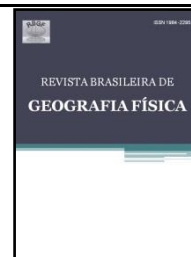




# Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: [www.ufpe.br/rbgfe](http://www.ufpe.br/rbgfe)



## Emergência e Crescimento Inicial de Plântulas de Cebola Sob o Aumento da Temperatura e Concentração de CO<sub>2</sub>

Danielle Carolina Campos da Costa<sup>1</sup>; Giselle de Souza Pinheiro<sup>2</sup>; Gilmara Moreira de Oliveira<sup>3</sup>; Aline Thaianes Nunes dos Santos<sup>4</sup>; Carmem Valdenia da Silva Santana<sup>5</sup>; Francislene Angelotti<sup>6</sup>; Bárbara França Dantas<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Bolsista FAPESB/ Mestranda em Horticultura Irrigada, UNEB, [daniellecaraolina\\_58@hotmail.com](mailto:daniellecaraolina_58@hotmail.com); <sup>2</sup> Bolsista CAPES/ Mestranda em Microbiologia Agrícola, UFRB, [gisellepinheiro13@hotmail.com](mailto:gisellepinheiro13@hotmail.com); <sup>3</sup> Bolsista CAPES/ Doutoranda em Recursos Genéticos Vegetais, UEFS, [gilmara\\_5@hotmail.com](mailto:gilmara_5@hotmail.com); <sup>4</sup> Graduada em Engenharia Agrônoma /UNEB, [aline.enila.nunes@hotmail.com](mailto:aline.enila.nunes@hotmail.com); <sup>5</sup> Doutorado em Agronomia/UFPB, [carmemfitotecnia@gmail.com](mailto:carmemfitotecnia@gmail.com); <sup>6</sup> Pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, [francislene.angelotti@embrapa.br](mailto:francislene.angelotti@embrapa.br), [barbara.dantas@embrapa.br](mailto:barbara.dantas@embrapa.br)

Artigo recebido em 10/09/2015 e aceito em 30/11/2015.

### RESUMO

As mudanças climáticas, especialmente o aumento da temperatura e da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, afetam o crescimento e desenvolvimento das plantas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de aumento da temperatura e da concentração de CO<sub>2</sub> na emergência de plântulas de cebola das cultivares Alfa São Francisco, Franciscana IPA 10, Vale Ouro IPA 11 e Serena. O experimento foi conduzido em câmaras de crescimento, com controle de umidade, luminosidade, temperatura e CO<sub>2</sub>, durante 12 dias. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x4x2, com quatro cultivares de cebola, quatro temperaturas (25 °C; 28 °C; 31 °C e 34 °C) e duas concentrações de CO<sub>2</sub> (380 e 770 ppm) e, com quatro repetições e 36 sementes por tratamento. Sementes de cebola das cultivares Alfa São Francisco, Franciscana IPA 10, Vale Ouro IPA 11 e Serena foram semeadas em bandejas de polietileno com 36 células contendo substrato comercial e mantido nas diferentes concentrações de CO<sub>2</sub> e temperatura. Foram avaliados a porcentagem de emergência, tempo médio de emergência, velocidade de emergência, índice de velocidade de emergência, comprimento da parte aérea e comprimento da raiz principal. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. As concentrações de CO<sub>2</sub> e as diferentes temperaturas proporcionaram efeitos significativos entre as cultivares para a maioria das variáveis analisadas. O aumento de CO<sub>2</sub> e temperatura influenciaram no processo de emergência de plântulas de cebola.

Palavras-chave: mudanças climáticas, impactos, agricultura

## Onion Seedlings Emergence and Initial Growth Under Increased Temperature and CO<sub>2</sub>

### ABSTRACT

Climate change, especially atmosphere temperature and concentration of greenhouse gases increase, will affect plant growth and development. The aim of this study was to evaluate the effect of increased temperature and CO<sub>2</sub> concentration in emergence of seedlings of onion cultivars Alfa San Francisco, Franciscan IPA 10, Valley IPA 11 Gold and Serena. The experiment was conducted in growth chambers with humidity, light, temperature and CO<sub>2</sub> control during 12 days. The experimental design was completely randomized in a 4x4x2 factorial scheme, with four onion cultivars, four temperatures (25 °C; 28 °C, 31 °C and 34 °C and two concentrations of CO<sub>2</sub> (380 to 770 ppm), with four replications and 36 seeds per treatment. Seeds of onion cultivars Alfa São Francisco, Franciscana IPA 10, Vale Ouro IPA 11 and Serena were sown in plastic trays with 36 cells containing commercial substrate and placed in different CO<sub>2</sub> concentrations and temperature. Emergence percentage, average time of emergence, emergence speed, emergence speed index, shoot length and root length was evaluated. The data were submitted to variance analysis and the averages compared by Scott Knott test at 5% probability. The CO<sub>2</sub> concentrations and different temperatures produced different effects among cultivars for most of the variables. The increase of CO<sub>2</sub> and temperature influence the emergence onion seedlings process.

Key-words: climate change, impacts, agriculture

## Introdução

As projeções de clima para o futuro, segundo o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) sugerem que as emissões de gases de efeito estufa provocadas pelas atividades humanas sejam responsáveis pelo aumento da temperatura. Observou-se que durante o século XX, a temperatura média da atmosfera aumentou em torno de  $0,6\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , e estimam que a temperatura global aumentará de 2 a  $5,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  nos próximos 100 anos. A década de 1990 foi a mais quente desde que as primeiras aferições foram efetuadas no final do século XIX (IPCC, 2007, 2013).

Ainda de acordo com o IPCC, o dióxido de carbono, o metano e o óxido nitroso são os principais gases de efeito estufa. Entretanto, maior atenção tem sido dada ao dióxido de carbono, uma vez que o volume de suas emissões para a atmosfera representa em torno de 60% do total das emissões de gases de efeito estufa. Nos últimos 250 anos, a concentração de  $\text{CO}_2$  na atmosfera aumentou de 290 para 379 ppm (partes por milhão), com previsão de chegar a 550 ppm em 2100, o que seria o dobro da concentração existente na atmosfera antes da industrialização (IPCC, 2007, 2013).

O  $\text{CO}_2$ , além de atuar como gás de efeito estufa aumentando a temperatura terrestre, pode causar impactos diretos e indiretos na agricultura. A elevação da concentração de  $\text{CO}_2$  pode potencializar a produção das plantas em função da maior atividade fotossintética, com decréscimo na taxa de fotorrespiração e transpiração (Galon et al., 2010). No entanto, com o aumento da temperatura, as plantas podem reduzir a atividade metabólica e aumentar a respiração, influenciando diretamente no crescimento e no desenvolvimento das mesmas. Como consequência do aumento da temperatura em até  $5,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  poderá ocorrer alteração na duração do ciclo de cultivo, na qualidade dos frutos por meio do acúmulo de açúcares, aumento de abortamento de flores, entre outros (Angelotti et al., 2009).

As mudanças climáticas representam o maior desafio da humanidade. A redução da produtividade e de áreas favoráveis à produção agrícola, além da redução da produção de alimentos e aumento da incidência de pragas e doenças, caracterizam algumas das consequências das mudanças climáticas na agricultura (Santos et al., 2013).

Diversos fatores podem afetar a germinação de sementes e, conseqüentemente, a

emergência das plântulas, como água, temperatura, luminosidade, concentração de oxigênio (Carvalho e Nakagawa, 2012). Dentre tais fatores, a temperatura poderá vir a ser o mais importante, uma vez que nem sempre o produtor tem o total controle sobre este fator. Cada espécie apresenta uma temperatura mínima, máxima, e ótima para a germinação, e dentro de cada espécie, podem existir diferenças marcantes entre as cultivares quanto a germinação nas diferentes temperaturas (Nascimento, 2000). As altas temperaturas do ar resultam no aumento da temperatura do solo que podem comprometer a viabilidade das sementes (Ooi et al., 2009).

Segundo Dousseau et al. (2008), temperatura superior à temperatura ótima para a germinação promove a desnaturação de proteínas essenciais ao processo germinativo, refletindo diretamente nas reações enzimáticas das sementes, prejudicando não só a porcentagem como também a velocidade da germinação.

A temperatura influencia a germinação de sementes atuando, tanto na velocidade de absorção de água, quanto nas reações bioquímicas do metabolismo germinativo (Carvalho e Nakagawa, 2012). Nas plântulas e plantas jovens em desenvolvimento, a elevação da temperatura pode interferir diretamente no metabolismo das plantas, alterando a velocidade das reações químicas e a atividade das enzimas que participam deste processo. Na fotossíntese, a fixação e redução do  $\text{CO}_2$  ocorrem lentamente em temperatura baixa, aumentando com o aquecimento até um valor ótimo. Em temperaturas acima da ótima a carboxilação da ribulose 1,5 bifosfato (RuBP) decresce consideravelmente e, devido ao aumento da temperatura, a razão  $\text{O}:\text{CO}_2$  é modificada. A rapidez com que a temperatura máxima limita o processo fotossintético irá depender da sensibilidade ao calor e da intensidade de aumento da respiração em função da temperatura (Larcher, 2000). A solubilidade do  $\text{CO}_2$  diminui se comparada à do  $\text{O}_2$ , desse modo a fotorrespiração é favorecida, diminuindo o rendimento fotossintético (Kerbaudy, 2004). Além disso, altas temperaturas provocam um desbalanço na admissão e expulsão de  $\text{CO}_2$  pelas plantas (Atkin et al., 2007).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), em 2012 o Brasil teve uma produção de 1.444.146 toneladas de cebola, numa área com cerca de 58.496 hectares, atingindo  $24,7\text{ t ha}^{-1}$  de rendimento médio. Na região Nordeste a produtividade média foi de  $24,7\text{ t ha}^{-1}$ , representando 21,7% da produção nacional. Os maiores produtores do Nordeste são os Estados

da Bahia e Pernambuco, com 29,1 e 20,4 t ha<sup>-1</sup> de produtividade média, respectivamente.

Atualmente, além do cultivo de cultivares comerciais como Franciscana IPA-10, Vale Ouro IPA-11, Brisa IPA-12, Alfa São Francisco, Texas Grano 502, tem-se utilizado híbridos como: Luana, Serena, Andrômeda, Fortaleza, Mata hari e Tuareg (Costa e Resende, 2007). Entretanto, não se conhece o desempenho destes materiais sob o aumento da concentração de dióxido de carbono e da temperatura. Para Costa et al. (2012), a temperatura tem influência direta na produção de cebola, podendo afetar desde a duração do ciclo até a capacidade de absorção de nutrientes.

A ocorrência de temperaturas acima de 30 °C pode acelerar a formação de bulbos (Costa et al., 2012), assim um clima mais quente pode ser favorável para a produção de cebola, visto que, temperaturas abaixo de 15 °C além de atrasar a bulbificação podem modificar a morfologia do bulbo (Wurr et al., 1998).

Estudos realizados com aumento da concentração de CO<sub>2</sub> verificaram um aumento de 29 a 51% na produção de cebola (Daymond et al., 1997) e um aumento no teor de carboidratos dos bulbos (Wheeler et al., 2004) em plantas crescidas com enriquecimento de CO<sub>2</sub>.

Em estudo realizado para avaliar a germinação de sementes das cv. Franciscana IPA-10, Vale Ouro IPA-11 e Alfa São Francisco em diferentes temperaturas foi verificado que em temperaturas acima de 30 °C foram desfavoráveis para a germinação dessas cultivares em substrato de papel mata-borrão (Pinheiro et al., 2014). Não se conhece, no entanto, o efeito da combinação entre temperatura e CO<sub>2</sub> atmosféricos na germinação e desenvolvimento inicial dessas e de outras cultivares de cebola. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de aumento da temperatura e da concentração de CO<sub>2</sub> na emergência de plântulas de cebola das cultivares Alfa São Francisco, Franciscana IPA 10, Vale Ouro IPA 11 e Serena.

## Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido em Petrolina-PE, no período de outubro de 2012 a março de 2013. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x4x2, sendo quatro cultivares de cebola (Alfa São Francisco, Franciscana IPA-10, Vale Ouro IPA-11 e Serena), quatro temperaturas (25 °C, 28 °C, 31 °C e 34 °C) e duas concentrações de CO<sub>2</sub> (380 e 770 ppm).

Os ensaios foram conduzidos em duas câmaras de crescimento, tipo Fitotron, constituídas por salas climatizadas artificialmente, com dimensões de 3,10 m comprimento x 1,90 m largura x 2,50 m altura, sendo internamente de cor branca. A fonte luminosa constitui-se de lâmpadas fluorescentes (40 W) e incandescentes (100 W) na proporção 4:1, fornecendo um total de 400,68 W m<sup>-2</sup>. As fontes de CO<sub>2</sub> utilizadas foram cilindros pressurizados com 99,8% de CO<sub>2</sub>, 58,3 Kg F.cm<sup>-2</sup>.

Sementes das quatro cultivares de cebola (Alfa São Francisco, Franciscana IPA-10, Vale Ouro IPA-11 e Serena) foram semeadas em bandejas de polietileno, contendo substrato comercial com 36 células, sendo utilizadas 4 repetições de 36 sementes. As bandejas foram colocadas em recipientes plásticos contendo 0,5 L de água, e como complemento borrifou-se água no substrato quando este se apresentava abaixo da capacidade de campo. Procedendo-se o reumedecimento diário do substrato colocando-se 0,5 L de água em todas as bandejas. Foram avaliadas variáveis de porcentagem e cinética de emergência e crescimento de plântulas de cada cultivar de cebola.

A porcentagem de emergência (E%) foi avaliada a partir de contagens diárias de emergência de plântulas durante 12 dias, no mesmo horário. Foram consideradas plântulas emergidas aquelas que apresentaram emissão do hipocótilo visível acima do substrato (equação 1). A partir das avaliações diárias foi estimado o tempo médio de emergência (TME), a velocidade média de emergência (VME) e o índice de velocidade de emergência (IVE).

O tempo médio de emergência (TME) é a média do tempo, em dias, necessário para as sementes germinarem. Foi calculado como uma média ponderada, em que o número de sementes germinadas é o peso de ponderação do tempo. Observando-se a expressão abaixo, pode-se verificar que se trata de uma média calculada para distribuições de frequência, em que o número de sementes germinadas representa a frequência de germinação (Equação 2: Labouriau, 1983; Santana e Ranal, 2000).

A velocidade média de emergência (VME) foi calculada como sendo o inverso do tempo médio de germinação, através de contagens diárias (Equação 3: Kotowski, 1926; Santana e Ranal, 2000).

O índice de velocidade de emergência (IVE) é uma das medidas mais amplamente utilizadas para predizer o vigor relativo de amostras de sementes. Foi calculado a partir do somatório de sementes germinadas dividido pelo

tempo necessário para que isso ocorresse (Equação 4: Maguire, 1962; Santana e Ranal, 2000 ).

$$G = \frac{\sum_{i=1}^k ni}{A} * 100 \quad \text{Equação 1}$$

$$TMG = \frac{\sum_{i=1}^k ni.ti}{\sum_{i=1}^k ni} \quad \text{Equação 2}$$

$$VMG = \frac{\sum_{i=1}^k ni}{\sum_{i=1}^k ni.ti} \quad \text{Equação 3}$$

$$IVG = \sum_{i=1}^k \frac{Ni}{ti} \quad \text{Equação 4}$$

Em que:

Ni = número acumulado de sementes germinadas;

ni = número não acumulado de sementes germinadas;

ti = número de dias;

A = Número total de sementes colocadas para germinar;

K = último dia de observação;

O comprimento da parte aérea e da raiz principal das plântulas foi avaliado a partir de plântulas normais obtidas aos 12 dias após a

semeadura (DAS), medindo-se com auxílio de régua milimetrada, 10 plantas de cada repetição, totalizando 40 plantas por cultivar. Cada planta foi medida e, posteriormente, foi calculada a média de 10 plantas por repetição tanto para o comprimento da parte aérea (CPA), quanto para o comprimento da raiz principal (CR), sendo os resultados expressos em centímetros.

Os dados obtidos foram transformados em arco seno da raiz quadrada de x/100 (Santana e Ranal, 2000). Foi realizada a análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade utilizando o programa ASSISTAT Versão 7.5 beta (Silva, 2008).

### Resultados e Discussão

Houve interação tripla, entre os três fatores (cultivar, temperatura e CO<sub>2</sub>), a porcentagem de emergência (E%), tempo médio de emergência (TMG), índice de velocidade de emergência (IVE), e velocidade de emergência (VE), assim como para comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento da raiz (CR) (Tabela 1).

A concentração de CO<sub>2</sub> não foi significativa no que se refere à emergência de plântulas (Figura 1). Porém a interação entre temperatura e CO<sub>2</sub> foi significativa para as variáveis E%, IVE e CPA (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância, pelo quadrado médio, referentes aos valores de Porcentagem de emergência (E), Tempo médio de emergência (TME), Velocidade média de emergência (VME), Índice de velocidade de emergência (IVE), de sementes de diferentes cultivares de cebola (Alfa São Francisco, Franciscana IPA-10, Vale Ouro IPA-11, Serena F1) submetidas a diferentes temperaturas (25 °C, 28 °C, 31 °C e 34 °C) e níveis de CO<sub>2</sub> (380 ppm e 770 ppm). Petrolina, PE, 2015.

Fonte de variação	QM						
	GL	E	TME	VME	IVE	CPA	CR
Cultivar (V)	3	7178,49**	11,31**	0,00800**	32,19**	22,34**	15,27**
Temperatura (T)	3	1299,02**	8,50**	0,00501**	5,39**	7,87**	8,40**
CO <sub>2</sub>	1	19,53 ns	4,79**	0,00542**	6,92**	8,01**	5,30**
V x T	9	282,54**	1,09**	0,00086**	2,75**	4,80**	2,71**
V x CO <sub>2</sub>	3	2971,56**	4,02**	0,00449**	25,63**	8,54**	12,92**
T x CO <sub>2</sub>	3	700,31**	0,30 ns	0,00002 ns	2,43**	1,27**	0,76 ns
V x T x CO <sub>2</sub>	9	546,63**	2,33**	0,00140**	4,54**	1,09**	2,90**
Tratamento	31	1417,10**	3,49**	0,00253**	8,69**	5,84**	5,42**
Resíduo	96	109,75	0,21	0,00014	0,53	0,29	0,45
CV (%)	-	15,18	7,26	7,47	17,5	5,58	9,68

GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; ns = não significativo, \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade, \* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

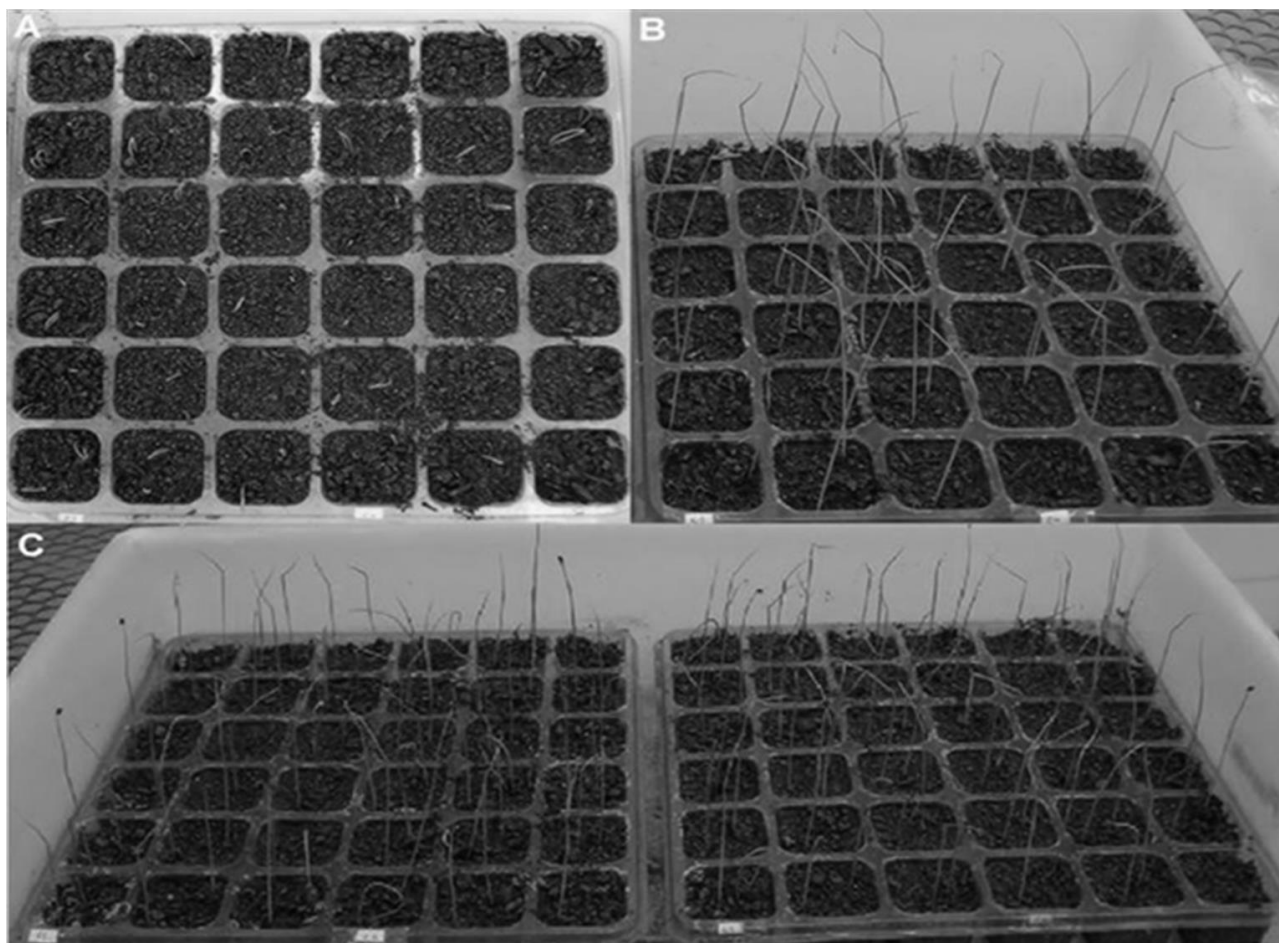


Figura 1. Emergência de plântulas de cebola, em câmara de crescimento, após cinco dias (A), oito dias (B), doze dias (C). Petrolina-PE, 2015.

Cada cultivar de cebola apresentou resposta distinta em relação à porcentagem de emergência nas diferentes concentrações de  $\text{CO}_2$  e temperaturas. Em sementes da cv. Alfa São Francisco em ambiente com a concentração de  $\text{CO}_2$  atual (380 ppm) o aumento da temperatura reduziu a germinação (Tabela 2). Diferença significativa na porcentagem de emergência foi observada apenas em sementes mantidas a 31 °C, com maior emergência em ambiente enriquecido com  $\text{CO}_2$ .

A porcentagem de emergência da cv. Franciscana IPA 10 foi maior nas faixas de temperatura entre 25-31 °C na concentração de 380 ppm de  $\text{CO}_2$  e entre 28-31 °C na concentração 770 ppm, não sofrendo influência significativa do aumento da concentração de  $\text{CO}_2$ .

A cv. Vale Ouro IPA-11, em ambiente com 380 ppm de  $\text{CO}_2$ , o aumento da temperatura promoveu maior porcentagem de emergência. O contrário foi observado para as sementes

submetidas ao enriquecimento de carbono, em que a emergência de plântulas foi menor em 770 ppm de  $\text{CO}_2$  atmosférico.

As plântulas da cv. Serena apresentaram menor porcentagem de emergência quando submetidas a 380 ppm de  $\text{CO}_2$  e temperatura acima de 31 °C. Nesta concentração de  $\text{CO}_2$  a maior porcentagem de emergência foi de 61,80% na temperatura de 28 °C. Em ambiente enriquecido com  $\text{CO}_2$ , o menor valor de E foi na temperatura de 38 °C, com 45,13%. Para este híbrido a maior porcentagem de emergência foi verificada em sementes mantidas a 25 °C em ambiente enriquecido com  $\text{CO}_2$  (Tabela 2).

Nascimento (2000) verificou que a germinação de cultivares de cebola ocorre dentro de ampla faixa de temperatura, sendo as temperaturas cardinais para o processo germinativo: 2 °C (mínima), 20 °C (ótima) e 35 °C (máxima). Entretanto o autor ressalta que podem

existir diferenças entre as cultivares quanto à germinação em diferentes temperaturas.

Na fase 1 do processo de germinação a semente de cebola fica exposta a umidade onde irá embeber e aumentar de peso, e paralelamente ativará o metabolismo (Bewley et al., 2013).

Durante a fase de embebição das sementes, a temperatura influencia diretamente a velocidade de embebição e a lixiviação de eletrólitos no interior das células para o meio externo. Assim a elevação da temperatura poderá afetar a quantidade e a velocidade de perda de lixiviados (Murphy e Noland, 1982).

Para minimizar estes efeitos, Nascimento (2000) sugere a realização do plantio no final da tarde, devido à presença de temperaturas amenas.

Um dos principais fatores ambientais que influenciam a germinação e o desenvolvimento de plântulas é a temperatura (Bewley et al., 2013), podendo afetar a velocidade de absorção da água e as reações bioquímicas, atuando sobre a velocidade, a uniformidade e a germinação total das sementes (Carvalho e Nakagawa, 2012).

Desta maneira a temperatura influenciará a velocidade de absorção de água, como também as reações bioquímicas que determinam reações que vão desdobrar, ressintetizar e transportar para o eixo embrionário as substâncias de reserva (Machado et al., 2002; Carvalho e Nakagawa, 2012; Bewley et al., 2013).

A temperatura ótima propicia a porcentagem de germinação máxima em menor espaço de tempo, enquanto temperaturas cardinais máximas e mínimas são pontos restritivos à germinação das sementes (Oliveira et al., 2014). As sementes quando submetidas a temperaturas subótimas e supraótimas podem apresentar uma redução na velocidade e na porcentagem de germinação, com conseqüente alteração na uniformidade de emergência (Nascimento, 2005).

De acordo com a literatura recente, sementes de cebola das cultivares apresentam faixa ótima de temperatura para a germinação entre 15 a 22 °C e temperaturas acima de 30 °C afetam negativamente o índice de velocidade de germinação e aumentam o tempo médio de germinação para as sementes de cebola (Pinheiro et al., 2014). No entanto, a cv. Vale Ouro apresentou maior porcentagem de emergência em 34 °C. Segundo Carvalho e Nakagawa (2012) altas temperaturas aumentam as taxas metabólicas, no início da germinação.

Além da temperatura, a interação temperatura e dióxido de carbono também poderão

influenciar a taxa de respiração das sementes na fase de germinação. Alka e Khanna-Chopra (1995) relataram que o crescimento inicial das plântulas é dependente da atividade da  $\alpha$ -amilase que degrada o amido em maltose e glicose. Esses açúcares servem como substratos para respiração e favorecem energia para o rápido crescimento do eixo embrionário e a síntese e secreção de  $\alpha$ -amilase.

Mussi (2005), avaliando o efeito do CO<sub>2</sub> em sementes de girassol, constatou que o dióxido de carbono promove redução na taxa de respiração das sementes. Por outro lado, concentrações elevadas de CO<sub>2</sub> aumentaram a porcentagem de germinação de sementes de *Themeda triandra* e *Leontodon taraxacoides* (Williams et al., 2007), *Scabiosa columbaria* (Thürig et al., 2003) utilizadas como pastagem.

Quanto ao tempo médio de emergência (TME), as cultivares de cebola avaliadas diferiram entre si na interação com a temperatura e também na interação com CO<sub>2</sub> (Tabela 1). Para a cv. Alfa São Francisco o aumento da temperatura reduziu o TME tanto em ambiente com a concentração de CO<sub>2</sub> atual (380 ppm), quanto em ambiente enriquecido com CO<sub>2</sub> (780 ppm), não havendo diferença significativa do aumento da concentração deste gás (Tabela 2).

A cv. Franciscana IPA -10 apresentou o menor valor de TME foi de 5.03 em sementes submetidas a 31 °C e 380 ppm de CO<sub>2</sub> (Tabela 2).

Plântulas da cv. Vale Ouro IPA 11 não sofreram influência do aumento da temperatura em sementes mantidas a 770 ppm de CO<sub>2</sub>. Entretanto, em ambiente com 380 ppm de CO<sub>2</sub> o aumento da temperatura reduziu o TME, com aproximadamente 4.19 dias a 34 °C (Tabela 2).

O aumento da temperatura pode acelerar as taxas metabólicas no início da germinação. Além disso, períodos longos com altas temperaturas durante o processo germinativo pode ocasionar perdas devido à denaturação de proteínas ligadas ao metabolismo germinativo e surgimento de espécies reativas de oxigênio (Carvalho e Nakagawa, 2012). Desta maneira, em um cenário de mudanças climáticas as cultivares que apresentarem menor TME poderão ser favorecidas no processo de germinação (Pinheiro et al., 2014). Esta variável apresentou grande variação em relação às variáveis analisadas, mas de maneira geral, os menores valores de TME foram das cvs. Franciscana IPA-10 e Vale Ouro IPA-11 (Tabela 2).

Ao contrario do que ocorreu neste trabalho para as diferentes cultivares de cebola, diferentes

cultivares de melancia não apresentaram influência do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> no TME e ainda, o aumento da temperatura acelerou o processo germinativo, reduzindo o TME de oito para quatro dias (Silva, 2012; Silva et al., 2015).

A cv. Alfa São Francisco, não apresentou diferença significativa na velocidade média de emergência (VME) de sementes mantidas na concentração de CO<sub>2</sub> atual (380 ppm) e futura (780 ppm). Entretanto, a 770 ppm de CO<sub>2</sub>, temperaturas a partir de 28 °C promoveram maiores valores de VME (Tabela 2).

O maior valor de VME para a cv. Franciscana IPA 10 foi observado em sementes mantidas a 380 ppm de CO<sub>2</sub> a 31 °C. Além disso, foi verificando que o aumento CO<sub>2</sub> reduziu VME nas temperaturas de 25 e 31 °C (Tabela 2).

Para a cv. Vale Ouro IPA 11, o aumento da temperatura aumentou a VME em ambiente de CO<sub>2</sub> correspondente à concentração atual (380ppm). A menor VME foi verificada em plântulas da cv. Serena mantidas a 25 °C e 770 ppm de CO<sub>2</sub> (Tabela 2).

A redução da VME indica que houve um declínio fisiológico da semente, confirmando que as condições ambientais são decisivas nesse processo para as culturas (Calbo e Aroca, 2009). Sementes de melancia não apresentaram diferenças significativas para TME, VME, IVE entre as concentrações de CO<sub>2</sub> utilizadas, indicando que o aumento do CO<sub>2</sub> não interferiu no processo germinativo (Silva, 2012; Silva et al., 2015). Entretanto, para sementes de *Arabidopsis thaliana* (Andalo et al., 1996) e *Austroanthonia caespitosa* (Hovenden et al., 2008), foi observada uma redução na viabilidade das sementes em ambiente enriquecido com CO<sub>2</sub>.

Quanto ao índice de velocidade de emergência (IVE), a cv. Alfa São Francisco não apresentou diferença significativa em sementes mantidas a 380 ppm e 770 ppm de CO<sub>2</sub>. O maior valor para IVE foi observado em sementes da cv. Vale Ouro IPA 11 mantidas a 34 °C e 380 ppm de CO<sub>2</sub> (Tabela 2).

A cv. Serena obteve os menores valores de IVE em ambiente com concentração de CO<sub>2</sub> atual (380 ppm), em todas as temperaturas avaliadas. Para a cv. Franciscana IPA 10 houve aumento do IVE quando as sementes foram mantidas a 25 °C e 31 °C tanto nas concentrações atuais (380 ppm) como futuras (770 ppm) de CO<sub>2</sub> (Tabela 2).

Em trabalho realizado com abóbora, o IVE não apresentou diferença significativa entre os dois níveis de CO<sub>2</sub> (360 ppm e 550 ppm) para as cultivares Coroa e Caserta (Lopes, 2012).

Para o comprimento da parte aérea (CPA), a cv. Serena não apresentou diferença estatística significativa para as temperaturas estudadas quando mantidas a 380 ppm de CO<sub>2</sub>. Em 770 ppm observou-se que as plântulas da cv. Serena apresentaram um aumento do CPA mantidas a 28 °C e 31 °C (Tabela 3).

A cv. Alfa São Francisco apresentou o maior valor de CPA em plântulas cultivadas em 770 ppm de CO<sub>2</sub> e 25 °C. As plântulas da cv. Franciscana IPA 10 não apresentaram diferenças significativas para as concentrações de CO<sub>2</sub> estudadas. O maior valor do CPA foi observado na cv. Vale Ouro IPA 11, quando as plântulas foram cultivadas a 34 °C e 380 ppm (Tabela 3).

Para o comprimento da raiz (CR), o maior valor encontrado foi nas plântulas da cv. Franciscana IPA 10, mantidas a 31 °C e 770 ppm de CO<sub>2</sub>. As plântulas dessa cultivar mantidas em ambiente com concentração de CO<sub>2</sub> atual (380 ppm) obtiveram maiores valores em 28 °C e 31 °C (Tabela 3).

Em plântulas da cv. Serena, o menor CR foi observado mantidos a 34 °C e 770 ppm e as plântulas da cv. Vale Ouro IPA 11 sofreram um aumento no CR quando mantidas em 28 °C e 31 °C tanto em ambiente com 380 ppm quanto em ambiente com 770 ppm de CO<sub>2</sub> (Tabela 3).

Por outro lado, a cv. Alfa São Francisco apresentou plântulas com maiores valores de CR quando cultivadas em menor temperatura (25 °C) independente da concentração de CO<sub>2</sub> do ambiente (Tabela 3).

Em melancia, o comprimento da parte aérea foi favorecido pelo aumento da temperatura e da concentração de CO<sub>2</sub> (Silva et al., 2015). Em trabalho realizado com diferentes cultivares de abóbora, a elevação da temperatura reduziu significativamente o comprimento da parte aérea, e provocou também uma diminuição da raiz. Para as concentrações de CO<sub>2</sub> estudadas (360 ppm e 550 ppm), o comprimento da raiz não apresentou diferença entre si (Lopes, 2012).

O sucesso do rendimento no estabelecimento de plântulas no campo dependerá da máxima germinação com maior rapidez e uniformidade de plântulas (Nascimento, 2000). No entanto, muitos aspectos da resposta potencial das sementes e plântulas às mudanças climáticas ainda não foram elucidadas. Além do aumento da temperatura média em até 5,8 °C, como previsto pelo IPCC (2013), poderão ocorrer oscilações térmicas com alterações na temperatura máxima diária e na mínima afetando diretamente a fisiologia das diferentes espécies (Vasseur et al.,

2014). O conhecimento dos possíveis impactos e a adoção de medidas de adaptação irão depender do conhecimento sobre o efeito do aumento da temperatura e da concentração de dióxido de carbono em cada espécie, cultivar e até mesmo nos diferentes lotes de sementes. Para Andalo et al. (1996), o impacto do aumento da concentração de dióxido de carbono difere entre os genótipos devido a ampla variação genética das espécies. Além disso, as alterações no clima também terão impacto na umidade do solo e conseqüentemente na longevidade das sementes, período de dormência e na atividade de patógenos de solo (Walck et al., 2011).

O CO<sub>2</sub> é o substrato primário para fotossíntese, uma vez que o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico causa elevação da taxa de crescimento em plantas (Taiz e Zeiger, 2013). Em ambientes com alta concentração de CO<sub>2</sub>, a taxa de crescimento das plantas é aumentada, devido ao fechamento dos estômatos e maior expansão do sistema radicular, permitindo a exploração de maior volume de solo (Curtis et al., 1990).

O metabolismo das plantas tende a ser alterado em níveis elevados de CO<sub>2</sub>, assim, mais assimilados são desviados para as raízes aumentando a respiração radicular, levando à perda de produtos fotossintéticos, o que afeta o crescimento, a resistência aos fatores de estresse e a síntese de compostos de defesa (Larcher, 2000; Sage, 2002).

As plantas C<sub>3</sub>, são as primeiras a detectarem o aumento na concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico, juntamente às outras mudanças climáticas, devido ao efeito indutor na fotossíntese e inibitório na fotorrespiração, por diminuir a atividade oxigenase da Rubisco (Lawlor e Mitchel, 2000; Aidar et al., 2002), o que resulta em aumento significativo no crescimento e na produção de biomassa (Idso e Kimball, 1992).

É bem sabido que a respiração é primeira atividade metabólica a ser ativado rapidamente

após ao início da embebição da semente, iniciando o processo de germinação (Carvalho e Nakagawa, 2012; Bewley et al., 2013) Assim, o aumento da liberação de CO<sub>2</sub> caracteriza a integridade das membranas celulares, incluindo a mitocondrial e é indicativo de maior capacidade de reorganização da célula em sementes e mudas e, portanto, maior vigor. Quando as condições ambientais são extremas há grande produção de espécies reativas de oxigênio, que são normal mente produzidas em reações metabólicas em homeostase. Dantas et al. (2015) verificaram que diferentes cultivares de melancia apresentam ativação de um sistema antioxidativo em sementes e plântulas submetidos a estresses abióticos e que cada cultivar responde de forma diferentes no ajuste de detoxificação de suas células quando submetidas aos estresses.

O aumento da temperatura e da concentração de dióxido de carbono provavelmente afeta o metabolismo germinativo e antioxidante das cultivares de cebola avaliadas neste trabalho de forma distinta, culminando com a diferença nas respostas observadas entre as cultivares.

### **Conclusão**

O aumento da temperatura e da concentração de dióxido de carbono afetará o processo de germinação da cebola, apresentando diferença nas respostas entre as cultivares. Entretanto, outros estudos deverão ser realizados visando verificar a vulnerabilidade da cultura e a reposta dos diferentes genótipos em outras etapas de produção.

### **Agradecimentos**

A Embrapa Semiárido, UNEB, FAPESB, CAPES.



Tabela 2. Porcentagem de emergência (E), tempo médio de emergência (TME), velocidade média de emergência (VME), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento de parte aérea (CPA) e comprimento de raiz (CR) de sementes de diferentes cultivares de cebola (Alfa São Francisco, Franciscana IPA-10, Vale Ouro IPA-11 e Serena) submetidas a diferentes temperaturas (25 °C, 28 °C, 31 °C e 34 °C) e níveis de CO<sub>2</sub> (380 ppm e 770 ppm). Petrolina, PE, 2015.

	Temperatura	380 ppm				770 ppm			
		Alfa São Francisco	Franciscana IPA -10	Vale Ouro IPA - 11	Serena	Alfa São Francisco	Franciscana IPA -10	Vale Ouro IPA - 11	Serena
<b>E (%)</b>	25° C	86.11 aA	81.94 aA	63.19 bB	41.66 cB	90.27 aA	79.86 aB	64.58 bA	76.38 aA
	28° C	84.72 aA	91.66 aA	68.05 bB	61.80 bA	78.47aB	92.31 aA	50.69 bB	52.77 bB
	31° C	66.66 bB	90.97 aA	79.86 bA	29.86 dB	90.97 aA	88.88 aA	45.83 cB	74.30 bA
	34° C	66.66 bB	70.13 bB	86.11 aA	28.47 cB	71.52 bB	70.13 bB	38.19 cB	45.13 cB
<b>TME (dias)</b>	25° C	7.38 bB	6.54 aB	6.49 aC	7.14 bB	7.57 bB	7.41 bB	6.46 aA	8.78 cB
	28° C	6.59 bA	5.89 aB	5.15 aB	6.07 bA	6.57 bA	5.73 aA	6.49 bA	6.41 bA
	31° C	6.50 cA	5.03 aA	4.76 aB	8.27 dC	6.51 cA	5.75 bA	7.04 cA	6.38 cA
	34° C	6.62 bA	6.12 bB	4.19 aA	7.42 cB	6.39 bA	6.21 bA	6.16 bA	6.53 bA
<b>VE (dia<sup>-1</sup>)</b>	25° C	0.13 bA	0.15 aB	0.15 aC	0.14 bB	0.13 bB	0.13 bB	0.15 aA	0.11 cB
	28° C	0.15 cA	0.16 cB	0.19 aB	0.16 cA	0.15 cA	0.17 bA	0.15 cA	0.15 cA
	31° C	0.15 cA	0.19 aA	0.21 aB	0.12 dC	0.15 cA	0.17 bA	0.14 cA	0.15 cA
	34° C	0.15 bA	0.16 bB	0.23 aA	0.13 cB	0.15 bA	0.16 bA	0.16 bA	0.15 bA
<b>IVE (plantas.dia<sup>-1</sup>)</b>	25° C	4.26 aA	4.69 aB	3.83 aD	2.19 bB	4.47 aA	3.99 aB	3.66 aA	3.26 aB
	28° C	4.78 aA	5.75 aA	5.47 aC	3.81 bA	4.36 bA	6.00 aA	2.92 cB	3.13 cB
	31° C	3.84 cA	6.72 aA	6.36 aB	1.36 eB	5.18 bA	5.75 aA	2.55 dB	4.40 bA
	34° C	3.76 bA	4.38 bB	7.70 aA	1.51 cB	4.12 bA	4.24 bB	2.30 cB	2.62 cB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Comprimento de parte aérea (CPA) e comprimento de raiz (CR) de plântulas de diferentes cultivares de cebola (Alfa São Francisco, Franciscana IPA-10, Vale Ouro IPA-11, Serena F1) submetidas a diferentes temperaturas (25 °C, 28 °C, 31 °C e 34 °C) e níveis de CO<sub>2</sub> (380 ppm e 770 ppm). Petrolina, PE, 20153.

	Temperatura	380 ppm				770 ppm			
		Alfa São Francisco	Franciscana IPA -10	Vale Ouro IPA - 11	Serena	Alfa São Francisco	Franciscana IPA -10	Vale Ouro IPA - 11	Serena
<b>CPA</b> <b>(cm)</b>	25° C	10.9 aA	9.1 cB	11.3 aB	8.6 cA	11.3 aA	9.0 cB	10.1 bB	8.6 cB
	28° C	9.8 bB	9.1 bB	12.4 aA	9.1 bA	9.5 bB	9.1 bB	9.1 bC	9.5 bA
	31° C	9.3 bB	8.3 cC	10.1 aC	8.8 cA	10.5 aA	8.4 cB	7.8 cD	9.5 bA
	34° C	10.8 bA	11.0 bA	12.4 aA	8.7 dA	10.5 bA	9.8 cA	11.2 bA	7.9 eB
<b>CR</b> <b>(cm)</b>	25° C	7.1 bA	7.0 bB	7.2 bB	5.4 cB	8.4 aA	7.1 bB	6.1 cA	4.7 dB
	28° C	6.7 bA	8.2 aA	7.6 aB	7.1 bA	7.1 bB	8.2 aA	7.0 bA	5.4 cB
	31° C	6.8 cA	8.5 aA	8.7 aA	6.8 cA	7.8 bA	8.8 aA	5.7 dA	7.5 bA
	34° C	5.3 cB	7.1 aB	7.6 aB	7.4 aA	7.3 aB	6.5 bB	6.5 bA	3.9 dC

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

## Referências

- Aidar, M.P.M., Martinez, C.A., Costa, A.C., Costa, P. M.F., Dietrich, S.M.C., Buckeridge, M.S., 2002. Effect of atmospheric CO<sub>2</sub> enrichment on the establishment of seedlings of *Jatobá, Hymenaea Courbaril* L. (Leguminosae, Caesalpinioideae). *Biota Neotropica* 2, 1-10.
- Alka, S., Khanna-Chopra, R., 1995. Influence of temperature on germination and seedling growth and its relationship with amylase activity and respiration in wheat varieties differing in temperature tolerance. *Indian Journal of Experimental Biology* 33, 775-779.
- Andalo, C., Godelle, B., Lefranc, M., Mousseau, M., Till-Bottraud, I., 1996. Elevated CO<sub>2</sub> decreases seed germination in *Arabidopsis thaliana*. *Global Change Biology* 2, 129-135.
- Angelotti, F., Sá, I.B., Melo, R.F. de., 2009. Mudanças climáticas e desertificação no Semiárido Brasileiro, in: Angelotti, F., Sá, I.B., Menezes, E.A., Pellegrino, G.Q. (Ed.), *Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro*. Embrapa Semi-Árido, Petrolina; Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, pp. 41-49.
- Atkin, O.K., Scourwater, I., Ponts, T.L., 2007. Respiration as a percentage of daily photosynthesis in whole plants in homeostatic at moderate, but not high, growth temperatures. *New Phytologist* 174, 367-380.
- Bewley, J.D., Bradford, K.J., Hilhorst, K.H.W.M., Nonogaki, H., 2013. *Seeds: physiology of development germination and dormancy*. Springer, New York.
- Calbo, A.G., Aroca, S.C., 2009. Medidas para mitigar os efeitos das mudanças climáticas na produção de hortaliças, in: Guedes, M.R. (Ed.), *Mudanças Climáticas Globais e a Produção de Hortaliças*. Embrapa Hortaliças, Brasília, pp. 95-126.
- Carvalho, N.M., Nakagawa, J., 2012. *Sementes: ciência, tecnologia e produção*, 5. ed. FUNEP, Jaboticabal.
- Costa, N.D., Queiroz, M.A., Araújo, J.C., Santos, C.A. F., Faria, C.M.B., Haji, F N.P., Tavares, S.C.C.H., 2012. *A Cultura da Cebola*. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília.
- Costa, N.D., Resende, G. M., 2007. *Cultivo da cebola no Nordeste*. Embrapa Semi-Árido, Petrolina. (Embrapa Semi-Árido. Sistemas de Produção, 3).
- Curtis, P.S., Balduman, L.M., Drake, B.G., Whigham, D.F., 1990. Elevated atmospheric CO<sub>2</sub> effects on belowground processes in C3 and C4 estuarine Marsh Communities. *Ecology* 71, 2001-2006.
- Dantas, B. F., Silva, R. C. B., Ribeiro, R. C., Aragão, C.A, 2015. Respiration and Antioxidant Enzymes Activity in Watermelon Seeds and Seedlings Subjected to Salt and Temperature Stresses. *American Journal of Experimental Agriculture* 7, 70-77.
- Daymond, A.J., Wheeler, T.R., Hadley, P., Ellis, R.H., Morison, J.I.L., 1997. Effects of temperature, CO<sub>2</sub> and their interaction on the growth, development and yield of two varieties of onion (*Allium cepa* L.). *Journal of Horticultural Science* 72, 135-145.
- Dousseau, S., Alvarenga, A.A., Arantes, L.O., Oliveira, D.M., Nery, F.C., 2008. Germinação de sementes de Tanchagem (*Plantago tomentosa* Lam.): influência da temperatura, luz e substrato. *Ciência e Agrotecnologia* 32, 438-443.
- Galon, L., Tironi, S.P., Rocha, A.A., Soares, E.R., Concenço, G., Alberto, C.M., 2010. Influência dos fatores abióticos na produtividade da cultura do milho. *Revista Tropica – Ciências Agrárias e Biológicas* 4, 19-38.
- Hovenden, M.J., Wills, K.E., Chaplin, R.E., Vander Schoor, J.K., Williams, A.L., Osanai, Y.U.I., Newton, P.C., 2008. Warming and elevated CO<sub>2</sub> affect the relationship between seed mass, germinability and seedling growth in *Austroanthonia caespitosa*, a dominant Australian grass. *Global Change Biology* 14, 1633-1641.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2007. Levantamento sistemático da produção agrícola, Abril, 2013. Disponível: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201304.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201304.pdf). Acesso: 03 de out. 2014.
- Idso, S.B., Kimball, B.A., 1992. Seasonal fine-root biomass development of sour orange trees grown in atmospheres of ambient and elevated CO<sub>2</sub>. *Plantcell & Environment* 15, 337-341.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Summary for Policymakers, in *Climate Change: impacts, adaptation and vulnerability*. Contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., Van der Linden, P.J., Hanson, C.E. (ed.), Cambridge University Press, Cambridge, pp. 7-22.

- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013. The Physical Science Basis. University Press, Cambridge.
- Kerbaui, G.B., 2004. Fisiologia Vegetal. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- Kotowski, F., 1926. Temperature relations to germination of vegetable seed. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 23, 176-184.
- Labouriau, L.G., 1983. A germinação das sementes. Organização dos Estados Americanos. Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. (Série de Biologia. Monografia, 24).
- Larcher, W., 2000. Ecofisiologia Vegetal. Rima, São Paulo.
- Lawlor, D.W., Mitchel, R.A.C., 2000. Crop ecosystem responses to climatic change: wheat, in: Reddy, K. K., Hodges, H.F. (Eds.). Climate Change and Global Crop Productivity. Cab International, Wallingford. pp. 57-80.
- Lopes, A.P., 2012. Mudanças climáticas globais e estresses abióticos em sementes e plântulas de abóbora. Dissertação (Mestrado). Juazeiro, UNEB.
- Machado, C.F., Oliveira, J.A., Davide, A.C., Guimarães, R.M., 2002. Metodologia para a condução do teste de germinação em sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl.) Nicholson). Revista Cerne 8, 18-27.
- Maguire, J.D., 1962. Speed of Germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science 2, 176-177.
- Murphy, J.B., Noland, T.L., 1982. Temperature effects on seed imbibition and leakage mediated by viscosity and membranes. Plant Physiology 69, 428-431.
- Mussi, M.M., 2005. Germinação e vigor de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) submetidas a diferentes concentrações de CO<sub>2</sub>, períodos de exposição e embalagens. Dissertação (Mestrado). Paraná, UFPR.
- Nascimento, W.M., 2000. Temperatura x Germinação. Seed News 4, 44-45.
- Nascimento, W.M., 2005. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças visando a germinação em condições de temperaturas baixas. Horticultura Brasileira 23, 211-214.
- Oliveira, G.M., Rodrigues, J.M., Ribeiro, R.C., Barbosa, L.G., Silva, J.E.S.B., Dantas, B.F., 2014. Germinação de sementes de espécies arbóreas nativas da Caatinga em diferentes temperaturas. Scientia Plena 10, 1-6.
- Ooi, M.K.J., Aul, T.D., Denham, A.J., 2009. Climate change and bet-hedging: Interactions Costa; D. C. C. da.; Pinheiro; G. de S.; Oliveira; G. M. de.; Santos; A. T. N. dos.; Santana; C. V. da S.; Angelotti; F.; Dantas, B. F. between increased soil temperatures and seed bank persistence. Global Change Biology 15, 2375-2386.
- Pinheiro, G.S., Angelotti, F., Santana, C.V.daS., Dantas, B.F., Costa, N.D., 2014. Efeito da temperatura sobre a germinação de sementes de cebola. Scientia Plena 10, 1-6.
- Sage, R.F., 2002. How terrestrial organism sense, signal, and response to carbon dioxide. Integrative and Comparative Biology 42, 469-480.
- Santana, D.G., Ranal, M.A., 2000. Análise estatística na germinação. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal 12, 205-237.
- Santos, J.O.dos, Santos, R.M.deS., Fernandes, A.de A., Sousa, J.daS., Borges, M.daG.B., Ferreira, R. T.F.V., Salgado, A.B., 2013. Os impactos produzidos pelas mudanças climáticas. Agropecuária Científica no Semiárido 9, 9-16.
- Silva, F.A.Z., 2008. Programa ASSISTAT 7.5 beta - Assistência Estatística. Versão 7.5 beta, Campina Grande.
- Silva, R.C.B., 2012. Germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de melancia submetidas ao aumento do CO<sub>2</sub>, temperatura e salinidade. Dissertação (Mestrado). Juazeiro, UNEB.
- Silva, R.C.B., Lopes, A.P., Silva, K.K.A., Silva, T.C. F.S., Aragão, C.A., Dantas, B.F., Angelotti, F., 2015. Crescimento inicial de plântulas de melancia submetidas ao aumento da temperatura e concentrações de CO<sub>2</sub>. Magistra 27, 33-43.
- Taiz, L., Zeiger, E., 2013. Fisiologia Vegetal, 5. ed. Artmed, Porto Alegre.
- Thürig, B., Körner, C., Stöcklin, J., 2003. Seed production and seed quality in a calcareous grassland in elevated CO<sub>2</sub>, Global Change Biology 9, 873-884.
- Vasseur, D.A., De Long, J.P., Gilbert, B., Greig, H.S., Harley, C.D.G., McCann, K.S., Savage, V., Tunney, T.D., O'Connor, M.I., 2014. Increased temperature variation poses a greater risk to species than climate warming. Proceedings of the Royal Society B [online] 281, Disponível: <http://rspb.royalsocietypublishing.org/>. Acesso: 25 jun. 2015.
- Walck, J.L., Hidayati, S.N., Dixon, K.W., Thompson, K., Poschlod, P., 2011. Climate change and plant regeneration from seed. Global Change Biology 17, 2145-2161.
- Wheeler, T.R., Daymond, A.J., Morison, J.I.L., Ellis, R.H., Hadley, R., 2004. Acclimation of photosynthesis to elevated CO<sub>2</sub> in onion

(*Allium cepa*) grown at a range of temperatures. *Annals of Applied Biology* 144, 103-111.

Williams, A.L., Wills, K.E., Janes, J.K., Vander Schoor, J.K., Newton, P.C.D., Hovenden, M.J., 2007. Warming and free air CO<sub>2</sub> enrichment alter demographics in four co-occurring grassland species. *New Phytologist* 176, 365-374.

Wurr, D.C.E., Hand, D.W., Edmondson, R.N., Fellows, J.R., Hannah, M.A., Cribb, D.M., 1998. Climate change: a response surface study of the effects of CO<sub>2</sub> and temperature on the growth of beetroot, carrots and onions. *Journal of Agricultural Science* 131, 125-133.