

AVALIAÇÃO DE DANOS MECÂNICOS EM GRÃO DE MILHO,
DURANTE A COLHEITA MECÂNICA

Bárbara Heliadora M. Mantovani*
Antônio Carlos de Oliveira*
Evandro Chartuni Mantovani*

INTRODUÇÃO

A colheita de milho por colhedoras colocou em foco o problema do dano mecânico aos grãos. Durante a operação de colheita, o grão é submetido a deformações e impactos excessivos, resultando em danos que variam em uma escala contínua desde a quebra total do grão até rachaduras ou trincamentos quase imperceptíveis a olho nu. Os grãos danificados mecanicamente são mais susceptíveis ao ataque de fungos e insetos durante o armazenamento e a danificação contribui para perdas substanciais da produção nas operações de limpeza e separação, além de depreciar a qualidade final do produto.

Segundo Ayres et alli (1972) citado por CHOWDHURY (1975), o dano mecânico causado durante a colheita mecânica de milho nos Estados Unidos varia de 16,4% a 79,4%, mas somente 0,1 a 3,8% se constitui de grãos quebrados ou material estranho que passa em peneira de crivos de 5 mm. No Brasil, determinações recentes do Departamento Nacional de Serviços de Comercialização (Portaria nº 2 de 12/05/77) consideram, para efeito de classificação do milho, que grãos danificados mecanicamente são "impurezas do próprio produto, bem como grãos, os fragmentos de grãos que passarem na peneira de crivos circulares de 5 mm de diâmetro". Isto indica que somente uma parte do total de grãos danificados está sendo considerada pe

* Pesquisadores do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo.
EMBRAPA - Caixa Postal, 151 - Sete Lagoas, MG.

lo atual sistema de classificação. Entretanto, danificações aparentemente menos severas, como os pequenos trincamentos, podem afetar a qualidade do produto, tornando-o mais susceptível à quebra durante o transporte e a manipulação facilitando o ataque de fungos e insetos durante o armazenamento e permitindo também que bactérias do solo entrem na semente e destruam o suprimento de reservas antes que a planta se estabeleça, no caso de danos a sementes destinadas ao plantio.

O presente trabalho tem como objetivo a determinação dos danos mecânicos causados aos grãos de milho durante a colheita, com vistas a estabelecer níveis ótimos de operação das máquinas e o teor de umidade que minimizem tais danos.

REVISÃO DE LITERATURA

A avaliação de danos mecânicos tem sido feita através de métodos diversos, desde os meramente subjetivos até aqueles baseados em alguma medida física. O método de inspeção visual tem sido o mais extensamente usado, mas é um processo que consome tempo, além de estar bastante sujeito a influências pessoais e cansaço. Outros testes, citados por CHOWDHURY et alii (1976), como teste de germinação, teste de germinação ácida, e método de produção de CO_2 dão boa precisão, mas requerem muito tempo para execução. Outros métodos que podem oferecer probabilidade de uso mas não têm ainda seu potencial explorado são técnicas de propagação de ondas, como técnicas de pulsação, ultrassom e impedância elétrica.

CHOWDHURY & BUCHELE (1976) desenvolveram um método para determinação quantitativa e qualitativa de danos mecânicos em grãos, baseado em técnicas colorimétricas. Por meio deste método, determina-se o dano mecânico, aplicando-se à amostra de grãos uma solução de um corante que adere somente à parte danificada do grão, não colorindo o tegumento do mesmo. O excesso de corante é lavado em água, e a amostra de grãos é colocada então em uma solução de solvente, que retira o corante aderido às partes danificadas. A quantidade de corante retirado dos grãos, determinada através da sua concentração no solvente, é proporcional ao dano mecânico, podendo ser medida por

meio de um colorímetro. O método é rápido, simples e apresenta resultados bastante coerentes com outros descritos na literatura.

Outro método quantitativo e qualitativo é o desenvolvido por CHOWDHURY & BUCHELE (1976), que alia à inspeção visual, a determinação de um índice de danos, baseado na avaliação de uma propriedade biológica do grão, no caso, o poder germinativo. Os autores classificaram os grãos em cinco categorias de danos e determinaram fatores multiplicativos levando-se em consideração o poder germinativo dos grãos danificados em cada categoria, para o cálculo do índice de danos.

O teor de umidade do grão parece ser uma variável importante a ser considerada, em relação à porcentagem de dano ocasionada pela colheita mecânica, e, segundo MOSHENIN (1970), o efeito do teor de umidade no dano mecânico de grãos e sementes depende de certa forma do tipo de força a que os mesmos estão sujeitos durante a manipulação. Durante a debulha de milho, os grãos sofrem principalmente o efeito de esforços de compressão, sob os quais grãos com menor teor de umidade parecem ser mais resistentes. Com o aumento do teor de umidade, aumenta a força necessária para destacar os grãos do saibugo, que é o fator que contribui para o aumento do dano mecânico nestas condições. Leonhardt e outros, citados por MOSHENIN (1970) encontraram que grãos de milho com baixo teor de umidade são mais susceptíveis à quebra por impacto do que grãos mais úmidos, embora estes sejam menos resistentes a injúrias no embrião.

Dados de Pickard e Burrough, citados por JOHNSON & LAMP (1966) mostram que, na faixa de 20 a 35% de umidade, o dano mecânico aumenta à medida que os grãos estejam mais úmidos, sendo o fato muito acentuado em grãos com teor de umidade acima de 25%.

Barkstron e Goss, citados também por JOHNSON & LAMP (1966) estudaram o efeito do teor de umidade do grão no dano mecânico na faixa de 20 a 12% de umidade. Os resultados mostram um decréscimo no dano mecânico quando se aumenta o teor de umidade, tendo se encontrado o ponto mínimo de quebra a 18-19% de umidade.

Pickard, Monison e Goss, citados por JOHNSON & LAMP (1966), fornecem dados a respeito da influência da velocidade do cilindro no dano mecânico e concluem que a quebra de grãos aumenta rapidamente quando se usam velocidades de cilindro acima de 453 rpm e recomendam uma velocidade de 490 rpm, como ótima do ponto de vista de danos mecânicos e perdas durante a colheita.

BYG & HALL (1967) estudaram o efeito do teor de umidade do grão e da rotação do cilindro da combinada na quantidade de grãos danificados, dano este determinado segundo normas idênticas às do Brasil, citadas anteriormente. Os autores chegaram a resultados semelhantes aos citados por JOHNSON & LAMP (1966), encontrando o mínimo de perdas com teor de umidade do grão igual a 20% e velocidade do cilindro igual a 400 rpm.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi executado no CNPMS em Sete Lagoas, MG, no ano agrícola de 1976/77. Foi feita avaliação de danos mecânicos em grãos de dois cultivares de milho (Piranão e Cargill 111), colhidos por duas máquinas, uma automotriz (Case 960) e outra acoplada ao trator (Penha CLM 350). As colheitas foram efetuadas usando-se quatro rotações de cilindro para a automotriz (710, 549, 456 e 400 rpm) e duas rotações do eixo superior para a acoplada ao trator (987 rpm e 856 rpm), colhendo-se grãos com teores de umidade variando de 12% a 23%. O delineamento experimental usado foi o de blocos casualizados com três repetições. Durante cada colheita, era coletada uma amostra de milho (4 a 5 kg) do tanque da colhedeira. Imediatamente após coletada, cada amostra era levada a secar ao sol, até que os grãos atingissem teor de umidade entre 12 e 13%, sendo colocada em saco plástico, etiquetada e guardada em ambiente frio e seco até que se fizessem as avaliações de danos.

Avaliação dos Danos

Cada amostra de grãos (4 a 5 kg), correspondente a cada um dos três blocos, era homogeneizada e dividida em um Divisor Boerner, a fim de se obterem seis amostras de 100 g, três para cada um dos métodos de avaliação usados.

Método 1. Inspeção Visual - Índice de danos

Três amostras de 100 g, cada uma, eram passadas no soprador de sementes (abertura 100%), por um minuto, a fim de se separarem o pó, material estranho, grãos quebrados e partículas menores que 5 mm, anotando-se a % de material depositado no topo do tubo (d_1). A seguir, colocava-se cada amostra de grãos em 100 ml de solução de "Fast Green Dye" a 0,1% (sal dissódico do ácido trissulfônico anidro p-p'-dibenzildietildiamino-p"-hidroxitriphenil carbícol) por cinco minutos, agitando-se com bastonete de vidro. Os grãos eram então retirados da solução, lavados em água corrente por 30 segundos, espalhados em papel e postos a secar por 24 horas. Depois de secos, os grãos eram separados visualmente com auxílio de uma lupa, em quatro categorias, a saber:

d_2 = dano severo: mais da metade do grão faltando (%).

d_3 = dano grande: metade e menos da metade do grão quebrado, faltando, trincas no embrião (%).

d_4 = dano pequeno: pequenos estragões, superficiais (%).

d_5 = grãos não danificados (%).

A seguir era calculada a média das três porcentagens de danos encontradas para as três amostras e determinava-se o índice de danos, de acordo com CHOWDHURY & BUCHELE (1976), pela seguinte equação:

$$I = [(d_1 + d_2) 10 + 6 d_3 + 2 d_4 + d_5] / 10$$

Método 2. Avaliação colorimétrica

Uma amostra de milho (11 g), em três repetições, era colocada em 100 ml de solução de "Fast Green Dye" a 0,1% por cinco minutos. A seguir, os grãos eram retirados da solução, lavados em água corrente por 30 segundos e colocados em 200 ml do solvente (solução de NaOH 0,05 N) por cinco minutos. A solução corada obtida era então filtrada e colocada em um tubo de testes do colorímetro, fazendo em seguida a leitura.

Determinação da relação entre leitura do colorímetro e porcentagem de danos mecânicos

Amostras de milho dos dois cultivares estudados foram colhidas manualmente a fim de se evitar danos mecânicos. Alguns grãos foram cortados longitudinalmente e adicionados aos grãos sem danos, para formar amostras com porcentagens de danos variando de 0 a 60%. A seguir, foi feita a avaliação colorimétrica dos danos, em três repetições, e efetuada uma análise de regressão entre leitura do colorímetro e porcentagem de danos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de regressão entre porcentagem de danos (x) e leitura do colorímetro (y) forneceram as seguintes equações:

$$\text{Cargill 111} - y = 4,5970 + 1,8989 x, r^2 = 97,7\%$$

$$\text{Piranão} - y = 10,8132 + 1,9011 x, r^2 = 97,4\%$$

Foi feito um teste de F para testar a hipótese de igualdade entre as duas retas estimadas, encontrando-se que há diferença significativa entre as duas equações, a nível de 1% de probabilidade.

Este resultado sugere que a quantidade de corante aderida aos grãos de diferentes cultivares de milho com o mesmo percentual de danos é diferente, ou talvez o solvente retire mais rapidamente o corante de um cultivar (Piranão) do que do outro (Cargill 111). Entretanto, para se concluir algo de concreto, este fato precisa ser mais intensamente estudado, usando-se outros cultivares, no intuito de se confirmar ou não o observado e tentar identificar as causas.

As figuras de 1 a 8 mostram algumas tendências encontradas na avaliação de danos mecânicos. Vale ressaltar aqui, que não foi ainda efetuada nenhuma análise estatística dos resultados encontrados.

Em uma análise superficial dos resultados, observa-se que a categoria de danos d_1 (danificação muito severa) foi pouco ou nada afetada pelas variáveis estudadas (teor de umidade na colheita e rotação do cilindro). Parece que tal tipo de dano foi menor para os

casos de cultivar Piranão e na colheita pela máquina Penha.

De modo geral, o dano mecânico aumenta com o aumento da rotação do cilindro, para o mesmo teor de umidade. Nota-se também que em todas as rotações de cilindro, há aumento do dano mecânico à medida que o grão é colhido mais úmido, sendo este fato menos acentuado ou mesmo inverso no caso de danos pequenos (Categoria d_4).

Os gráficos de Índice de Danos geralmente acompanham a tendência dos gráficos de danos avaliados no colorímetro e dos gráficos de danos totais ($d_1 + d_2 + d_3 + d_4$), sugerindo que os métodos usados fornecem resultados coerentes.

Os grãos colhidos pela máquina Penha apresentaram menores quantidades de danificações severas e grandes (d_2 e d_3), entretanto os danos pequenos (d_4) foram muito elevados, o que aumentou a quantidade de danos totais (dt)⁴. em ambos os cultivares, para todas as situações. Entretanto, este aumento na porcentagem de d_4 não foi suficiente para tornar o dano mecânico calculado pelos métodos qualitativos (Índice de danos e Avaliação colorimétrica) maior no caso da máquina Penha.

Através de análises estatísticas dos resultados, tentar-se-á estabelecer o teor de umidade do grão e a rotação do cilindro que danifiquem menos os grãos durante a colheita.

CONCLUSÕES

1. A quantidade de grãos quebrados, material estranho e pó, ou seja, a danificação muito severa, parece não ser influenciada pela rotação do cilindro da colhedeira ou pelo teor de umidade dos grãos durante a colheita.
2. De modo geral, o dano mecânico tende a aumentar com o aumento do teor de umidade na colheita e com o aumento da rotação do cilindro.
3. Os grãos de milho do cultivar Piranão parecem ser mais resistentes ao dano mecânico ocasionado durante a colheita.
4. A máquina Penha parece danificar menos os grãos que a máquina Case.

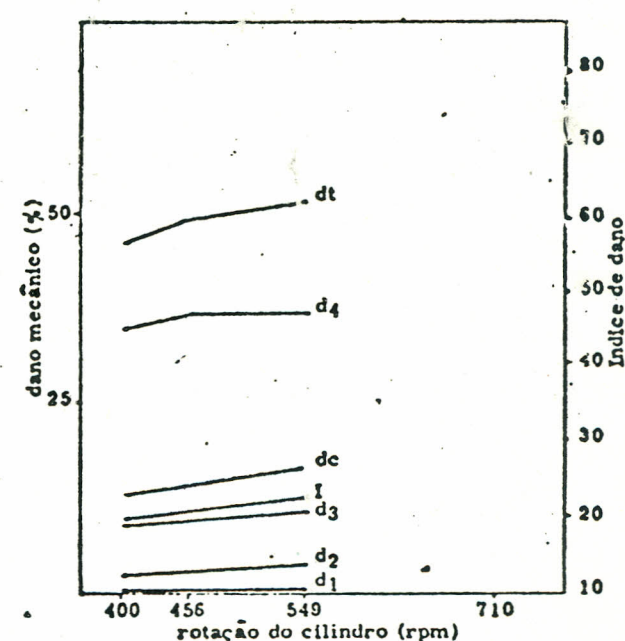
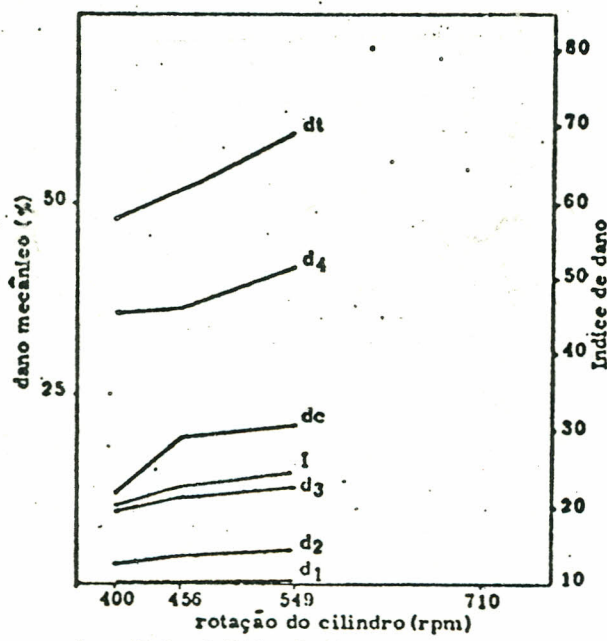
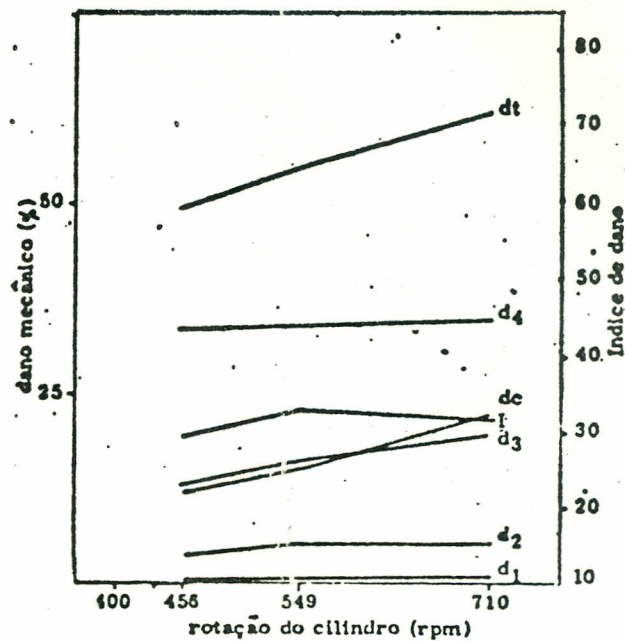
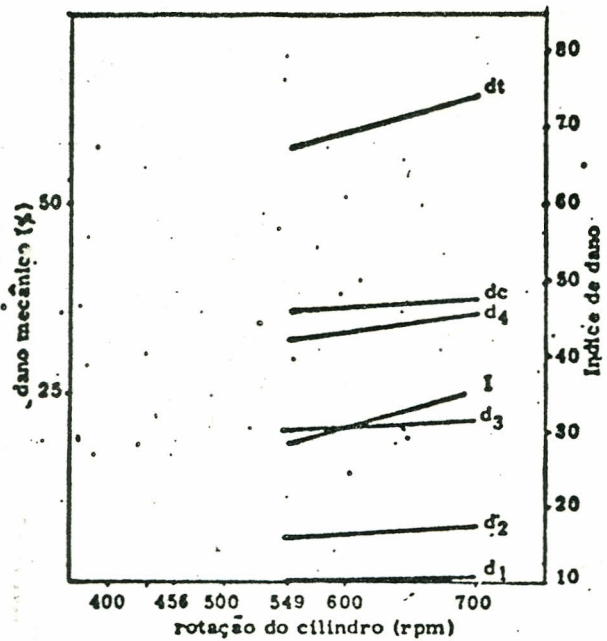


FIGURA 1. Dano mecânico e índice de danos x rotação do cilindro - Máquina Case, cultivar Cargill 111.

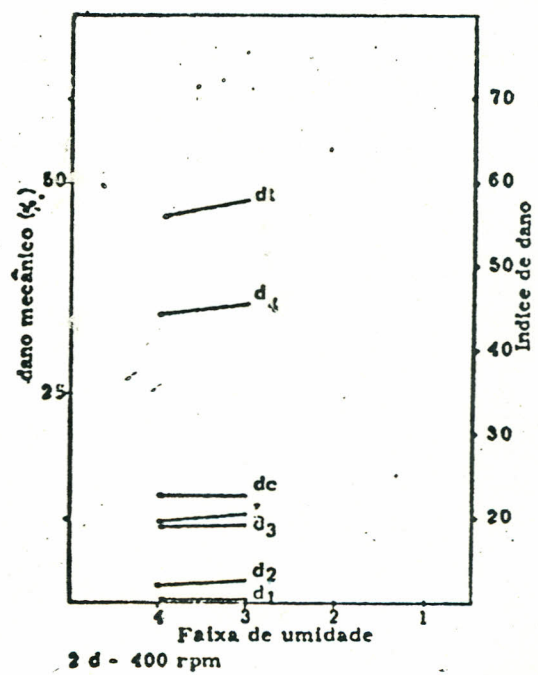
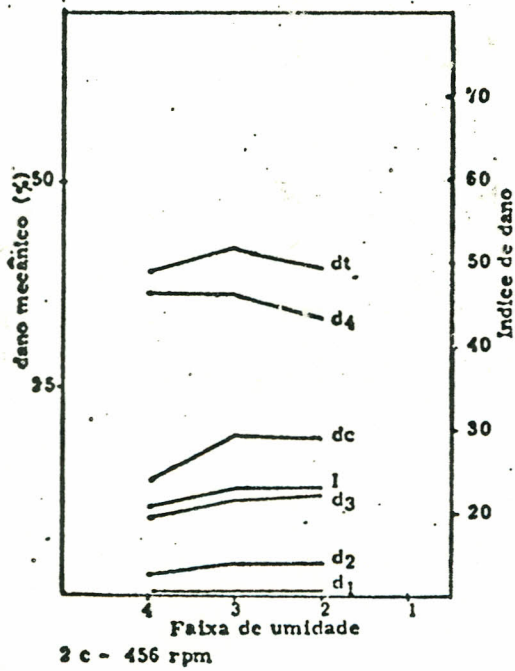
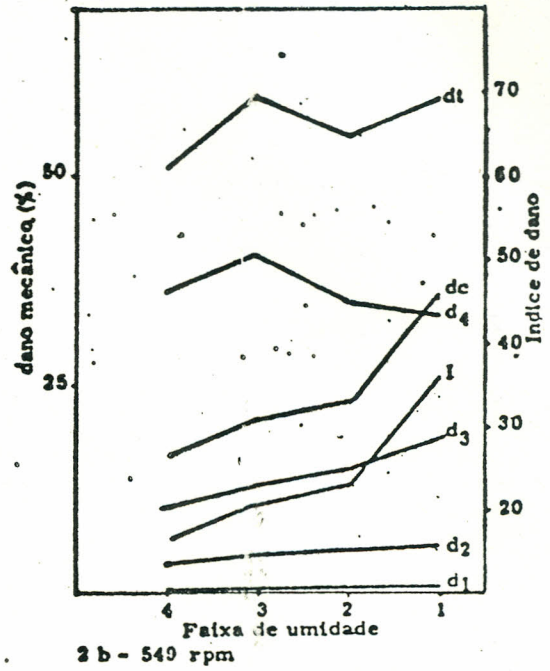
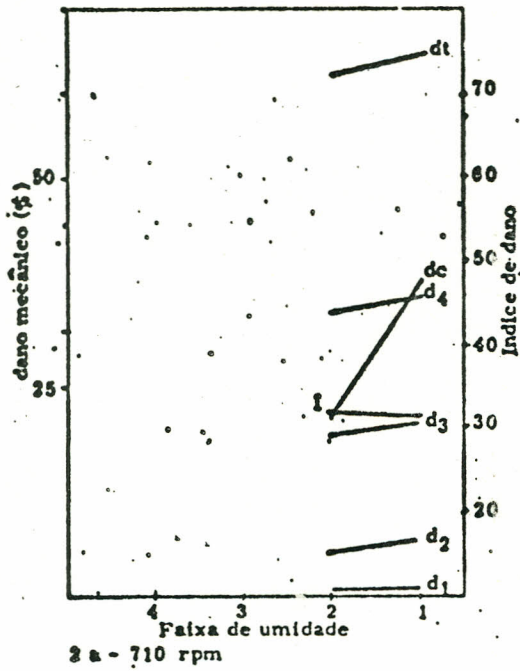
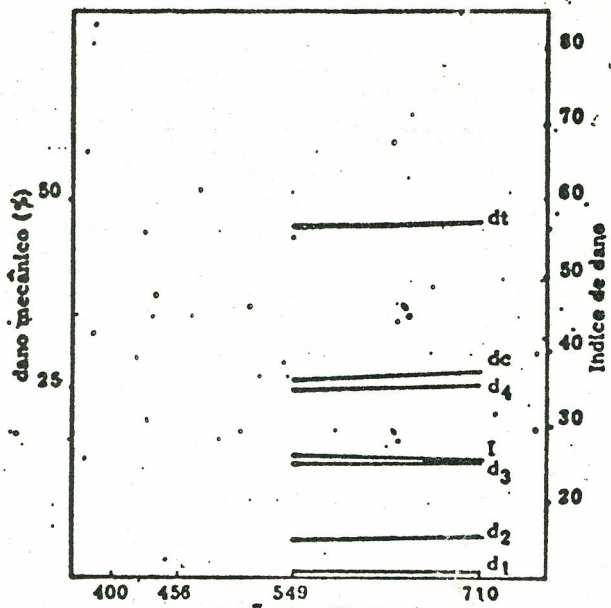
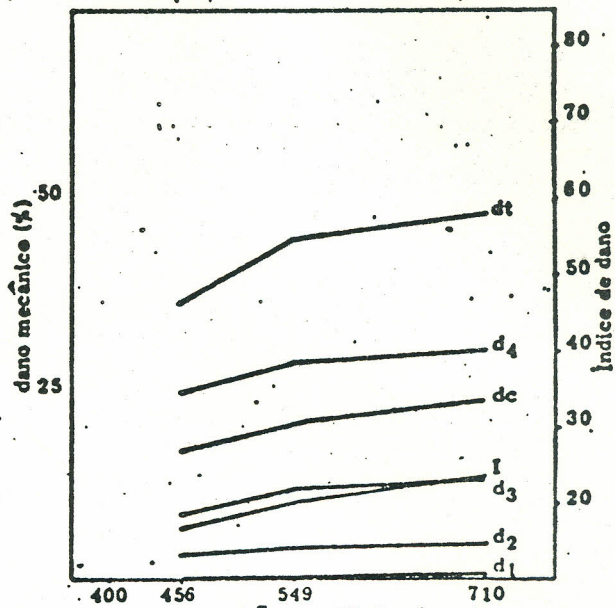


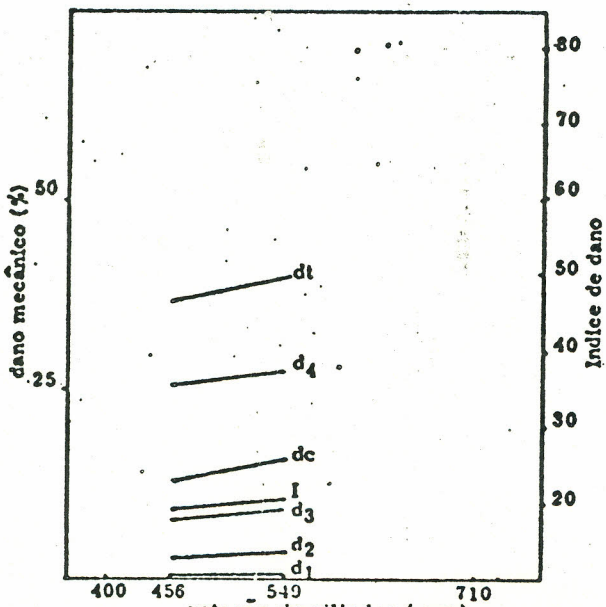
FIGURA 2. Dano mecânico e índice de danos x faixas de umidade - Máquina Case, cultivar Cargill 111.



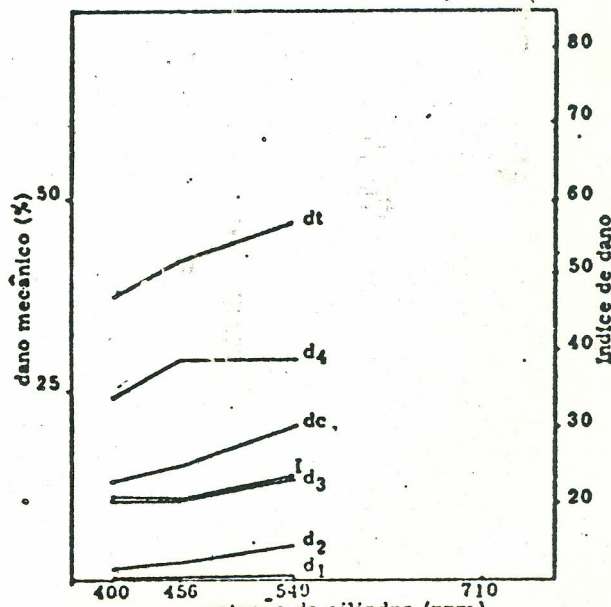
3 a - Faixa 1 (24 % a 20%)



3 b - Faixa 2 (20 % a 16%)



3.c - Faixa 3 (16 % a 14%)



3 d - Faixa 4 (14 % a 12%)

FIGURA 3. Dano mecânico e índice de danos x rotação do cilindro — Máquina Case, cultivar Piranão.

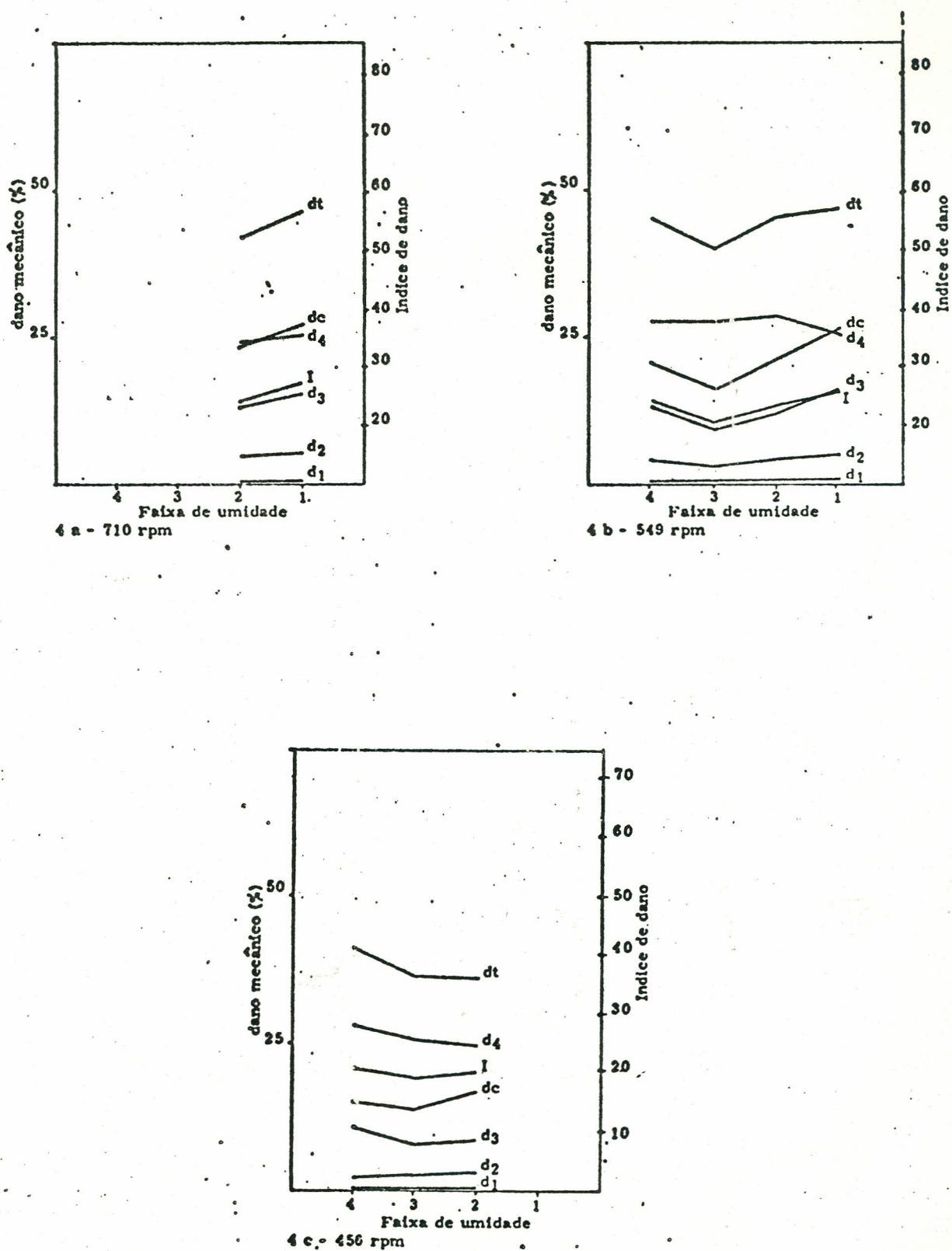


FIGURA 4. Dano mecânico e índice de danos x faixas de umidade - Máquina Case, cultivar Piranão.

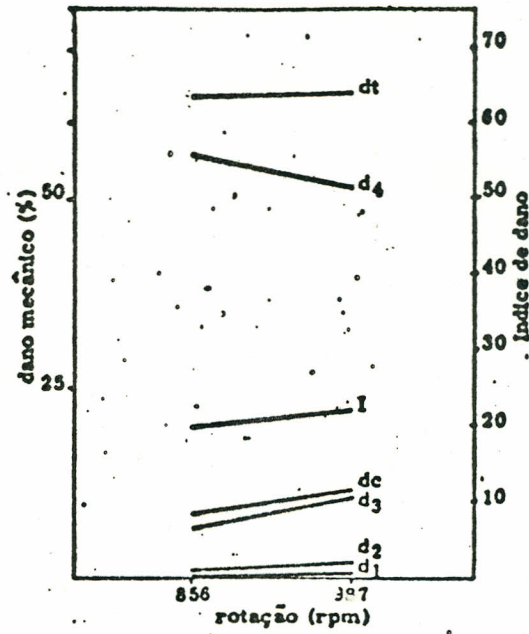
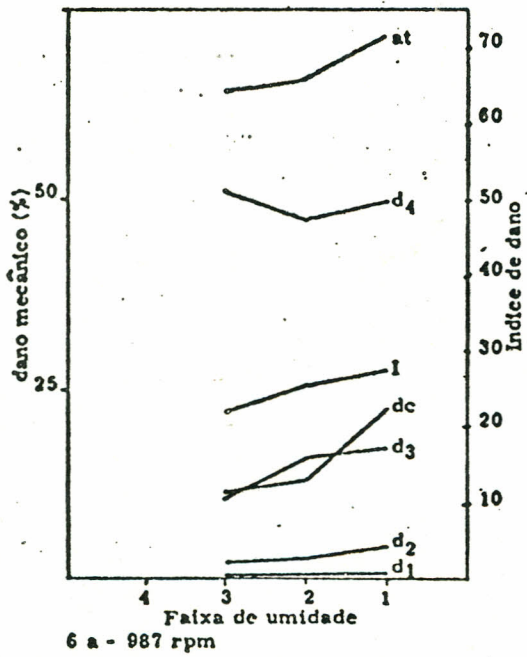
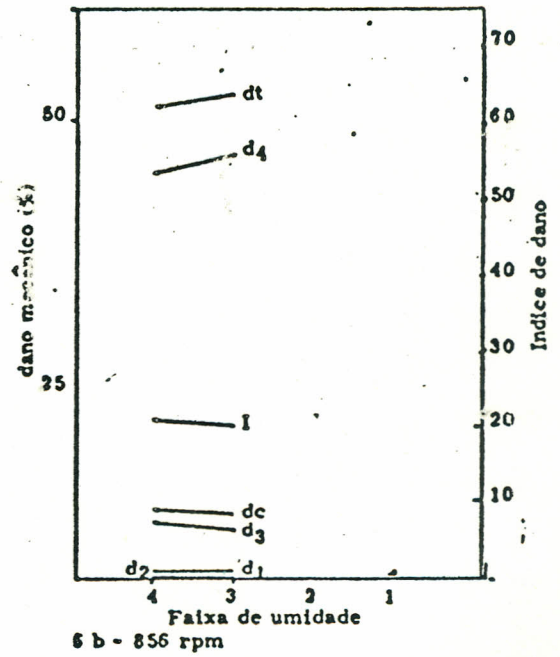


FIGURA 5. Dano mecânico e índice de danos x rotação do eixo superior -- Máquina Penha, cultivar Cargill 111 - Faixa 3 (16% a 14%).



6 a - 987 rpm



6 b - 856 rpm

FIGURA 6. Dano mecânico e índice de danos x faixa de umidade -- Máquina Penha, cultivar Cargill 111.

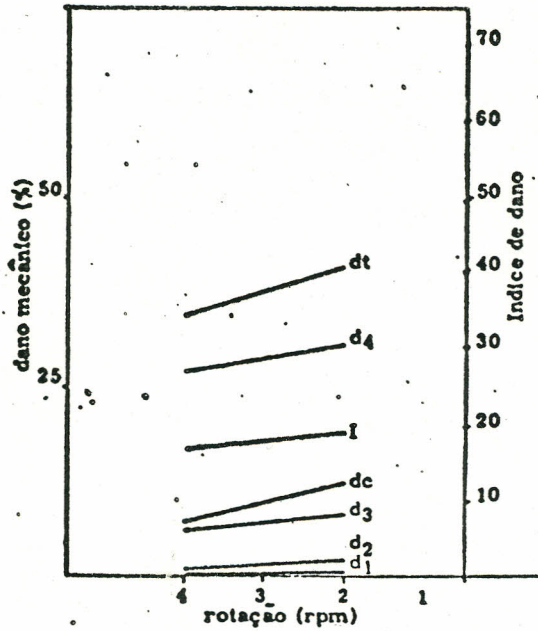


FIGURA 7. Dano mecânico e índice de danos x rotação do eixo superior - Máquina Penha, cultivar Piranão - Faixa 2 (20 % a 16%).

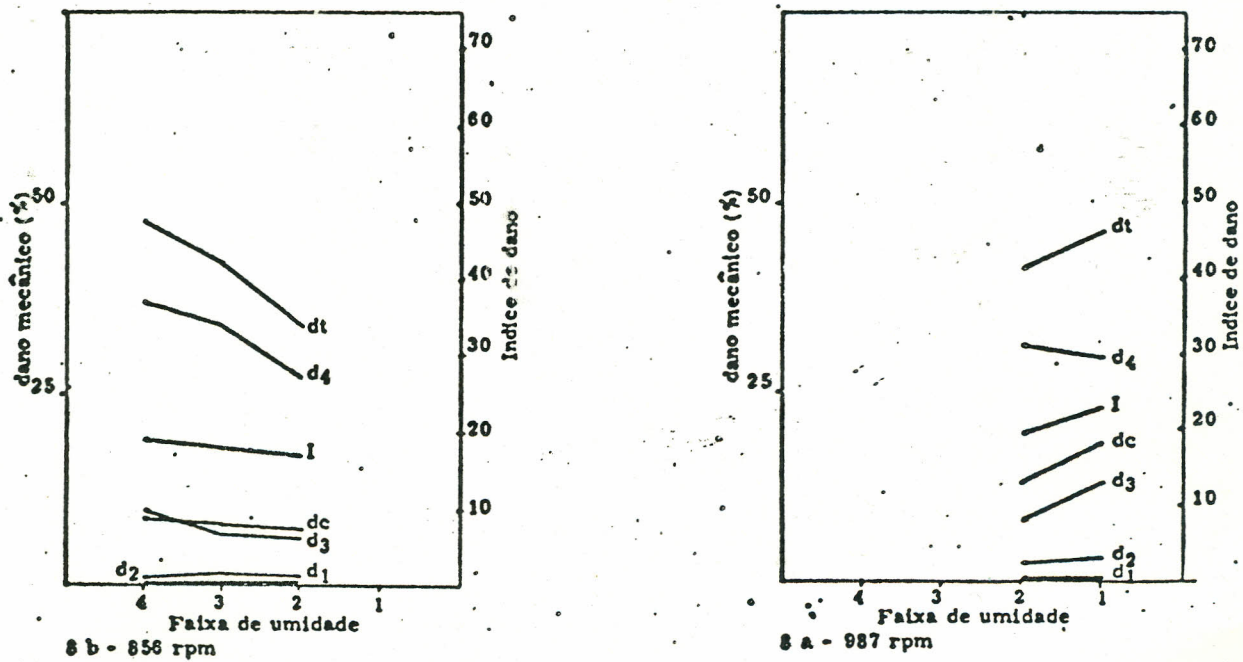


FIGURA 8. Dano mecânico e índice de danos x faixas de umidade - Máquina Penha, cultivar Piranão.

LITERATURA CITADA

1. BYG, D.M. & HALL, G.E. Corn losses and kernel damage when field shelling corn. St. Joseph, Mich., ASAE, 1967. 9p. (paper apresentado na Reunião Anual da American Society of Agricultural Engineers).
2. CHOWDHURY, M.H. & BUCHELE, W.F. Effects of the operating parameters of the rubber roller sheller. Transactions of the ASAE, St. Joseph, Mich., 18(3): 482-86, 1975.
3. CHOWDHURY, M.H. & BUCHELE, W.F. Development of a numerical damage index for critical evaluation of mechanical damage in Corn. Transactions of the ASAE, St. Joseph, Mich., 19(3): 428-32, 1976.
4. CHOWDHURY, M.H. & BUCHELE, W.F. Effects of different bio-parameters, for colorimetric evaluation of grain damage. Transactions of the ASAE, St. Joseph, Mich., 19(6): 1019-1021, 1976.
5. CHOWDHURY, M.H. Methods for determining grain damage (mechanical). Proceedings of the fourth International Conference on Mechanization of Field Experiments, Ames, Iowa, 1976. p. 216-228.
6. JOHNSON, W.H. & LAMP, B.J. Principles, Equipment and Systems for Corn Harvesting. Wooster, Ohio, Agricultural Consulting Associates, Inc., 1966, 370p.
7. DIÁRIO OFICIAL - SEÇÃO I - PARTE I. Portaria nº 2 de 12 de maio de 1977.
8. MOSHENIN, N.M. Physical Properties of Plant and Animal Materials, 1977, 733p.