado. Sendo assim, fica praticamente inviável propor uma metodologia padrão para o condicionamento fisiológico das sementes de cebola.

5 CONCLUSÕES

- a) O hidrocondicionamento, envolvendo a embebição das sementes entre folhas de papel toalha, apesar de não ser de fácil manuseio, constitui procedimento adequado para o condicionamento fisiológico de sementes de cebola, beneficiando principalmente a velocidade de germinação.
- b) A definição de procedimentos para o condicionamento fisiológico deve considerar o grau de umidade das sementes após a hidratação, não sendo recomendada a embebição durante período pré-determinado. As sementes de cebola devem atingir grau de umidade de 44% a 49% após a hidratação.
- c) O processo de secagem rápida, em estufa com circulação de ar, a 35°C-40°C, é adequado para a secagem das sementes de cebola condicionadas fisiologicamente, tornando-as tolerantes à dessecação.
- d) O armazenamento sob condições controladas (20°C e umidade relativa de 50%), permite a conservação do potencial fisiológico de sementes de cebola após o condicionamento fisiológico.
- e) O desempenho das sementes durante o armazenamento após o condicionamento fisiológico é dependente do genótipo utilizado.

REFERÊNCIAS

- AKERS, S.W. Germination of parsley seed primed in aerated solutions of polyethylene glycol. **HortScience**, v.22, n.2, p.250-252, 1987.
- ALI, A.; MACHADO, V.S.; HAMILL, A.S. Osmoconditioning of tomato and onion seeds. **Scientia Horticulturae**, v.43, p.213-224, 1990.
- ALVARADO, A.D.; BRADFORD, K.J. Priming and storage of tomato (*Lycopersicon lycopersicum*) seeds. 1. Effects of storage temperature on germination rate and viability. **Seed Science and Technology**, v.16, p.601-612, 1988.
- ALVARADO, A.D.; BRADFORD, K.J.; HEWITT, J.D. Osmotic priming of tomato seeds: Effects on germination, field emergence, seedling growth, and fruit yield. **Journal of American Society Horticultural Science**, v.112, p.427-432, 1987.
- ARGERICH, C.A.; BRADFORD, K.J.; TARQUIS, A.M. The effects of priming and ageing on resistance to deterioration of tomato seeds. **Journal of Experimental Botany**, v.40, n.214, p.593-598, May 1989.
- ARMSTRONG, H.; McDONALD, M.B. Effects of osmoconditioning on water uptake and electrical conductivity in soybean seeds. **Seed Science & Technology**, v.20, p.391-400, 1992.

- BENNETT, M.A.; WATERS JUNIOR, L. Germination and emergence of high sugar sweet corn is improved by presowing hydration of seed. **HortScience**, v.22, n.2, p.236-238, Apr. 1987.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology of development and germination. New York: Plenum Press, 1985. 367p.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. Cellular events during germination and seedling growth. In: BEWLEY, J.D.; BLACK, M. (Ed.). **Seeds**: physiology of development and germination. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. cap.4, p.147-197.
- BRADFORD, K.J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. **HortScience**, v.21, n.5, p.1105-1112, Oct.1986.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- BRAY, C.M. Biochemical processes during the osmopriming of seeds. In: KIGEL, J.; GALILI, G. **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995, cap.28, p.767-789.
- BROCKLEHURST, P.A.; DEARMAN, J. Interactions between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion. I. Laboratory germination. **Annals of Applied Biology**, v.102, p.577-584, 1983a.
- BROCKLEHURST, P.A.; DEARMAN, J. Interactions between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion. II. Seedling emergence and plant growth. **Annals of Applied Biology**, v.102, p.585-593, 1983b.
- BROCKLEHURST, P.A.; DEARMAN, J. A comparison of different chemicals for osmotic treatment of vegetable seed. **Annals of Applied Biology**, v.105, p.391-398, 1984.

- BRUGGINK, G.T.; OOMS, J.J.J.; VAN DER TOORN, P. Induction of longevity in primed seeds. **Seed Science Research**, v.9, p.49-53, 1999.
- BRUGGINK, T.; VAN DER TOORN, P. Induction of desiccation tolerance in germinated seeds. **Seed Science Research**, v.5, p.1-4, 1995.
- BUJALSKI, W.; NIENOW, A.W. Large-scale osmotic priming of onion seeds: a comparison of different strategies for oxygenation. **Scientia Horticulturae**, v.46, p.13-24, 1991.
- BUJALSKI, W.; NIENOW, A.W.; GRAY, D. Establishing the large scale osmotic priming of onion seeds by using enriched air. **Annals of Applied Biology**, v.115, p.171-176, 1989.
- BURGASS, R.W.; POWELL, A.A. Evidence for repair processes in the invigoration of seeds by hydration. **Annals of Botany**, v.53, p.753-757, 1984.
- CARPENTER, W.J. *Salvia splendens* seed pregermination and priming for rapid and uniform plant emergence. **Journal of American Society Horticultural Science**, v.114, p.247-250, 1989.
- CARPI, S.M.F.; BARBEDO, C.J.; MARCOS FILHO, J. Condicionamento osmótico de sementes de *Cedrela fissilis* Vell. **Revista Brasileira de Sementes**, v.18, n.2, p.271-275, 1996.
- CARVALHO, N.M. **A SECAGEM DAS SEMENTES**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 165p.
- CHOJNOWSKI, M.; CORBINEAU, F.; CÔME, D. Physiological and biochemical changes induced in sunflower seeds by osmopriming and subsequent drying, storage and aging. **Seed Science Research**, v.7, p.323-331, 1997.
- CHOUDHURI, N.; BASU, R.N.; Maintenance of seed vigour and viability of Onion (*Allium cepa* L.). **Seed Science and Technology**, v.16, p.51-61, 1988.

- COOLBEAR, P.; NEWELL, A.J.; BRYANT, J.A. An evaluation of the potential of low temperature pre-sowing treatments of tomato seeds as a means of improving germination performance. **Annals of Applied Biology**, v.110, p.185-194, 1987.
- CORBINEAU, F.; PICARD, M.A.; CÔME, D. Germinability of leek seeds and its improvement by osmopriming. **Acta Horticulturae**, v.371, p.45-52, 1994.
- 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**, v.17, n.1, p.81-95, 1995a.
- CÓRDOBA, G.A.T., BORGES, E.E.L.; BORGES, R.C.G.; NEVES, J.C.L. Osmocondicionamento em sementes de *Esenbeckia leiocarpa* Engl (guarantã). **Revista Brasileira de Sementes**, v.17, n.2, p.217-226, 1995b.
- DEARMAN, J.; BROCKLEHURST, P.A.; DREW, L.K. Effects of osmotic priming and ageing on the germination and emergence of carrot and leek seed. **Annals of Applied Biology**, v.111, p.717-722, 1987.
- DEARMAN, J.; BROCKLEHURST, P.A.; DREW, R.L. Effects of osmotic priming and ageing on onion seed germination. **Annals of Applied Biology**, v.108, p.639-648, 1986.
- DELL'AQUILA, A.; TRITTO, V. Ageing and osmotic priming in wheat seeds: effects upon certain components of seed quality. **Annals of Botany**, v.65, p.21-26, 1990.
- DELOUCHE, J.C.; MATTHES, R.K.; DOUGHERTY, G.M.; BOYD, A.H. Storage of soybeans in tropical regions. **Seed Science and Technology**, v.1, p.663-692, 1973.
- DREW, R.L.K., HANDS, L.J.; GRAY, D. Relating the effects of priming to germination of unprimed seeds. **Seed Science and Technology**, v.25, p.537-548, 1997.

- EIRA, M.T.S.; MARCOS-FILHO, J. Condicionamento osmótico de sementes de alface. I. Efeitos sobre a germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, v.12, n.1, p.9-27, 1990a.
- EIRA, M.T.S.; MARCOS-FILHO, J. Condicionamento osmótico de sementes de alface. II. Desempenho sob estresses hídrico, salino e térmico. **Revista Brasileira de Sementes**, v.12, p.28-45, 1990b.
- ELLIS, R.H.; ROBERTS, E.H. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. **Seed Science & Technology**, v.9, p.349-409, 1981.
- FINCH-SAVAGE, W.E. Influence of seed quality on crop establishment, growth, and yield. In: BASRA, A.S. **Seed Quality: basic mechanisms and agricultural implications**. Binghamton, NY: The Haworth Press, 1995, cap.11, p.361-384.
- FNP CONSULTORIA E COMÉRCIO. **AGRIANUAL, 2002**. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2002. 520p.
- FUJIKURA, Y.; KRAAK, H.L.; BASRA, A.S.; KARSSSEN, C.M. Hydropriming, a simple and inexpensive priming method. **Seed Science & Technology**, v.21, p.639-642, 1993.
- FURUTANI, S.C.; ZANDSTRA, B.H.; PRICE, H.C. The effects of osmotic solute composition and duration and temperature of priming on onion seed germination. **Seed Science & Technology**, v.14, p.545-551, 1986.
- GEORGHIOU, K.; THANOS, C.A.; PASSAM, H.C. Osmoconditioning as a means of counteracting the ageing of pepper seeds during high-temperature storage. **Annals of Botany**, v.60, p.279-285, 1987.
- GRAY, D. Improving the quality of horticultural seeds. **Professional Horticulture**, v.3, p.117-123, 1989.

- GUEDES, A.C.; CANTLIFFE, D.J. Germination of lettuce seeds at high temperature after seed priming. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.105, n.6, p.777-781, 1980.
- HAIGH, A.M.; BARLOW, E.W.R. Germination and priming of tomato, carrot, onion, and sorghum seeds in a range of osmotica. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.112, n.2, p.202-208, 1987.
- HAIGH, A.M.; BARLOW, E.W.R.; MILTHORPE, F.L. Field emergence of tomato, carrot, and onion seeds primed in an aerated salt solution. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.111, n.5, p.660-665, 1986.
- HAMPTON, J.G.; JOHNSTONE, K.A.; EUA-UMPON, V. Bulk conductivity test variables for mungbean, soybean and French bean seed lots. **Seed Science and Technology**, v.20, n.3, p.677-686, 1992.
- HEYDECKER, W.; COOLBEAR, P. Seed treatments for improved performance – survey and attempted prognosis. **Seed Science & Technology**, v.5, p.353-425, 1977.
- HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; GULLIVER, R.L. Accelerated germination by osmotic seed treatment. **Nature**, v.246, p.42-44, Nov.1973.
- HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, Y.J. Invigoration of seeds. **Seed Science & Technology**, v.3, p.881-888, 1975.
- JIANHUA, Z.; McDONALD, M.B. The saturated salt accelerated aging test for small-seeded crops. **Seed Science & Technology**, v.25, p.123-131, 1996.
- KHAN, A.A. Preplant physiological seed conditioning. **Horticultural Reviews**, v.13, p.131-191, 1992.
- KOSTER, K.L.; LEOPOLD, A.C. Sugars and desiccation tolerance in seeds. **Plant Physiology**, v.88, p.829-832, 1988.

- LOEFFLER, T.M.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, v.12, n.1, p.37-53, 1988.
- LOPES, H.M.; FONTES, P.C.R.; MARIA, J.; CECON, P.R.; MALAVASI, M.M. Germinação e vigor de sementes de cebola (*Allium cepa* L.) influenciados pelo período e temperatura de condicionamento osmótico. **Revista Brasileira de Sementes**, v.18, n.2, p.173-179, 1996.
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177, 1962.
- MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.3, p.1-24.
- MAUDE, R.B.; DREW, R.L.K.; GRAY, D.; BUJALSKI, W.; NIENOW, A.W. The effect of storage on the germination and seedling abnormalities of leek seeds primed and dried by different methods. **Seed Science and Technology**, v.22, p.299-311, 1994.
- MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. London: Pergamon Press, 1982. 236p.
- McDONALD, M.B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science & Technology**, v.27, p.177-237, 1999.
- MELLO, V.D.C.; SANTOS, D.S.B.; SANTOS FILHO, B.G.; LIMA, D.; SILVA, T.M.A.; STUMPF, C.L. Condicionamento osmótico em sementes de cebola (*Allium cepa* L.). **Informativo ABRATES**, v.3, n.3, p.30, Jun. 1993.
- MEXAL, J.; FISHER, J.T.; OSTERYOUNG, J.; REID, P.C.P. Oxygen availability in polyethylene glycol solutions and its implications in plant-water relations. **Plant Physiology**, v.55, p.20-24, 1975.

- MINAMI, K. Tecnologia da produção. In: MINAMI, K.; ANDRADE, M.O.; LIMA, U.A. **Cebola: Produção, pré-processamento e transformação agroindustrial**. Piracicaba: FEALQ, 1984, pt A, p.1-68.
- NASCIMENTO, W.M. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças: potencialidades e implicações. **Horticultura Brasileira**, v.16, n.2, p.106-109, Nov. 1998.
- NASCIMENTO, W.M. Germinação de sementes de melão osmoticamente condicionadas durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.24, n.1, p.158-161, 2002.
- NASCIMENTO, W.M.; CANTLIFFE, D.J. Germination of primed lettuce seeds after storage. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**., v.111, p.96-99, 1998.
- NASCIMENTO, W.M.; WEST, S.H. Drying during muskmelon (*Cucumis melo* L.) seed priming and its effects on seed germination and deterioration. **Seed Science and Technology**, v.28, p.211-215, 2000.
- NAYLOR, R.E.L.; SYVERSEN, M.K. Assessment of seed vigour in Italian ryegrass. **Seed Science and Technology**, v.16, p.419-426, 1988.
- NIENOW, A.W.; BUJALSKI, W.; PETCH, G.M.; GRAY, D.; DREW, R.L.K. Bulk priming and drying of leek seeds: the effects of two polymers of polyethylene glycol and fluidised bed drying. **Seed Science and Technology**, v.19, p.107-116, 1991.
- O'SULLIVAN, J.; BOW, W.J. Pepper seed treatment for low-temperature germination. **Canadian Journal Plant Science**, v.64, p.387-393, 1984.
- ODELL, G.B.; CANTLIFFE, D.J. Seed priming procedures and the effect of subsequent storage on the germination of fresh market tomato seeds. **Proceedings of Florida State Horticultural Society**, v.99, p.303-306, 1986.

- ÖZBINGÖL, N.; CORBINEAU, F.; CÔME, D. Responses of tomato seeds to osmoconditioning as related to temperature and oxygen. **Seed Science Research**, v.8, p.377-384, 1998.
- PARERA, C.A.; CANTLIFFE, D.J. Dehydration rate after solid matrix priming alters seed performance of *shrunk-2* corn. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.119, v.3, p.629-635, 1994a.
- PARERA, C.A.; CANTLIFFE, D.J. Presowing seed priming. **Horticulture Reviews**, v.16, p.109-141, 1994b.
- PASSAM, H.C.; LAMBROPOULOS, E.; KHAH, E.M. Pepper seed longevity following production under high ambient temperature. **Seed Science and Technology**, v.25, p.177-185, 1997.
- PENALOZA, A.P.S.; EIRA, M.T.S. Hydration-dehydration treatments on tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Seed Science and Technology**, v.21, p.309-316, 1993.
- PIANA, Z.; TILLMANN, M.A.A.; MINAMI, K. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de cebola e sua relação com a produção de mudas vigorosas. **Revista Brasileira de Sementes**, v.17, n.2, p.149-153, 1995.
- PILL, W.A. Low water potential and presowing germination treatments to improve seed quality. In: BASRA, A.S. **Seed Quality: basic mechanisms and agricultural implications**. Binghamton, NY: The Haworth Press, 1995, cap.10, p.319-359.
- POPINIGIS, F. Preservação da qualidade fisiológica durante o armazenamento. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE ARMAZENAGEM, 2., Brasília, 1977. **Anais**. Brasília:CIBRAZEM, 1977, 151-171.
- ROBERTS, E.H. Physiology of ageing and its application to drying and storage. **Seed Science and Technology**, v.9, n.2, p.359-372, 1981.

- RODO, A.B. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de cebola e sua relação com o desempenho das plantas em campo. Piracicaba, 2002, 123p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- RODO, A.B.; MARCOS FILHO, J. Onion seed vigor in relation to plant growth and yield. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.2, p.220-226, 2003.
- ROSSETO, C.A.V.; MINAMI, K. Condicionamento fisiológico de sementes de beterraba. **Horticultura Brasileira**, v.12, n.1, p.99, Mai.1994.
- ROSSETO, C.A.V.; NOVEMBRE, A.D. da L.C.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R.; NAKAGAWA, J. Comportamento das sementes de soja durante a fase inicial do processo de germinação. **Scientia Agrícola**, v.54, n.1/2, p.106-115, Jan/Ago. 1997.
- ROWSE, H.R. Drum Priming – A non-osmotic method of priming seeds. **Seed Science & Technology**, v.24, p.281-294, 1996.
- ROWSE, H.R.; McKee, J.M.T.; FINCH-SAVAGE, W.E. Membrane priming - a method for small samples of high value seeds. **Seed Science & Technology**, v. 29, p.587-597, 2001.
- RUDRAPAL, D.; NAKAMURA, S. The effect of hydration-dehydration pretreatments on eggplant and radish seed viability and vigour. **Seed Science and Technology**, v.16, p.123-130, 1988.
- SACHS, M. Priming watermelon seeds for low-temperature germination. **Journal of American Society Horticultural Science**, v.102, p.175-178, 1977.
- SAMPAIO, N.V.; SAMPAIO, T.G. Viabilidade, vigor e armazenamento de sementes de cenoura (*Dacus carota* L.) submetidas ao pré-condicionamento osmótico. **Revista Científica Rural**, v.3, n.1, p.38-45, 1998.

- SARACCO, F.; BINO, R.J.; BERGERVOET, J.H.W.; LANTERI, S. Influence of priming-induced nuclear replication activity on storability of pepper (*Capsicum annuum* L.) seed. **Seed Science Research**, v.5, p.25-29, 1995.
- SAVINO, G.; HAIGH, P.M.; DE LEO, P. Effects of presoaking upon seed vigour and viability during storage. **Seed Science and Technology**, v.7, p.57-64, 1979.
- SENARATNA, T.; MCKERSIE, B.D. Dehydration injury in germinating soybean (*Glycine max* L. Merr.) seeds. **Plant Physiology**, v.72, p.620-624, 1983.
- SUNG, F.J.M.; CHANG, Y.H. Biochemical activities associated with priming of sweet corn seeds to improve vigor. **Seed Science & Technology**, v.21, p.97-105, 1993.
- TAMANINI, R.H.V.S.; SAMPAIO, T.G.; SAMPAIO, N.V. Armazenamento de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) osmocondicionadas e recobertas. **Revista Científica Rural**, v.6, n.1, p.186-191, 2001.
- TAO, J.K. Factors causing variations in the conductivity test for soybean seeds. **Journal of Seed Technology**, v.3, n.1, p.10-18, 1978.
- TARQUIS, A.M.; BRADFORD, K.J. Prehydration and priming treatments that advance germination also increase the rate of deterioration of lettuce seeds. **Journal of Experimental Botany**, v.43, n.248, p.307-317, Mar. 1992.
- TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Relationship of seed vigor to crop yield: A Review. **Crop Science**, v.31, p.816-822, 1991.
- THORNTON, J.M.; POWELL, A.A. Prolonged aerated hydration for improvement of seed quality in *Brassica oleracea* L. **Annals of Applied Biology**, v.127, p.183-189, 1995.
- TILDEN, R.L.; WEST, S.H. Reversal of the effects of aging in soybean seeds. **Plant Physiology**, v.77, p.584-586, 1985.

- TOLEDO, F.F.; MARCOS FILHO, J. **Manual de sementes – tecnologia e produção**. São Paulo: AGRONÔMICA CERES, 1977. 224p.
- TORRES, S.B. Comparação entre diferentes testes de vigor e a correlação com a emergência no campo de sementes de cebola. **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, n.1, p.65-69, 1998.
- TRIGO, M.F.O.O.; NEDEL, J.L.; GARCIA, A.; TRIGO, L.F.N. Efeitos do condicionamento osmótico com soluções aeradas de nitrato de potássio no desempenho de sementes de cebola. **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, n.1, p.139-144, 1999a.
- TRIGO, M.F.O.O.; NEDEL, J.L.; LOPES, N.F.; TRIGO, L.F.N. Osmocondicionamento de sementes de cebola (*Allium cepa* L.) com soluções aeradas de polietileno glicol. **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, n.1, p.145-150, 1999b.
- VALDES, V.M.; BRADFORD, K.J.; MAYBERRY, K.S. Alleviation of thermodormancy in coated lettuce seeds by seed priming. **HortScience**, v.20, n.6, p.1112-1114, 1985.
- VERTUCCI, C.W.; FARRANT, J.M. Acquisition and loss of desiccation tolerance. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Ed.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.237-271.
- VILLELLA, F.A.; BECKERT, O.P. Potencial osmótico de soluções aquosas de polietilenoglicol 8000. **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, p.267-275, 2001.
- WARREN, J.E.; BENNETT, M.A. Seed hydration using the drum priming system. **HortScience**, v.32, n.7, p.1220-1222, 1997.
- WOODSTOCK, L.W. Seed imbibition: a critical period for successful germination. **Journal of Seed Technology**, v.12, n.1, p.1-15, 1988.

WOODSTOCK, L.W.; TAO, K.J. Prevention of imbibitional injury in low vigor soybean embryonic axes by osmotic control of water uptake. **Physiologia Plantarum**, v.51, p.133-139, 1981.