

## Medição do CO<sub>2</sub> como método alternativo para a diferenciação do vigor de lotes de sementes de melancia

### Measurement of CO<sub>2</sub> an alternative method to differentiate vigor seed lots of watermelon

Lucicléia Mendes de Oliveira<sup>II</sup> Violeta Bacchieri Duarte Cavaleiro<sup>I</sup>  
Dário Munt de Moraes<sup>I</sup> Maria Ângela André Tilmann<sup>I</sup> Luis Osmar Braga Schuch<sup>I</sup>

#### RESUMO

A melancia, uma hortaliça nativa da África, é considerada uma das mais importantes produzidas e comercializadas no Brasil, cujo cultivo é realizado de maneira intensiva e deve ser estabelecido com o uso de sementes de alta qualidade, que germinem rápido e uniformemente. Portanto, o objetivo nesta pesquisa foi avaliar a atividade respiratória e correlacioná-la com outros testes tradicionais de vigor, com a finalidade de verificar se a medição do CO<sub>2</sub> é um método eficiente na diferenciação do vigor de lotes de sementes de melancia. A pesquisa foi desenvolvida na Universidade Federal de Pelotas, utilizando sementes da cultivar 'Crimson sweet', representada por cinco lotes. As variáveis avaliadas foram o grau de umidade, germinação, primeira contagem de germinação, comprimento de parte aérea e raízes de plântulas, condutividade elétrica, emergência de plântulas e atividade respiratória. Os lotes de sementes foram classificados em diferentes níveis de qualidade fisiológica, conforme o grau de precisão de cada teste, sendo o lote 3 de qualidade inferior aos demais. A atividade respiratória permite a separação dos lotes de sementes de melancia, no entanto, não há correlação positiva e significativa com os demais testes de vigor.

**Palavras-chave:** qualidade fisiológica, respiração, método de Pettenkofer, *Citrulus vulgaris*.

#### ABSTRACT

Watermelon is a vegetable crop native of Africa, regarded as one of the most important produced and marketed in Brazil. The cultivation of most vegetables is usually performed intensively and should be established with the use of high quality seeds that germinate quickly and uniformly. Therefore, the aim of this research was to evaluate the respiratory activity and correlate it with other traditional tests of strength, in order to verify if the measurement of CO<sub>2</sub> is an efficient method to differentiate vigor seed lots of watermelon. The research was developed at the Universidade Federal of Pelotas, using seeds of the cultivar Crimson sweet

represented by five lots. The variables evaluated were moisture content, germination, first germination count, length of shoot and root of seedling, electrical conductivity, seedling emergence and respiration. The results allowed us to classify the lots in different vigor levels, as the accuracy of each test emphasizing lot 3 for being inferior to the others. The respiratory allows separation of seed lots of watermelon, however no significant positive correlation with other vigor tests.

**Key words:** physiological quality, breath, Pettenkofer method, *Citrulus vulgaris*.

#### INTRODUÇÃO

A melancia (*Citrullus vulgaris*) é uma hortaliça da família Cucurbitaceae de origem africana, considerada uma das mais importantes produzidas e comercializadas no Brasil, não apenas por suas características nutricionais, como também pelo seu valor comercial (BHERING et al., 2003).

As hortaliças têm crescente importância no Brasil, especialmente devido à alta produtividade, rentabilidade por área, capital investido e relevância social, devido à geração de emprego, porque o cultivo é realizado de maneira intensiva e deve ser estabelecido usando sementes de alta qualidade, de germinação rápida e uniforme, o que justifica a importância do vigor das sementes no estabelecimento da cultura em campo (PAIVA et al., 2005).

As sementes pequenas têm menor quantidade de reservas armazenadas e possuem maior propensão à deterioração após a maturidade

<sup>I</sup>Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGA), Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas, RS, Brasil.

<sup>II</sup>Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus de Gurupi, Rua Badejós, Chácara 69 e 72, Lt. 07, CP 66, 77402-970, Gurupi, TO, Brasil. E-mail: lucicleia@biologia.bio.br. Autor para correspondência.

fisiológica, portanto, informações sobre vigor são ainda mais importantes para aquelas de alto valor comercial, como as hortaliças. A avaliação das sementes é usualmente realizada para fins de semeadura e comércio, mas, devido ao fato de o teste de germinação apenas expressar o potencial fisiológico, é necessário incluir testes de vigor que permitam identificar diferenças entre lotes com alta germinação (MARCOS FILHO, 1999). Os testes de vigor mais utilizados nas pesquisas brasileiras são primeira contagem e velocidade de germinação, bem como comprimento, massa seca e a classificação do vigor das plântulas (NAKAGAWA, 1999).

A condutividade elétrica também é largamente utilizada na separação de lotes de sementes de diferentes espécies, baseando-se na integridade de membranas celulares, pois o decréscimo da capacidade germinativa e do potencial fisiológico está diretamente relacionado ao aumento da lixiviação de solutos (VIEIRA & KRZYZANOWSKI, 1999). O referido teste foi eficiente para a estratificação de lotes de sementes das espécies, tais como couve-brócolis (MARTINS et al., 2002), couve-flor (PAIVA et al., 2005) e melancia (ALMEIDA et al., 2010), sendo, atualmente, o teste rápido mais utilizado para avaliar o início do processo de deterioração das sementes, em função da quantidade de lixiviados liberados para a solução de embebição (MARCOS FILHO, 1999).

Dentre os vários procedimentos usados na avaliação do vigor, uma alternativa é submeter as sementes à medição da atividade respiratória, a qual consiste na oxidação de substâncias orgânicas no sistema celular com a liberação de energia e oxigênio (MARENCO & LOPES, 2007). As sementes secas em contato com a água iniciam a embebição, aumentando a atividade respiratória e produzindo ATP (FERREIRA & BORGHETTI, 2004), sendo assim, a quantidade de CO<sub>2</sub> liberado das sementes é medido e então associado quanto ao vigor. Dessa forma, altas taxas de respiração estão relacionadas às sementes vigorosas, devido à grande quantidade de carboidratos e lipídeos armazenados em suas células, enquanto que as menos vigorosas têm atividade respiratória reduzida, devido ao processo de deterioração natural, responsável pela oxidação de suas reservas (MARCOS FILHO, 2005).

A busca de novos métodos para avaliar a qualidade fisiológica das sementes, por parte dos tecnologistas de sementes, é constante, desde que seja econômico, rápido, de fácil execução e reprodutibilidade, destacando-se o método de Pettenkofer, que tem como princípio a atividade respiratória, o qual foi eficiente na separação de lotes

de sementes de soja (MENDES et al., 2009; DODE et al., 2013) e girassol (DODE et al., 2012).

Diante do exposto, o objetivo na pesquisa foi avaliar a atividade respiratória e correlacioná-la com outros testes tradicionais de vigor, com a finalidade de verificar se a medição do CO<sub>2</sub> é um método eficiente na diferenciação do vigor de lotes de sementes de melancia.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório Didático de Análise de Sementes e em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia e no Laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal de Pelotas, utilizando-se cinco lotes de sementes de melancia, cultivar 'Crimson sweet', obtidos das empresas Vidasul e Isla.

As sementes foram submetidas às seguintes determinações: grau de umidade, teste de germinação, primeira contagem, comprimento de parte aérea e raízes de plântulas, condutividade elétrica, emergência de plântulas e atividade respiratória.

O grau de umidade (GU) foi determinado pelo método da estufa a 105±3°C, por 24 horas, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), sendo utilizadas duas subamostras de dois gramas de sementes para cada lote, e os resultados foram expressos em porcentagem média.

O teste de germinação (TG) foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes por lote, as quais foram distribuídas em papel *germitest* umedecido com água destilada, na quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso seco do substrato seco, e mantido em germinador regulado à temperatura de 25°C constante, com fotoperíodo de 16 horas de luz. A contagem foi realizada aos 14 dias após a semeadura, conforme prescrito nas Regras para Análise de Sementes (RAS) e os resultados expressos em porcentagem (BRASIL, 2009).

O teste de primeira contagem foi conduzido juntamente com o teste de germinação, registrando-se as porcentagens de plântulas normais aos cinco dias após a semeadura, conforme prescrito nas RAS.

Para avaliar o desempenho das plântulas, foi determinado o comprimento da parte aérea (CPA) e raízes (CR). Para isso, foram coletadas 10 plântulas de cada repetição, aos 14 dias da instalação do experimento. O valor dessas duas variáveis foi dividido pelo número de plântulas e os resultados expressos em mm plântula<sup>-1</sup> conforme descrito por NAKAGAWA (1999).

No teste de condutividade elétrica (CE), foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes

(quatro subamostras de 25) por lote, que, após aferida a massa, as sementes foram colocadas para embeber em béquer contendo 80ml de água deionizada, agitadas levemente e depois mantidas em germinador, à temperatura de 20°C, até completar três e 24 horas. A cada período foi realizada a leitura da água de embebição em condutivímetro, modelo Digimed CD-21, e os resultados expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$  de semente em função da massa inicial (AOSA, 1983).

Para a emergência de plântulas (EMP), foi realizada a semeadura em bandejas plásticas com dimensões 48x32x7cm, contendo areia lavada e esterilizada em autoclave, em casa de vegetação, constando de quatro repetições de 50 sementes por cada lote. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas emergidas, sendo o critério de avaliação adotado o surgimento dos cotilédones e hipocótilo.

Atividade respiratória (AR) - a liberação de  $\text{CO}_2$  pelas sementes foi medida pelo método de Pottenkofer, o qual é constituído por quatro frascos, os dois primeiros são lavadores de gases contendo hidróxido de sódio (NaOH) a 25%, que tem por finalidade reter o  $\text{CO}_2$  do ar ambiente; o terceiro frasco, isento de  $\text{CO}_2$  do ar ambiente, é usado para o armazenamento de 100g das sementes em estudo e o quarto frasco, contendo hidróxido de bário ( $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ) a 10%, o qual reage com o  $\text{CO}_2$ , proveniente da atividade respiratória das sementes, resultando em um precipitado branco, o carbonato de bário ( $\text{BaCO}_3$ ). Os frascos foram interligados por uma mangueira de silicone que estava acoplada a uma trompa aspiradora de ar, cujo fluxo é regulado por uma torneira, permitindo a regulação de sua velocidade por meio da observação de bolhas formadas nos frascos.

As sementes dos diferentes lotes inicialmente foram submetidas à embebição em água por 60 minutos. Decorrido esse período, houve o processo de separação, utilizando-se uma peneira e, em seguida, foram colocadas no frasco de armazenamento do método de Pottenkofer, onde permaneceram por mais 60 minutos, tempo para que o  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  reaja com o  $\text{CO}_2$  proveniente da atividade respiratória das sementes, o que resultará em um precipitado branco ( $\text{BaCO}_3$ ).

Depois do período de permanência no aparelho, foram coletadas três alíquotas de 10ml da solução de  $\text{BaCO}_3$  em Erlenmeyer. Em seguida, cada um recebeu duas gotas de fenolftaleína e foi submetida à titulação com ácido clorídrico (HCl) 0,1N em bureta de 100ml. No ponto de viragem, foi registrado o volume de HCl gasto em cada alíquota, o qual está diretamente relacionado com a intensidade de  $\text{CO}_2$  fixado pela solução de  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  e é utilizado no

cálculo da atividade respiratória das sementes, sendo o  $\text{CO}_2$  fixado proveniente do processo de respiração. No entanto, deve ser ressaltado que a quantidade calculada refere-se ao conteúdo de  $\text{CO}_2$  presente na alíquota titulada, sendo a metodologia para a medição da atividade respiratória de sementes descrita por MENDES et al. (2009), com modificações.

O cálculo da atividade respiratória foi realizado com base na seguinte equação:  $N \times D \times 22$  (MÜLLER, 1964), em que: N = normalidade do ácido usado (HCl 0,1N); D = diferença entre o volume de HCl gasto na Titulação da Prova em Branco e o volume de HCl gasto na Titulação da Amostra; 22 = normalidade do  $\text{CO}_2$ , sendo o resultado expresso em quantidade de dióxido de carbono liberado por grama de semente, por hora ( $\mu\text{g CO}_2 \text{ g semente}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições, cujas médias foram submetidas à análise de variância e, posteriormente, comparadas pelo teste de Scott-knott a 5% de probabilidade. Os dados expressos em porcentagens foram previamente transformados em arscen ( $\text{raiz}(x/100)$ ) e, adicionalmente, foram obtidas estimativas de coeficientes de correlação de Pearson entre todas as características avaliadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados da tabela 1, pode-se observar que o grau de umidade das sementes variou de 7,0 a 9,1%. Essa pequena variação entre os lotes pode auxiliar na obtenção de resultados mais confiáveis. Ainda na tabela 1 podemos observar que a germinação de todos os lotes foi superior a 86%, ou seja, acima do padrão estabelecido para a comercialização das sementes de melancia (80%), sendo que, através do próprio teste de germinação, foi possível estratificar os lotes em três níveis. O teste de primeira contagem de germinação pode estratificar os lotes em duas categorias: alta (lotes 1 e 2) e baixa qualidade fisiológica (lotes 3, 4 e 5). No entanto, não foi eficiente em detectar pequenas diferenças entre os lotes de sementes de melancia, por isso, é indispensável a utilização de diferentes testes.

O teste de primeira contagem de germinação é rotineiramente utilizado para avaliação do vigor, devido a sua facilidade e simplicidade de execução, além disso, vale salientar que houve uma correlação significativa (0,802) entre a primeira contagem e o teste de germinação (Tabela 2). Segundo MARCOS FILHO (2005), a redução da velocidade de germinação não é o primeiro evento no processo de deterioração das sementes, por isso o teste de

Tabela 1 - Grau de umidade (GU), germinação (G), primeira contagem (PC), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raízes (CR), condutividade elétrica (CE), emergência de plântulas (EMP) e atividade respiratória (AR) de diferentes lotes de sementes de melancia, cultivar 'Crimson sweet'.

Lotes	GU	G	PC	EMP	CPA	CR	CE-3h	CE-24h	AR
	----- % -----		----- mm -----			----- (μS cm g <sup>-1</sup> ) -----		(μg CO <sub>2</sub> g semente <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	
1	8,0	97 a	86 a	78 a	16,34 a	11,88 a	12,68 e	16,20 e	1,81b
2	7,2	96 a	79 a	63 a	13,27 b	10,20 b	29,45 c	32,23 c	1,04 c
3	7,0	89 b	53b	57 a	13,96 b	8,46 c	91,70 a	98,43 a	1,04 c
4	7,3	87 c	58 b	61 a	13,59 b	9,70 b	45,60 b	49,85 b	2,14 b
5	9,1	92 b	57 b	61 a	14,11 b	10,07 b	18,11 d	21,09 d	4,95 a
CV(%)	-	1,10	3,47	9,47	5,50	6,76	3,86	3,61	25,31

Médias seguidas pela mesma letra igual não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

primeira contagem é de baixa sensibilidade em identificar pequenas diferenças de vigor, agrupando os lotes em apenas duas categorias.

O comprimento de raízes (Tabela 1) foi a variável mais sensível para identificar diferenças não detectadas pela primeira contagem, destacando-se o lote 3, por apresentar menor potencial fisiológico. O comprimento de parte aérea das plântulas não foi sensível para avaliar o potencial fisiológico das sementes, permitindo separar apenas o lote de melhor expressão fisiológica (lote 1), o que está de acordo com os resultados obtidos pelos testes de comprimento de raízes e condutividade elétrica (Tabela 1). O melhor desempenho fisiológico do lote 1 foi reafirmado através da correlação significativa (0,651) entre os testes de comprimento de plântulas e parte aérea (Tabela 2).

As plântulas que representam os maiores valores de comprimento são consideradas as mais vigorosas. Isso ocorre devido ao fato de as sementes originarem plântulas com maior taxa de crescimento, em função da maior translocação das reservas dos tecidos de armazenamento para o crescimento do eixo embrionário (DAN et al., 1987).

O teste de condutividade elétrica de 3 e 24 horas de embebição foi o que mais estratificou a qualidade das sementes, além disso, corroborou o comprimento de raízes, pois ambos identificaram o lote 3 como de pior desempenho fisiológico (Tabela 1). Correlação negativa (-0,783 e -0,770) foi observada entre comprimento de raízes e condutividade elétrica, independente do tempo de embebição, significando que maiores valores de condutividade estão relacionados com a redução da integridade das membranas, comprometendo diretamente o desenvolvimento das plântulas, pois sementes menos vigorosas têm membranas mal estruturadas e células danificadas, o que está associado com o processo de deterioração, demonstrando ser o teste mais sensível para a separação de lotes nesse estudo. O teste de condutividade elétrica também foi sensível para separar lotes de sementes de couve-flor, com uma correlação negativa quanto ao desempenho das plântulas quando houve aumento na concentração de lixiviados na solução de embebição (PAIVA et al., 2005), embora a condutividade elétrica seja mais estudada para sementes de ervilha (CUSTÓDIO, 2005).

Tabela 2 - Coeficientes de correlação simples (r) entre dados dos testes de emergência (EMP), germinação (G), primeira contagem (PC), atividade respiratória (AR), condutividade elétrica (CE) de 3 e 24 horas de embebição e comprimento da parte aérea (CPA) e das raízes (CR) de diferentes lotes de sementes de melancia, cultivar 'Crimson sweet'.

Testes	EMP	G	PC	AR	CE 24h	CE 3h	CPA
CR	0,555*	0,546**	0,701**	0,100 <sup>ns</sup>	-0,770**	-0,783**	0,651**
CPA	0,357 <sup>ns</sup>	0,479*	0,463*	0,017 <sup>ns</sup>	-0,322 <sup>ns</sup>	-0,342 <sup>ns</sup>	
CE 3h	-0,399*	0,557**	-0,619**	-0,442*	0,998**		
CE 24h	-0,397*	0,559**	-0,617**	-0,441*			
AR	-0,031 <sup>ns</sup>	0,175 <sup>ns</sup>	-0,251 <sup>ns</sup>				
PC	0,387*	0,802**					
TG	0,267 <sup>ns</sup>						

<sup>ns</sup>, \*, \*\*, não significativo e significativo a 5 e 1%, respectivamente.

Nas sementes do lote 3 (Tabela 1), devido ao menor grau de umidade, provavelmente, pode ter ocorrido dano de embebição e, com isso, ter aumentado a liberação de eletrólitos das sementes para a água de embebição, pois demandou maior tempo para a reorganização das membranas celulares. Isso o caracterizou como o lote menos vigoroso, o que também está de acordo com o observado por ALMEIDA et al. (2010) em sementes de melancia, pois o lote de menor grau de umidade revelou ter o pior potencial fisiológico.

Para o teste de emergência de plântulas, não houve diferença significativa, mesmo assim os resultados foram inferiores aos do teste de germinação, podendo estar relacionado às condições não ideais de temperatura (dados não apresentados) na casa de vegetação durante a condução do experimento.

A correlação simples entre condutividade elétrica e emergência de plântulas (Tabela 2) foi negativa, significando que aumento nos valores de condutividade elétrica está relacionado à redução da porcentagem de emergência das plântulas. Portanto, o aumento nos índices de condutividade elétrica implica a maior concentração de solutos liberados das sementes e, conseqüentemente, acarreta reduções da qualidade fisiológica, o que está de acordo com o observado por MARTINS et al. (2002).

Embora o teste de atividade respiratória (Tabela 1) tenha possibilitado a separação dos lotes de sementes mediante a quantidade de CO<sub>2</sub> liberada durante a respiração, não houve uma correlação significativa (Tabela 2) com os outros testes de vigor, indicando a independência dos resultados. Em sementes de soja, MENDES et al. (2009) constataram a eficiência desse teste para a separação de três lotes e os resultados foram relacionados aos outros testes de vigor, no entanto, é importante destacar que a porcentagem de germinação entre os lotes estudados teve uma variação de 36%, enquanto, para as sementes de melancia, foi de apenas 10%. Provavelmente, devido ao percentual de germinação das sementes de melancia ter uma variação pequena entre os lotes, não foi possível detectar diferenças marcantes entre eles, como pode ser observado pela atividade respiratória.

Entre lotes de sementes com alta qualidade, praticamente não há diferença no potencial de germinação. No entanto, diferem quanto ao vigor, pois, em lotes de menor qualidade fisiológica, geralmente, há redução na velocidade de reconstrução das membranas durante a embebição, resultando em menores taxas respiratórias, devido ao menor número e/ou eficiência das mitocôndrias, enquanto que nos lotes mais vigorosos é observado

o contrário. Portanto, constata-se maior atividade de respiratória (MARCOS FILHO, 2005).

A eficiência do teste de atividade respiratória para detectar diferenças de vigor entre lotes de sementes também foi constatada por DODE et al. (2012) para girassol, concluindo que pode ser utilizado para esse fim, sendo considerado promissor para identificar diferenças na qualidade fisiológica de sementes, além de ser um teste rápido, simples e de baixo custo. Porém, é válido destacar que os referidos autores obtiveram diferenças marcantes entre a porcentagem de germinação dos lotes variando de 10 a 90%, enquanto no presente estudo foi apenas de 87 a 97%, e provavelmente por isso facilitou a correlação da atividade respiratória com os demais testes de vigor.

O teste de atividade respiratória, por meio do método de Pettenkofer, bem como o da titulação foram eficientes para a estratificação de lotes de sementes de pimenta e pimentão, demonstrando que os mais vigorosos liberam maiores taxas de CO<sub>2</sub> por grama de semente por hora, quando comparados com aqueles de menor vigor, sendo observada também a correlação entre os demais testes para as duas espécies avaliadas (PEREIRA, 2012).

Alterações responsáveis pela queda de vigor provocam redução da atividade respiratória e das enzimas, pois, em pesquisas, também tem sido observado que mitocôndrias em sementes secas têm um sistema de membranas desorganizado, portanto, precisam de um período de hidratação para se tornarem eficientes na fosforilação oxidativa. Tomando como base essa descrição, o desempenho de um lote pode ser visualizado como consequência do período de tempo necessário para que as mitocôndrias fiquem mais eficientes, passem a executar suas funções respiratórias e o sistema de membranas se torne melhor organizado (MARCOS FILHO, 2005).

Embriões viáveis têm suas mitocôndrias íntegras, cuja atividade respiratória aumenta com o início da embebição, o que torna essas organelas mais eficientes no processo de produção de trifosfato de adenosina (ATP), demandando, para isso, maior consumo de oxigênio e, conseqüentemente, elevação na produção de gás carbônico (BEWLEY & BLACK, 1994). Partindo dessa premissa, supõe-se que lotes de sementes mais vigorosos respiram mais que os menos vigorosos no mesmo período de tempo.

No presente estudo, não houve eficiência do teste de atividade respiratória para avaliar a qualidade fisiológica das sementes de melancia, possivelmente porque não é sensível em diferenciar lotes de alta qualidade (Tabela 1). Além disso, não houve correlação deste teste com o de emergência,

o qual é considerado padrão para avaliar o potencial fisiológico das sementes.

Portanto, os testes mais sensíveis na separação dos lotes de sementes de melancia foram primeira contagem de germinação, comprimento de raízes e condutividade elétrica, enquanto o teste de atividade respiratória apenas permitiu uma correlação negativa com a condutividade elétrica. Isso significa que o teste de atividade respiratória é inversamente proporcional à condutividade elétrica, ou seja, quanto menor a quantidade de CO<sub>2</sub> liberado durante a respiração celular maior é a liberação de líquidos para a solução de embebição e, conseqüentemente, menor potencial de desempenho fisiológico das sementes.

## CONCLUSÃO

A atividade respiratória permite a separação dos lotes de sementes de melancia, no entanto, não há correlação positiva e significativa com os demais testes de vigor.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A.S. et al. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de melancia. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v.17, n.1, p.68-77, 2010. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fzva/article/view/6115>>. Acesso em: 15 nov. 2011.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSIS (AOSA). **Seedvigour handbook**. The handbook of seed testing. East Lansing, 1983. 88p.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum, 1994. 445p.
- BHERING, M.C. et al. Avaliação do vigor de sementes de melancia (*Citrullus lanatus* Schrad) pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.25, n.2, p.1-6, 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-31222003000400001&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222003000400001&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 15 nov. 2011. doi: 10.1590/S0101-31222003000400001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de sementes**. Secretária de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.
- CUSTÓDIO, C.C. Testes rápidos para avaliação do vigor de sementes: uma revisão. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v.1, n.1, p.29-41, 2005. Disponível em: <<http://revistas.unoeste.br/revistas/ojs/index.php/ca/article/view/86>>. Acesso em: 15 nov. 2011. doi: 10.5747/ca.2005.v01.n1.a005.
- DAN, E.L. et al. Transferência de matéria seca como método de avaliação do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.9, n.3, p.45-55, 1987. Disponível em: <<http://www.abrates.org.br/revista/artigos/1987/v9n3/artigo05.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2011.
- DODE, J.S. et al. Teste de respiração para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de girassol. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.34, n.4, p.686-691, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbs/v34n4/21.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2013. doi: 10.1590/S0101-31222012000400021.
- DODE, J.S. et al. Teste de respiração em sementes de soja para avaliação da qualidade fisiológica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.2, p.193-198, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v43n2/a3613cr5997.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2013. doi: 0103-8478.
- FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323p.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYŻANOWSKI, F.C. et al. (Ed.). **Vigor de sementes: conceito e testes**. Londrina: Abrates, 1999. Cap.1, p.1-21.
- MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2007. 469p.
- MARTINS, C.C. et al. Comparação entre métodos para a avaliação do vigor de lotes de sementes decouve-brócolis (*Brassica oleracea* L. Var. *italica* Plenck). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.24, n.2, p.96-101, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbs/v24n2/v24n2a16.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2011. doi: 10.1590/S0101-31222002000100016.
- MENDES, C.R. et al. Respiratory activity for the differentiation of vigor on soybean seeds lots. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.31, n.2, p.171-176, 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-31222009000200020&lng=pt&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222009000200020&lng=pt&nrm=iso&tlng=en)>. Acesso em: 15 nov. 2011. doi: 10.1590/S0101-31222009000200020.
- MÜLLER, L.E. **Manual de laboratório de fisiologia vegetal**. Turrialba, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas de la O.E.A., 1964. 165p.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseado no desempenho das plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F.C. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. Cap.2, p.1-24.
- PAIVA, A.S. et al. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de couve-flor. **Científica**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.103-105, 2005. Disponível em: <<http://www.cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/71>>. Acesso em: 15 nov. 2011.
- PEREIRA, E.M. **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pimenta e pimentão por meio da atividade respiratória**. 2012. 69f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Lavras: Universidade Federal de Lavras, MG.
- VIEIRA, R.D.; KRZYŻANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYŻANOWSKI, F.C. (Ed.). **Vigor de sementes: conceito e testes**. Londrina: Abrates, 1999. Cap.4, p.1-26.