

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

GUILHERME PIVA

**EFEITO DO SISTEMA DE TRILHA NA QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA
COLHIDAS MECANICAMENTE**

**Uberlândia – MG
Julho – 2007**

GUILHERME PIVA

**EFEITO DO SISTEMA DE TRILHA NA QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA
COLHIDAS MECANICAMENTE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: João Paulo A. Rodrigues da Cunha

**Uberlândia – MG
Julho - 2007**

GUILHERME PIVA

**EFEITO DO SISTEMA DE TRILHA NA QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA
COLHIDAS MECANICAMENTE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao curso de Agronomia, da Universidade
Federal de Uberlândia, para obtenção do
grau de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 06 de julho de 2007

Prof. Dr. João Paulo A. Rodrigues da Cunha
Orientador

Prof.^ª M.S. Gláucia de Fátima Moreira V. e Souza
Membro da Banca

Prof. Dr. Carlos Alberto Alves de Oliveira
Membro da Banca

AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial ao professor Dr. João Paulo Rodrigues da Cunha pela dedicação e esforço na conclusão deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	6
1 INTRODUÇÃO.....	7
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	9
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1 Localização do experimento.....	13
3.2 Período de execução.....	13
3.3 Máquinas utilizadas para avaliação.....	13
3.4 Delineamento experimental.....	13
3.5 Análises laboratoriais.....	14
3.6 Análise estatísticas.....	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
5 CONCLUSOES.....	20
REFERÊNCIAS.....	21

RESUMO

A colheita mecanizada de soja pode acarretar perdas quantitativas de sementes, que ficam na superfície do solo, e também perdas qualitativas, principalmente em virtude da energia de impacto envolvida no processo de trilha. O conhecimento dos tipos de perdas e onde elas ocorrem é indispensável para adotar regulagens menos prejudiciais às sementes e seleção adequada das máquinas. Visando a avaliar os danos causados na colheita mecanizada de soja, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade física e fisiológica de sementes de soja (*Glycine max* (L.)Merrill) colhidas mecanicamente por sistemas axial e convencional de trilha, em diferentes velocidades de avanço e rotações do cilindro trilhador. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, avaliando-se a germinação, o vigor e a injúria mecânica de sementes de soja colhidas por três diferentes colhedoras (cilindro convencional, rotor axial e rotor axial duplo), em duas velocidades de avanço (6,0 e 7,0 km h⁻¹) e duas rotações do cilindro trilhador. Considerou-se, para fins de análise estatística, o experimento em esquema fatorial 3 x 2 (três colhedoras e duas velocidades) para cada nível de rotação. A colhedora de cilindro convencional (TC 59) trabalhou com rotação do cilindro de 500 e 600 rpm, a de rotor axial (2388 Extreme), com 450 e 500 rpm, e a de rotor axial duplo (TR98), com 800 e 900 rpm. Nas condições em que o experimento foi conduzido, pode-se concluir que tanto a colhedora de cilindro de trilha radial, como as axiais, desde que convenientemente reguladas, não provocaram diferenças significativas na germinação e no vigor das sementes de soja. Com relação à injúria mecânica, as máquinas de fluxo axial mostraram-se superiores, promovendo menor percentagem de injúrias. A colhedora de duplo rotor axial apresentou comportamento similar a de rotor simples. O incremento da velocidade de deslocamento de 6,0 para 7,0 km h⁻¹ promoveu aumento da injúria mecânica, bem como redução do poder germinativo das sementes, nas menores rotações do cilindro trilhador. Variações da ordem de 100 rpm na rotação do cilindro, dentro das faixas recomendadas pelos fabricantes das máquinas, pouco influenciaram na qualidade da semente colhida.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição dos tratamentos avaliados.....	14
Tabela 2. Efeito do sistema de trilha e da velocidade de avanço no vigor de sementes de soja colhidas mecanicamente em duas rotações do cilindro trilhador.....	16
Tabela 3. Efeito do sistema de trilha e da velocidade de avanço na germinação de sementes de soja colhidas mecanicamente em duas rotações do cilindro trilhador.....	17
Tabela 4. Efeito do sistema de trilha e da velocidade de avanço na percentagem de injúria mecânica de sementes de soja colhidas mecanicamente em duas rotações do cilindro trilhador.....	18

1 INTRODUÇÃO

A colheita mecanizada de soja acarreta perdas quantitativas de sementes que ficam na superfície do solo e também perdas qualitativas para a soja comercializada como grão e semente. O conhecimento do tipo de perdas e onde elas ocorrem é indispensável para adotar regulagens menos prejudiciais à semente. As perdas qualitativas e os danos mecânicos compreendem as sementes quebradas, trincadas, rachadas e a redução na sua germinação e vigor. Os danos mecânicos se manifestam não só pela aparência física das sementes afetadas, como também pelas conseqüências provocadas pelos danos internos sobre a qualidade fisiológica das mesmas. Segundo Araújo (1995), o mecanismo de debulha ou trilha é o principal responsável pela danificação mecânica das sementes. O autor cita ainda que as perdas quantitativas e qualitativas das sementes têm causado grandes prejuízos financeiros às companhias e instituições produtoras de sementes.

Segundo Costa et al. (2003), as perdas qualitativas e quantitativas ocorrem principalmente no momento da debulha, isto é, no momento em que forças consideráveis são aplicadas sobre as sementes, a fim de separá-las da estrutura que as contém. Ocorre, essencialmente, em conseqüência dos impactos recebidos do cilindro trilhador, no momento em que passam pelo côncavo.

Embora as colhedoras não tenham sido originalmente projetadas para a colheita de soja, o seu desempenho satisfatório, desde que foram utilizadas pela primeira vez na colheita dessa cultura, há mais de 70 anos (QUICK; BUCHELE, 1978), tem contribuído para a manutenção de quase todas as suas características de origem. Dessa forma, problemas como perdas de grãos na lavoura e na qualidade do grão no processo de colheita têm sido observados mais como características inerentes à cultura do que como problemas que poderiam ser minimizados por meio do manejo adequado das colhedoras. A colheita constitui uma importante etapa no processo produtivo da soja, principalmente pelos riscos a que está sujeita a lavoura destinada ao consumo ou à produção de sementes. Na colheita, é normal que ocorram danos, porém é necessário que sejam sempre reduzidos a um mínimo para manter a qualidade da semente por mais tempo.

A qualidade da semente envolve vários atributos, genético, físico, fisiológico e sanitário. A qualidade física está associada com modificações visíveis da estrutura ou na aparência da semente, tal como fratura no tegumento ou lesão no embrião. Já a qualidade fisiológica é relatada como trocas ocorridas durante o metabolismo celular, por exemplo,

deficiência de nutrientes ou más condições de armazenamento, que influenciam a eficiência fisiológica da germinação.

Diversos estudos têm apontado que a colheita mecanizada da soja é considerada uma etapa crítica quanto à obtenção de um produto de alta qualidade. Na maioria dos casos, tem ocorrido grande variabilidade da qualidade de sementes/grãos colhidos, não só em função da manutenção deficiente e da operação e ajustagens inadequadas das colhedoras e dos seus sistemas de trilha, retrilha e transporte de grãos, como também das oscilações freqüentes de temperatura, associados às chuvas durante o período de maturidade.

O mercado dispõe, para a colheita mecânica de soja, de colhedoras com sistema de trilha com cilindro e côncavo transversais e, recentemente, as de fluxo axial, que podem produzir efeitos diferenciados na qualidade fisiológica do material a ser utilizado como semente (MARCOS; MIELII, 2003).

Geralmente, o que se espera de um mecanismo de trilha é a diminuição das perdas de sementes durante o processo, a redução dos danos mecânicos transmitidos às sementes e a separação dos grãos. Acrescenta-se ainda que, considerando esses três parâmetros, a operação de trilha, com os sistemas hoje utilizados, ainda está longe do nível desejável de eficiência. Confirmando essa suposição, Costa et al. (1979) encontraram 6,7% de danos mecânicos em amostras obtidas na colheita de mais de 40 lavouras de soja no Estado do Paraná. França Neto (1989) concluiu que o dano mecânico durante a colheita da soja foi o fator que mais prejudicou a qualidade da semente.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade física e fisiológica de sementes de soja (*Glycine max* (L.)Merrill) colhidas mecanicamente por sistemas axial e convencional de trilha, em diferentes velocidades de avanço da colhedora e rotação do cilindro trilhador.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A colheita mecanizada é ferramenta fundamental no processo produtivo das grandes culturas; se não for realizada adequadamente, poderá resultar em danos mecânicos severos às sementes, acarretando prejuízos significativos na colheita, particularmente devido à redução da qualidade. A produção de sementes de soja de alta qualidade requer cuidado especial, pois a desatenção durante as diversas fases de sua obtenção pode acarretar recusa de lotes ou mesmo de toda a produção (TOLEDO; MARCOS FILHO, 1977).

O processo de colheita constitui-se em importante etapa no processo produtivo da soja, principalmente pelos riscos a que está sujeita a lavoura destinada à produção de sementes. Para evitar perdas na qualidade do produto, a colheita deve ser iniciada tão logo a soja atinja o estágio R8, correspondente ao ponto de maturação fisiológica (EMBRAPA, 2005).

Para entender o processo de danificação ou quebra de grãos durante a colheita, é importante destacar que a maioria das colhedoras usa o sistema convencional de cilindro e côncavo, por alimentação tangencial, cuja patente original foi registrada há mais de 200 anos (QUICK; BUCHELE, 1978). A ação de trilha realizada entre o cilindro e o côncavo envolve ações simultâneas de impacto, compressão e atrito (esfregamento), com velocidades das barras do cilindro de aproximadamente 50 km h^{-1} . Devido à agressividade dessa operação, parece lógico admitir que a lavoura colhida e levada a passar entre esses dois componentes poderá ser danificada ou fragmentada em partes de diferentes tamanhos. Os mecanismos de trilha normalmente transmitem impactos agressivos sobre as plantas, principalmente os de alimentação tangencial, que são levadas a passar entre o cilindro e o côncavo durante a colheita (COSTA et al., 2003). Como consequência dessa ação normalmente agressiva, as sementes/grãos colhidos poderão ser fragmentados, quebrados, triturados e danificados em diferentes níveis.

Segundo Skromme (1977), as colhedoras com sistema de trilha axial, em que o material entra no sentido do eixo do cilindro (conhecido como rotor), apresentam maior capacidade de colheita e permitem a redução dos índices de danos mecânicos em relação às colhedoras com sistema de trilha com alimentação tangencial. Todavia, os custos de aquisição desse modelo de colhedora ainda são elevados para a maioria dos produtores brasileiros. Contudo, a pesquisa tem mostrado que tanto o sistema de trilha de alimentação tangencial, como o axial, podem produzir níveis elevados de danos mecânicos e de quebras às sementes.

Costa et al. (1997) encontraram percentual médio de 8% de grãos quebrados em mais de 300 amostras de diferentes cultivares de soja, procedentes de três estados brasileiros na safra 1996/97.

Andrews (1965) e Delouche (1967) mostraram que a danificação é causada por choques e/ou abrasões contra superfícies duras ou contra outras sementes, resultando em sementes quebradas, danificadas, fragmentadas e trincadas. Sementes com essas características dificultam as operações de beneficiamento e apresentam redução da germinação e do vigor. Bunch (1962) concluiu que sementes mecanicamente danificadas não mantêm o vigor e a viabilidade durante o armazenamento, pois os danos interferem na taxa de respiração e permitem a entrada de microorganismos.

Segundo Carbonell e Krzyzanowski (1993), existem indicações de que a trilha mecânica danifica mais severamente as sementes maiores. Para esses autores, o dano mecânico pode reduzir em até 10% o poder germinativo das sementes. Para França Neto e Henning (1984), as partes embrionárias da semente de soja são compostas de um tegumento pouco espesso, o qual lhe confere baixa proteção contra choques e abrasões que se verificam durante a colheita mecânica, comprometendo, na maioria das vezes, a qualidade germinativa da semente. Citam a trilha, o transporte mecânico e a passagem das sementes por outros mecanismos internos das máquinas colhedoras e de beneficiamento como as principais causas de danos às sementes.

De acordo com Maciel (1977), os mecanismos de trilha das colhedoras são construídos para funcionar com rapidez e eficiência na colheita dos grãos, não dando muita importância a sua utilização na colheita de sementes, cuja viabilidade e vigor são fundamentais. Portanto, a unidade de trilha pode ser a principal causadora de danos mecânicos às sementes. A indústria de esmagamento geralmente não cobra deságio decorrente de quebra e do dano mecânico transmitido ao grão de soja, o que permite ao operador da colhedora não ter cuidados operacionais com a colheita que, muitas vezes, é realizada com elevadas perdas, tanto quantitativas quanto qualitativas.

Costa et al. (2001) e Herbek e Bitzer (1997), mostram que testes de vigor, não apresentaram diferenças estatísticas para os fatores velocidade e rotação, bem como para a interação entre eles. Como a variação de velocidades de 3,5 a 5,5 km h⁻¹ e rotações do cilindro de trilha de 400 a 500 rpm se encontravam em faixa ótima de operação, não causaram danos significativos. Esses autores afirmam também que as perdas são menores para combinações de velocidade e rotação dentro dessa faixa de operação. Os coeficientes de variação encontrados são adequados para todas as variáveis analisadas.

A semente de soja é muito sensível aos impactos mecânicos, uma vez que as partes vitais do embrião, como radículas, hipocótilo e plúmula estão situadas sob o tegumento pouco espesso, que praticamente não lhes oferece proteção (COSTA et al., 1996). A fragilidade do tegumento da semente de soja torna-a susceptível ao dano mecânico de qualquer fonte (DELOUCHE, 1974). As danificações mecânicas decorrem de regulagens não adequadas das máquinas ou equipamentos que realizam operações de beneficiamento das sementes, principalmente quando apresenta elevada ou baixa umidade. Esses danos podem atingir diferentes partes da semente, podendo comprometer totalmente um determinado lote. A extensão dos danos depende do tipo de semente, da forma, do tamanho, da espessura da camada protetora, da estrutura e posição do embrião e de outros fatores, como umidade da semente na colheita (BASRA, 1994).

No estudo realizado por Moore (1972), sobre o efeito da injúria mecânica na colheita de soja com umidades de 13,4% e 12,0% e com diferentes rotações do cilindro trilhador (900 e 700 rpm), ficou demonstrado que o grau de dano depende principalmente da força do choque e da umidade da semente. À medida que aumenta a velocidade do cilindro trilhador e quanto mais secas as sementes forem colhidas, maior será a porcentagem de sementes com danos mecânicos.

A umidade inadequada interfere muito na qualidade da semente, sendo recomendada a colheita da soja com teor de água entre 13% e 15%, o que minimiza o problema de danos mecânicos e perdas na colheita. Sementes colhidas com teor de água superior a 15% estão sujeitas a maior incidência de danos mecânicos latentes e, quando colhidas com teor abaixo de 12%, estão suscetíveis ao dano mecânico imediato, ou seja, à quebra (EMBRAPA, 2005).

Grãos quebrados e trincados contribuem de modo altamente significativo para a deterioração do produto armazenado, pois afetam a qualidade da semente, reduzindo, consideravelmente, o percentual de germinação e vigor (PUZZI, 1989).

A semente na colhedora é um corpo estático, contra o qual se movimenta um corpo metálico, as barras do cilindro trilhador (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). A alta variabilidade encontrada em estudos da qualidade de sementes durante a colheita demonstra que as causas estão relacionadas a fatores como manutenção deficiente e regulagens inadequadas das colhedoras, além da ocorrência de chuvas durante o período de colheita (COSTA et al., 2002).

Entretanto, pode-se, também mencionar que existe a demanda de estudos de regulagens dos diferentes sistemas de trilha mecânica, associados aos diferentes graus de umidade da semente na colheita, visando à redução dos níveis de danos mecânicos que

ocorrem nas sementes de soja (MESQUITA, 1989). Esse tipo de dano tem sido considerado como o mais nocivo à qualidade das sementes de soja produzidas no Brasil (CARBONEL et al., 1998). A qualidade das sementes é garantida através de padrões mínimos de germinação, purezas física e varietal, bem como sanidade, exigidos por normas de produção e comercialização estabelecidas e controladas pelo governo.

Na soja, o eixo embrionário se localiza logo abaixo do tegumento, tornando-a muito sensível a danos de natureza mecânica; entretanto, o problema pode ser um pouco amenizado desde que as máquinas estejam perfeitamente reguladas e o teor de umidade adequado. Popinigis (1977) comenta que, mesmo com a utilização de máquinas bem reguladas, os danos mecânicos são inevitáveis, principalmente se o teor de umidade das sementes, no momento da colheita, for muito alto ou muito baixo.

Scott e Aldrich (1970) também comentaram que o tegumento da semente de soja pode ser facilmente quebrado ou danificado durante o processo de colheita, sendo que a água e os microrganismos penetram rapidamente através das rachaduras, trazendo como consequência redução do poder germinativo das mesmas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

O presente trabalho foi realizado na Fazenda Pampa, localizada no município de Presidente Olegário - MG, e as análises laboratoriais, no Laboratório de Sementes da Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia-MG, e no Laboratório de Análises de Sementes Germitel, em Patos de Minas-MG. Foram avaliadas sementes de soja da variedade Vencedora (BRS MG 68), com umidade média, uniforme para todos os lotes, de 13,1% e produtividade média de 56 sacas ha⁻¹, colhidas mecanicamente numa lavoura comercial, semeada com espaçamento entre linhas de 0,50 m e 11 plantas por metro linear.

3.2 Período de execução

A coleta do material no campo foi realizada no mês de abril, durante a safra agrícola 2006/2007, e as amostras foram submetidas às análises laboratoriais (danos mecânicos, germinação e vigor) nos meses de maio e junho de 2007.

3.3 Máquinas utilizadas para avaliação

Foram avaliadas três colhedoras autopropelidas, sendo uma Case 2388 Extreme, com sistema de trilha axial (rotor), ano 2004, com plataforma de 25 pés, uma New Holland TR 98, com duplo rotor axial (“*twin rotor*”), ano 2001, com plataforma de 25 pés, e uma terceira colhedora New Holland TC 59, de sistema de trilha convencional (trilha radial com cilindro e côncavo), ano 2002, com plataforma de 22 pés.

Na colhedora axial Case, a abertura do côncavo foi de 6 mm e a rotação do ventilador de 1050 rpm. Na colhedora de duplo rotor axial (TR 98), a abertura do côncavo foi de 10 mm e a rotação do ventilador de 950 rpm. Já na colhedora com sistema de trilha convencional (TC 59), a abertura do côncavo foi de 10 mm e rotação do ventilador de 850 rpm.

3.4 Delineamento experimental

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, com 12 tratamentos e quatro repetições. Cada tratamento correspondeu a 100 metros lineares pela largura da plataforma. Cada

colhedora foi avaliada em duas velocidades de avanço (6 e 7 km h⁻¹) e duas rotações do cilindro trilhador (alta e baixa, de acordo com a característica de funcionamento de cada máquina) (Tabela 1). Para efeito de análise estatística, considerou-se um esquema fatorial 3 x 2 (três colhedoras e duas velocidades), para cada nível de rotação do cilindro.

Tabela 1 - Composição dos tratamentos avaliados.

Tratamento	Colhedora	Velocidade de deslocamento (km h⁻¹)	Rotação do cilindro trilhador (rpm)
1	Case 2388	6	450
2	Case 2388	6	500
3	Case 2388	7	450
4	Case 2388	7	500
5	TR 98	6	800
6	TR 98	6	900
7	TR 98	7	800
8	TR 98	7	900
9	TC 59	6	500
10	TC 59	6	600
11	TC 59	7	500
12	TC 59	7	600

3.5 Análises laboratoriais

A coleta das sementes foi realizada diretamente na rosca sem fim que abastece o tanque graneleiro das colhedoras, depois de estabilizada a alimentação do tanque graneleiro para cada condição testada. Após coletadas as amostras, estas foram conduzidas ao laboratório, onde foram analisadas as seguintes variáveis: injúria mecânica, germinação e vigor. Com relação ao teste de germinação e vigor, estes foram conduzidos com quatro sub-amostras de 50 sementes para cada tratamento e repetição, colocadas entre duas folhas de papel toalha Germitest^R, umedecidas com água deionizada, na proporção de duas vezes e meia o peso do papel seco. Foram confeccionados rolos levados ao germinador, regulado para a temperatura de 25°C. A avaliação foi realizada aos cinco dias após a montagem do teste, computando-se a percentagem de plântulas normais,

anormais danificadas, anormais infeccionadas e sementes mortas. Já para avaliar o vigor, consideraram-se plantas normais vigorosas e normais não vigorosas.

Para o teste de injúria mecânica, foram utilizadas duas sub-amostras de 100 sementes para cada tratamento, colocando-as para embeber em solução de hipoclorito de sódio 5% e cloro ativo 2% em copos plásticos de 200 ml, cobrindo-as por 15 minutos e deixando-as à temperatura ambiente. Transcorrido o tempo para embebição, as sementes foram lavadas em água corrente e, então, foi avaliado o número de sementes com danos.

3.6 Análises estatísticas

A análise estatística dos dados de vigor, germinação e injúria, considerando as duas velocidades e as três colhedoras, foi realizada utilizando-se de análise de variância, seguida do teste de Tukey, a 5% de significância, por meio do programa Sisvar (Versão 4.3). Para comparação dos dados entre as duas rotações do cilindro, dentro de cada máquina e velocidade, utilizou-se o teste *t* de Student, a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas análises estatísticas para os testes de germinação, não foram detectadas diferenças para os fatores velocidade e colhedora, nas duas rotações do cilindro trilhador, bem como para a interação entre eles (Tabela 2). Como a variação de velocidade de 6 a 7 km h⁻¹ e as diferentes rotações do cilindro trilhador para cada máquina se encontravam em faixas adequadas de operação, não causaram danos significativos na germinação, concordando com as afirmações de Costa et al. (2001) e Herbek e Bitzer (1997). Esses autores afirmam que as perdas de germinação são menores para combinações de velocidade e rotação dentro dessa faixa de operação. Destaca-se que a umidade da semente durante a colheita estava dentro da faixa ideal para colheita, o que minimiza a influencia na germinação. Resultados diferentes poderiam ocorrer em condições mais adversas de umidade na colheita.

Os coeficientes de variação encontrados foram adequados para todas as variáveis analisadas neste trabalho.

Tabela 2 - Efeito do sistema de trilha e da velocidade de avanço na germinação de sementes de soja colhidas mecanicamente em duas rotações do cilindro trilhador.

Colhedora	Germinação (%)		
	Velocidade		
	6 km h ⁻¹	7 km h ⁻¹	Média
	Rotação 1		
TR98 (800 rpm)**	86,5	85,3	85,9a
2388 Extreme (450 rpm)	89,8	88,3	89,0a
TC59 (500 rpm)	90,8	90,3	90,5a
Média	89,0A	87,9A	
CV (%)		1,93	
	Rotação 2		
TR98 (900 rpm)	88,5	87,8	88,1a
2388 Extreme (500 rpm)	90,3	92,8	91,5a
TC59 (600 rpm)	91,0	89,8	90,4a
Média	89,9A	90,1A	
CV (%)		1,53	

* Médias seguidas por letras distintas maiúsculas, nas linhas, e minúsculas, nas colunas, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ** O número entre parênteses indica a rotação do cilindro trilhador.

Na Tabela 3, são apresentados os resultados dos testes de vigor. Somente ocorreu diferença no vigor das sementes em relação à velocidade de avanço das máquinas, na menor rotação do cilindro trilhador. O melhor resultado foi obtido quando as máquinas se deslocaram a uma menor velocidade (6 km h⁻¹). Estes resultados são semelhantes aos

encontrados por França Neto e Henning (1984). Segundo os autores, as partes embrionárias das sementes de soja são compostas de um tegumento pouco espesso, o qual lhe confere baixa proteção contra choques e abrasões que se verificam durante a colheita mecânica, comprometendo, na maioria das vezes, o vigor da semente.

Quanto aos diferentes sistemas de trilha, não foram notadas diferenças estatísticas para o vigor. Costa et al. (2001) e Herbek e Bitzer (1997) comentam que o tegumento da semente de soja pode ser facilmente quebrado ou danificado durante o processo de colheita, e que possivelmente maiores velocidades contribuam para que a água e microrganismos penetrem através das rachaduras provocadas no ato da colheita, trazendo como consequência, redução do vigor das mesmas.

As colhedoras com duplo rotor axial apresentam dois rotores de menor diâmetro, quando comparado às máquinas de um único rotor, que somado a maior rotação, conferem maior força centrífuga. Além disso, o material alimentado é dividido para os dois rotores, resultando em menor quantidade de material a ser trilhada por rotor. Apesar destas diferenças construtivas, as máquinas axiais não se mostraram diferentes quanto à qualidade da semente colhida. Ressalta-se que a colhedora 2388 Extreme apresenta um rotor axial de segunda geração, desenvolvido a partir de alterações do rotor axial, incluindo aletas para condução do material de forma mais homogênea para o interior do rotor.

Tabela 3 - Efeito do sistema de trilha e da velocidade de avanço no vigor de sementes de soja colhidas mecanicamente em duas rotações do cilindro trilhador.

Colhedora	Vigor (%)		
	Velocidade		Média
	6 km h ⁻¹	7 km h ⁻¹	
Rotação 1			
TR98 (800 rpm)**	75,5	69,0	72,3a
2388 Extreme (450 rpm)	74,3	70,5	72,4a
TC59 (500 rpm)	75,8	74,3	75,0a
Média	75,2A	71,3B	
CV (%)	2,72		
Rotação 2			
TR98 (900 rpm)	76,3	80,5	78,4a
2388 Extreme (500 rpm)	75,5	79,3	77,4a
TC59 (600 rpm)	75,8	73,3	74,5a
Média	75,8A	77,7A	
CV (%)	3,02		

* Médias seguidas por letras distintas maiúsculas, nas linhas, e minúsculas, nas colunas, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ** O número entre parênteses indica a rotação do cilindro trilhador.

Na Tabela 4, é mostrado o efeito do sistema de trilha e da velocidade de deslocamento na porcentagem de injúria mecânica. A variação da velocidade e do tipo de colhedora (sistema de trilha) foi significativa, no entanto, a interação entre elas não foi significativa. A maior velocidade de deslocamento (7 km h^{-1}) proporcionou maior porcentagem de injúria mecânica. Isto provavelmente ocorreu em virtude do aumento de entrada de material na colhedora, ocasionando maior impacto nas sementes. A velocidade das partículas imediatamente antes do impacto e a rigidez da superfície de colisão são os fatores que mais contribuem para o nível de dano na semente.

Tabela 4 - Efeito do sistema de trilha e da velocidade de avanço na porcentagem de injúria mecânica de sementes de soja colhidas mecanicamente em duas rotações do cilindro trilhador.

Colhedora	Injúria (%)		
	Velocidade		Média
	6 km h^{-1}	7 km h^{-1}	
Rotação 1			
TR98 (800 rpm)**	9,3	8,8	9,0b
2388 Extreme (450 rpm)	5,0	7,3	6,1c
TC59 (500 rpm)	11,3	15,5	13,4a
Média	8,5B	10,5A	
CV (%)		11,98	
Rotação 2			
TR98 (900 rpm)	7,3	10,8	9,0b
2388 Extreme (500 rpm)	9,5	9,8	9,6b
TC59 (600 rpm)	12,8	12,3	12,5a
Média	9,8B	10,9A	
CV (%)		11,32	

* Médias seguidas por letras distintas maiúsculas, nas linhas, e minúsculas, nas colunas, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ** O número entre parênteses indica a rotação do cilindro trilhador.

Quanto às colhedoras, também foram notadas diferenças nas duas rotações estudadas (Tabela 4). Na rotação mais baixa, destacou-se a colhedora 2388 Extreme (trilha axial), como a menor causadora de injúria, seguida pela TR 98 (trilha axial com rotor duplo) e logo após a colhedora de cilindro côncavo TC 59. Isso mostra claramente a superioridade das colhedoras de sistema de trilha axial em relação às convencionais, no que se refere ao dano às sementes. Na rotação mais alta, as colhedoras de sistema de trilha axial também se mostraram superiores à colhedora de sistema de trilha de cilindro côncavo.

Estes resultados estão de acordo com o proposto por Vejasit e Salokhe (2004). As colhedoras com sistema de trilha axial, em que o material entra no sentido do eixo do cilindro

(conhecido como rotor), apresentam maior capacidade de colheita e permitem a redução dos índices de danos mecânicos em relação às colhedoras com sistema de trilha com alimentação tangencial. Como o tempo para a trilha no sistema axial é maior, a distância entre os elementos de fricção pode ser aumentada, resultando em menor dano às sementes.

Na Tabela 5, é mostrado o efeito da rotação do cilindro trilhador nas variáveis estudadas, para cada máquina e velocidade. Nota-se, em praticamente todas as situações avaliadas, que o incremento da rotação não promoveu alteração nos resultados. Com relação à colhedora 2388 Extreme, a menor rotação de trabalho proporcionou o menor índice de injúria mecânica, diferenciando-se da rotação mais alta. Esta pode conferir energia de impacto muito grande a semente durante o processo de trilha, resultando em danos.

Tabela 5 - Efeito da rotação do cilindro trilhador na germinação (%), vigor (%) e injúria mecânica (%) de sementes de soja colhidas por três tipos de colhedora, operando em duas velocidades de avanço.

Colhedora	Germinação (%)		Vigor (%)		Injúria (%)	
	Rotação 1	Rotação 2	Rotação 1	Rotação 2	Rotação 1	Rotação 2
Velocidade: 6 km h ⁻¹						
TR98** (800 e 900 rpm)	86,5a	88,5a	75,5a	76,3a	9,3 ^a	7,3a
2388 Extreme (450 e 500 rpm)	89,8a	90,3a	74,3a	75,5a	5,0 ^b	9,5a
TC59 (500 e 600 rpm)	90,8a	91,0a	75,8a	75,8a	11,3 ^a	12,7a
Velocidade: 7 km h ⁻¹						
TR98 (800 e 900 rpm)	85,3a	87,8a	69,0a	80,5a	8,8 ^a	10,8a
2388 Extreme (450 e 500 rpm)	88,3a	92,8a	70,5a	79,3a	7,3 ^a	9,8a
TC59 (500 e 600 rpm)	90,3a	89,8a	74,3a	73,3a	15,5 ^a	12,3a

* Médias seguidas por letras distintas, para cada colhedora, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste *t* de Student. ** Os números entre parênteses indicam as rotações do cilindro trilhador avaliadas.

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi conduzido, pode-se concluir que tanto a colhedora de cilindro de trilha radial, como as axiais, desde que convenientemente reguladas, não provocaram diferenças significativas na germinação e no vigor das sementes de soja. Com relação à injúria mecânica, as máquinas de fluxo axial mostraram-se superiores, promovendo menor percentagem de injúrias. Quanto às colhedoras com rotor axial, a de rotor duplo apresentou mesma eficiência quando comparada com a de rotor simples.

O incremento da velocidade de deslocamento de 6,0 para 7,0 km h⁻¹ promoveu aumento da injúria mecânica, bem como redução do vigor das sementes, nas menores rotações do cilindro trilhador. Variações da ordem de 100 rpm na rotação do cilindro, dentro das faixas recomendadas pelos fabricantes das máquinas, pouco influenciaram na qualidade da semente colhida.

REFERÊNCIAS

- ANDREWS, C. Mechanical injury on seed. In: SHORT COURSE FOR EEDSMEN, 1965, Mississippi. **Proceedings...** Mississippi: Seed Tecnology Laboratory, 1965. p.125-30.
- ARAUJO, R. F. **Efeito da colheita mecanizada nas perdas quantitativas e qualitativas de sementes de milho (*Zea mays, L.*)**. 1995. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- BASRA, A. S. **Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications**. New York: Food Products Press, 1994. 389p.
- BUNCH, H. D. Relationships between moisture content of seed and mechanical damage in seed conveying. **Seed World**, Chicago, v.86, n.5, p.14, 1617, 1962.
- CARBONELL, S. A. M.; KRZYZANOWSKI, F. C. Dano mecânico em soja: um problema que poderá ser resolvido com cultivares resistentes. **Informativo Abrates**, Brasília, v.3, n.4, p.32-7, 1993.
- CARBONEL, S. A. M., KRZYZANOWSKI, F. C., MESQUITA, C. M. A device to impart impact on soybean seeds for screening genotypes for resistance to mechanical damage. **Seed Science & Technology**, Zurich, v.26, n.1, p.45-52, 1998.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- COSTA, N. P., MESQUITA, C. M., HENNING, A. A. Avaliação das perdas e qualidade de semente na colheita mecânica de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.1, n.3, p.59-70, 1979.
- COSTA, N. P.; OLIVEIRA, M. C. N.; HENNING, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; MESQUITA, C. M.; TAVARES, L. C. V. Efeito da colheita mecânica sobre a qualidade da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v.18, p.232-7, 1996.
- COSTA, N. P.; MESQUITA, C. M.; FRANÇANETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; MANDARINO, J. M. G.; PEREIRA, J. E. Avaliação da qualidade de sementes e de grãos de soja, produzidos nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Mato Grosso, safra 96/97. **Informativo Abrates**, Brasília, v.7, n.1/2, p.86, 1997.
- COSTA, N. P.; MESQUITA, C. M.; MAURINA, A. C.; FRANÇA NETO, J. B.; PEREIRA, J. E.; BORDINGNON, J. R.; KRZYZONOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. Efeito da colheita mecânica da soja nas características físicas, fisiológicas e químicas das sementes em três Estados do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.23, n.1, p.140-5, 2001.
- COSTA, N. P.; MESQUITA, C. M.; MAURINA, A. C.; FRANÇA NETO, J. B.; PEREIRA, J. E.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. Avaliação da qualidade de sementes e grãos de soja provenientes da colheita mecanizada, em diferentes regiões do Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.22, n.2, p.211-19, 2002.

COSTA, N. P.; MESQUITA, C. M; MAURINA, A. C. C.; FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C; HENNING, A. A. Qualidade fisiológica, física e sanitária de sementes de soja produzidas no Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 25, n.1, p.128-132, 2003.

DELOUCHE, J. C. Determinants of seed quality. In: SHORT COURSE FOR SEEDMEN, 1967, Mississippi. **Proceedings...** Mississippi: Seed Technology Laboratory, 1967. v.14. p.53-68.

DELOUCHE, J. C. Maintaining soybean seed quality. In: WILLIAMS, G.G.(Ed.) The soybean: production, marketing and use. Alabama, 1974. p.46-62 (Bulletin 69).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 224 p. (Sistemas de produção/EMBRAPA Soja, n.5).

FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. **Qualidade fisiológica e sanitária de semente de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1984. 39p. (Circular Técnica, 9).

FRANÇA NETO, J. B. **Pathological and physiological studies of soybean seed quality**. 1989. 119 f. Tese (Doutorado) -University of Florida, Gainesville.

HERBEK, J. H.; BITZER, M. J. **Soybean production in Kentucky**: harvest, drying, storage and marketing. Lexington: University of Kentucky, College of Agriculture, 1997. part. 5. p.1-5.

MACIEL, V. S. **Perdas e danificações mecânicas de sementes de arroz (Oryza Sativa L.) durante a colheita**. 1977. 81 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MARCOS, S.; MIELII, U. **Axial-Flow, a mais nova campeã de produtividade**. Disponível em <<http://www.sppress.net/E-Foco>>. Acesso em 26/06/2007.

MESQUITA, C. M. **Mechanics of soybean threshing**. 1989. 142 f. Dissertation (Doctor of Philosophy)–Interdepartmental Area of Engineering, Agricultural Engineering. University of Nebraska, Lincoln.

MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. 2.ed. London: Gordon and Breach Science, 1986. 891p.

MOORE, R. L. Effect of mechanical injury on viability. In: ROBERTS, E. H.(Ed.) **Viability of seeds**. London: Chapman & Hall, 1972. p.94-113.

POPINIGIS, F. **Fisiologia de sementes**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289p.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino agrícola, 1989. 603p.

QUICK, G. R.; BUCHELE, W. **The grain harvesters**. St. Joseph: ASAE, 1978. 269p.

SCOTT, W. O.; ALDRICH, S. R. **Modern soybean production** Champaign: S. & A. Publications, 1970. 192p.

SKROMME, L. H. Progress report on twin rotor combine concept of rotary threshing and separation. In: INTERNATIONAL GRAIN AND FORAGE HARVESTING CONFERENCE, 1., 1977, St. Joseph. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 1977. p.188-191, 195.

TOLEDO, F. F. de; MARCOS FILHO, J. Colheita de sementes. In: TOLEDO, F. F. de; MARCOS FILHO, J (Ed.). **Manual das sementes: tecnologia da produção**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1977. p.111-21.

VEJASIT, A.; SALOKHE, V. M. Studies on machine crop parameters of na axial flow thresher for threshing soybean. **Agriculture Engineering International**, Texas, v. 6. p.1-12, 2004.