

# Germinação de sementes de *Allium cepa* L. submetidas a condicionamento fisiológico e secagem

## Germination of *Allium cepa* L. seeds subjected to physiological conditioning and drying

Fernanda da Motta Xavier, André Pich Brunes, Jerffeson Araújo Cavalcante, Géri Eduardo Meneghello, Aline Klug Radke, Andréa Bicca Noguez Martins, Letícia Winke Dias e Michele Renata Revers Meneguzzo

Departamento de Fitotecnia/Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes/Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/Universidade Federal de Pelotas. Capão do Leão/RS, Brasil

(\*E-mail: fehxavier@hotmail.com)

<http://dx.doi.org/10.19084/RCA17086>

Recebido/received: 2017.04.02

Recebido em versão revista/received in revised version: 2017.05.14

Aceite/accepted: 2017.06.07

### RESUMO

Este estudo teve por objetivo avaliar os efeitos do condicionamento fisiológico e posterior secagem em temperatura ambiente sobre a germinação e vigor de sementes cebola. Foram utilizados dois lotes de sementes que foram submetidas ao condicionamento em água e solução osmótica de polietileno glicol (PEG 6.000). Foram avaliados cinco níveis de potencial osmótico – 0,0 MPa [água]; 0,2 MPa; 0,4 MPa; 0,6 MPa; e 0,8 MPa – e quatro períodos de condicionamento – zero, 36, 48 e 60 h. Em seguida, as sementes foram submetidas à secagem em temperatura ambiente durante sete dias, sobre papel toalha. A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada através dos seguintes testes: umidade, germinação, primeira contagem da germinação, tempo para germinação, emergência, dias para emergência, comprimento de plântulas e comprimento de plantas no solo. Os resultados mostraram que o condicionamento seguido de secagem, até 10 h de condicionamento em níveis de potencial osmótico de 0 a 0,2 MPa favorecem o vigor das sementes. O período de 60 h no nível zero de potencial osmótico (água) promove benefícios para primeira contagem da germinação e comprimento de plântulas. O hidrocondicionamento foi o tratamento mais eficaz para sementes de cebola.

**Palavras-chave:** cebola, hidrocondicionamento, polietileno glicol, vigor de sementes.

### ABSTRACT

The objective was to evaluate the effects of physiological conditioning and subsequent drying at room temperature on germination and vigour of onion seeds. Two seed lots were used and the seeds of each batch were submitted to the conditioning in water and osmotic solution of polyethylene glycol (PEG 6000), evaluating five levels of osmotic potential – 0,0 MPa [water], 0,2 MPa, 0,4 MPa, 0,6 MPa, and 0,8 MPa – and four conditioning periods – zero, 36, 48 and 60 h. After this procedure, the seeds were submitted to drying at room temperature for seven days, on paper towel. The physiological quality of the seeds was evaluated through the following tests: moisture, germination, first germination count, germination time, emergence, emergence days, seedling length and plant length in soil. The results showed that the conditioning followed by drying, up to 10 h of conditioning at osmotic potential levels from 0 to 0,2 MPa favours seed vigour. The 60 h period at the zero level of osmotic potential (water) promotes benefits for first counting of germination and seedling length. Hydro-conditioning was the most effective treatment for onion seeds.

**Keywords:** hydro-conditioning, onion, polyethylene glycol, seed vigour.

## INTRODUÇÃO

Entre as várias espécies cultivadas pertencentes ao gênero *Allium* L., a cebola (*Allium cepa* L.) é uma das mais importantes quanto ao volume de produção e valor econômico no mercado agrícola (Oliveira *et al.*, 2013). No Brasil, a cebola destaca-se como uma das culturas hortícolas de maior relevância, sendo cultivadas, em 2014, cerca de 57 000 ha, cuja produção atingiu 1 649 000 t, com produtividade média de 28,5 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2014).

Com o aumento da produção desta cultura, a sementeira direta tem tido incremento de modo a diminuir os custos de propagação em viveiro e de transplantação. Todavia, as alterações culturais implicam que a semente utilizada tenha germinação elevada e que o período de crescimento juvenil seja o mais curto possível.

Entre as técnicas estudadas para esta finalidade destaca-se o condicionamento osmótico ou “priming” (Khan *et al.*, 1978; Khan, 1992) que consiste na pré-hidratação das sementes em soluções osmóticas ou em água, de modo a permitir a ocorrência das etapas metabólicas iniciais do processo de germinação, sem permitir a emissão da raiz primária (Heydecker *et al.*, 1975; Khan *et al.*, 1978; Bradford, 1986).

Vários estudos mostraram que o condicionamento fisiológico promove aumento na velocidade de germinação das sementes e na emergência das plântulas, permitindo germinação mais rápida e uniforme, além de aumentar a germinação em condições adversas, por exemplo, em *Adesmia latifolia* (Spreng) Vog (Sune *et al.*, 2002), *Petroselinum sativum* Hoffm. (Rodrigues *et al.*, 2009), *Physalis angulata* L. (Souza *et al.*, 2011) e *Sorghum bicolor* L. Moench (Oliveira e Filho, 2011).

Todavia, alguns fatores contribuem para a expressão do desempenho fisiológico, com destaque para a qualidade inicial das sementes, a temperatura, o produto e o potencial osmótico da solução utilizada (Pereira *et al.*, 2008). O potencial osmótico da solução é muito importante, pois regula a quantidade de água absorvida pelas sementes, permitindo que as mesmas alcancem as fases iniciais da germinação (I e II) sem ocorrer a emissão da raiz primária, que caracteriza o

início da fase (III) da germinação (Bewley e Black, 1982).

Para que essa técnica se torne mais eficiente e aplicável no campo é de extrema importância que ocorra a secagem das sementes condicionadas para facilitar a sementeira e aumentar o período de viabilidade durante o armazenamento. Portanto, após o condicionamento osmótico, o teor de água deve ser reduzido para valores inferiores a 10% em sementes de hortícolas (Demir *et al.*, 2005; Balbinot e Lopes, 2006).

Contudo, os efeitos benéficos adquiridos com a aplicação desta técnica podem ser revertidos, dependendo da forma como é realizada a secagem (Butler *et al.*, 2009; Caseiro e Marcos Filho, 2005). Assim, existem diversas técnicas para realizar a secagem das sementes após o condicionamento osmótico, e os resultados positivos dependem do procedimento utilizado. A secagem muito rápida e/ou com temperaturas muito elevadas pode causar sérios problemas às sementes (Marcos Filho, 2015).

Face aos pressupostos atrás referidos, o objetivo do estudo consistiu em avaliar os efeitos do condicionamento fisiológico e posterior secagem em temperatura ambiente na germinação e vigor de sementes de cebola.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório Didático de Análise de Sementes do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas, localizado no município de Capão do Leão, RS. Foram utilizados dois lotes de sementes de cebola (*Allium cepa* L.), cultivar ‘Catarina’, designados por A e B, ambos com germinação inicial acima de 90% e umidade inicial de aproximadamente 10%. As sementes foram mantidas em câmara refrigerada a uma temperatura aproximada de 16±2°C.

O grau de umidade de cada lote de sementes foi verificado pelo método de estufa 105±3°C (Brasil, 2009), onde, após o condicionamento, foram retiradas e mantidas à temperatura ambiente durante sete dias, pesadas e posteriormente levadas para a estufa. Em seguida, as sementes foram novamente pesadas e calculado o grau de umidade.

As sementes de cada lote foram submetidas ao condicionamento em água ou solução osmótica de polietileno glicol (PEG 6.000), avaliando-se cinco níveis de potencial osmótico – 0,0 MPa [água]; 0,2 MPa; 0,4 MPa; 0,6 MPa; e 0,8 MPa, utilizando metodologia de preparação das soluções conforme descrito por Villela *et al.* (1991). O controle consistiu em sementes secas não condicionadas fisiologicamente. Para cada um dos níveis de potencial osmótico, as sementes foram expostas a zero, 36, 48 e 60 h, constituindo um esquema trifatorial composto por 2 lotes × 5 potenciais osmóticos × 4 períodos de exposição. Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições.

Para efetuar o condicionamento, as sementes de cada lote foram depositadas no interior de envelopes confeccionados com papel germitest, os quais, posteriormente, receberam as respectivas soluções. As quantidades de PEG correspondentes aos níveis de potencial osmótico foram diluídas manualmente e inseridas no interior dos “envelopes”, acondicionando-os em sacos de plástico, acondicionando-os em BOD a temperatura constante de 20°C nos períodos testados. Após esse procedimento, as sementes foram retiradas do condicionamento e submetidas à secagem em temperatura ambiente (temperatura média de 20°C), durante sete dias, sobre papel toalha. Após esse período, avaliou-se a qualidade fisiológica das sementes através dos seguintes testes:

*i) Teste de germinação:* foi conduzido com quatro subamostras de 50 sementes por repetição, sendo as sementes dispostas sobre duas folhas de papel mataborrão, previamente umedecidas com água destilada com volume equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. As sementes foram mantidas em câmara de germinação, a 20°C, sendo a germinação avaliada aos seis e 12 dias após a instalação do teste. Foram consideradas germinadas as sementes que originaram plântulas normais, conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

*ii) Primeira contagem da germinação:* foi realizada em conjunto com o teste de germinação, sendo contado, no sexto dia após a instalação, o número de plântulas normais. Os resultados foram expressos em porcentagem (Brasil, 2009).

*iii) Tempo para germinação:* as avaliações das plântulas foram realizadas diariamente à mesma hora, a partir do dia em que surgiram as primeiras plântulas normais (estatura mínima de 2 cm). Essas plântulas foram contadas e retiradas do substrato de papel, prosseguindo com esse procedimento até o 12º dia após a instalação do teste. Para o cálculo da velocidade de germinação, utilizou-se a fórmula descrita por Edmond e Drapala (1958). Conjuntamente, foi calculado o índice de velocidade de germinação, sugerido por Maguire (1962).

*iv) Emergência:* foram utilizadas quatro subamostras de 50 sementes por repetição, semeadas em bandejas preenchidas com solo do tipo Planossolo. As bandejas foram irrigadas diariamente até 60% da capacidade de campo, permaneceram em temperatura ambiente, permitindo a emergência das plântulas. A contagem foi realizada aos 21 dias após a sementeira, sendo o resultado expresso em porcentagem de plantas emergidas.

*v) Dias para emergência:* as avaliações foram realizadas diariamente à mesma hora, a partir do dia em que surgiram as primeiras plântulas normais. Essas foram contadas e retiradas do substrato. Repetindo o procedimento até o final do teste de emergência (última contagem) e com os dados obtidos foi calculada a velocidade de emergência. O índice de velocidade de emergência foi calculado de acordo com Maguire (1962).

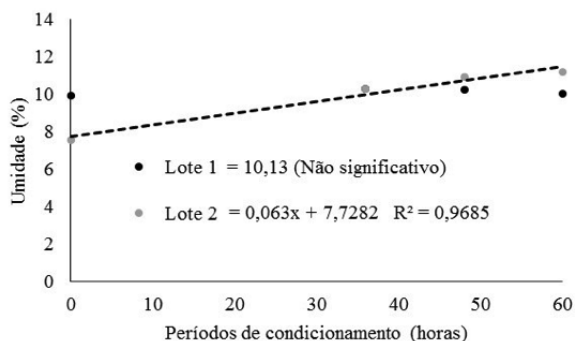
*vi) Comprimento de plântulas:* este teste foi realizado com quatro subamostras de 20 sementes de cada tratamento, colocadas a germinar nas mesmas condições do teste de germinação. As sementes foram distribuídas no sentido longitudinal do papel germitest®, e os rolos foram acondicionados em germinador a um ângulo de 45°, com temperatura a 20°C. As medições do comprimento das plântulas foram realizadas em dez plântulas normais, de cada rolo no sexto dia após a sementeira (Nakagawa, 1999).

*vii) Comprimento de plantas no solo:* Para este teste, foram semeadas 20 sementes em cada bandeja tendo como substrato solo do tipo Planossolo em ambiente sem controle de temperatura. Nesse teste foi realizada avaliação de comprimento de plantas emergidas aos 21 dias após a sementeira, retirando-se dez plantas normais de cada bandeja e os resultados expressos em cm.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e na sequência, havendo interação significativa entre os fatores foram realizados os devidos desdobramentos, sendo comparadas as médias (fator lote), regressões polinomiais para os fatores potencial osmótico ou período de condicionamento, e, quando os dois últimos foram significativos, foram construídos gráficos do tipo curvas de superfície resposta utilizando-se o programa estatístico R (R Core Team, 2014).

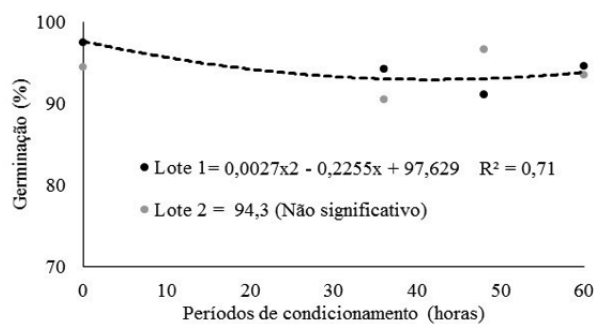
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No que concerne ao grau de umidade das sementes após o condicionamento seguido de secagem em temperatura ambiente durante sete dias, os resultados obtidos para o lote 1 não se ajustaram aos modelos de regressão testados, enquanto que no lote 2 houve acréscimo linear de 0,06% no grau de umidade por hora de condicionamento (Figura 1). Após 60 h de condicionamento as sementes do lote 2 apresentaram aproximadamente 11,5% de umidade, ou seja, cerca de quatro pontos percentuais a mais do que no início do processo (Figura 1).



**Figura 1** - Grau de umidade (%) de dois lotes de sementes de cebola (*Allium cepa* L.), submetidas a diferentes períodos de condicionamento sementes, cinco níveis de potencial osmótico (cada ponto é a média de cada tempo testado).

Para a variável germinação, houve interação dupla entre lote e período de condicionamento, porém, observou-se efeito principal para potencial osmótico, não sendo constatada interação tripla (Figura 2). O aumento do período de



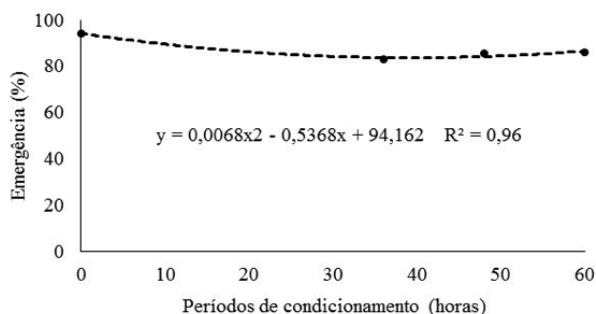
**Figura 2** - Germinação (%) de dois lotes de sementes de cebola (*Allium cepa* L.), submetidas a diferentes períodos de condicionamento e cinco níveis de potencial osmótico. (cada ponto é a média de cada tempo testado).

condicionamento até cerca de 42 h reduziu a germinação das sementes do lote 1 de 98% para 93%. Contudo, nenhum dos modelos testados se ajustou aos resultados obtidos para o lote 2. Mesmo ocorrendo decréscimo na germinação, esta não foi acentuada ao longo do período de condicionamento. Lima e Marcos Filho (2009), trabalhando com sementes de pepino, encontraram resultados semelhantes em que o condicionamento utilizando polietileno glicol (PEG 6000) 0,2 MPa mostrou-se mais eficiente para velocidade de germinação do que para a porcentagem de germinação.

A secagem das sementes após o condicionamento é desejável para facilitar a manipulação e o armazenamento, mas essa pode ter sido uma das possíveis causas da redução na porcentagem da germinação ao longo do período de condicionamento. A eficiência da técnica de condicionamento, em alguns casos, não se mantém após a secagem da semente, gerando resultados controversos. Para Butler *et al.* (2009), o efeito da secagem lenta favorece a síntese de proteínas 'LEA' ("late embryogenesis abundant") que atuam na estabilização de membranas durante a secagem de sementes condicionadas (Buitink e Leprince, 2008).

Para a variável emergência de plântulas observou-se tendência de decréscimo em função dos períodos de hidratação das sementes, ajustando-se ao modelo quadrático. O período zero de condicionamento, resultou em porcentagem

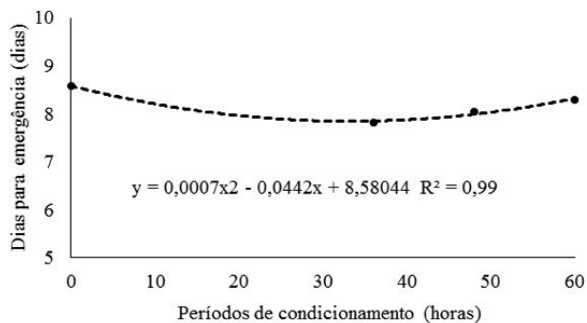
de emergência de 95% (Figura 3). Ao estender o período de condicionamento, observou-se tendência de redução de até 10 pontos percentuais na emergência de plântulas, rápida no período inicial de zero a 30 h, estabilizando no condicionamento próximo a 50 h. Um dos sintomas mais importantes do decréscimo da qualidade fisiológica de sementes é o aumento do intervalo entre a germinação da primeira e da última semente, ou seja, a irregularidade da emergência entre plântulas de um mesmo lote (Oliveira *et al.*, 2009).



**Figura 3** - Emergência (%) de dois lotes de plântulas de cebola (*Allium cepa* L.), submetidas a diferentes períodos de condicionamento (médias de 50 plântulas, provenientes de cinco níveis de potencial osmótico).

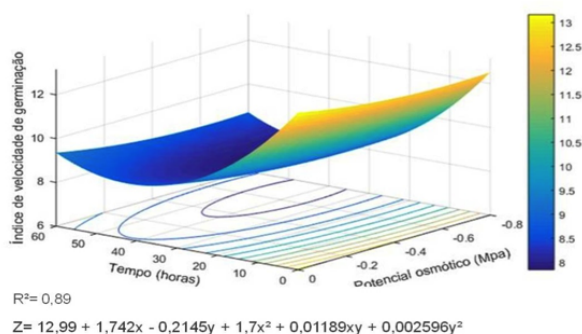
Na variável dias para emergência de plântulas, verificou-se efeito significativo apenas para os períodos de condicionamento das sementes, ajustando-se ao modelo quadrático (Figura 4). Observou-se pequena tendência de decréscimo na emergência das plântulas ao longo dos períodos de hidratação, ou seja, o condicionamento fisiológico promoveu condições mais favoráveis para a expressão do vigor das sementes ao longo dos períodos, sendo assim, sementes condicionadas levaram menos dias para emergir do que as sementes que não foram condicionadas. Estes resultados discordam, em parte, daqueles encontrados por Costa e Villela (2006), onde o condicionamento osmótico, bem como a pré-hidratação em água, não foram eficientes na melhoria da emergência de plântulas oriundas de sementes de beterraba (*Beta vulgaris* L.) cv. 'Maravilha' em estufa.

Para o índice de velocidade de germinação (IVG), verificou-se interação dupla entre os fatores



**Figura 4** - Emergência (dias) de plântulas de cebola (*Allium cepa* L.), oriundas de sementes submetidas a diferentes períodos de condicionamento (médias de 50 plântulas, provenientes de cinco níveis de potencial osmótico).

períodos de condicionamento e níveis de potencial osmótico. Observou-se tendência de decréscimo no IVG ao longo dos períodos de hidratação das sementes, ajustando-se ao modelo quadrático. A faixa amarela (Figura 5) evidencia os menores períodos de condicionamento (de zero a 10 h), no nível zero de potencial osmótico, sendo considerada uma faixa favorável para essa variável. Ainda na Figura 5, observou-se queda acentuada no IVG no intervalo de zero a 30 h de condicionamento, sendo ainda mais acentuada em potenciais osmóticos mais negativos. As sementes condicionadas por 50 h apresentaram redução de cerca de 4 pontos em relação ao IVG inicial. Esse fato pode



**Figura 5** - Índice de velocidade de germinação de sementes de cebola (*Allium cepa* L.), condicionadas e submetidas à secagem em temperatura ambiente em função de cinco níveis de potencial osmótico (x) e diferentes períodos de condicionamento (y). Médias de 50 plântulas, oriundas dos dois lotes de sementes.)

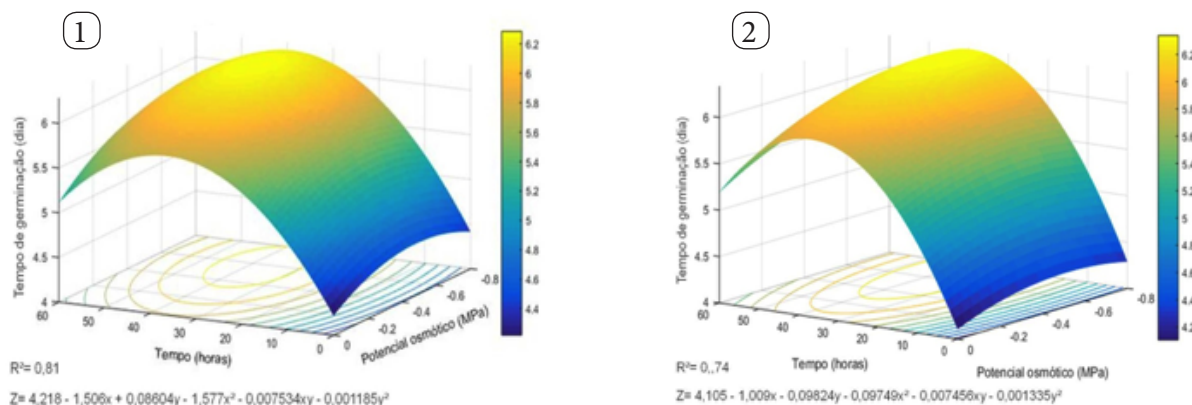
estar associado à absorção muito lenta de água pelas sementes, devido à redução dos níveis de potencial osmótico, resultante da acumulação de polietileno glicol na superfície da semente.

Para Caseiro (2003), o condicionamento de sementes de cebola apenas com água, ou hidrocondicionamento, promove efeitos benéficos sobre o índice de velocidade de germinação. No entanto, Mota *et al.* (2013) afirmaram que a utilização de polietileno glicol para uniformizar a germinação, pode resultar na redução da viabilidade e do vigor, dependendo do potencial osmótico utilizado. Neste estudo verificou-se que a expressão do vigor foi prejudicada pelo tratamento, indicando desvantagem a partir do nível zero de condicionamento. A redução do potencial osmótico e consequente redução da quantidade de água disponível aos processos metabólicos da germinação também afetam a velocidade em que este processo acontece.

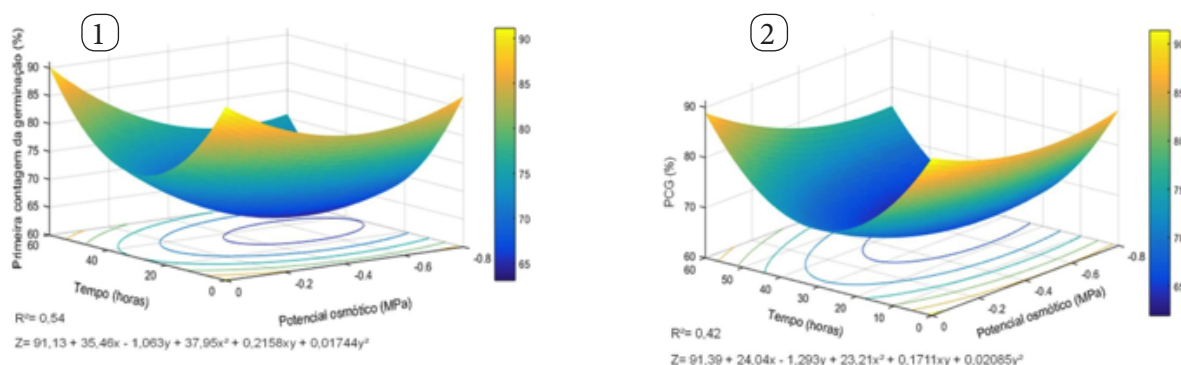
Para a variável tempo de germinação, ajustaram-se equações em modelo quadrático, ocorrendo interação tripla entre os fatores (lotes, níveis de potencial osmótico e períodos de condicionamento) para ambos os lotes. Foi possível verificar que para o lote 1, o período e o nível ideal para favorecer a velocidade de germinação das sementes caracterizou-se pela faixa azul (Figura 6), de zero a 10 h entre os níveis de solução osmótica zero a 0,2 MPa, mostrando que, em aproximadamente 8 h de condicionamento, ocorreu a maior velocidade de germinação. Observou-se ainda que até cerca de cinco

dias, contribuiu para aumento da velocidade de germinação das sementes do lote 1, independente do potencial osmótico, quando se utilizou o condicionamento até 10 h. À medida que aumentou o período de condicionamento, o tempo de germinação foi menor, ou seja, menos tempo as sementes demoraram para completarem seu processo germinativo. Verificou-se que o lote 2 apresentou um comportamento similar ao lote 1, mostrando que o nível zero, ou seja, o condicionamento em água apresentou maior velocidade de germinação em até 10 h de condicionamento (faixa azul). Dentre os níveis de solução osmótica 0,2 MPa e 0,6 MPa, constatou-se que o período de condicionamento de 20 a 40 h, situado na faixa de cor amarela, afetou negativamente a velocidade de germinação, aumentando o período de germinação, em média de 4,2 para 6,2. Os dados obtidos para essa variável corroboram com os obtidos por Lopes *et al.* (2011) e Gurgel *et al.* (2009), com sementes de pimentão e pepino, respectivamente, ou seja, redução da velocidade de germinação através do condicionamento em água.

Para a porcentagem de germinação na primeira contagem (Figura 7), para o lote 1, a faixa amarela evidencia combinações de períodos de hidratação e concentrações de PEG favoráveis à germinação das sementes. No nível zero de potencial osmótico, períodos de até 5 h de hidratação induziram aproximadamente 85% de germinação. Após esse período, ocorreu tendência de redução na germinação, situando-se no fim da faixa azul e



**Figura 6** - Tempo de germinação (dias) de lotes (1 e 2) de sementes de cebola (*Allium cepa* L.), condicionadas submetidas à secagem em temperatura ambiente em função de cinco níveis de potencial osmótico (x) e diferentes períodos de condicionamento (y) (médias de 50 plântulas).



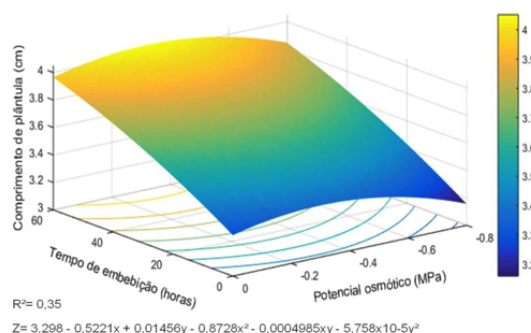
**Figura 7** - Primeira contagem da germinação de lotes (1 e 2) de sementes de cebola (*Allium cepa* L.), condicionadas e submetidas à secagem em temperatura ambiente em função de cinco níveis de potencial osmótico (x) e diferentes períodos de condicionamento (y). Média de 50 plântulas.

ocorrendo acréscimos a partir de 45 h, caracterizado pelo início da faixa verde, mas no período de 60 horas (faixa amarela) atingiu valores próximos de 90% de germinação. Esses resultados discordam dos encontrados por Bisognin *et al.* (2016) com sementes de diversas espécies hortícolas ao verificaram que o condicionamento em água aumentou a percentagem de sementes germinadas na primeira contagem em relação ao avanço dos tempos de embebição. Entre os períodos de 20 e 40 h a 0,2 MPa e 0,6 MPa de potencial osmótico, ocorreu a menor porcentagem de germinação na primeira contagem, chegando a 65%. Esses resultados estão de acordo com os de Theodoro *et al.* (2012) com sementes de pepino (*Cucumis sativus* L.).

Observou-se que os efeitos benéficos do condicionamento fisiológico podem ser alterados pelo período de condicionamento, ou seja, à medida em que aumentou o período do tratamento, germinação foi afetada negativamente, exceto para o período de 60 h. Nesse sentido, o período de condicionamento prolongado pode ter promovido a hidratação numa velocidade adequada (mais lenta), contribuindo para a melhoria da primeira contagem da germinação. O lote 2, apresentou resultados similares aos obtidos para as sementes do lote 1, onde a faixa amarela (Figura 7) sugere uma faixa favorável para a germinação, obtida no período de 5 h no nível zero de potencial osmótico, seguido do tempo de 60 h que proporcionou acréscimos na primeira contagem da germinação. Para ambos os lotes (Figura 7) verificou-se que no nível 0,8 MPa ocorreu pequena melhoria na germinação, podendo esse acréscimo estar associado à

menor quantidade de água presente nas sementes. De acordo com Khan *et al.* (1978), o componente osmótico reduz a taxa e o volume da água absorvida, sendo a hidratação das sementes mais lenta, o que permite um maior período para a reparação ou reorganização das membranas, possibilitando que os tecidos se desenvolvam de forma mais ordenada e reduzindo a incidência de danos no embrião provocado pela rápida hidratação. Afirmar que parece estar de acordo com os resultados obtidos neste estudo com as sementes de cebola.

Para a variável comprimento de plântulas (médias dos dois lotes) (Figura 8), ocorreu interação dupla entre os fatores níveis de potencial osmótico e períodos de condicionamento, ajustando-se ao modelo quadrático. Observou-se através da faixa



**Figura 8** - Comprimento de plântulas oriundas de sementes de dois lotes (1 e 2) de cebola (*Allium cepa* L.), condicionadas submetidas à secagem em temperatura ambiente em função de cinco níveis de potencial osmótico (x) e diferentes períodos de condicionamento (y). Média de 10 plântulas.

amarela, a partir do período de 50 h de condicionamento no nível zero de potencial osmótico, uma combinação de período e potencial osmótico favorável para o comprimento de plântulas, que chegou a 4 cm. Foi possível verificar que o condicionamento em água favoreceu o desenvolvimento de plântulas. Estes resultados estão em concordância com os obtidos também em cebola por Hölblig et al. (2011), com hidrocondicionamento na presença de fungicida. Segundo Trigo e Trigo (1999) este fato pode ser atribuído aos processos metabólicos que ocorrem durante o condicionamento das sementes. Os processos fisiológicos e metabólicos nas sementes submetidas ao condicionamento fisiológico alcançam níveis que induzem a síntese de proteínas, o que proporciona balanço metabólico mais favorável, gerando incrementos não na germinação, mas no crescimento das plântulas e na acumulação de biomassa.

No comprimento das plantas 21 dias (Figura 9), ocorreu interação tripla entre os fatores (lote, níveis de potencial osmótico e períodos de hidratação), ajustando-se modelos quadráticos negativos para ambos os lotes. Para o lote 1, observou-se que os períodos entre 0 e 5 h (início da faixa amarela) no nível zero de solução osmótica, o comprimento das plantas apresentou tendência de acréscimos, já os períodos entre 50 e 60 h (final da faixa amarela) voltaram a favorecer essa variável, chegando a 12 cm. Também foi possível observar que períodos entre 15 a 45 h entre os níveis 0,2 Mpa e 0,6 Mpa não foram satisfatórios para favorecer o comprimento das plantas. Contudo, o comprimento das

plantas do lote 2, até 5 h de condicionamento (faixa amarela) no nível zero de solução osmótica, apresentou acréscimos no desempenho das plantas atingindo um comprimento médio de 11,4 cm (Figura 9). A partir do período de 15 h de condicionamento, ocorreram reduções no desempenho das plantas, independentemente do nível de solução osmótica utilizada.

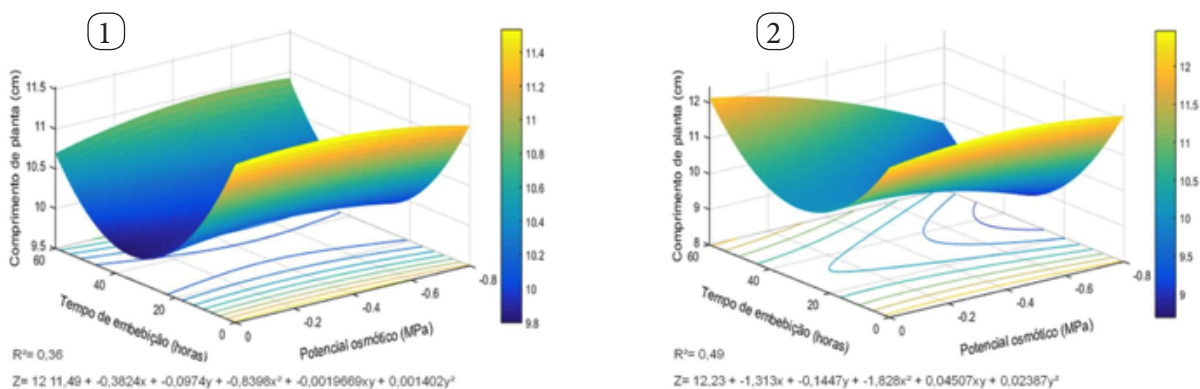
De maneira geral, a técnica do condicionamento fisiológico seguido de secagem, até 10 h de condicionamento em níveis de potencial osmótico de 0 a 0,2 MPa favoreceram a expressão do vigor das sementes avaliadas. O período de 60 h de condicionamento proporcionou melhorias na qualidade fisiológica o que pode ser atribuído ao maior período de condicionamento das sementes. Contudo, à medida que aumentou a restrição hídrica, a qualidade das sementes foi afetada negativamente.

## CONCLUSÕES

Foi possível verificar que o aumento da restrição hídrica, devido ao incremento de polietileno glicol afeta negativamente a qualidade fisiológica das sementes de cebola.

O período de 60 h no nível zero de potencial osmótico (água) promove benefícios para primeira contagem da germinação e comprimento de plântulas.

O hidrocondicionamento foi o tratamento mais eficaz para sementes de cebola.



**Figura 9** - Comprimento de plantas aos 21 dias de lotes (1 e 2) de sementes de cebola (*Allium cepa* L.), condicionadas submetidas à secagem em temperatura ambiente em função de cinco níveis de potencial osmótico (x) e quatro períodos de condicionamento (y). Média de 10 plantas.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balbinot, E. & Lopes, H.M. (2006) – Efeitos do condicionamento fisiológico e da secagem na germinação e no vigor de sementes de cenoura. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 8, n. 1, p. 1-8. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222006000100001>
- Bewley, J.D. & Black, M. (1982) – *Physiology and biochemistry of seeds in relations to germination*. Springer-Verlag, 306 p.
- Bisognin, M.B.; Kulczynski, S.M.; Ferrari, R.G.; Pelegrin, A.J. & Souza, V.Q. (2016) – Desempenho fisiológico de sementes olerícolas em diferentes tempos de hidrocondicionamento. *Revista de Ciências Agrárias*, vol. 39, n. 3, p. 349-359. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA15163>
- Bradford, K.J. (1986) – Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *Horticulture Science*, vol. 21, n. 5, p. 1105-1112.
- Brasil (2009) – *Regras para análise de sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 395 p.
- Buitink, J. & Leprince, O. (2008) – Intracellular glasses and seed survival in the dry state. *Comptes Rendus Biologies*, vol. 331, n. 10, p. 788-795. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crvi.2008.08.002>
- Butler, L.H.; Hay, F.R.; Ellis, R.H.; Smith, R.D. & Murray, T.B. (2009) – Priming and re-drying improve the survival of mature seeds of *Digitalis purpurea* during storage. *Annals of Botany*, vol. 103, n. 8, p. 1261-1270. <http://dx.doi.org/10.1093/aob/mcp059>
- Caseiro, R.F. (2003) – *Métodos para o condicionamento fisiológico de sementes de cebola e influência da secagem e armazenamento*. Tese de Doutorado. Piracicaba, Escola de Agricultura Luiz de Queiroz. 109 p.
- Caseiro, R.F. & Marcos Filho, J. (2005) – Métodos para secagem de sementes de cebola submetidas ao condicionamento fisiológico. *Horticultura Brasileira*, vol. 23, n. 4, p. 887-892. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362005000400005>
- Costa, C.J. & Villela, F.A. (2006) – Condicionamento osmótico de sementes de beterraba. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 28, n. 1, p. 21-29. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222006000100004>
- Demir, I.; Ermis, S. & Okcu, G. (2005) – Effect of dehydration temperature and relative humidity after priming on quality of pepper seeds. *Seed Science and Technology*, vol. 33, n. 3, p. 563-569. <https://doi.org/10.15258/sst.2005.33.3.04>
- Edmond, J.B. & Drapala, W.J. (1958) – The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, vol. 71, p. 428-434.
- Gurgel, F.E. Jr.; Torres, S.B.; Oliveira, F.N. & Nunes, T.A. (2009) – Condicionamento fisiológico em sementes de pepino. *Revista Caatinga*, vol. 22, n. 4, p. 163-168.
- Heydecker, W.; Higgins, J. & Turner, Y.J. (1975) – Invigoration of seeds? *Seed Science and Technology*, vol. 3, n. 3, p. 881-888.
- Holbig, L.D.S.; Baudet, L. & Villela, F.A. (2011) – Hidrocondicionamento de sementes de cebola. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 33, n. 1, p. 171-176.
- Ibge (2014) – *Levantamento sistemático da produção agrícola*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/defaulttab.shtml>
- Khan, A.A. (1992) – Preplant physiological seed conditioning. *Horticultural Reviews*, vol. 13, p. 131-181. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470650509.ch4>
- Khan, A.A.; Tao, K.L.; Knypl, J.S.; Borkowska, B. & Powell, L.E. (1978) – Osmotic conditioning of seeds: physiological and biochemical changes. *Acta Horticulturae*, vol. 83, p. 267-283. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.1978.83.35>
- Lima, L.B. & Marcos Filho, J. (2009) – Condicionamento fisiológico de sementes de pepino e relação com desempenho das plantas em campo. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 31, n. 3, p. 27-37. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222009000300003>
- Lopes, H.M.; Menezes, B.R.S.; Silva, E.R. & Rodrigues, D.L. (2011) – Condicionamento fisiológico de sementes de cenoura e pimentão. *Revista Brasileira de Agrociência*, vol. 17, p. 296-302.
- Maguire, J.D. (1962) – Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, vol. 2, p. 176-177.

- Marcos Filho, J. (2015) – Fisiologia de plantas cultivadas. In: Marcos Filho, J. (Ed.) – *Condicionamento Fisiológico de Sementes*. ed. 2, Londrina. 495-552 p.
- Mota, L.H.S.; Scalon, S.P.Q. & Mussury, R.M. (2013) – Efeito do condicionamento osmótico e sombreamento na germinação e no crescimento inicial das mudas de angico (*Anadenanthera falcata* Benth. Speg.). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, vol. 15, n. 4, p. 665-666. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-05722013000500005>
- Nakagawa, J. (1999) – Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: Krzyzanowski, F.C.; Vieira, R.D. & França Neto, J.B. (Eds.) – *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: Abrates, cap. 2, p. 1-24.
- Oliveira, A.B. & Filho, E.G. (2011) – Estabelecimento de plântulas de sorgo oriundas de sementes osmocondicionadas de diferentes qualidades fisiológicas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, vol. 6, n. 2, p. 223-229. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v6i2a945>
- Oliveira, A.B.; Medeiros Filho, S.; Bezerra, A.M.E. & Bruno, R.L.A. (2009) – Emergência de plântulas de *Copernicia hospita* Martius em função do tamanho da semente, do substrato e ambiente. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 31, n. 1, p. 281-287. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222009000100031>
- Oliveira, G.M.; Leitão, M.M.V.R.; Bispo, R.C.; Santos, I.M.S.; Lima, C.B.A. & Carvalho, A.R.P. (2013) – Coeficiente de cultura e produtividade da cebola submetida a diferentes lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 17, n. 9, p. 969-974. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000900009>
- Pereira, M.D.; Dias, D.C.F.S.; Dias, L.A.S. & Araujo, E.F. (2008) – Germination and vigor of carrot seeds primed in moistened paper and aerated solution. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 30, n. 2, p. 137-145. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222008000200017>
- R Core Team. (2014) – *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [cit. 2016.12.30] <http://www.R-project.org/>
- Rodrigues, A.P.A.C.; Laura, V.A.; Chermouth, K.S. & Gadum, J. (2009) – Osmocondicionamento de sementes de salsa (*Petroselinum sativum* hoffm.) em diferentes potenciais hídricos. *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 33, n. 5, p. 1288-1294. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000500013>
- Souza, M.O.; Pelacani, C.R. & Souza, C.L.M. (2011) – Germinação de sementes osmocondicionadas e não osmocondicionadas e crescimento inicial de *Physalis angulata* L. (Solanaceae) em ambientes salinos. *Acta Botanica Brasilica*, vol. 25, n. 1, p. 105-112. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062011000100013>
- Sune, A.D.; Franke, L.B. & Sampaio, T.G. (2002) – Efeito do condicionamento osmótico na qualidade fisiológica de sementes de sementes de *Adesmia latifolia* (Spreng) Vog. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 24, n. 1, p. 18-23.
- Theodoro, J.V.C.; Cândido, A.C.S. & Alves, C.Z. (2012) – Efeito do condicionamento osmótico e da secagem na germinação e vigor de sementes de pepino. *Visão Acadêmica*, vol. 13, n. 4, p. 31-44. <http://dx.doi.org/10.5380/acd.v13i4.30339>
- Trigo, M.F.O.O. & Trigo, L.F.N. (1999) – Efeito do condicionamento na germinação e no vigor de sementes de berinjela (*Solanum melongena* L.). *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 21, n. 1, p. 107-113.
- Villela, F.A.; Doni Filho, L. & Sequeira, E.L. (1991) – Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 26, n. 1, p. 1957-1968.