

# AVALIAÇÃO DE DANOS MECÂNICOS EM SEMENTES DE FEIJÃO POR MEIO DA ANÁLISE DE IMAGENS<sup>1</sup>

VITOR HENRIQUE VAZ MONDO<sup>2</sup>, FRANCISCO GUILHIEN GOMES JUNIOR<sup>3</sup>,  
TÚLIO LOURENÇO PUPIM<sup>4</sup>, SILVIO MOURE CICERO<sup>5</sup>

**RESUMO** - Dentro do processo de produção de sementes, a ocorrência de danos mecânicos assume grande relevância quanto à perda de qualidade das sementes. Nesse contexto, sementes de feijão da variedade cultivada IAC-Carioca foram submetidas a diferentes números e pressões de impactos mecânicos, utilizando uma máquina simuladora de impactos. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado e os tratamentos foram definidos a partir do esquema fatorial 2 x 2 x 4 entre época de avaliação (antes e após o armazenamento), pressão de impacto (551,6KPa e 965,3KPa) e número de impactos (0 ou testemunha, 1, 3 e 5 impactos consecutivos) contra uma superfície metálica posicionada a uma distância de 30cm. As sementes foram avaliadas por meio de análise de imagens, utilizando-se imagens fotográficas e de raios X. Paralelamente, também, foram realizados os testes de germinação e de vigor (primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado e teste de frio), anteriormente e após quatro meses de armazenamento. A análise conjunta dos resultados permitiu concluir que o aumento do número e da pressão de impacto está diretamente relacionado à perda do potencial fisiológico da semente de feijão, sendo que o aumento da intensidade proporciona decréscimos maiores e imediatos. Os danos mecânicos ocasionados com a pressão de impacto mais baixa exercem efeitos danosos à semente dependendo da região atingida durante o impacto, porém, em alta pressão de impacto, os prejuízos ao potencial fisiológico são mais acentuados e aumentam significativamente na medida em que se aumenta o número de impactos da semente. A técnica de análise de imagens é de grande utilidade na avaliação de danos mecânicos em sementes de feijão.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris*, raios X, germinação, vigor.

## EVALUATION OF MECHANICAL DAMAGES ON BEAN SEEDS BY IMAGE ANALYSIS

**ABSTRACT** - Bean seed (*Phaseolus vulgaris* L.) quality is greatly affected by harvesting, drying, handling and storage activities during the seed production process. In these operations, seeds collide repeatedly against metal surfaces predisposing them to mechanical damage. In this context, this investigation studied the effect of the amount and different impact pressures on bean seed quality. Seeds from one lot of the IAC-Carioca dry bean cultivar were thrown by means of an air jet at two different pressures (551.6 and 965.3 KPa) one, three and five times against a metal surface

<sup>1</sup>Submetido em 03/01/2008. Aceito para publicação em 24/07/2008.

<sup>2</sup>Eng. Agr., pós-graduando do Departamento de Produção Vegetal, USP/ESALQ, bolsista CAPES, [vhmundo@yahoo.com.br](mailto:vhmundo@yahoo.com.br); Caixa Postal 09; CEP 13418-900; Piracicaba, SP;

<sup>3</sup>Eng. Agr., pós-graduando do Departamento de Produção Vegetal, USP/ESALQ, bolsista FAPESP, [fggjunio@esalq.usp.br](mailto:fggjunio@esalq.usp.br); Caixa Postal 09; CEP 13418-900; Piracicaba, SP;

<sup>4</sup>Eng. Agr., pós-graduando do Departamento de Produção Vegetal, USP/ESALQ, bolsista CNPq, [tuliopupim@yahoo.com.br](mailto:tuliopupim@yahoo.com.br); Caixa Postal 09; CEP 13418-900; Piracicaba, SP;

<sup>5</sup>Eng. Agr., Dr., Professor Titular, Departamento de Produção Vegetal, USP/ESALQ; bolsista do CNPq; Caixa Postal 09; CEP 13418-900; Piracicaba, SP; [smcicero@esalq.usp.br](mailto:smcicero@esalq.usp.br)

positioned at a distance of 30cm. A factorial scheme was used with two evaluation times (before and after storage), two pressures and three numbers of impacts. Mechanical damage was evaluated by image analysis using X-rays of the seeds and digital photographs of the seedlings. Seed physiological quality was evaluated by germination and vigor tests before and after four months storage. The results showed a direct relationship between the increase in the amount and pressures of impact and the decrease in seed physiological quality; the impact pressure provided more severe and immediate effects than the number of impacts. The image analysis technique allowed the understanding of the effect of the mechanical damage that appeared inside the seeds. In this way image analysis proved to be an interesting technique to study mechanical damage in bean seeds.

Index terms: *Phaseolus vulgaris*, X-ray, germination, vigor.

## INTRODUÇÃO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) exerce um importante papel na alimentação da população brasileira, sendo a principal fonte de proteína de origem vegetal, principalmente para a população de baixa renda, fornecendo ainda ferro, carboidratos e fibras (Lima et al., 2003). Além disso, apresenta relevante papel sócio-econômico, abrangendo grandes áreas de cultivo e numerosa mão-de-obra. Atualmente, essa cultura passa por uma fase de tecnificação, desde o desenvolvimento de novos materiais genéticos e o uso de sementes certificadas até o aprimoramento de técnicas de colheita mecanizada.

Nesse contexto, a mecanização além de trazer relevantes benefícios para a eficiência do processo produtivo traz, também, uma grande atenção quanto à ocorrência de danos mecânicos durante o processo de produção de sementes, tanto na etapa da colheita quanto no beneficiamento. Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), a injúria mecânica é apontada pelos tecnologistas de sementes como um dos mais sérios problemas da produção de sementes, sendo na sua maior parte, consequência da mecanização das atividades agrícolas e constitui um problema praticamente inevitável, mesmo com perfeita regulação das máquinas, causando danos em menor ou maior intensidade.

A importância dos danos mecânicos em sementes de feijão tem sido destacada por vários pesquisadores (Andrade et al., 1998; Andrade et al., 1999a; Andrade et al., 1999b; Souza et al., 2002). Assim, como a semente de soja (França Neto e Henning, 1984), a semente de feijão é muito sensível a danos mecânicos, visto que o eixo embrionário está situado sob um tegumento pouco espesso que praticamente não lhe confere proteção. Segundo Andrade et al. (1998), a região do hilo das sementes é a mais sensível ao impacto.

Pesquisas nesta linha têm sido feitas por meio do uso de dispositivos para provocar danos de forma controlada em sementes (Andrade et al., 1998; Andrade et al., 1999a; Obando-Flor et al., 2004). Chaves et al. (1992), trabalhando com sementes de soja, estudaram o efeito de múltiplos impactos localizados na qualidade das sementes, constatando que o efeito acumulativo dos impactos é prejudicial ao seu potencial fisiológico. Além disso, Andrade et al. (1998) verificaram que o aumento da velocidade de impacto, também, proporciona decréscimos no potencial fisiológico das sementes.

Outra técnica importante atualmente utilizada para o estudo de danos mecânicos em sementes é a análise de imagens (Cicero et al., 1998; Carvalho et al., 1999; Cicero e Banzatto-Junior, 2003; Obando-Flor et al., 2004), que é considerada rápida, precisa e não destrutiva, o que permite o estudo externo e interno das sementes além de permitir o estabelecimento de relações de causa e efeito.

O objetivo desta pesquisa foi o de avaliar, por meio da técnica de análise de imagens, o efeito do número e da pressão de impacto em sementes de feijão, e seus reflexos no potencial fisiológico.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Análise de Sementes e no Laboratório de Análise de Imagens, ambos pertencentes ao Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, em Piracicaba, SP, durante o período de agosto de 2006 a julho de 2007.

Foram utilizadas sementes da variedade cultivada IAC Carioca produzidas no ano de 2006. Previamente a realização

dos danos mecânicos e após o armazenamento as sementes foram caracterizadas quanto ao teor de água, utilizando-se o método de estufa a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  por 24 horas, segundo metodologia descrita nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

Os danos nas sementes foram provocados com a utilização da máquina simuladora de impactos “Impact Simulator – Model 2000”, onde as sementes foram arremessadas, com um jato de ar comprimido, contra uma chapa de aço inoxidável distante 30cm da entrada do jato de ar. Os danos foram provocados em diferentes regiões das sementes simulando uma situação real no processo de produção de sementes.

Para a caracterização dos danos mecânicos foi utilizada a técnica de análise de imagens. Primeiramente foram realizados os testes de raios X utilizando-se 50 sementes de cada tratamento, após a realização dos danos e antes do armazenamento, que foram colocadas sobre um recipiente plástico transparente especialmente desenvolvido para a condução da análise; as sementes foram numeradas de acordo com a posição ocupada no recipiente, de maneira que pudessem ser identificadas nas determinações posteriores. O recipiente foi colocado diretamente sobre um filme de raios X (Kodak MIN-R 2000, tamanho de 18 x 24cm), a uma distância de 35cm da fonte de raios X. As imagens foram obtidas com intensidade de 25kV e 40 segundos de exposição, utilizando-se o equipamento FAXITRON X-Ray, modelo MX-20. A revelação do filme de raios X foi efetuada numa processadora Hope X-Ray, modelo 319 Micromax. Em seguida, as imagens dos filmes de raios X foram capturadas por um Scanner Umax, modelo Powerlook 1100, para ampliação e visualização em computador. Posteriormente, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, que foi conduzido com as sementes de cada tratamento, previamente numeradas e identificadas, distribuídas em grupos de 10, sendo duas fileiras de cinco sementes espaçadas, sobre duas folhas de papel-toalha “Germitest”, no terço superior do substrato, para permitir o desenvolvimento das plântulas de maneira individualizada, cobertas com mais uma folha de papel-toalha e enroladas; as folhas de papel foram umedecidas com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa das mesmas. Os rolos foram acondicionados em germinador e mantidos à temperatura de  $25^\circ\text{C}$ . Decorridos quatro dias após a instalação do teste, as plântulas normais, anormais e as sementes mortas foram retiradas do substrato e fotografadas por uma câmera digital Nikon, modelo D1, acoplada ao computador. Dessa forma, as sementes foram examinadas internamente para verificar

a ocorrência de danos mecânicos, de maneira similar à adotada por Cicero et al. (1998), Carvalho et al. (1999), Cicero e Banzatto Junior (2003) e Obando-Flor et al. (2004). As imagens foram disponibilizadas no computador juntamente com a imagem da plântula ou da semente morta relativa àquela semente. Desta maneira, todas as imagens puderam ser examinadas simultaneamente na tela do monitor, permitindo fazer um diagnóstico para cada semente.

A avaliação do potencial fisiológico das sementes foi realizada imediatamente após a realização dos danos mecânicos e após 120 dias de armazenamento em ambiente sem controle de temperatura e umidade relativa do ar, utilizando-se embalagens porosas. Assim, foram conduzidos os testes de germinação e de vigor, com a finalidade de avaliar as possíveis diferenças de potencial fisiológico entre os tratamentos. Para tanto, foram utilizados os testes descritos a seguir.

**Teste de germinação:** foi conduzido distribuindo-se 50 sementes sobre duas folhas de papel-toalha “Germitest”, cobertas com mais uma folha de papel-toalha e enroladas; as folhas de papel foram umedecidas com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa das mesmas. Os rolos foram acondicionados em germinador e mantidos à temperatura de  $25^\circ\text{C}$ . A avaliação foi realizada aos quatro e sete dias após a instalação do teste, contabilizando-se as plântulas normais, anormais e as sementes mortas, de acordo com as recomendações descritas nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

**Teste de frio:** foi utilizado o teste de frio com terra, onde as sementes foram semeadas em caixas plásticas com dimensões de 47 x 30 x 11cm, em quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento. O substrato foi constituído de 2/3 de areia e 1/3 de terra proveniente de área cultivada com feijão e irrigado com água até atingir 60% da sua capacidade de retenção. Em seguida, as caixas foram colocadas em câmara fria ( $10^\circ\text{C}$ ), onde permaneceram por sete dias. Decorrido esse prazo, as caixas foram retiradas e colocadas em condições de ambiente não controlado, onde permaneceram por sete dias, quando foi realizada a contagem de plântulas emersas conforme descrição de Miguel e Cicero (1999).

**Teste de envelhecimento acelerado:** foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes e colocadas sobre tela de alumínio, distribuídas em uma única camada, em caixas plásticas transparentes (10 x 10 x 3cm) contendo no fundo 40mL de água destilada. As caixas foram tampadas e mantidas em uma incubadora do tipo BOD regulada a  $41^\circ\text{C}$

durante 72 horas (Scappa Neto et al., 2001). Após esse período de envelhecimento, as sementes foram submetidas ao teste de germinação (Brasil, 1992), com uma única avaliação aos quatro dias, computando-se a porcentagem média de plântulas normais.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado e os tratamentos foram definidos a partir do esquema fatorial 2 x 2 x 4 entre épocas de avaliação (antes e após o armazenamento), pressões de impacto (551,6KPa e 965,3KPa) e número de impactos da semente contra uma superfície metálica (0 ou testemunha, 1, 3 e 5 impactos consecutivos).

Para a análise estatística utilizou-se o Sistema de Análise Estatística para Microcomputadores - SANEST (Zonta e Machado, 1984). Aplicou-se teste F para a análise da variância. Na ocorrência de efeitos significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, com 5% de significância. Os dados percentuais foram previamente transformados por  $\arcsen\sqrt{\frac{x}{100}}$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de água das sementes, determinado previamente aos danos mecânicos, apresentou valores entre 10,1% e 10,7%, e após o armazenamento entre 13,9% e 14,5%, constatando-se pouca variação entre os tratamentos.

A partir da análise da variância foram identificados, isoladamente, efeitos de época, pressão e número de impactos para todas as variáveis. Ainda, observaram-se resultados significativos para a interação dos parâmetros número e pressão de impactos para todos os testes fisiológicos e, entre os parâmetros época e número de impactos para o teste de frio. A interação tripla não foi significativa para nenhuma das variáveis estudadas.

Para os resultados dos testes de germinação, primeira contagem de germinação e envelhecimento acelerado, apresentados na Tabela 1, observou-se decréscimo do potencial fisiológico das sementes após o armazenamento. Assim, ficou constatado o efeito prejudicial dos danos mecânicos sobre potencial fisiológico das sementes durante o armazenamento, caracterizando o efeito latente desses danos mecânicos. Esse efeito é mais acentuado que o efeito imediato, pois a injúria reduz, durante o armazenamento, o vigor das sementes (Carvalho e Nakagawa, 2000).

Já para os resultados do teste de frio houve interação da época de avaliação e do número de impactos e, observando-

se os resultados para esse teste na Tabela 2, constatou-se o efeito da perda de vigor das sementes com o aumento progressivo do número de impactos, tanto para a primeira quanto para a segunda época de avaliação. No entanto, o efeito de elevado número de impactos, três e cinco, foi severamente prejudicial, contribuindo para a redução acentuada do vigor das sementes nas duas épocas de avaliação.

**TABELA 1. Germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG) e envelhecimento acelerado (EA) em sementes de feijão antes e após o armazenamento.**

Época	G (%)	PCG (%)	EA (%)
Antes do armazenamento	85 <sup>1</sup>	71	49
Após o armazenamento	77	50	41

<sup>1</sup> Os valores, em cada coluna, diferem entre si pelo teste F, a 5% de probabilidade; os dados representam a média de quatro níveis de intensidade de danos mecânicos e duas pressões de impacto, dentro de cada época de avaliação.

**TABELA 2. Interação entre número de impactos e época de avaliação do teste de frio (%) em sementes de feijão.**

Época	Número de impactos <sup>1</sup>			
	0	1	3	5
Antes do armazenamento	81aA <sup>2</sup>	66aB	54aC	40aD
Após o armazenamento	66bA	57bAB	48aBC	45aC

<sup>1</sup> Vezes em que as sementes foram lançadas contra uma placa metálica; <sup>2</sup>médias seguidas por mesma letra minúscula dentro de cada coluna e mesma letra maiúscula dentro de cada linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em 5% de probabilidade.

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados dos testes fisiológicos na interação entre o número de impactos e a pressão de impacto. Observou-se que os valores de germinação das sementes que sofreram impactos com a menor pressão passaram a diferenciar da testemunha a partir de três impactos consecutivos, porém, apenas com cinco impactos as sementes passaram a ter germinação abaixo de 80%, que é o padrão mínimo de comercialização (Brasil, 2005). No entanto, quando utilizada à maior pressão, a ocorrência de apenas um impacto foi suficiente para proporcionar valores de germinação abaixo do padrão mínimo de comercialização.

**TABELA 3. Interação entre número e pressão de impacto em sementes de feijão para as avaliações de germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), envelhecimento acelerado (EA) e teste de frio (TF).**

Número de impactos <sup>1</sup>	G (%)		PCG (%)		EA (%)		TF (%)	
	P1 <sup>2</sup>	P2 <sup>3</sup>	P1	P2	P1	P2	P1	P2
0	93aA <sup>4</sup>	93aA	79aA	79aA	60aA	60aA	74aA	74aA
1	89abA	75bB	75aA	58bB	56aA	50bA	63bA	60bA
3	85bA	65cB	60bA	43cB	51aA	28cB	58bcA	44cB
5	75cA	62cB	53bA	35cB	39bA	19cB	52cA	34cB

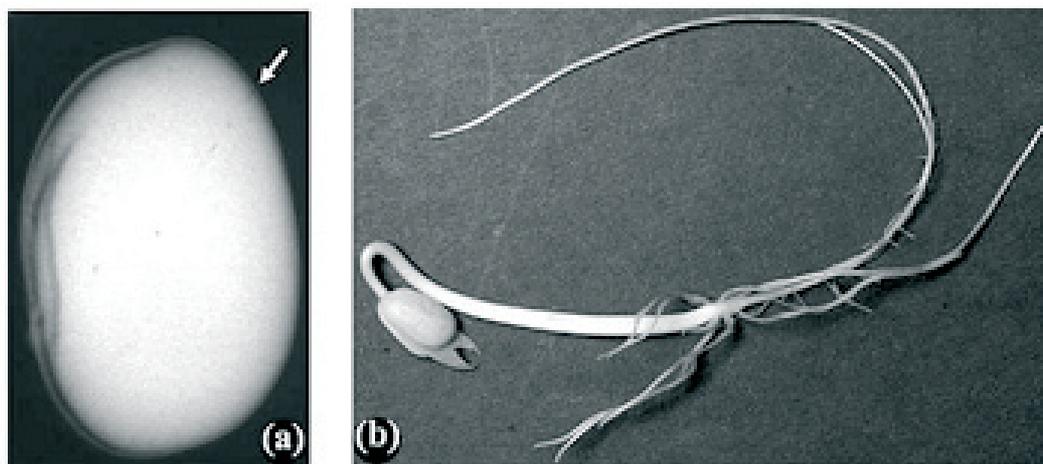
<sup>1</sup> Vezes em que as sementes foram lançadas contra uma placa metálica; <sup>2</sup> P1: pressão de impacto de 551,6KPa; <sup>3</sup> P2: pressão de impacto de 965,3KPa; <sup>4</sup> médias seguidas por mesma letra minúscula dentro de cada coluna e mesma letra maiúscula dentro de cada linha, para cada avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em 5% de probabilidade.

De maneira geral, os resultados dos testes de vigor apresentaram a mesma tendência dos resultados do teste de germinação, sendo que um menor número de impactos na maior pressão resultou em perdas mais significativas de potencial fisiológico. Assim, o efeito acumulativo dos danos mecânicos em sementes de feijão, mesmo ocasionados com a menor pressão, proporcionou perdas significativas da qualidade. Esses resultados confirmam os apresentados por Chaves et al. (1992) em trabalho realizado com sementes de soja e Almeida et al. (2004) com sementes de feijão *Vigna*.

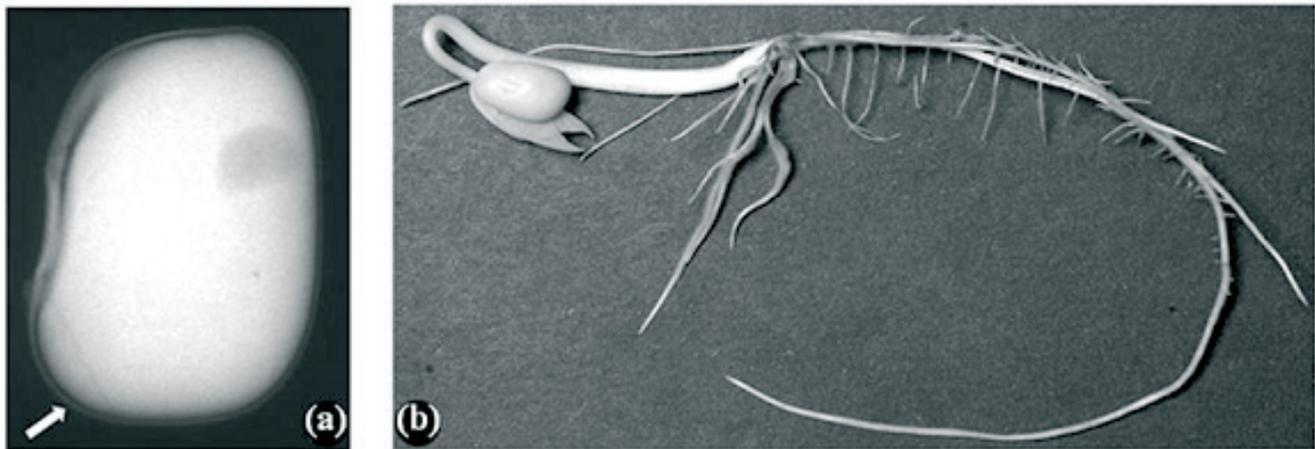
A partir desses resultados, constatou-se que o aumento da pressão de impactos teve maior influência na perda do potencial fisiológico das sementes do que o número de impactos. Esses resultados confirmam os obtidos por Andrade et al. (1998) e Andrade et al. (1999b), evidenciando a relevância da intensidade do impacto nas sementes sobre a perda de potencial fisiológico. Carvalho e Nakagawa (2000), também, destacaram a importância do número e da

intensidade de impactos para a perda de potencial fisiológico das sementes.

Para uma análise mais detalhada, a técnica de análise de imagens teve importante utilidade, visto que foi possível identificar o local e a severidade dos danos nas sementes e, sendo essa uma técnica não destrutiva, possibilitou estabelecer relações de causa e efeito, após a instalação do teste de germinação. Na Figura 1a pode ser observado, em imagem de raios X, o dano mecânico resultante de um impacto com a pressão mais baixa, ocorrendo no cotilédone no lado oposto ao eixo embrionário e sendo pouco propagado através da semente, não exercendo efeito na germinação, resultando, portanto, no desenvolvimento de plântula normal (Figura 1b). Efeito semelhante pode ser observado na Figura 2a, na qual o dano mecânico mesmo atingindo uma região da semente próxima ao eixo embrionário, pouco se propagou, restringindo a fissura apenas ao cotilédone, resultando em uma plântula normal (Figura 2b).



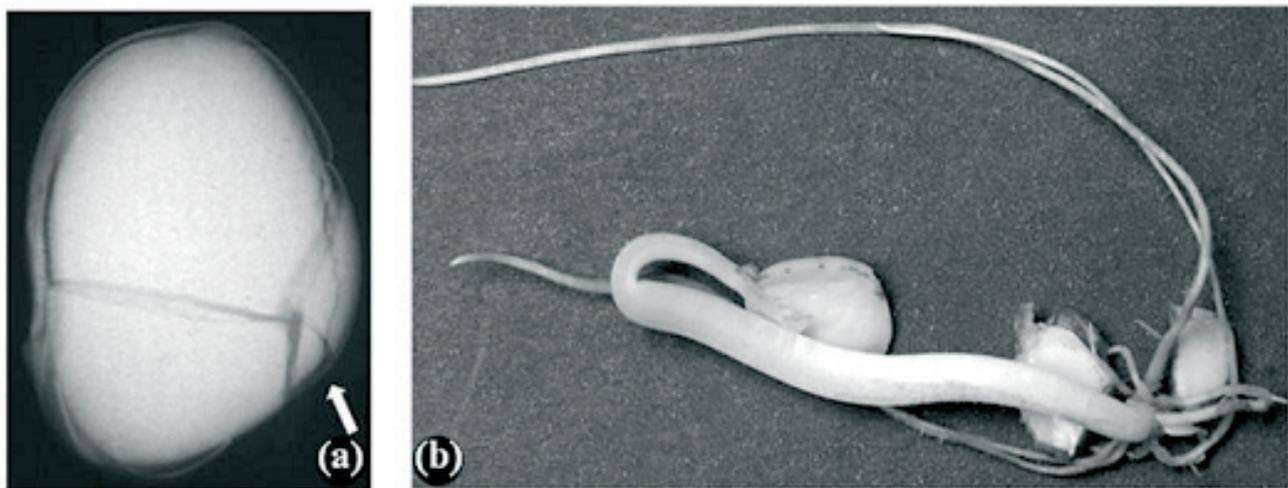
**FIGURA 1. Semente submetida a um impacto a 551,6KPa, resultando em dano mecânico no lado oposto ao eixo embrionário; imagem de raios X (a) e fotografia da plântula normal resultante (b).**



**FIGURA 2.** Semente que sofreu três impactos a 551,6KPa, resultando em dano mecânico no cotilédone, próximo ao eixo embrionário, porém sem atingi-lo; imagem de raios X (a) e fotografia da plântula normal resultante (b).

Quando se utilizou a pressão mais alta de impacto, os danos passaram a ser mais pronunciados nas sementes e visíveis nas imagens de raios X. Na Figura 3a está apresentada a imagem de raios X de uma semente que sofreu um único impacto com a pressão mais alta. Nessa situação o dano, mesmo ocasionado do lado oposto ao eixo embrionário, propagou-se por todo o cotilédone, atingindo

o eixo embrionário da semente, resultando em uma plântula anormal após a germinação (Figura 3b). Esse mesmo tipo de dano mecânico é observado na Figura 4a, na qual é possível identificar dois pontos de incidência do dano mecânico e a sua propagação através da semente, devido a alta pressão de impacto com a qual foi ocasionado, resultando em uma plântula anormal (Figura 4b).



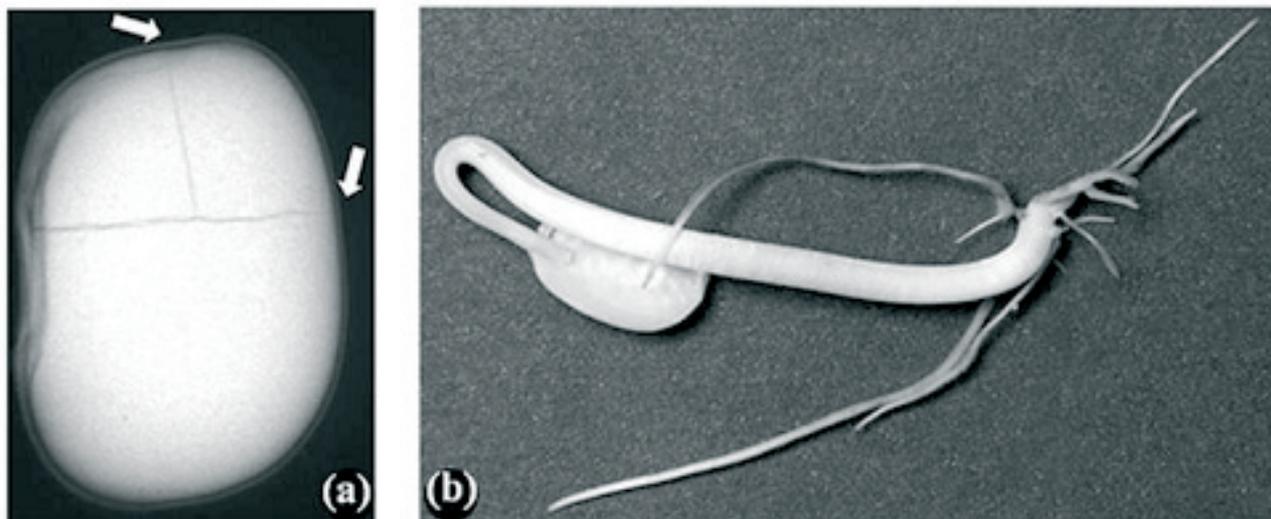
**FIGURA 3.** Semente submetida a um impacto a 965,3KPa, resultando em dano mecânico severo nos cotilédones e eixo embrionário; imagem de raios X (a) e fotografia da plântula anormal resultante (b).

Por outro lado, ao analisar a Figura 5a, na qual está apresentada a imagem de raios X de uma semente que sofreu cinco impactos com a pressão mais baixa, observa-se um

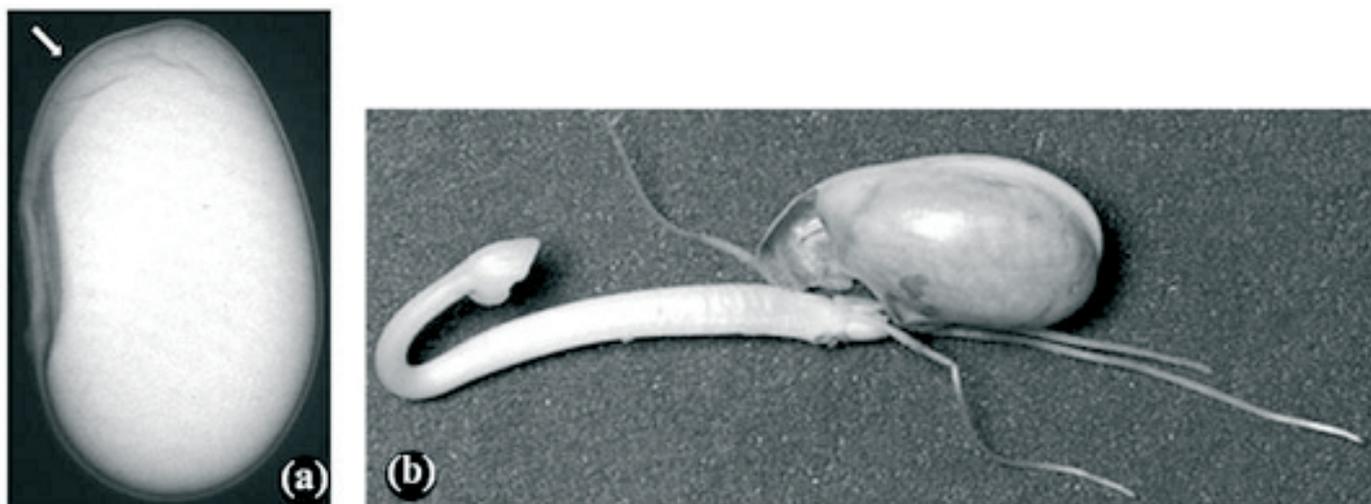
dano mecânico ocorrido diretamente no eixo embrionário, o que proporcionou um efeito imediato à germinação da semente, resultando em uma plântula anormal (Figura 5b).

Desta forma, verificou-se que dependendo da região onde ocorreu o impacto, mesmo provocado com a menor pressão

e tendo pequena propagação, esse afetou negativamente o potencial fisiológico da semente.



**FIGURA 4.** Semente submetida a cinco impactos a 965,3KPa, resultando em danos mecânicos severos nos cotilédones e no eixo embrionário; imagem de raios X (a) e fotografia da plântula anormal resultante (b).



**FIGURA 5.** Semente submetida a cinco impactos a 551,6KPa, resultando em dano mecânico severo no eixo embrionário; imagem de raios X (a) e fotografia da plântula anormal resultante (b).

Sabe-se que as sementes de feijão, por apresentarem o eixo embrionário relativamente exposto e tegumento pouco espesso, são bastante susceptíveis a danos mecânicos. Assim, há seguramente, nesse caso, influência do local de impacto,

independentemente da pressão com qual foi ocasionado o dano, concordando com os resultados de Andrade et al. (1998).

## CONCLUSÕES

O aumento do número e da pressão de impacto está diretamente relacionado à perda do potencial fisiológico da semente de feijão, sendo que o aumento da intensidade proporciona decréscimos maiores e imediatos.

Os danos mecânicos ocasionados com a pressão de impacto mais baixo exercem efeitos danosos à semente dependendo da região atingida durante o impacto, porém, em alta pressão de impacto, os prejuízos ao potencial fisiológico são mais acentuados e aumentam significativamente na medida em que se aumentam o número de impactos da semente.

A técnica de análise de imagens é de grande utilidade na avaliação de danos mecânicos em sementes de feijão.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.A.C.; FIGUEIREDO-NETO, A.; COSTA, R.F. da; GOUVEIA, J.P.G. de; OLIVEIRA, M.E.C. Danos mecânicos em sementes de feijão *Vigna*, causados pelas operações na unidade de beneficiamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.2/3, p.254-259, 2004.
- ANDRADE, E.T.; CORRÊA, P.C.; ALVARENGA, E.M.; MARTINS, J.H. Efeitos de danos mecânicos controlados sobre a qualidade fisiológica de sementes de feijão durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.23, n.2, p.41-51, 1998.
- ANDRADE, E.T.; CORRÊA, P.C.; ALVARENGA, E.M.; MARTINS, J.H. Efeito do impacto mecânico controlado sobre a qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Engenharia na Agricultura**, v.7, n.3, p.148-159, 1999a.
- ANDRADE, E.T.; CORRÊA, P.C.; ALVARENGA, E.M. Avaliação de danos mecânicos em sementes de feijão por meio de condutividade elétrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.1, p.54-60, 1999b.
- BRASIL. Instrução Normativa nº24, de 16 de dezembro de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 de dezembro de 2005, nº 243, seção I, p.20.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da reforma agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- CARVALHO, M.L.M.; VAN AELST, A. C.; VAN ECK, J. W.; HOEKSTRA, F. A. Pre-harvest stress cracks in maize (*Zea mays* L.) kernels as characterized by visual, X-ray and low temperature scanning electron microscopical analysis: effect on kernel quality. **Seed Science Research**, v.9, n.3, p. 227-236, 1999.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- CHAVES, M.A.; MOREIRA, S.M.C.; ALVARENGA, L.C.; OLIVEIRA, L.M. Efeito de múltiplos impactos na germinação de três cultivares de sementes de soja. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.17, n. 1/2, p. 2-9, 1992.
- CICERO S. M.; VAN DER HEIJDEN, G. W. A. M.; VAN DER BURG, W. J.; BINO. R.J. Evaluation of mechanical damages in seeds of maize (*Zea mays* L.) by X-ray and digital imaging. **Seed Science and Technology**, v.26, n.3, p.603-612, 1998.
- CICERO, S.M.; BANZATTO-JUNIOR, H.L. Avaliação do relacionamento entre danos mecânicos e vigor, em sementes de milho, por meio da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, n.1, p.29-36, 2003.
- FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. **Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA – CNPSo, 1984. 39p. (Circular técnica, 9).
- LIMA, E.R.; GOMES JUNIOR, F.G.; TARSITANO, M.A.A.; RAPASSI, R.M.A.; SÁ, M.E. Custo de produção e lucratividade do feijoeiro da seca no município de Pereira Barreto, SP. **Cultura Agrônômica**, v.12, n.2, p.131-143, 2003.
- MIGUEL, M.H.; CICERO, S.M. Teste de frio na avaliação do vigor de sementes de feijão. **Scientia Agrícola**, v.56, n.4, p.1233-1243, Suplemento, out./dez. 1999.
- OBANDO FLOR, E.P.; CICERO, S.M.; FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C. Avaliação de danos mecânicos em sementes de soja por meio da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v.26, n.1, p.68-76, 2004.
- SCAPPA NETO, A.; BITTENCOURT, S.R.M.; VIEIRA, R.D.; VOLPE, C.A. Efeito do teor inicial de água de sementes de feijão e da câmara no teste de envelhecimento acelerado. **Scientia Agrícola**, v.58, n.4, p.747-751, out./dez. 2001.

SOUZA, C.M.A.; QUEIROZ, D.M.; MANTOVANI, E.C.; CECON, P.R. Efeito da colheita mecanizada sobre a qualidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.27, n.1, p.21-29, 2002.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. **Sanest-Sistema de análise estatística para microcomputadores**. Pelotas: UFPel-SEI, 1984. 138p.