

# ATRIBUTOS DE QUALIDADE DE SEMENTES DE MILHO BENEFICIADAS EM MESA DE GRAVIDADE

Leopoldo Baudet<sup>1</sup> e Manjit Misra<sup>2</sup>

*Revista Brasileira de Sementes*, vol. 13, nº 2, p. 91-97, 1991

**RESUMO** - Os objetivos deste trabalho foram de avaliar a eficiência da mesa de gravidade em separar sementes de milho em frações de qualidade diferente e de relacionar atributos físicos e fisiológicos das sementes para recomendações práticas de operação. Cinco lotes de sementes de milho classificados em não classificado, redondo grande, redondo pequeno, chato grande e chato pequeno foram beneficiados na mesa de gravidade. A amostra original e as frações pesada, meio-pesada, meio-leve e leve obtidas no terminal de descarga da máquina foram analisadas quanto a atributos físicos (peso volumétrico, peso, volume, densidade, pureza e danos mecânicos) e fisiológicos (germinação padrão, germinação a frio e emergência a campo) das sementes. A mesa de gravidade foi eficiente em separar as sementes de milho em frações de qualidade diferente, sendo as frações pesada e meio-pesada melhores do que a semente original. Para lotes de qualidade inicial alta, somente aumentos marginais de qualidade foram obtidos. O peso volumétrico foi o atributo que relacionou bem com germinação da semente de milho. Recomenda-se o “teste da caneca” para determinar a eficiência das regulagens na mesa de gravidade. Uma diferença mínima em peso volumétrico de 8% entre as frações extremas é recomendada para efeitos de controle de qualidade na mesa de gravidade.

Termos para indexação: milho, beneficiamento, mesa de gravidade

## QUALITY OF CORN SEEDS CONDITIONED THROUGH GRAVITY TABLE

**ABSTRACT** - This study was conducted to evaluate the effectiveness of the gravity table in separating seed corn into fractions of different quality, and to relate physical and physiological attributes for practical recommendations. Five lots of seed corn classified into unsized, large flat, large round, small flat and small round were conditioned through a pressure type gravity table. The original sample obtained before gravity table separation and the heavy, medium heavy, medium light and light fractions obtained from the discharge edge of the machine were analyzed for physical (bulk density, weight, volume, specific gravity, purity, and pericarp injury), and physiological (standard germination, cold germination, and field emergence) quality attributes. Original seed corn quality was upgraded by the heavy and the medium heavy fractions. The medium light fraction may be reconditioned to recover fractions of acceptable seed quality, and the light seed obtained from the low side of the gravity table did not meet the seed requirements. When the initial seed quality of a lot is high, only marginal improvement in seed quality was obtained. Bulk density was the best physical attribute of the seed corn correlated with germination. For seed corn conditioners, the “can test” is recommended to easily determine the efficiency of the machine adjustments. A difference in bulk density of 8% between extreme fractions is recommended as a pattern for quality control in the gravity table.

Index terms: seed corn, conditioning, gravity table

<sup>1</sup> Eng. Agr., Ph.D., Prof. Adjunto do D.Ft./FAEM, Universidade Federal de Pelotas, C.P. 354, 96.100 - Pelotas, RS

<sup>2</sup> Eng. Agr., Ph.D., Prof. Adjunto, Universidade Estadual de Iowa, Seed Science Center/ISU. Ames. IA. 50011. USA

## INTRODUÇÃO

O beneficiamento de sementes de milho é operacionalmente altamente especializado se comparado com o de outras grandes culturas. A semente de milho normalmente é colhida, manuseada, despalhada e secada na espiga, para logo ser debulhada, limpa e classificada. A classificação é necessária devido à grande variação em tamanho, forma e qualidade das sementes na própria espiga. Ainda a separação por densidade pode ser recomendada como acabamento para melhorar a qualidade fisiológica (germinação e vigor) do lote de sementes.

Equipamentos que separam pela densidade, como a mesa de gravidade, têm sido amplamente usados nos últimos anos na indústria de sementes já que melhoram a qualidade ao retirar do lote sementes danificadas, doentes ou outros materiais indesejáveis que são geralmente mais leves do que as sementes boas. Isto permite a comercialização de uma porção do lote de sementes que de outra forma seria descartada como semente por não preencher os requisitos mínimos de qualidade.

Informações de pesquisa em separação de sementes pela densidade são ainda limitadas e não estão disponíveis para milho. Para outras culturas, tais como soja, trigo, sorgo, arroz, algodão, há disponibilidade de informações no Brasil e no exterior, porém para milho se têm informação de dois trabalhos, um no Brasil de Silva & Marcos Filho (1982) e outro de Yuan *et al.* (1983) da República Popular da China. No primeiro, os autores relataram a eficiente separação pela mesa de gravidade em frações de peso diferente em variedades de milho, ainda que não houve relação das de maior peso volumétrico com o desempenho das plantas no campo e o rendimento. No segundo, onde foram abordados alguns parâmetros de operação da mesa de gravidade, os autores concluíram que o ajuste do ar é o que mais afetou o desempenho do equipamento para sementes de milho.

Gaul *et al.* (1986) concluíram que a separação de sementes de soja em mesa de gravidade produziu uma diminuição consistente do peso da semente entre as amostras obtidas das frações leve e pesada. Porém, não houve diferenças significativas de gravidade específica entre as diferentes frações. Os autores atribuíram este fato à alta correlação (0.99) entre o peso e o volume das sementes das diferentes frações. O peso (g/100 sementes) e o volume (cm<sup>3</sup>/100 sementes) diminuíram significativamente da parte alta à baixa do terminal de descarga da mesa de gravidade.

Assmann (1983) pesquisou o efeito da mesa de gravidade sobre a qualidade de lotes de sementes de soja com alto, médio e baixo vigor. A germinação das sementes dos lotes de vigor alto e médio foi melhorada em 2-3% com uma perda de sementes de 15%. Os lotes de baixo vigor foram melhorados para acima de 80% de germinação, porém com uma perda de 42%. Ainda assim, o autor recomendou o equipamento para melhorar a qualidade dos lotes de sementes de soja com médio e baixo vigor, já que na parte baixa da mesa concentrou-se o material mais leve com altas porcentagens de sementes deterioradas, danificadas por insetos, mecanicamente danificadas e sementes mortas.

Gregg (1969), trabalhando com sementes de algodão, encontrou uma estreita relação entre peso volumétrico e viabilidade da semente, a qual poderia ser utilizada para melhorar a qualidade da semente por ocasião do beneficiamento com mesa de gravidade.

Clarke (1985) encontrou uma variação de acima de 50% em densidade das sementes de repolho quando comparadas as frações pesada e leve da descarga da mesa, porém a diferença em densidade comparando as mesmas frações foi menor que 3% para sementes de alface. A germinação variou de 5% para sementes de cenoura até 24% para sementes de cebola, quando comparadas as frações de sementes pesadas e leves na descarga da mesa de gravidade.

A efetividade da mesa de gravidade em melhorar a qualidade fisiológica de um lote de sementes é bem conhecida para várias culturas. Porém, a relação entre atributos físicos (peso volumétrico, massa e volume, gravidade específica, velocidade terminal, danos mecânicos, pureza) e fisiológicos (germinação, vigor, emergência a campo) não tem sido pesquisada para sementes de milho. Tal relação pode ser extremamente útil no projeto e operação de mesas de gravidade.

Devido à própria natureza da máquina e à precisão requerida na separação, a regulagem apropriada da mesa de gravidade precisa de um operador entendido. Esta dificuldade é sentida em lotes de sementes de alta qualidade, uma vez que o comum é o operador determinar visualmente o material a ser descartado fixando os divisores do terminal de descarga da máquina sem análise mais profunda. O descarte de uma porção considerável de sementes de uma cultura de alto valor como o milho representa um custo muito alto. Assim, deve-se empregar meios rápidos de determinação de qualidade quando a mesa de gravidade está sendo ajustada para essas culturas. Medindo algumas propriedades físicas a intervalos ao longo do terminal de descarga da máquina, possibilitaria a obtenção da melhoria desejada na qualidade com o mínimo de perda de sementes.

Os objetivos do presente trabalho foram os de avaliar a eficiência da mesa de gravidade em separar sementes de milho em frações de qualidade diferente, e de determinar atributos físicos que se correlacionem bem com os atributos fisiológicos da semente e que sejam de fácil medição.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

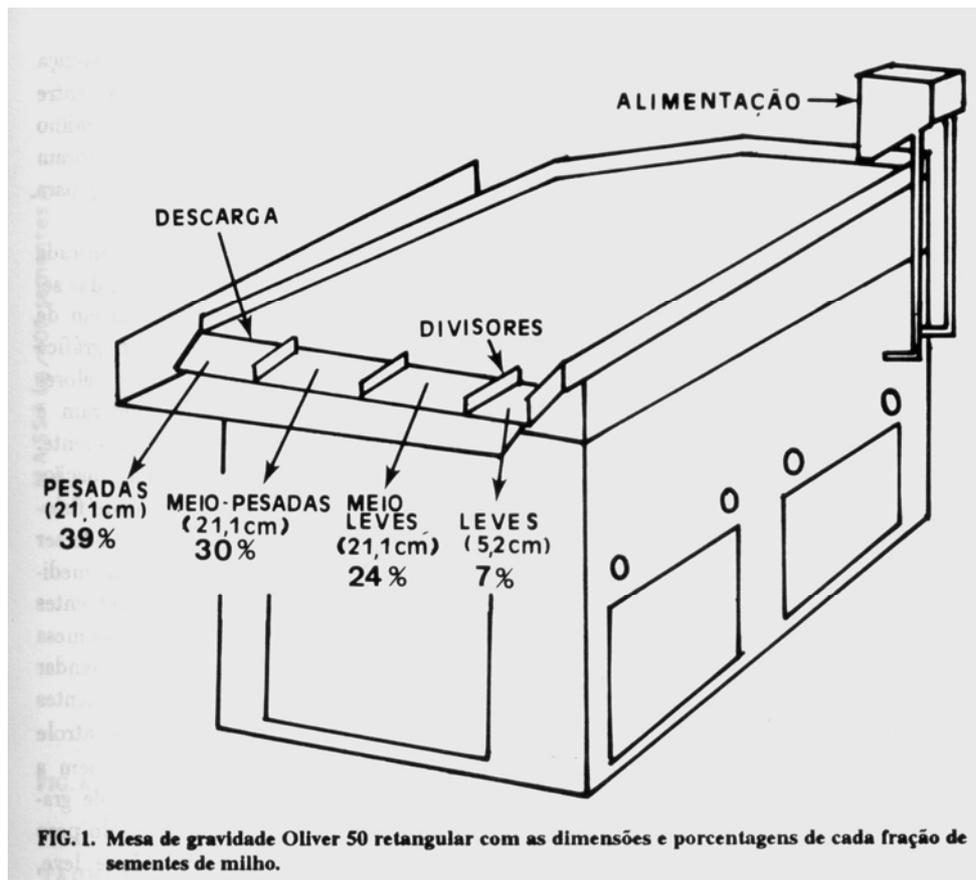
O planejamento experimental utilizado neste estudo incluiu cinco lotes de sementes de milho classificado e cinco frações de sementes de milho (original, pesada, meio-pesada, meio-leve e leve), obtidas no terminal de descarga da mesa de gravidade (Figura 1).

Dos cinco lotes de sementes de milho produzidos no estado de Iowa, EUA, quatro foram recebidos e beneficiados na temporada 1985/86, sendo os lotes 1 e 2 do híbrido A e os lotes 3 e 4 do híbrido B. O lote 5, do híbrido C, foi recebido beneficiado durante a temporada 1986/87. Todos os lotes, de 50 sacos de 25kg cada um foram recebidos em sub-lote de cinco sacos correspondentes a tipo diferentes de milho classificado para fins de semeadura.

A mesa de gravidade utilizada foi uma Oliver Modelo 50 retangular com força motriz de 5 HP e com dimensões da mesa de 0,76 x 1,52m. O sistema de ar tem 3 ventiladores, sendo que o último fornece ar por duas aberturas tendo portanto duas regulagens independentes.

Os divisores do terminal de descarga da mesa de gravidade foram fixados de forma a se obter quatro frações de sementes nos 68,7cm de largura da máquina na descarga. A fração de sementes leves na posição mais baixa da mesa, ajustou-se de forma a descarregar ao redor de 6% do lote de sementes, informação obtida após consulta prévia a várias companhias produtoras de sementes de milho quanto ao descarte desejável. As dimensões e porcentagens médias reais obtidos de cada fração são apresentados na Figura 1. Cada fração foi colhida e pesada separadamente durante o experimento para obtenção dessas porcentagens.

Durante o experimento, foi tomado o tempo que demoraram em passar 5 sacos pela mesa e, após pesagem, foi calculada a capacidade de operação da máquina, que variou de 1,7 a 2,9 toneladas de sementes de milho por hora, sendo a média de 2,4t/h, considerada ótima para esse tipo de equipamento.



**Amostragens.** Uma amostra original foi retirada antes das sementes passarem pela mesa de gravidade. Amostras de aproximadamente 4kg foram retiradas de cada fração no terminal de descarga. As amostras foram armazenadas em câmara fria a 10°C/45% UR do ar até a execução dos testes de avaliação. Previamente aos testes, as amostras foram divididas tantas vezes quanto suficiente para obter a amostra de trabalho, utilizando um divisor de caixas forrado internamente com borracha para reduzir o dano mecânico (o teor de umidade das sementes por ocasião dos testes era em média 10%).

**Avaliação dos atributos físicos.** a) Peso volumétrico: determinado por uma balança Ohaus, foi seguido o procedimento descrito pelo "USDA Grain Inspection Handbook (1980)", para 4 repetições, sendo os dados expressos em kg/m<sup>3</sup>.

b) Peso de 100 sementes: determinado por uma balança Mettler PE 160, para 4 repetições de 100 sementes, sendo os dados expressos em gramas.

c) Volume: o volume real de 3 repetições de 8 sementes de milho cada uma foi medido usando um micropicnômetro Quantachrome, sendo o resultado expresso em cm<sup>3</sup>.

d) Densidade real ou gravidade específica: as oito sementes usadas para determinação do volume, foram pesadas em uma balança Mettler 160 e a densidade calculada dividindo o peso registrado pelo volume previamente determinado e expresso em g/cm<sup>3</sup>. No sistema métrico, a gravidade específica de um sólido é numericamente igual à sua densidade.

e) Pureza: 4 repetições de 250g foram peneiradas por 30 segundos em uma peneira de furo redondo de 4,76mm de diâmetro. O material que ficou por cima da peneira foi visualmente examinado para remover das sementes de milho outros materiais que não fossem semente e grãos menores do que a metade da semente. Esses materiais foram acrescentados àqueles que passaram através da peneira e pesados. Os dados foram expressos em porcentagem de pureza.

f) Danos mecânicos: Três repetições de 100 sementes foram submetidas ao teste de verde rápido (0,5g de verde malaquita em 1 litro de água destilada), onde permaneceram

por 3 minutos para avaliação posterior quanto à intensidade de danos mecânicos no pericarpo e embrião, a qual foi expressa em porcentagem.

**Atributos fisiológicos.** a) Germinação: foi realizado o teste de germinação padrão de acordo com as Regras para Análise de Sementes da A.O.S.A. (1985) em bandejas com papel "Kimpack" com 4 repetições de 50 sementes. A germinação das sementes foi expressa em porcentagem.

b) Teste de frio: quatro repetições de 50 sementes não tratadas foram colocadas em bandejas com papel "Kimpack" e cobertas por uma camada de uma mistura de 1:4 solo e areia. As bandejas foram colocadas em câmara a 10°C por 7 dias e a seguir em câmara de germinação a 25°C por mais 7 dias. Os resultados foram expressos em porcentagem.

e) Emergência a campo: três blocos com linhas de 50 sementes não tratadas foram semeadas a intervalos de 76,2cm entre linhas. Após 24 dias as plântulas emergidas foram cortadas e registradas como porcentagem de emergência.

Os dados foram analisados estatisticamente mediante o desenho experimental de blocos casualizados, utilizando os 5 lotes de sementes como blocos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância para comparar as frações de sementes de milho obtidas no terminal de descarga da mesa de gravidade, incluindo a semente original, mostraram diferenças altamente significativas ( $p < 0,01$ ) para todos os atributos físicos e fisiológicos testados.

Para os lotes produzidos e beneficiados em 1985/86 (1 a 4), as frações pesada (P) e meio-pesada (MP) de sementes de milho foram significativamente melhores do que as sementes que não foram beneficiadas na mesa de gravidade (0), em peso volumétrico, pureza, danos mecânicos e injúrias no pericarpo das sementes (Figuras 2 a 4), e em massa, volume e densidade da semente (Tabela 1). Para o lote 5, produzido e beneficiado em 1986/87, essas tendências foram verdadeiras, porém as diferenças foram menores, devido ao fato desse lote apresentar-se muito uniforme em tamanho e de melhor qualidade inicial do que os outros. Resultados similares foram obtidos por Assmann (1983) com sementes de soja.

Com relação aos atributos fisiológicos, a variação apresentada pelas frações quando comparadas com a amostra original foi similar à apresentada pelos atributos físicos. Sementes de milho obtidas nas frações pesada e meio-pesada foram de melhor germinação padrão, germinação a frio e emergência a campo (Figura 5).

As sementes de milho obtidas da posição mais baixa do terminal de descarga da mesa de gravidade, ou fração leve (L), foram as piores quanto a todos os atributos físicos e fisiológicos (Figuras 2 a 5 e Tabela 1). Esses resultados mostraram que essa fração, que representou em média 7% do lote, não atingiu os requerimentos mínimos de qualidade para ser considerada semente, devendo ser portanto descartada para esse propósito.

A fração meio-leve (ML) apresentou valores similares à semente original (O) que não foi beneficiada na mesa de gravidade em todos os atributos. Esses resultados indicam que essa fração deveria ser repassada pela mesa para recuperar frações de sementes de qualidade ainda aceitável.

As diferenças obtidas pelas diferentes frações e a semente original quanto à densidade foram pequenas, variando 0,02 pontos percentuais entre frações extremas (Tabela 1). Essa pequena diferença foi devida à alta correlação linear entre massa e volume das sementes de milho (Figura 6). Resultados idênticos foram reportados por Gaul *et al.* (1986) para sementes de soja.

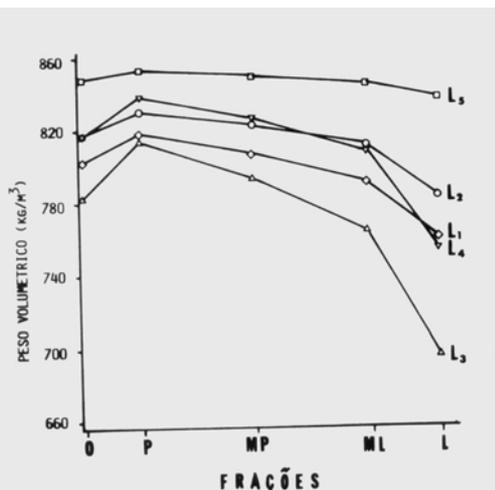


FIG. 2. Peso volumétrico (kg/m<sup>3</sup>) das frações original (O), pesada (P), meio-pesada (MP), meio-leve (ML) e leve (L) obtidas da mesa de gravidade para vários lotes de sementes de milho.

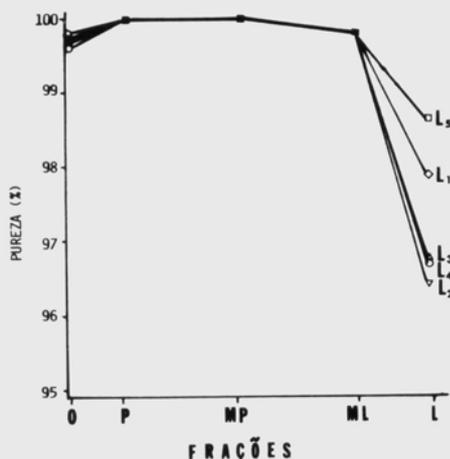


FIG. 3. Pureza (%) das frações original (O), pesada (P), meio-pesada (MP), meio-leve (ML) e leve (L) obtidas da mesa de gravidade para vários lotes de sementes de milho.

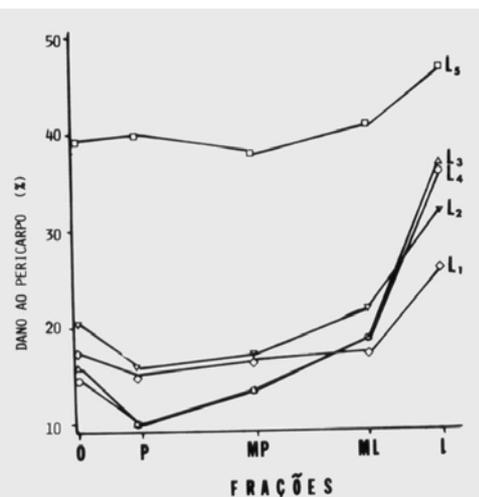


FIG. 4. Injúrias no pericarpo e embrião (%) de sementes de milho das frações original (O), pesada (P), meio-pesada (MP), meio-leve (ML) e leve (L) obtidas da mesa de gravidade para vários lotes.

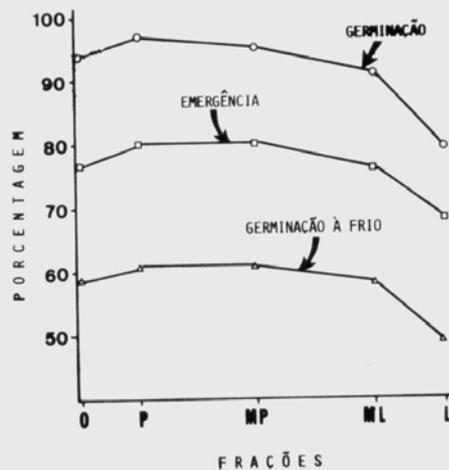


FIG. 5. Porcentagens de germinação padrão, germinação a frio e emergência a campo das frações original (O), pesada (P), meio-pesada (MP), meio-leve (ML) e leve (L) obtidas da mesa de gravidade para vários lotes de sementes de milho.

Uma boa correlação foi encontrada entre o peso volumétrico (kg/m<sup>3</sup>) das sementes de milho e sua porcentagem de germinação. Na representação gráfica apresentada na Figura 7, altos valores de peso volumétrico corresponderam a altos valores de germinação da semente. Esse resultado revelou que a germinação, importante indicativo da qualidade fisiológica de um lote de sementes, pode ser prognosticada com precisão pela medição do peso volumétrico das sementes ao longo do terminal de descarga da mesa de gravidade. Isso permite recomendar aos produtores e indústria de sementes de milho, preocupados com o controle interno de qualidade, que determinem a eficiência da regulagem da mesa de gravidade mediante a determinação do peso volumétrico das frações pesada e leve, os quais devem ser diferentes.

A magnitude das diferenças em peso volumétrico ao longo do terminal de de carga da mesa foram clara e fortemente dependentes do lote de sementes (Figura 2). Assim sendo, o beneficiador de sementes de milho deve ajustar a mesa de gravidade até que a diferença em peso volumétrico entre os extremos seja maximizada, o que determinará em definitivo a melhor regulagem para cada lote em especial.

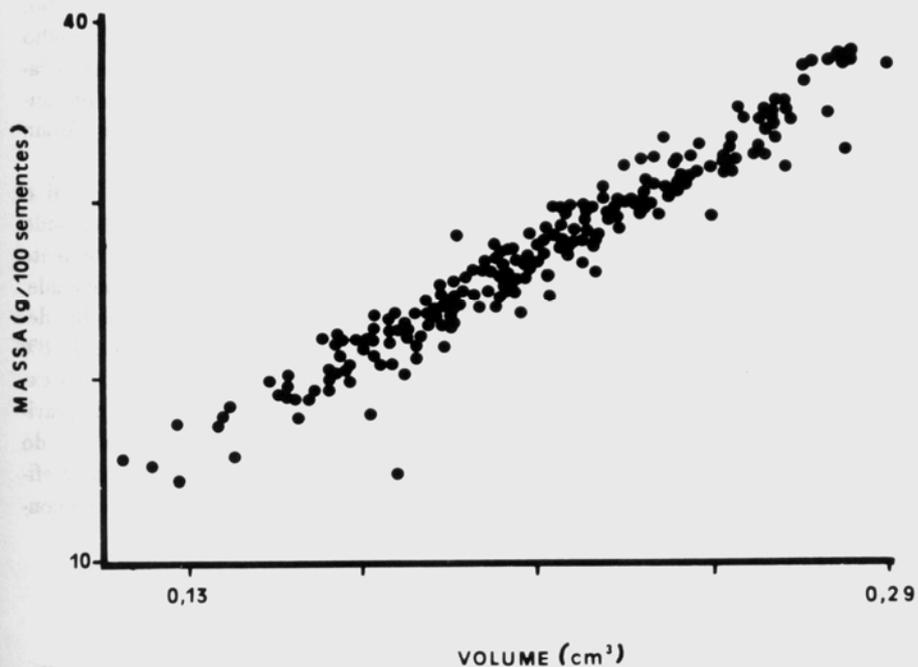


FIG. 6. Relação entre massa (g) e volume (cm<sup>3</sup>) de sementes de milho beneficiadas em mesa de gravidade.

TABELA 1. Peso (g/100 sementes), volume (cm<sup>3</sup>/semente) e gravidade específica das frações obtidas da mesa de gravidade para vários lotes de sementes de Milho<sup>1</sup>.

Frações	Peso (g)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Gravidade Específica
Original	27,7 c	0,212 c	1,30 b
Pesada	28,9 a	0,223 a	1,31 a
Meio-pesada	28,0 b	0,216 b	1,30 b
Meio-leve	26,8 d	0,210 c	1,29 c
Leve	24,5 e	0,193 d	1,29 c

1 - Médias seguidas da mesma letra na coluna não são estatisticamente diferentes (p 0,05) entre si.

TABELA 2. Variação em porcentagem dos atributos físicos e fisiológicos de sementes de milho da fração pesada para a leve na mesa de gravidade.

Atributos	%
Peso volumétrico (kg/m <sup>3</sup> )	8
Peso de 100 sementes (g)	16
Sementes puras (%)	3
Injúrias no pericarpo (%)	64
Germinação (%)	18
Germinação à frio (%)	22
Condutividade elétrica (A)	45
Emergência à campo (%)	14

Para esses fins, desenvolveu-se o "teste da caneca", de fácil uso para operadores da mesa de gravidade, o qual ainda fornece informação precisa para o responsável pelo controle interno de qualidade da empresa. Utilizando uma caneca de bebida (350ml), coloca-se na descarga da fração de sementes pesadas na mesa até ficar totalmente cheia

e derramar sementes. Com o auxílio de uma régua ou sarrafinho de madeira, nivela-se a boca da caneca removendo o excesso de sementes, pesa-se em balança e registra-se o valor obtido. O mesmo procedimento repete-se para a fração de sementes leves, no extremo oposto no terminal de descarga da mesa. Para o operador, é importante obter a máxima diferença nos valores obtidos das duas pesagens do mesmo volume. Os resultados deste estudo mostraram uma diferença em média de 8% entre as frações extremas (Tabela 2) para sementes de milho na mesa de gravidade. O técnico responsável do controle de qualidade poderia utilizar esse dado como padrão de qualidade e ainda obter informação sobre o peso volumétrico da semente boa de cada lote beneficiado na mesa de gravidade.

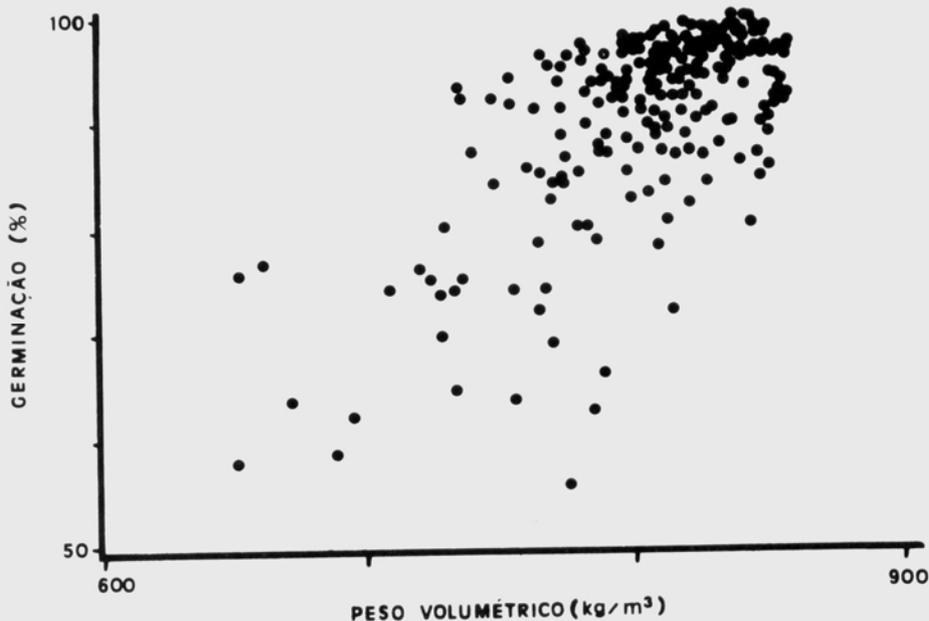


FIG. 7. Relação entre peso volumétrico ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) e germinação (%) de sementes de milho beneficiadas em mesa de gravidade.

QUADRO 3. Regulagens dos ventiladores ( $\text{n}^\circ$  de voltas da manivela) e da velocidade de vibração (rpm) da mesa de gravidade para vários lotes de sementes de milho.

Lote	Variação	Ventiladores				Velocidade (rpm)
		1	2	3*		
		Nº de voltas				
1	Máx.	70	40	18	9	675
	Mín.	58	15	0	0	635
2	Máx.	70	40	20	10	675
	Mín.	64	20	0	0	635
3	Máx.	78	30	5	5	640
	Mín.	63	20	0	0	630
4	Máx.	78	35	20	10	640
	Mín.	70	15	0	0	600
5	Máx.	78	40	24	15	640
	Mín.	70	25	5	0	615

\* O terceiro ventilador possui duas aberturas reguladas independentemente.

Na Tabela 2, são ainda apresentados outros valores de atributos físicos e fisiológicos obtidos quando comparadas as frações extremas na mesa de gravidade, que poderiam

ser utilizados como padrão em um programa de controle interno de qualidade de sementes de milho.

Na Tabela 3 são apresentados dados referentes às regulagens do ar e velocidade de vibração da mesa, consideradas as mais importantes. O primeiro ventilador, regulado pelo ajuste no. 1, localizado logo abaixo da zona de estratificação, onde a mesa é alimentada, teve que fornecer bastante mais ar do que os restantes, já que justamente nessa zona é que as sementes devem ser colocadas em camadas, indo as mais leves para a camada de cima e ficando as pesadas em contato com a mesa. Foi observado também que nessa zona, as sementes de milho redondo precisaram de mais ar do que as de milho chato, o que também ocorreu para os ventiladores restantes (segundo ventilador, boca 2, e terceiro ventilador, bocas 3 e 4), que influem na zona de separação da mesa de gravidade. Ainda pode-se observar na Tabela 3 que o ar deve ir diminuindo à medida que se chega ao terminal de descarga da mesa. Esses resultados devem ser considerados, já que na prática tem-se observado que as mesas de gravidades funcionam com mais ar do que precisam.

Quanto à velocidade de vibração da mesa, variou ao redor de 40rpm da máxima à mínima para todos os lotes (Tabela 4). Pode-se observar ainda que os lotes 1 e 2, que são do mesmo híbrido, precisaram de velocidades máximas mais altas do que os lotes 3 e 4, que também são de um mesmo híbrido mas diferentes dos outros lotes. Esse resultado confirmou as tendências apresentadas para a avaliação dos atributos físicos e fisiológicos quanto à forte influência da variação entre lotes na mesa de gravidade, os quais devem ser tratados diferentemente um dos outros.

## CONCLUSÕES

A mesa de gravidade foi eficiente na separação de sementes de milho em frações de qualidade diferente ao longo do terminal de descarga da mesa.

As frações da parte alta da mesa foram melhoradas quanto a atributos físicos e fisiológicos das sementes de milho.

Quando lotes de sementes de milho de qualidade inicial alta foram beneficiados na mesa de gravidade, somente aumentos marginais de qualidade foram obtidos.

O peso volumétrico ( $\text{kg/m}^3$ ) foi o atributo físico melhor correlacionado com a condição fisiológica da semente de milho separada na mesa de gravidade.

A indústria de sementes de milho deveria utilizar a diferença mínima de 8% em peso volumétrico para as frações extremas (pesada e leve) na mesa de gravidade. Recomenda-se a aplicação do “teste da caneca” para determinar a eficiência da operação e para efeitos de controle interno de qualidade.

## REFERÊNCIAS

ASSMANN, E.J. **Seed density and quality relationships in gravity graded soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) seed**. Ph.D. Dissertation. Mississippi State University, Mississippi State. MS, 1983.

A.O.S.A. **Rules for testing seeds**. Stone Printing Co. Lansing, MI. 1985.

CLARKE, B. Cleaning seeds by fluidization. **J. Agric. Eng. Resp.**, 31(3):231-42, 1985.

GAUL, A.D.; MISRA, M.K; BERN, C.J. and HURBURGH, C.R. Variation of physical properties in gravity separated soybeans. **Transactions of the ASAE**, 29(4):33-36, 50, 1986.

GREGG, B.R. **Associations among selected physical and biological properties of gravity graded cottonseed.** Ph.D. Dissertation. Mississippi State University, Mississippi State, MS. 1969.

SILVA, W.R. e MARCOS FILHO, J. Influência do peso e do tamanho das sementes de milho sobre o desempenho no campo. **Pesquisa Agrop. Bras.**, 17(12):1743-50, 1982.

U.S.D.A. **Grain Inspection Handbook.** Book II. Federal Grain Inspection Service, United States Department of Agriculture, Washington, DC. 1980.

YAN, W.; QIUTIN, L.; ZHIHUI, M. and ZHICHENG, D. Experimental research in operating parameters of gravity seed separation (Abstract in English). **Newsletter of the Peking Machinery and Chemistry College.** 4:17-34, 1983.

ZINK, F.J. Specific gravity and air space of grains and seeds. **Agric. Eng.**, 16(11):439-40, 1935.