

Estudo de Um Mecanismo Descascar de Mamona (Ricinus communis, L.)

Luiz Geraldo Mialhe

**Engenheiro Agrônomo
Instrutor da Cadeira de Mecânica,
Motores e Máquinas da E. S. A.
"Luiz de Queiroz," da U. S. P.**

Tese apresentada, para concurso de Doutorado,
à Cadeira de Mecânica, Motores e Máquinas,
da Escola Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São Paulo.

**Abril de 1969
Piracicaba, Estado de São Paulo
B R A S I L**

ESTUDO DE UM MECANISMO DESCASCADOR
DE MAÇONA (Ricinus communis, L.)

LUIZ GERALDO MIALHÉ

Engenheiro Agrônomo
Instrutor da Cadeira de
Mecânica, Motores e Má-
quinas da E.S.A. "Luiz
de Queiroz", da U.S.P.

Tese apresentada, para concurso
de Doutorado, à Cadeira de
Mecânica, Motores e Máquinas
da Escola Superior de Agricul-
tura "Luiz de Queiroz", da Uni-
versidade de São Paulo.

Abril de 1969
Piracicaba, Estado de São Paulo
BRASIL

E R R A T A

	Onde se lê:	Leia-se:
Na capa:	Tese apresentada, para concurso de Doutoꝛamento à Cadeira de Mecânica, Motores e Máquinas, da Escola Superior ...	Tese apresentada, pa- ra Doutoꝛamento, à Escola Superior ...
Na pág. 1, 2a. linha:	... ligada ligado ...
Na pág. 30, equação (14):	$P_1 = S_1 + S_d + S_f + C_f$	$P_1 = S_i + S_d + S_f + C_f$
Na pág. 41, 1a. linha:	... Figura 11 Figura 10 ...
Figura 11:	Figura 11.	Figura 10.
Na pág. 52, 14a. linha; nas pági- nas 56 e 59, 13a. e 30a. linhas; na pág. 62, 14a. e 29a. linhas:	... asterísticos asteriscos ...
Na pág. 74, 4a. linha:	... da Mamaneira da Mamoneira.
Na pág. 78, 3a. linha:	A Figura 11, ...	A Figura 10, ...

À mon père "in memoriam"

À minha mãe, esposa e filhos

Í N D I C E

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	
3.1. Mamona	12
3.2. Mecanismo Descascador	14
3.3. Funcionamento	25
3.4. Métodos de Ensaio	25
3.5. Equipamentos Complementares	33
4. RESULTADOS OBTIDOS	
4.1. Ensaio Preliminares	34
4.2. Ensaio da Máquina Experimental	35
5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES SÔBRE O PROTÓTIPO	
5.1. Capacidade de Descascamento	47
5.2. Sementes Descascadas e Cocos Alterados	48
5.3. Velocidade do Ar	50
6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS ENSAIOS DA MÁQUINA EXPERIMENTAL	
6.1. Capacidade de Descascamento	51
6.2. Eficácia de Descascamento	55
6.3. Quebra	58
6.4. Retorno	61
7. CONCLUSÕES SÔBRE A MÁQUINA EXPERIMENTAL	65
8. RESUMO	68
9. SUMMARY	70
10. BIBLIOGRAFIA CITADA	72
APÊNDICE 1	75
AGRADECIMENTOS	80

1. INTRODUÇÃO

O rendimento industrial da extração do óleo de sementes oleaginosas está intimamente ligada ao beneficiamento do produto "in natura". O material estranho, fôlhas, gravetos, cascas e demais partes das plantas, além de não conterem óleo, prejudicam o processamento industrial das sementes.

O óleo proveniente das sementes da mamoneira (Rícinus communis, L.) apresenta um amplo campo de aplicação. É utilizado, segundo SCHOENLEBER (1960), na obtenção de mais de 200 produtos, particularmente na fabricação de plásticos, películas protetoras, lubrificantes sintéticos para aviões a jacto, graxas de uso geral, fluidos hidráulicos e na produção de "nylon". Seu consumo anual, nos EE.UU., desde 1950, tem excedido a 45.000 toneladas.

O crescente consumo mundial do óleo de mamona tem provocado, nos países onde é cultivada, um aumento das áreas de

plântio, e maior interêsse no melhoramento de variedades e na mecanização dessa cultura. No Brasil, segundo dados estatísticos fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - I.B.G.E. (1966), a área de cultivo, que em 1963 era de 307.187 ha, passou a 394.146 ha, em 1965. A produção, que em 1963 foi de 239.860 toneladas, experimentou um aumento, no mesmo período, de 116.000 toneladas.

A mamoneira apresenta distribuição geográfica muito extensa, encontrando-se em estado sub-espontâneo ou em cultivo na maioria das zonas tropicais do mundo. KRUG & TEIXEIRA MENDES (1942) ao organizarem uma coleção de nossas variedades, verificaram haver um número elevado de tipos vegetativos, tanto na forma cultivada como espontânea. É encontrada em todos os Estados, sobressaindo-se São Paulo e Bahia onde, atualmente, já se acha fixada na forma de cultura racional.

Nos trabalhos de melhoramento e seleção, a indeiscência dos frutos tem sido incluída entre as características básicas, altamente desejáveis para as novas variedades de mamona. A deiscência dos frutos restringe a área de cultivo uma vez que exige colheita manual seletiva; cria condições para uma propagação indiscriminada, através de sementes expulsas naturalmente dos frutos, e constitui séria limitação ao desenvolvimento de projetos para mecanização de sua colheita.

Os primeiros trabalhos de melhoramento de mamona no Estado de São Paulo, tiveram início em 1939, no Instituto Agrônômico de Campinas - I.A.C. onde, segundo KRUG & TEIXEIRA MENDES (1942), foi obtido o "cultivar" deiscente designado por "IA-38" que apresentava inúmeras vantagens sobre aqueles não selecionados. CANECCHIO (1958) e VASCONCELLOS ROCHA (1964) obtiveram, na Seção de Oleaginosas do I.A.C., um "cultivar" indeiscente para multiplicação, que recebeu o nome de "Campinas", a partir de cruzamentos com variedades importadas, tais como a "Backer 374" e a "Cimarron".

Apesar dos progressos no campo do melhoramento de variedades de mamona, o mesmo não ocorreu com as máquinas de fabricação nacional destinadas ao seu beneficiamento. Até o momento, as máquinas utilizadas no descascamento da mamona têm se constituído em adaptações daquelas destinadas ao beneficiamento de café (Coffea arabica, L.). A principal limitação à expansão do cultivo de variedades indeiscentes, segundo informações obtidas de técnicos envolvidos no trabalho de melhoramento, seleção e produção de mamona, é a operação de beneficiamento como vem sendo feita entre nós.

Por essa razão, em 1965, a Cadeira de Mecânica, Motores e Máquinas, da E.S.A. "Luiz de Queiroz" de Piracicaba-SP, iniciou a construção de uma máquina que pudesse resolver, de imediato, êsse problema. Procedeu-se um estudo das máquinas descascadoras destinadas às variedades norte-americanas, culminando na construção de um protótipo com o objetivo de atender aos agricultores e servir para observações preliminares. Êsse trabalho mostrou a necessidade de um desenvolvimento da máquina a fim de torná-la mais adequada às nossas condições.

O objetivo dêste trabalho é, portanto, o de pesquisar os fatores considerados de maior importância e que limitam o funcionamento adequado do princípio de descascamento adotado, nas nossas condições. No estudo da remoção das cascas dos frutos, os fatores considerados importantes foram: forma dos anéis de borracha descascadores, espaçamento entre êles e a rotação do anel móvel.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os métodos utilizados para o beneficiamento da mamona, nos vários países onde é cultivada, variam de acôrdo com o grau de mecanização dessa cultura.

Na Índia, SETHI, citado por ARNOLD & SHARP (1942), menciona um método de fermentação, através do qual os frutos de mamona são colocados num fôssô, juntamente com matéria orgânica e, após a decomposição das cascas, as sementes são retiradas e lavadas. No Brasil, GRANER & GODDY JÚNIOR (1962) descrevem que após a colheita dos cachos e o arrancamento dos frutos, estes são transportados a um terreiro, para um complemento de seca, onde se procede à batedura e à abanação manuais. Nos Estados Unidos, segundo SMITH (1964), os estudos referentes à mecanização dessa oleaginosa, no que se refere à sua colheita, envolvem duas etapas: remoção dos frutos das plantas e descascamento dos frutos.

SCHOENLEBER & BOUSE (1963) consideram vários estágios no desenvolvimento da colheita e beneficiamento mecânicos da mamona. As primeiras máquinas colhedoras eram de arrasto, de uma linha, e retiravam os frutos das plantas por meio de rolos batedores. Nessas colhedoras grandes quantidades de fôlhas e galhos acompanham os frutos que, após colhidos, são descascados em instalações centrais de beneficiamento. Posteriormente, foram desenvolvidas colhedoras automotoras, de linhas múltiplas, utilizando batedores especiais para remoção dos frutos e escovas de vedação para evitar perdas. Recentemente foram incluídos, nas colhedoras, mecanismos de descascamento e limpeza, tornando obsoletas as instalações de beneficiamento.

O primeiro trabalho de que temos notícia sobre descascamento de mamona é o de CLAY (1942), que estuda uma descascadora com órgão ativo constituído por um pneu de carrêta, 6.00-32, ligeiramente inflado, girando a 80-90 rpm no interior de 1/5 da carcaça de um pneu de trator, 9.00-36, montados sobre uma estrutura de madeira, como ilustra o esquema A da Figura 1. Um jacto de ar propicia a separação das cascas e rolos de flanela separam os frutos não descascados pela máquina. Sua capacidade é de cêrca de 450 kgf de sementes beneficiadas por hora. O autor, analisando o produto beneficiado, coletado após a passagem pelos rolos separadores, obtem os seguintes resultados: a) sementes intactas - 99,05% b) sementes quebradas - 0,40%; c) frutos não descascados - 0,45%; d) material estranho e cascas - 0,10%. Dados sobre as características da mamona e regulagens da máquina não são fornecidos.

ARNOLD & SHARP (1942), ao estudarem um novo princípio de descascamento, observam que a aplicação de pressão lateral nos frutos de mamona, com intensidade suficiente para remoção das cascas, resulta em quebra e esmagamento e, contrariamente, sendo a pressão aplicada nas extremidades, a casca é removida facilmente, sem danificar as sementes. Assim, projetam êles

uma descascadora experimental constituída de dois discos verticais, de madeira, com as faces adjacentes recobertas de borracha, cuja disposição geral é mostrada no esquema B da Figura 1. Um dos discos, fixo à moega de alimentação, apresenta um orifício central, enquanto o outro gira com velocidade tangencial de 7,8 m/s, para um diâmetro de 150 mm. Em ensaios realizados com mamona da variedade "Connor", cujos frutos foram colhidos manualmente e utilizados sem secagem preliminar, os resultados obtidos para as várias regulagens, em têrmos percentuais sôbre o produto beneficiado isento de cascas, são: a) sementes intactas - 97,6 a 85,0%; b) sementes danificadas - 0,4 a 8,7%. c) frutos não descascados - 0,1 a 9,3%. Sua capacidade é de aproximadamente 35 litros de mamona beneficiada por hora. Dados sôbre as características da mamona e das regulagens utilizadas não são fornecidos.

GORDON (1943) ensaia diversos tipos de descascadoras experimentais de mamona. A primeira máquina apresenta, como órgão descascador, um cilindro horizontal de 300 mm de diâmetro, provido de dentes de aço implantados radialmente em sua periferia. O cilindro, girando a 250 rpm, se dispõe entre a moega alimentadora e uma grade metálica recurvada que envolve sua metade inferior, como ilustra o esquema C da Figura 1. Os frutos, pela ação dos dentes, são descascados e, após atravessarem os crivos da grade, caem num conjunto de peneiras oscilantes, separando-se assim a porção não descascada. Um jacto de ar promove a remoção das cascas e sementes não totalmente desenvolvidas ("chôchas"). Com algumas variedades seu comportamento é satisfatório, com outras, entretanto, como a "Connor", à quebra de sementes é excessiva. Dados sôbre os resultados dos ensaios, regulagens da máquina e características da mamona utilizada não são fornecidos pelo autor. Outra máquina ensaiada constitui-se de um rotor cônico, montado verticalmente e com a base voltada para cima, girando no interior de um envoltório afunilado, como mostra o esquema D da Figura 1. A superfície

externa do rotor e a interna do envoltório são recobertas de borracha. Com o rotor girando a 125-150 rpm, liberam-se os frutos de mamona na parte mais alta e recolhe-se o produto beneficiado por uma abertura no ápice do funil. Nenhum dispositivo para limpeza existe nesta unidade experimental, cuja capacidade de descascamento foi considerada pequena e a disposição vertical do rotor desvantajosa. Os dados obtidos nos ensaios, regulagens e características da mamona utilizada não são fornecidos. Outra forma de descascamento ensaiada pelo mesmo autor envolve a utilização de um cilindro de barras e côncavo de grande, semelhante ao mecanismo de trilha das combinadas para cereais e, após extensivos trabalhos experimentais, pode-se observar que nenhum tipo de máquina utilizando-se desse mecanismo é eficiente com mamona.

Com base numa antiga descascadora, GORDON (1943) desenvolve uma descascadora experimental cujos órgãos ativos são correias-sem-fim, montadas sobre polias, no interior de um recipiente, como ilustra o esquema E da Figura 1. As faces externas das correias superior e inferior, dispostas paralelamente, operam próximas uma da outra e na mesma direção. A velocidade linear da correia superior é 38% menor que a inferior, que se desloca a 0,06 m/s. Os frutos de mamona, liberados da moega, ao atingirem a face externa da correia inferior, encaminham-se entre as duas faces e, pela ação abrasiva aliada ao diferencial de velocidades, sofrem o descascamento. Ensaios realizados com variedades de mamona norte-americana, cujas características não são dadas a conhecer, revelam que 72% dos frutos são descascados, com quebra de 2% das sementes. Observa-se ainda, uma capacidade de 300-320 kgf de mamona descascada por hora, para cada 300 mm de largura das correias. Segundo o autor, embora esse princípio tenha se mostrado promissor, apresenta a desvantagem de requerer um considerável espaço para que uma disposição conjunta de limpeza e separação, com capacidade adequada,

possa ser executada. Outra máquina construída por GORDON (1943) utiliza um cilindro de madeira com 200 mm de diâmetro e 600 mm de comprimento, girando a 450-500 rpm, sobre um côncavo. Este conjunto é recoberto por placas de borracha, cuja disposição é mostrada no esquema F da Figura 1. A separação das cascas e material dissimilar, das sementes é feito por um conjunto de peneiras oscilantes auxiliadas por um jacto de ar proveniente de um ventilador radial. Esta máquina recebeu a denominação de "USDA Castor Bean Huller", por ter sido projetada e construída numa das repartições do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos - U.S.D.A. Sua capacidade oscila em torno de 900 litros de mamona beneficiada por hora, com 5% de sementes quebradas no produto limpo, não sendo dados a conhecer outros pormenores.

ARNOLD & SHARP (1944) desenvolvendo o princípio de descascamento por discos recobertos de borracha, utilizam discos de 610 mm de diâmetro a fim de incrementar a capacidade da máquina para 70-105 litros de mamona beneficiada por hora. A separação das cascas e impurezas é feita através de uma coluna de ar com velocidade de escoamento de 10 m/s, provida pela sucção de um ventilador radial. Nos ensaios realizados com as variedades "Kansas", "US 4", "Arlington", "Miller" e "Stokes", as percentagens de frutos descascados variam de 96,8 a 99,8%, com uma percentagem de sementes quebradas de 1,8 a 0,04%, no produto beneficiado isento de cascas. As características do produto "in natura" e regulagens da máquina não são fornecidos.

PORTENFIELD & OPPEL (1952) fazem um estudo das descascadoras até então desenvolvidas e verificam a inexistência de trabalhos experimentais com discos descascadores dispostos horizontalmente. Constroem uma descascadora formada por dois discos metálicos, de 457 mm (18 polegadas) de diâmetro, posicionados na horizontal, um acima do outro, cujas faces adjacentes são recobertas na periferia por anéis de borracha, como ilustra

o esquema G da Figura 1. A máquina é construída de modo a possibilitar variações do espaço entre os discos, do tipo de borracha e da velocidade do disco rotativo. Diversos anéis de borracha resistente à abrasão, com secção transversal de formato retangular e 6 mm de espessura, são colados ao disco metálico superior/fixo. As borrachas utilizadas no disco metálico móvel têm 25 mm de espessura e as demais características são idênticas àquelas do disco superior. A superfície de descascamento do disco inferior é dada pela área limitada pelos diâmetros interno, de 355 mm, e externo, de 457 mm, perfazendo cêrca de 65.000 mm². O lado interno do anel de borracha é biselado, segundo um ângulo de 45^o, em direção ao centro do disco. Nos ensaios realizados com mamona da variedade "US 74", cujas características não são mencionadas pelos autores, obtem-se os seguintes resultados: a) capacidade da máquina de 220 a 1.490 kgf por hora, de acôrdo com a variação da rotação do disco inferior de 180 a 650 rpm, respectivamente; b) sementes quebradas, de 0,5 a 4,0%, e frutos não descascados, 0,3 a 1,8%, no produto beneficiado isento de cascas; c) o espaçamento de 7,9 a 8,3 mm entre as superfícies descascadoras, é considerado como o melhor pelos autores.

SCHOENLEBER & TAYLOR (1954), dando seqüência às investigações de PORTENFIELD & OPPEL (1952), constroem uma nova descascadora de mamona, cuja disposição geral é mostrada no esquema H da Figura 1. Basicamente, os componentes desta máquina são idênticos àquêles do modelo anterior. As modificações se verificam na forma de alimentação, que passa a ser feita por meio de um elevador, e outros pormenores dos anéis de borracha. Nos ensaios com mamona da variedade "Cimarron" observam uma capacidade de 3.000 kgf de frutos descascados por hora. Para essa capacidade a quantidade de frutos não descascados oscila entre 4 e 5%, com 1 a 2% de sementes quebradas no produto beneficiado, isento de cascas. A potência consumida para o aciona-

mento é de aproximadamente 10 HP. Quatro espessuras de borra-cha são ensaiadas no disco superior fixo e no inferior móvel. Verificam que a maior eficiência, em termos de pêsos de frutos descascados por HP/hora, e a maior capacidade se obtém com uma espessura de 25,4 mm (1 polegada) no disco móvel e 6,3 mm (1/4 de polegada) no disco fixo. Verificam ainda que o ângulo do bisel interno do disco móvel e a largura da parte plana são de importância no desempenho da máquina. Entretanto, a influência isolada desses dois fatores não pôde ser avaliada em virtude dos autores obterem variações desse ângulo em detrimento da superfície plana de descascamento. Quanto à dureza das borrachas, verificam-se os melhores resultados com um diferencial de 20 pontos Shore, entre a dureza dos anéis inferior e superior. O efeito da variação da velocidade angular do disco inferior sobre a capacidade, qualidade e potência consumida no descascamento, é estudado numa gama de 350-800 rpm, em 10 níveis. A menor percentagem de frutos não descascados verifica-se na faixa de 500 a 700 rpm, obtida com um disco de 457 mm de diâmetro e com uma velocidade tangencial de 11,9 a 16,7 m/s, respectivamente. Para velocidades acima e abaixo desses limites, aquela percentagem aumentou.

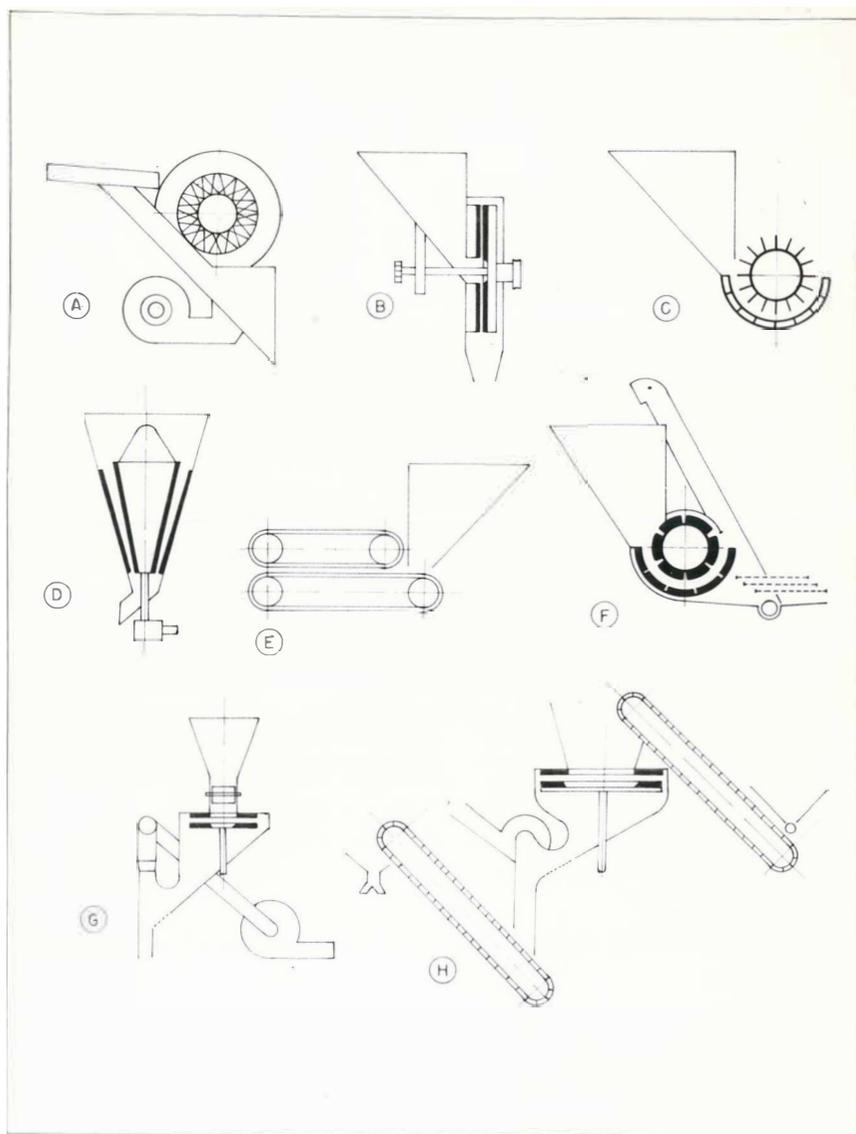


Figura 1. Descascadoras experimentais de ma
mona. A - de CLAY (1942); B - de ARNOLD &
SHARP (1942); C - de cilindro com dentes;
D - de rotor cônico; E - de GORDON (1943);
F - "USDA Castor Bean Huller"; G - de POR-
TENFIELD & OPPEL (1952); H - de SCHOENLEBER
& TAYLOR (1954).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O material empregado no desenvolvimento d'êste trabalho abrange os frutos da mamoneira, o protótipo, a máquina descascadora experimental e os equipamentos complementares. Os frutos da mamoneira, doravante também designados simplesmente por mamona, como material, será caracterizado pelas propriedades de interesse no processo de descascamento. Em relação ao protótipo e à máquina experimental, serão descritos os componentes importantes e funcionamento. Finalmente, serão apresentados os métodos e os equipamentos complementares utilizados nos ensaios.

3.1. MAMONA

A mamona utilizada nos ensaios é da variedade "Campinas", proveniente da Secção de Oleaginosas do I.A.C., e tomada de um lote com pêsso de aproximadamente 3.000 kgf.

A variedade "Campinas" apresenta fruto sêco esquizocarpo, separando-se elásticamente em três côcos (deiscência septí-cida) que permanecem indeiscentes. Essa característica é típica das variedades ditas "indeiscentes", cujo fruto não apresenta deiscência rúptil septí-cida e loculí-cida como outras variedades denominadas "deiscentes".

O côco, externamente, é constituído por um mesocarpo e endocarpo não diferenciados, apresentando uma sutura dorsal e outra ventral, recoberto por um epicarpo espinhoso. Esse conjunto é denominado comumente de "casca", designação que será do-ravante adotada neste trabalho. Em seu interior está a semente que contém um albumem rico em óleo, envolto por integumentos de coloração castanha, com manchas brancas, tendo na extremidade apical uma carúncula. Os três côcos são reunidos em tórno de um septo que se diferencia no pedúnculo.

As características da mamona utilizada, importantes ao projeto da máquina descascadora e métodos de ensaios, são dadas na Tabela 3.1. A diferença significativa que se observa nos dados do item b, da Tabela 3.1, indica a viabilidade do emprêgo de coluna pneumática para separação de cascas das sementes.

O pêso de côcos e o de sementes no material "in natura" são mostrados nos itens c e d. Dêsses dados depreende-se que, do produto "in natura", 7,5% são constituídos de material dissimilar e impurezas, 20,6% de cascas e 71,9% de sementes.

Em face dessas características do material mamona, é de se prever que, no presente trabalho, a quantidade máxima de sementes obtidas através do descascamento seja de 71,9% do pêso de produto "in natura" que se utilizar.

Tabela 3.1. Características da mamona utilizada nos ensaios (1).

a) Percentagem de umidade no produto "in natura":	8,9
b) Pêso (kgf) do volume de um litro:	
.produto "in natura"	0,320
.sementes intactas	0,544
.cascas, material de similar e impurezas	0,147
c) Pêso de côcos no produto "in natura", em %:	92,5
d) Pêso de sementes no produto "in natura", em %:	71,9

(1) No Apêndice 1 é relatada a maneira como êsses dados foram obtidos.

3.2. MECANISMO DESCASCADOR

Dos mecanismos apresentados na revisão bibliográfica escolheu-se, para êste trabalho, o proposto por ARNOLD & SHARP (1942), através do qual o descascamento tem lugar sob pressão aplicada nas regiões apical e basal dos frutos, conforme será descrito em 3.3. A capacidade e a alta percentagem de descascados obtidas por PORTENFIELD & OPPEL (1952) e SHOENLEBER & TAYLOR (1954), comparadas com àquelas de GORDON (1943), consolidam as vantagens dêsse mecanismo e são fatores determinantes de sua escolha. Os componentes mecânicos utilizados nêsse processo de descascamento são relatados na descrição do protótipo.

3.2.1. Protótipo

Em face da inexistência de um modelo no mercado nacional, funcionando segundo o processo escolhido, construiu-se um protótipo para as observações preliminares do comportamento da variedade "Campinas". O mecanismo de descascamento utilizado consta dos seguintes componentes básicos:

- um disco metálico de 457 mm de diâmetro, provido de orifício central, acoplado horizontalmente na parte superior da estrutura da máquina, revestido na face inferior por um anel de borracha com 52 pontos de dureza Shore;
- um disco metálico de mesmo diâmetro que o anterior e localizado imediatamente abaixo d'êle, na posição horizontal, revestido na face superior por um anel de borracha com 35 pontos de dureza Shore, 50,8 mm de largura no tópo e um ângulo do bisel interno de 34° ;
- uma flange metálica, onde se acopla o disco inferior, soldada na extremidade de um eixo montado na posição vertical sôbre dois mancais de deslizamento e suportado na extremidade inferior por um rolamento de encôsto, todos fixos à estrutura da máquina;
- um sistema de alavancas interfixas, agindo na extremidade do eixo, provê movimento vertical d'êle, possibilitando a regulagem do espaço entre as superfícies descascadoras.

A Figura 2 mostra, em corte, as dimensões do protótipo e a Figura 3 uma vista posterior d'êle montado no trator, onde é

acionado pela tomada-de-fôrça (TDF). Éle constitui uma unidade operacional completa, incluindo além do mecanismo descascador, os órgãos de acionamento, a coluna pneumática de separação das cascas, o ventilador radial e a estrutura de sustentação, uma vez que o objetivo era também o de poder atender, de imediato, aos agricultores.

Os resultados preliminares obtidos através dêsse protótipo mostraram a necessidade da construção de uma descascadora experimental que possibilitasse a pesquisa dos fatores que afetam o desempenho do mecanismo descascador.

3.2.2. Descascadora Experimental

A máquina experimental, em decorrência do objetivo dêsse trabalho, inclui apenas os componentes mínimos e essenciais ao processo de descascamento, reunidos em dois conjuntos, a saber: superior e inferior. Os mecanismos de separação, limpeza e classificação do produto beneficiado, que apareceriam nos modelos de fabricação industrial, não são considerados na máquina experimental.

O conjunto superior, mostrado em planta e corte na Figura 4, abrange a moega, o tubo de alimentação e o disco fixo com seu envoltório.

O conjunto inferior, mostrado em planta e corte na Figura 5, é constituído pelo suporte de formato tubular e os respectivos mancais de deslizamento, do eixo e flange, do mancal de encôsto e do disco móvel com seu envoltório.

O projeto e o dimensionamento para construção das partes constituintes foram elaborados com base em estimativas dos requerimentos de potência fornecidos pela literatura e na experiência adquirida anteriormente, por ocasião da construção do protótipo.

O primeiro elemento do conjunto superior é a moega, acoplada ao tubo de alimentação que encerra a válvula reguladora do fluxo de produto, de comando manual.

Segundo PORTENFIELD & OPPEL (1952), a capacidade da máquina é função principalmente da luz entre os discos e da rotação. Entretanto, variações na vasão do produto, da moega para a câmara de descascamento, poderão afetar essa capacidade. Para que essa variação de vasão não interferisse nos ensaios, com duração de 15 segundos, a moega foi dimensionada de modo a propiciar uma alimentação plena e a mais constante possível, durante um intervalo de 30 segundos.

O disco fixo, construído em chapa de aço de 6 mm de espessura e parafusado numa estrutura de ferro cantoneira, localiza-se no interior de um envoltório cilíndrico, cujas dimensões deixam espaço suficiente para conter o disco móvel, como mostram as Figuras 4 e 9. Apresenta 380 mm de diâmetro e um orifício central por onde se verifica a alimentação da câmara de descascamento. A face inferior do disco é revestida pelo anel de borracha que constitui a superfície descascadora fixa.

No conjunto inferior situa-se o disco móvel, acoplado à flange de acionamento identificada por C, em II, na Figura 5. É construído de chapa de aço com idênticas características do anterior e revestido, na face superior, pelo anel de borracha que constitui a superfície descascadora móvel. Imediatamente abaixo do disco móvel localiza-se seu envoltório, com formato tronco cônico inclinado e tendo na parte inferior a bica de descarga do produto beneficiado.

O ponto de apoio entre os órgãos componentes da máquina e sua estrutura de sustentação é o suporte de formato tubular dos mancais de deslizamento, mostrado por B, em I e II, na Figura 5. Consta de um tubo de aço sem costura, disposto verticalmente, tendo em ambas as extremidades buchas de bronze fog

foroso, providas de ranhuras e alemites de lubrificação.

Os diferentes espaçamentos entre as superfícies descascadoras são obtidos através do deslocamento vertical do mancal de encôsto, identificado por A, em II e III, na Figura 5, onde se apoia a extremidade inferior do eixo do disco móvel.

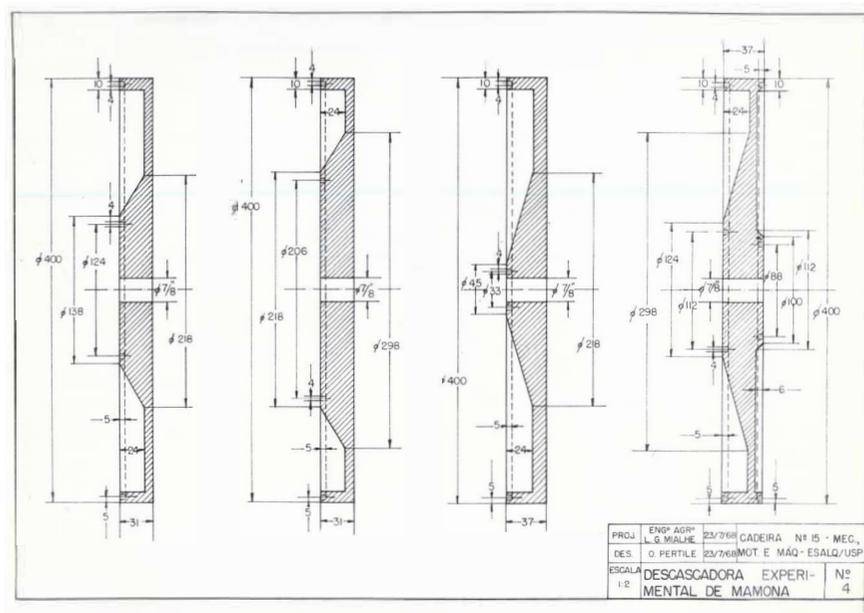


Figura 6. Moldes de vulcanização dos anéis de borracha da descascadora experimental, em corte.

Como superfícies descascadoras utilizou-se borracha vulcanizada em forma de anel cujas dimensões e disposição na máquina são mostradas nas Figuras 6 e 9, respectivamente. Entre os anéis do disco fixo e do móvel há uma relação em suas espessuras de 1:4 e uma diferença em dureza de 20 pontos Shore, sendo o anel fixo o de menor espessura e o de maior dureza. A Tabela 3.2 fornece as características dos anéis de borracha empregados nos ensaios.

As Figuras 7 e 8 mostram vistas gerais da montagem do

do conjunto experimental. Na parte inferior da bancada de madeira situam-se a caixa de engrenagens e demais mecanismos necessários à transmissão de movimento, obtido através da tomada de força (TDF) de um trator da marca Massey Ferguson, modelo 50 X. A transmissão de movimento da TDF ao disco móvel se verifica segundo uma relação de transmissão de 1 para 1,75, respectivamente.



Figura 7. Conjunto experimental. Vista lateral da máquina (1), montada na bancada (2), acionada através de correias (3), caixa de engrenagens (4) e eixo cardam (5), pela TDF (6) do trator (7).

Uma seqüência de operações, envolvendo contrôles e instrumentos utilizados na máquina durante os ensaios, é dada a seguir:

a) promoção, interrupção e variação de movimento da má

quina: - controlada pelos mecanismos próprios do trator, cujo tacômetro indica a rpm do disco móvel, sem carga:

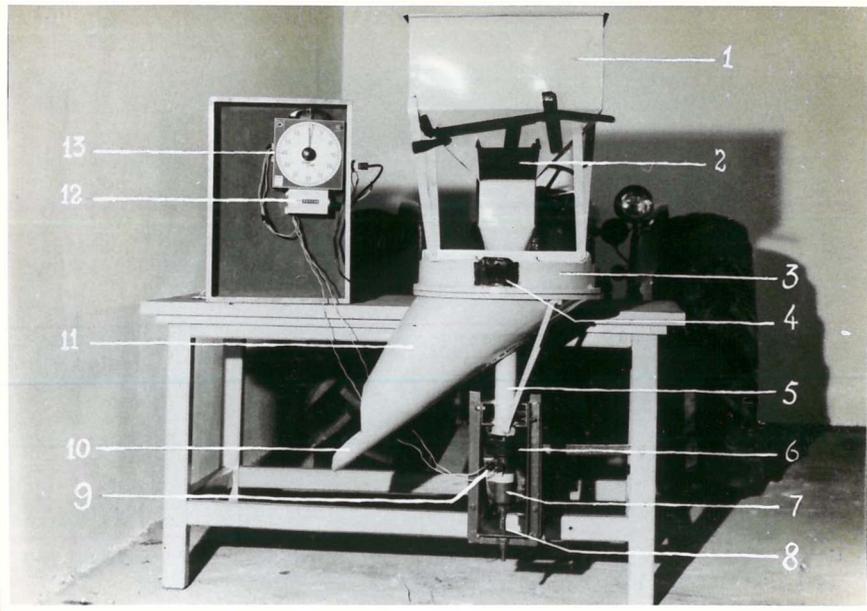


Figura 8. Descascadora experimental. Vista posterior da máquina montada sobre bancada mostrando a moega (1), válvula de descarga (2), envoltório do disco superior (3), com a janela de inspeção (4), o suporte tubular (5) e a polia de acionamento (6), o mancal de encôsto (7) juntamente com o parafuso de regulação (8) do espaçamento entre os discos, interruptor (9), bica de descarga (10), envoltório do disco inferior (11), conta giros (12) e cronômetro (13).

b) rotação média do disco móvel durante o descascamento e tempo de operação: - dados fornecidos pelo conta giros e cronômetro elétricos, comandados por um interruptor acionado pela alavanca manual da válvula do tubo de alimentação;

c) variação no espaçamento entre as superfícies descascadoras: - obtida pelo deslocamento do mancal de encôsto, através de um parafuso de regulagem.



Figura 9. Mecanismo descascador mostrando a superfície descascadora fixa (1), o envoltório cilíndrico (2), o orifício central de alimentação (3), o disco móvel (4) com seu respectivo envoltório (5).

Tabela 3.2. Características dos anéis de borracha utilizados nos ensaios (1).

	Anel	Anéis Móveis			
	fixo	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
a) Diâmetro externo (mm):	380	380	380	380	380
b) Diâmetro interno:					
• no t ^o po (mm)	112	218	218	298	298
• na base (mm)	100	45	138	218	124
c) Largura da superfície plana de descascamento (mm):	134	80	80	40	40
d) Espessura (mm):	6	24	24	24	24
e) Ângulo do bisel:	45°	15°	30°	15°	30°
f) Dureza da borracha (pontos Shore):	50	30	30	30	30

(1) Estes anéis, bem como os utilizados no protótipo, foram projetados pelo autor e vulcanizados com borracha de fórmulação especial, resistente à abrasão, pela firma Correias Mercúrio S.A., de Jundiaí - SP.

3.3. FUNCIONAMENTO

Os trabalhos de ARNOLD & SHARP (1942) e as observações do comportamento do protótipo e máquina experimental, durante os ensaios, sugerem que o descascamento ocorre da seguinte maneira:

a) a mamona, ao penetrar na câmara de descascamento, entra em contacto com a parte central do disco móvel que lhe imprime um movimento de rotação;

b) em decorrência desse movimento, a ação da força centrífuga obriga os frutos e côcos a subirem o plano inclinado formado pelo bisel interno do anel de borracha inferior;

c) devido à elasticidade da borracha, as superfícies descascadoras se deformam e admitem no espaço entre elas a mamona, cujos eixos longitudinais se orientam segundo uma posição vertical;

d) conseqüentemente, a deformação das superfícies descascadoras determina o aparecimento de uma força de compressão aplicada nas regiões basal e apical dos côcos;

e) sob a ação das forças de compressão, de atrito e da rotação do disco inferior, a mamona caminha para a periferia dos discos;

f) durante esse caminhamento, as cascas se rompem nas suturas dorsal e ventral, liberando as sementes.

3.4. MÉTODOS DE ENSAIOS

3.4.1. Ensaio do Protótipo

O método de ensaio utilizado para o protótipo, elaborado com base na revisão bibliográfica, envolve a determinação

dos seguintes parâmetros de desempenho funcional:

- capacidade de descascamento (D), expressa pela relação:

$$D = \frac{p}{t} \quad (\text{kgf/s})$$

onde: p = peso de produto "in natura" contido na moega (kgf);

t = tempo para o descascamento de p (s).

- composição do produto beneficiado, isento de cascas, em termos percentuais dos pesos de sementes descascadas ($S_d\%$) e de côcos alterados ($F_a\%$), sobre os quais a ação da máquina foi insuficiente para retirada das cascas.

O procedimento de ensaio, com duas repetições, envolve a determinação dos pesos de S_d e F_a , separados mediante escolhimento manual em amostras retiradas na bica de descarga do protótipo, e as seguintes regulagens do mecanismo descascador:

- espaçamento de 12 mm entre as superfícies descascadoras;
- rotação do disco móvel em quatro níveis, a saber: 500, 600, 700 e 800 rpm.

3.4.2. Ensaio da Máquina Experimental

O método de ensaio desenvolvido para a avaliação do desempenho funcional da máquina experimental inclui a determinação dos seguintes parâmetros:

- eficácia de descascamento ($E\%$);
- capacidade de descascamento (D kgf/s);
- quebra ($Q\%$);
- retorno ($R\%$).

Eficácia de Descascamento

A eficácia com que o mecanismo em estudo promove o descascamento da mamona depende não só do funcionamento da máquina, como descrito em 3.3, mas também das características do produto "in natura", relatadas em 3.1. Assim, para o estabelecimento de uma relação que expresse a eficácia de descascamento, é necessário que se façam as seguintes hipóteses:

- no peso P de produto "in natura", existe um peso F de côcos, associado a um peso M de material dissimilar e impurezas que, por não conterem óleo, serão doravante designados por material inerte;
- no peso F de côcos, existe um peso S de sementes, recobertas por cascas, de peso C ;
- o peso P de produto "in natura" quando submetido à ação do mecanismo descascador, com o propósito fundamental de obter S livre de C e M , resulta numa parcela P_1 e outra P_2 ;
- a parcela P_1 , constituída de sementes intactas, de peso S_i , de sementes danificadas, de peso S_d , e de côcos alterados, de peso F_a , é obtida por separação de P numa coluna pneumática, onde P_2 é ventilada fóra;
- a parcela P_2 engloba todo material inapro-

veitável como matéria prima para industrialização, isto é, material inerte de peso M , cascas de peso C' , que foram removidas pela máquina, além de uma certa porção de material oleaginoso proveniente de sementes que sofreram ação de moagem, de peso S'_d .

De acordo com esse corpo de hipóteses, as seguintes equações são obtidas:

$$P = F + M \quad (1)$$

$$F = C + S \quad (2)$$

$$P = P_1 + P_2 \quad (3)$$

$$P_1 = S_i + S_d + F_a \quad (4)$$

$$P_2 = M + C' + S'_d \quad (5)$$

Substituindo-se (2) em (1) e (4) em (3), obtém-se:

$$S = P - (C + M) \quad (6)$$

$$S_i = P - (S_d + F_a + P_2) \quad (7)$$

A equação (6) fornece a quantidade de sementes existente no produto "in natura" e representa a quantidade máxima de sementes, em peso, que poderá ser obtida através do descascamento. Percentualmente, S poderá ser expressa como:

$$S\% = \frac{S}{P} 100 \quad (8)$$

A equação (7) fornece a parcela de sementes intactas que se obterá após o produto "in natura" sofrer a ação do mecanismo descascador. Ela poderá também ser expressa, em termos percentuais, por:

$$S_i\% = \frac{S_i}{P} 100 \quad (9)$$

Portanto, a eficácia ($E\%$) da máquina em promover o descascamento da mamona, sem causar danos às sementes, em termos percentuais, poderá ser indicada por:

$$E\% = \frac{S_i}{S} 100 \quad (10)$$

Capacidade de Descascamento

A quantidade de produto admitido na câmara de descascamento, por unidade de tempo, expressa a capacidade de descascamento (D) do mecanismo em estudo:

$$D = \frac{P}{t} \quad (\text{kgf/s}) \quad (11)$$

sendo P já definido anteriormente através da equação (1) e t o tempo total, em segundos, desde a abertura até o fechamento da válvula do tubo de alimentação.

Quebra e Retorno

O desempenho do mecanismo em estudo poderá ser melhor avaliado se as informações obtidas através das equações (10) e (11) foram complementadas por aquelas referentes à quebra (Q%) e ao retorno (R%).

Por ser o processo de descascamento mecânico de ação não seletiva, é de se esperar que o comportamento da eficácia, relacionada com a capacidade, encerre interações complexas, em função das variações estabelecidas para os ensaios da máquina experimental. O critério para se avaliar um comportamento desejado da máquina, além de D e $E\%$, deverá também levar em conta o seguinte:

- a parcela de S que foi quebrada durante o descascamento, designada por sementes quebradas, de peso S_q , e constituída por sementes danificadas, de peso S_d , e de sementes moidas, de peso S_d' ;
- a parcela de F que não foi descascada pelos órgãos ativos, designada por côcos altera-

dos, de pêsos F_a , e constituída por sementes, de pêsos S_f , envoltas por cascas, de pêsos C_f .

De acôrdo com êsses considerandos, as seguintes equações são obtidas:

$$S_d + S'_d = S_q \quad (12)$$

$$S_f + C_f = F_a \quad (13)$$

Substituindo-se (13) em (4), vem:

$$P_1 = S_1 + S_d + S_f + C_f \quad (14)$$

Substituindo-se na equação (3) os valores de P_1 e P_2 fornecidos, respectivamente, pelas equações (14) e (5), resulta

$$P = S_i + S_d + S'_d + S_f + C_f + C' + M \quad (15)$$

Por substituição de (2) em (1), obtém-se:

$$P = S + C + M \quad (16)$$

Igualando-se as equações (15) e (16), vem:

$$S + C = S_i + S_d + S_f + C_f + S'_d + C' \quad (17)$$

Analisando-se os termos da equação (17) e referindo-se à equação (12), verifica-se que:

$$C_f + C' = C \quad (18)$$

$$S_i + S_f + S_q = S \quad (19)$$

O pêsos de sementes quebradas durante o descascamento é obtido, a partir da equação (19), por:

$$S_q = S - (S_i + S_f) \quad (20)$$

A relação entre S e S_q , denominada "quebra" e designada por Q , é expressa percentualmente por:

$$Q\% = \frac{S_q}{S} 100 \quad (21)$$

Substituindo-se (2), (12), (13) em (17) e resolvendo

-se, vem:

$$F_a = F - (S_q + S_i + C') \quad (22)$$

A equação (22) fornece o pêsso de côcos alterados que, por não terem sido descascados, deverão voltar ao mecanismo de cascador. A relação entre F e F_a , denominada "retôrno" e designada por R , é expressa percentualmente por:

$$R\% = \frac{F_a}{F} 100 \quad (23)$$

Plano de Ensaio

Nos ensaios da máquina experimental as seguintes variáveis são consideradas em cada tratamento:

- a) formatos do anel móvel, diferenciados pela largura da superfície plana de descascamento e pelo ângulo do bisel, conforme mostram os itens c e d da Tabela 3.2, designados por F_1 , F_2 , F_3 e F_4 ;
- b) espaçamentos entre as superfícies planas de descascamento fixa e móvel, cujas designações e dimensões são: E_1 (6 mm), E_2 (8 mm) e E_3 (10 mm);
- c) rotações do disco inferior, cujas designações e valores são: R_1 (650 rpm), R_2 (750 rpm) e R_3 (850 rpm).

Estabelecidas as características da máquina para um dado tratamento, o procedimento de ensaio, para todos os tratamentos, é descrito a seguir:

- carregar a moega, fazendo-se o produto "in natura" cair livremente até transbordar, nivelando-se na altura do bordo superior;

- abrir a válvula de descarga da moega de modo a permitir uma alimentação plena do mecanismo descascador por cerca de 15 segundos, fechando-a em seguida;
- registrar o número de giros do disco inferior, em sincronia com a ação manual na alavanca de descarga da moega, através dos dispositivos descritos em 3.2.2;
- aguardar, após o fechamento da válvula e com a máquina em funcionamento, um tempo suficiente para que toda a mamona seja liberada do mecanismo descascador;
- pesar o material beneficiado, recolhido na bica de descarga, cujo peso corresponde ao peso P , de produto "in natura", admitido na câmara de descascamento durante o intervalo de tempo em que a válvula da moega permaneceu aberta;
- passar o material beneficiado na coluna de separação pneumática, designando-se a parcela que é ventilada fora, de P_1 e a outra, que é recolhida, de P_2 ;
- separar manualmente as porções de sementes intactas (S_i), de côcos alterados (F_a) e registrar seus respectivos pesos.

O planejamento estatístico dos ensaios da máquina experimental envolve um delineamento fatorial $4 \times 3 \times 3$, com duas repetições e, para os dados em percentagem, os valores encontrados serão convertidos em arco seno da raiz quadrada da %, segundo SNEDECOR (1957). A análise dos resultados obtidos, conduzida de acordo com os métodos recomendados por PIMENTEL GOMES (1966), inclui a comparação das médias dos tratamentos através do teste de Tukey.

3.5. EQUIPAMENTOS COMPLEMENTARES

Durante os ensaios, além do conjunto experimental, utiliza-se uma coluna de separação pneumática e uma balança.

A coluna de separação pneumática é construída com tábuas de 2,00 x 0,30 x 0,02 m, dispostas de maneira a formar um ducto de secção quadrada, e faz uso de um ventilador axial com as seguintes características:

- marca: Robles - USA
- modelo: 10 - 1 HP
- diâmetro da ventoinha: 250 mm
- rotação da ventoinha: 3.600 rpm

As especificações da balança são:

- marca: Toledo - USA
- capacidade: 5 kgf
- subdivisão da escala: 0,001 kgf
- limites da escala: 0 - 0,5 kgf

4. RESULTADOS OBTIDOS

No desenvolvimento do presente trabalho os resultados obtidos abrangem os provenientes dos ensaios preliminares com o protótipo e aquêles dos ensaios da máquina experimental, executados segundo os métodos descritos em 3.4.1 e 3.4.2, respectivamente. Serão considerados ainda os resultados das determinações de percentagem de cascas e de sementes nos côcos alterados, necessários à quantificação do desempenho funcional da máquina experimental.

4.1. ENSAIOS PRELIMINARES

Os resultados obtidos nos ensaios preliminares com o protótipo, provido de discos descascadores de 457 mm de diâmetro e com espaçamento de 12 mm entre as superfícies descascadoras fixa e móvel, são dados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Resultados obtidos nos ensaios preliminares com o protótipo.

ENSAIOS	RPM do disco inferior	Velocidade de média do ar (m/s)	Capacidade de descascamento (kgf/s)	Produto beneficiado	
				S _d %	F _a %
A					
1a. rep.	500	6,6	0,50	87,3	12,7
2a. rep.	500	6,6	0,48	89,5	10,5
B					
1a. rep.	600	7,6	0,65	89,2	10,8
2a. rep.	600	7,8	0,63	88,7	11,3
C					
1a. rep.	700	9,9	0,81	92,6	7,4
2a. rep.	700	9,6	0,84	92,5	7,5
D					
1a. rep.	800	11,6	1,00	86,9	13,1
2a. rep.	800	11,3	0,96	87,1	12,9

Na Tabela 4.1, os dados de velocidade média do ar foram obtidos com o protótipo em funcionamento, sem mamona, diretamente na saída da coluna de separação pneumática. A percentagem de sementes descascadas (S_d%) no produto beneficiado inclui as sementes intactas e aquelas injuriadas pela máquina durante o descascamento.

4.2. ENSAIOS DA MÁQUINA EXPERIMENTAL

Os resultados obtidos diretamente dos ensaios da máquina experimental abrangem os referentes a:

- quantidade de material beneficiado recolhido na bica de descarga, correspondente ao peso (P) de produto "in natura" admitido na câmara de descascamento, durante o intervalo de tempo (cêrca de 15 segundos) em que a válvula do tubo de alimentação permaneceu aberta;
- quantidade de sementes intactas, de peso (S_i), obtidas por separação manual da parcela P_2 , recolhida após a passagem do material beneficiado, de peso (P), na coluna de separação pneumática;
- quantidade de côcos alterados, de peso (F_a), obtida da mesma maneira que (S_i).

Êsses dados são apresentados nas Tabelas 4.2 e 4.3 e, a partir dêles, são estimadas:

- a quantidade de côcos, de peso (F), e de sementes, de peso (S), contida em P , utilizando-se dos dados fornecidos pelos itens c e d da Tabela 3.1, respectivamente;
- a quantidade de sementes, de peso (S_f), contida nos côcos alterados, de peso (F_a), encontrados em P , empregando-se os dados resultantes das determinações da quantidade de sementes nos côcos alterados pela máquina, apresentados na Tabela 4.10;
- a quantidade de sementes quebradas durante o descascamento, de peso (S_q), presente em P , utilizando-se da equação (20) que foi apresentada em 3.4.2.

Os dados estimados das quantidades de (F), (S), (S_f) e (S_q), em peso, contidas em P , constam das Tabelas 4.4 e 4.5.

Tabela 4.2. Dados obtidos nos ensaios da máquina experimental empregando-se anéis de borracha com formatos F_1 e F_2 .

ENSAIOS(1)	1a. Repetição			2a. Repetição		
	P(kgf)	S_i (kgf)	F_a (kgf)	P(kgf)	S_i (kgf)	F_a (kgf)
$F_1 E_1 R_1$	1,381	0,849	0,020	0,769	0,399	0,075
R_2	1,061	0,579	0,055	0,845	0,424	0,094
R_3	1,454	0,790	0,094	0,982	0,506	0,113
$F_1 E_2 R_1$	2,365	1,519	0,052	2,449	1,607	0,118
R_2	2,694	1,682	0,073	2,956	1,783	0,252
R_3	3,029	1,847	0,112	3,145	1,858	0,159
$F_1 E_3 R_1$	3,695	2,061	0,602	3,733	1,549	1,275
R_2	3,812	2,071	0,577	3,928	1,673	1,299
R_3	4,556	2,514	0,622	4,434	2,013	1,203
$F_2 E_1 R_1$	1,452	0,851	0,046	0,937	0,413	0,190
R_2	1,493	0,806	0,076	1,243	0,572	0,205
R_3	1,624	0,845	0,133	1,397	0,639	0,274
$F_2 E_2 R_1$	3,192	2,019	0,185	2,903	1,844	0,219
R_2	4,384	2,722	0,278	3,800	2,332	0,253
R_3	5,345	3,248	0,387	4,368	2,512	0,400
$F_2 E_3 R_1$	5,209	2,516	1,247	4,937	2,307	1,359
R_2	6,324	3,198	1,383	5,640	2,727	1,433
R_3	6,910	3,480	1,453	6,865	3,364	1,662

(1) A designação dos ensaios é feita com base na descrição apresentada em 3.4.2, à página 31.

Tabela 4.3. Dados obtidos nos ensaios da máquina experimental empregando-se anéis de borraça com formatos F_3 e F_4 .

ENSAIOS(1)	1a. Repetição			2a. Repetição		
	P(kgf)	S_i (kgf)	F_a (kgf)	P(kgf)	S_i (kgf)	F_a (kgf)
$F_3E_1R_1$	2,122	1,069	0,262	3,088	1,410	0,611
R_2	2,690	1,304	0,345	3,525	1,517	0,893
R_3	3,363	1,517	0,527	4,586	2,008	1,075
$F_3E_2R_1$	4,738	2,616	0,622	5,418	3,063	0,803
R_2	5,416	3,222	0,741	6,555	3,465	0,983
R_3	6,239	3,358	0,762	6,962	3,780	0,847
$F_3E_3R_1$	7,340	3,723	1,643	7,187	3,005	2,427
R_2	7,589	4,043	1,446	7,505	3,141	2,499
R_3	7,452	3,932	1,280	7,735	3,193	2,220
$F_4E_1R_1$	7,290	4,075	1,142	3,064	1,498	0,535
R_2	8,080	4,385	1,349	2,996	1,395	0,603
R_3	9,147	4,926	1,558	4,060	1,873	0,878
$F_4E_2R_1$	5,567	3,229	0,718	4,950	2,775	0,784
R_2	6,217	3,271	0,991	6,568	3,530	1,150
R_3	6,092	3,383	1,058	6,702	3,187	1,547
$F_4E_3R_1$	8,270	3,807	2,450	8,278	3,588	2,626
R_2	8,701	3,985	2,494	8,865	4,039	2,552
R_3	10,091	4,487	2,966	8,818	3,660	2,938

(1) A designação dos ensaios é feita com base na descrição apresentada em 3.4.2., à página 31.

Tabela 4.4. Estimativa das quantidades de (F), (S), (S_f) e (S_q), envolvidas nos ensaios da máquina experimental empregando-se anéis de borracha com formatos F_1 e F_2 .

ENSAIOS (1)	F (kgf)		S (kgf)		S_f (kgf)		S_q (kgf)	
	1a. Repet.	2a. Repet.	1a. Repet.	2a. Repet.	1a. Repet.	2a. Repet.	1a. Repet.	2a. Repet.
$F_1 E_1 R_1$	1,278	0,712	0,993	0,553	0,015	0,058	0,129	0,096
R_2	0,982	0,782	0,763	0,608	0,043	0,073	0,141	0,111
R_3	1,346	0,909	1,046	0,706	0,073	0,087	0,183	0,113
$F_1 E_2 R_1$	2,189	2,267	1,701	1,762	0,040	0,091	0,142	0,064
R_2	2,493	2,736	1,938	2,126	0,056	0,195	0,200	0,148
R_3	2,803	2,911	2,179	2,262	0,087	0,123	0,245	0,281
$F_1 E_3 R_1$	3,420	3,455	2,658	2,685	0,466	0,987	0,131	0,149
R_2	3,528	3,635	2,742	2,825	0,446	1,005	0,225	0,147
R_3	4,217	4,104	3,277	3,189	0,481	0,931	0,282	0,245
$F_2 E_1 R_1$	1,344	0,867	1,044	0,674	0,036	0,147	0,157	0,114
R_2	1,382	1,150	1,074	0,894	0,059	0,159	0,209	0,163
R_3	1,503	1,293	1,168	1,005	0,103	0,212	0,220	0,154
$F_2 E_2 R_1$	2,954	2,687	2,296	2,088	0,143	0,169	0,134	0,075
R_2	4,057	3,517	3,153	2,733	0,215	0,196	0,216	0,205
R_3	4,947	4,043	3,845	3,142	0,299	0,310	0,298	0,320
$F_2 E_3 R_1$	4,821	4,569	3,747	3,551	0,965	1,052	0,266	0,192
R_2	5,853	5,220	4,549	4,057	1,070	1,109	0,281	0,221
R_3	6,395	6,354	4,970	4,938	1,124	1,286	0,366	0,288

(1) A designação dos ensaios é idêntica à adotada nas Tabelas 4.2 e 4.3.

Tabela 4.5: Estimativa das quantidades de (F), (S), (S_f) e (S_q), envolvidas nos ensaios da máquina experimental empregando-se anéis de borracha com formatos F₃ e F₄.

ENSAIOS (1)	F (kgf)		S (kgf)		S _f (kgf)		S _q (kgf)	
	1a. Repet.	2a. Repet.	1a. Repet.	2a. Repet.	1a. Repet.	2a. Repet.	1a. Repet.	2a. Repet.
F ₃ E ₁ R ₁	1,964	2,858	1,526	2,221	0,203	0,473	0,254	0,338
R ₂	2,490	3,262	1,935	2,536	0,267	0,691	0,364	0,328
R ₃	3,112	4,244	2,419	3,299	0,408	0,832	0,494	0,459
F ₃ E ₂ R ₁	4,385	5,014	3,408	3,897	0,481	0,621	0,311	0,213
R ₂	5,013	6,067	3,896	4,715	0,573	0,761	0,101	0,489
R ₃	5,774	6,443	4,488	5,008	0,590	0,655	0,540	0,573
F ₃ E ₃ R ₁	6,793	6,652	5,280	5,170	1,271	1,878	0,286	0,287
R ₂	7,024	6,946	5,459	5,398	1,119	1,934	0,297	0,323
R ₃	6,897	7,159	5,360	5,564	0,990	1,718	0,438	0,653
F ₄ E ₁ R ₁	6,747	2,836	5,244	2,204	0,884	0,414	0,285	0,291
R ₂	7,478	2,773	5,812	2,155	1,044	0,467	0,383	0,293
R ₃	8,466	3,758	6,579	2,920	1,206	0,679	0,447	0,368
F ₄ E ₂ R ₁	5,152	4,581	4,004	3,561	0,556	0,607	0,219	0,179
R ₂	5,754	6,079	4,472	4,724	0,767	0,890	0,434	0,304
R ₃	5,638	6,203	4,382	4,821	0,819	1,197	0,180	0,437
F ₄ E ₃ R ₁	7,654	7,661	5,949	5,954	1,896	2,032	0,246	0,334
R ₂	8,053	8,205	6,259	6,377	1,930	1,975	0,344	0,363
R ₃	9,339	8,161	7,258	6,343	2,295	2,273	0,476	0,410

(1) A designação dos ensaios é idêntica à adotada nas Tabelas 4.2 e 4.3.

A Figura 11 mostra aspectos do produto utilizado nos ensaios e das parcelas resultantes da ação do mecanismo descascador, consideradas nas Tabelas 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5.

Os parâmetros tidos como representativos do desempenho funcional da máquina são estimados a partir dos dados das Tabelas 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5, através das equações (10), (11), (21) e (23), apresentadas em 3.4.2.

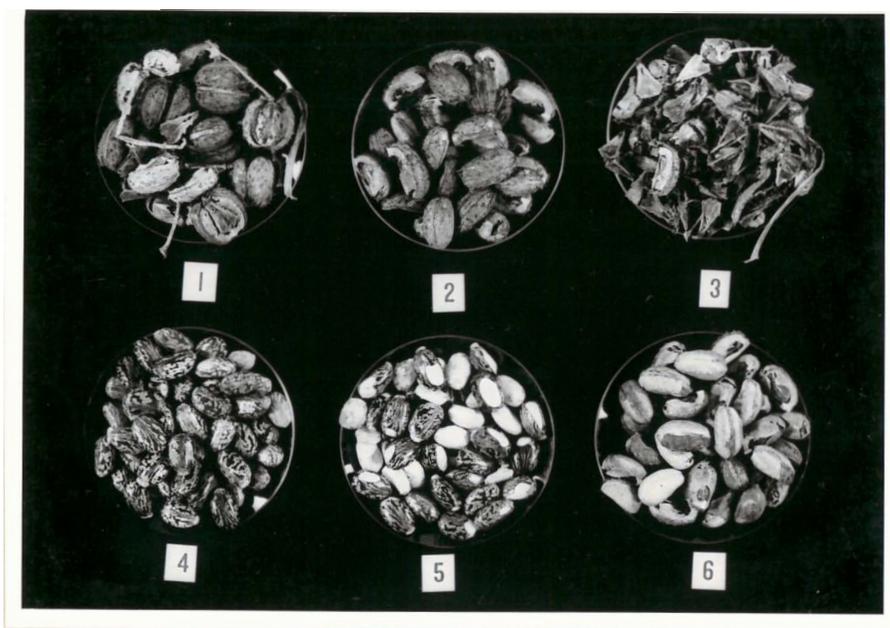


Figura 11. Parcelas do material mamona consideradas nos ensaios. 1 - produto "in natura"; 2 - côcos (F); 3 - material inerte (M); 4 - sementes intactas (S.); 5 - sementes quebradas (Sq); 6 - côcos alterados (F_a).

Os dados referentes aos parâmetros capacidade de descascamento (D kgf/s), eficácia de descascamento (E%), quebra (Q%) e retorno (R%), são apresentados nas Tabelas 4.6, 4.7, 4.8 e 4.9, respectivamente.

Tabela 4.6. Capacidade de descascamento da máquina experimental (D), em kgf/s.

Ensaio	1a. Repet.	2a. Repet.	Ensaio	1a. Repet.	2a. Repet.
$F_1 E_1 R_1$	0,09	0,05	$F_3 E_1 R_1$	0,14	0,21
R_2	0,07	0,06	R_2	0,18	0,24
R_3	0,10	0,07	R_3	0,22	0,31
$F_1 E_2 R_1$	0,16	0,16	$F_3 E_2 R_1$	0,32	0,36
R_2	0,18	0,20	R_2	0,39	0,44
R_3	0,20	0,21	R_3	0,42	0,46
$F_1 E_3 R_1$	0,25	0,25	$F_3 E_3 R_1$	0,49	0,48
R_2	0,30	0,26	R_2	0,51	0,50
R_3	0,32	0,30	R_3	0,52	0,52
$F_2 E_1 R_1$	0,09	0,06	$F_4 E_1 R_1$	0,49	0,20
R_2	0,10	0,08	R_2	0,54	0,20
R_3	0,11	0,09	R_3	0,61	0,27
$F_2 E_2 R_1$	0,21	0,19	$F_4 E_2 R_1$	0,37	0,33
R_2	0,29	0,25	R_2	0,41	0,44
R_3	0,36	0,29	R_3	0,51	0,45
$F_2 E_3 R_1$	0,35	0,33	$F_4 E_3 R_1$	0,55	0,55
R_2	0,42	0,38	R_2	0,58	0,59
R_3	0,46	0,46	R_3	0,67	0,59

Tabela 4.7. Eficácia de descascamento da má-quina experimental (E%).

Ensaio	1a. Repet.	2a. Repet.	Ensaio	1a. Repet.	2a. Repet.
F ₁ E ₁ R ₁	85,5	72,1	F ₃ E ₁ R ₁	70,0	63,5
R ₂	75,9	69,8	R ₂	67,4	59,8
R ₃	75,5	71,6	R ₃	62,7	60,9
F ₁ E ₂ R ₁	89,3	92,2	F ₃ E ₂ R ₁	76,8	78,6
R ₂	86,8	83,9	R ₂	82,7	73,5
R ₃	84,8	82,1	R ₃	74,8	75,5
F ₁ E ₃ R ₁	77,6	57,7	F ₃ E ₃ R ₁	70,5	58,1
R ₂	75,5	59,2	R ₂	74,1	58,2
R ₃	76,7	63,1	R ₃	73,4	57,4
F ₂ E ₁ R ₁	81,5	61,3	F ₄ E ₁ R ₁	77,7	68,0
R ₂	75,1	64,0	R ₂	75,4	64,7
R ₃	72,3	63,6	R ₃	74,9	64,1
F ₂ E ₂ R ₁	87,9	88,3	F ₄ E ₂ R ₁	80,6	77,9
R ₂	86,3	85,3	R ₂	73,1	74,7
R ₃	84,5	80,0	R ₃	77,2	66,1
F ₂ E ₃ R ₁	67,2	65,0	F ₄ E ₃ R ₁	64,0	60,3
R ₂	70,3	67,2	R ₂	63,7	63,3
R ₃	70,0	68,1	R ₃	61,8	57,7

Tabela 4.8. Quebra (Q%), na máquina experi-
mental.

Ensaio	1a. Repet.	2a. Repet.	Ensaio	1a. Repet.	2a. Repet.
F ₁ E ₁ R ₁	13,0	17,4	F ₃ E ₁ R ₁	16,6	15,2
R ₂	18,5	18,3	R ₂	18,8	12,9
R ₃	17,5	16,0	R ₃	20,4	13,9
F ₁ E ₂ R ₁	8,4	3,6	F ₃ E ₂ R ₁	9,1	5,5
R ₂	10,3	7,0	R ₂	2,6	10,4
R ₃	11,2	12,4	R ₃	12,0	11,4
F ₁ E ₃ R ₁	4,9	5,6	F ₃ E ₃ R ₁	5,4	5,6
R ₂	8,2	5,2	R ₂	5,4	6,0
R ₃	8,6	7,7	R ₃	8,2	11,7
F ₂ E ₁ R ₁	15,0	16,9	F ₄ E ₁ R ₁	5,4	13,2
R ₂	19,5	18,2	R ₂	6,6	13,6
R ₃	18,8	15,3	R ₃	6,8	12,6
F ₂ E ₂ R ₁	5,8	3,6	F ₄ E ₂ R ₁	5,5	5,0
R ₂	6,9	7,5	R ₂	9,7	6,4
R ₃	7,8	10,2	R ₃	4,1	9,1
F ₂ E ₃ R ₁	7,1	5,4	F ₄ E ₃ R ₁	4,1	5,6
R ₂	6,2	5,5	R ₂	5,5	5,7
R ₃	7,4	5,8	R ₃	6,6	6,5

Tabela 4.9. Retorno (R%), na máquina experi-
mental.

Ensaio	1a. Repet.	2a. Repet.	Ensaio	1a. Repet.	2a. Repet.
$F_1 E_1 R_1$	1,6	10,5	$F_3 E_1 R_1$	13,3	21,4
R_2	5,6	12,0	R_2	13,9	27,4
R_3	7,0	12,4	R_3	16,9	25,3
$F_1 E_2 R_1$	2,4	5,2	$F_3 E_2 R_1$	14,2	16,0
R_2	2,9	9,2	R_2	14,8	16,2
R_3	4,0	5,5	R_3	13,2	13,2
$F_1 E_3 R_1$	17,6	36,9	$F_3 E_3 R_1$	24,2	36,5
R_2	16,4	35,7	R_2	20,6	36,0
R_3	14,8	29,3	R_3	18,6	32,0
$F_2 E_1 R_1$	3,4	21,9	$F_4 E_1 R_1$	16,9	18,9
R_2	5,5	17,8	R_2	18,0	21,8
R_3	8,9	21,2	R_3	18,4	23,4
$F_2 E_2 R_1$	6,3	8,2	$F_4 E_2 R_1$	13,9	17,1
R_2	6,9	7,2	R_2	17,2	18,9
R_3	7,8	9,9	R_3	18,8	24,9
$F_2 E_3 R_1$	25,9	29,7	$F_4 E_3 R_1$	32,0	34,3
R_2	23,6	27,5	R_2	31,0	31,1
R_3	22,7	26,2	R_3	31,8	36,0

Os resultados da caracterização dos côcos alterados, em termos de quantidade de sementes (S_f) e de cascas (C_f), efetuada em amostras retiradas das parcelas de F_a resultantes dos ensaios da máquina experimental, constam da Tabela 4.10.

Tabela 4.10. Quantidades de sementes (S_f) e de cascas (C_f) presentes nos côcos alterados (F_a).

AMOSTRAS	F_a (kgf)	S_f (kgf)	C_f (kgf)	S_f %	C_f %
1	0,581	0,446	0,132	76,8	23,2
2	0,523	0,404	0,119	77,2	22,8
3	0,627	0,482	0,145	76,9	23,1
4	0,595	0,458	0,137	77,0	23,0
5	0,555	0,429	0,126	77,3	22,7
6	0,410	0,318	0,092	77,6	22,4
7	0,590	0,459	0,131	77,8	22,2
8	0,588	0,458	0,130	77,9	22,1
9	0,497	0,388	0,109	78,1	21,9
10	0,557	0,430	0,127	77,2	22,8

A percentagem média de sementes nos côcos alterados, seu desvio padrão e erro, segundo os dados da Tabela 4.10, são:

$$\begin{aligned} \hat{m}(S_f\%) &: 77,38 \\ s &: 0,45 \\ s(\hat{m}) &: 0,14 \end{aligned}$$

5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES SÔBRE O PROTÓTIPO

Os ensaios preliminares, realizados com o protótipo, serviram de base ao desenvolvimento dos trabalhos com a máquina experimental. Nessas condições, a discussão dos resultados obtidos com o protótipo será apresentada juntamente com as conclusões que orientaram a construção e os ensaios da máquina experimental.

5.1. CAPACIDADE DE DESCASCAMENTO

Os dados da Tabela 4.1 indicam que o aumento de rotação do disco inferior, de 500 a 800 rpm, incrementou a capacidade da máquina em cêrca de 50%. Para 700 rpm a capacidade do protótipo, de 0,81-0,84 kgf/s, com mamona da variedade "Campinas" é semelhante àquela obtida por SCHOENLEBER & TAYLOR (1954),

de 0,83 kgf/s, com mamona da variedade "Cimarron".

A variação de 0,5 a 1,0 kgf/s, observada na capacidade de descascamento, se considerada em termos de volume de material "in natura", de acordo com os dados do item b da Tabela 3.1, resulta no manuseio de 5.625 a 11.250 litros de mamona por hora. Dadas as condições de montagem da máquina no trator, o volume de material "in natura" a ser manuseado, para um aproveitamento integral da capacidade da máquina, dificulta sua alimentação em condições operacionais de campo. Isso é confirmado pelas modificações introduzidas por SCHOENLEBER & TAYLOR (1954) na máquina de PORTENFIELD & OPPEL (1952), esquematizadas na Figura 1, em G e H, fazendo a alimentação através de um elevador que permite um fornecimento mais uniforme de produto e a utilização de um reservatório extra, com dimensões mais amplas que as da moega.

De acordo com informações obtidas junto a produtores, industriais e técnicos envolvidos na exploração de mamona, evidenciou-se a necessidade de uma descascadora compacta, montada em trator e acionada pela TDF, para operar diretamente no campo. Frente aos resultados de capacidade do protótipo, concluiu-se que uma redução no diâmetro dos discos, além de contornar os problemas de manuseio de produto "in natura", aumenta o espaço disponível para que uma disposição conjunta de separação e classificação possa ser instalada, sem afetar as características operacionais desejáveis na máquina. Com vista nesses resultados procurou-se investigar, na máquina experimental, com um diâmetro menor, aqueles fatores considerados importantes no desempenho funcional da descascadora, referidos na literatura.

5.2. SEMENTES DESCASCADAS E CÔCOS ALTERADOS

Da maneira como obtidos, os dados da Tabela 4.1 refe-

rentes à percentagem, em pêsos, de sementes descascadas ($S_d\%$) são inversamente proporcionais àquêles de côcos alterados ($F_a\%$) pela máquina. Verifica-se que as menores percentagens de côcos alterados correspondem à rotação de 700 rpm do disco inferior e que, acima e abaixo dêsse nível, a percentagem de descascados decresce. De uma maneira geral, a quantidade de côcos alterados fornecida pelo protótipo foi de 40-50% mais alta que a obtida pelos autôres que utilizaram-se do mesmo princípio de descascamento. Sendo as características do protótipo praticamente idênticas àquelas da máquina de SCHOENLEBER & TAYLOR (1954), os resultados obtidos sugerem a possibilidade do efeito de variedade. Assim sendo, conclui-se que há necessidade do estudo dos fatores responsáveis pelo desempenho funcional do mecanismo descascador, para sua utilização com mamona da variedade "Campinas".

Os métodos de avaliação do desempenho funcional das descascadoras de mamona, adotados pelos autôres citados na revisão bibliográfica, se baseiam na composição do produto beneficiado isento de cascas. No protótipo, entretanto, observou-se a presença de sementes moidas juntamente com as cascas expelidas pela coluna pneumática e, portanto, não passíveis de recuperação. Em virtude dêsse fato, as sementes quebradas ou danificadas, recuperáveis, foram incluídas juntamente com as intactas para formar a parcela $S_d\%$, de sementes descascadas. Os componentes do produto beneficiado, por não serem correlacionados com aquêles do produto "in natura", segundo o método de avaliação preconizado na literatura, não permite uma correta avaliação de sementes intactas e de sementes danificadas (incluindo quebradas e moidas), na parcela descascada pelo protótipo.

Essas observações permitem concluir que a avaliação do desempenho funcional de mecanismos descascadores requer um método de ensaio, capaz de definir e quantificar parâmetros representativos dêsse desempenho, como o relatado em 3.4.2 e que foi

adotado na máquina experimental.

5.3. VELOCIDADE DO AR

Durante os ensaios designados por A, B e C, a velocidade média de escoamento do ar na coluna de separação pneumática foi insuficiente. Nesses ensaios observou-se retenção de sementes descascadas e frutos alterados no interior da máquina, juntamente com as cascas.

Ainda que a velocidade do ar não seja a única característica a ser considerada para a coluna de separação pneumática, os ensaios preliminares com o protótipo indicam a necessidade de velocidades superiores às adotadas por ARNOLD & SHARP (1944), da ordem de 10 m/s. Isto pode sugerir, também, ser devido a um efeito de variedade.

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS ENSAIOS DA MÁQUINA EXPERIMENTAL

A análise dos dados obtidos nos ensaios da máquina experimental, bem como sua discussão, será feita em separado para cada um dos parâmetros considerados representativos de seu desempenho funcional.

6.1. CAPACIDADE DE DESCASCAMENTO

A análise de variância dos dados de capacidade de descascamento (D), mostrados na Tabela 4.6 à página 42, apresentou os seguintes resultados:

Causa de Variação	G.L.	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio
Formatos (F)	3	0,8631	0,2877 ^{xx}
Espaçamentos (E)	2	0,7626	0,3813 ^{xx}
Rotações (R)	2	0,0705	0,0353
F x E	6	0,0541	0,0090
F x R	6	0,0068	0,0011
E x R	4	0,0053	0,0013
F x E x R	12	0,0077	0,0006
Parcelas	(35)	(1,7701)	-
Resíduo	36	0,1831	0,0051
Total	71	1,9532	-

Obs.: A significância para 5% e 1% de probabilidade para o teste F é indicada, respectivamente, por um (x) e dois (xx) asterísticos.

Conforme se observa pela análise de variância, houve um efeito significativo dos formatos do anel de borracha inferior, dos espaçamentos entre as superfícies descascadoras fixa e móvel, e das rotações do disco inferior, sobre a capacidade de descascamento.

As médias, para (F), (E) e (R), e seus respectivos erros padrões são:

$$\begin{array}{lll}
 F_1 = 0,1794 & E_1 = 0,1908 & R_1 = 0,2783 \\
 F_2 = 0,2511 & E_2 = 0,3166 & R_2 = 0,3171 \\
 F_3 = 0,3728 & E_3 = 0,4317 & R_3 = 0,3550 \\
 F_4 = 0,4639 & & \\
 s(\hat{m}) = 0,0168 & s(\hat{m}) = 0,0146 & s(\hat{m}) = 0,0146
 \end{array}$$

As diferenças mínimas significativas, calculadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, para (F), (E) e (R), são as seguintes:

$$\Delta F = 0,0641 \quad \Delta E = 0,0504 \quad \Delta R = 0,0504$$

A análise estatística dos dados de capacidade de descascamento, para os diferentes formatos do anel de borracha inferior, evidencia que:

- entre os anéis F_1 e F_2 , com superfícies planas de descascamento de larguras iguais (80 mm) e diferindo apenas pelo ângulo do bisel interno ($F_1 = 15^\circ$ e $F_2 = 30^\circ$), o ângulo que fornece a maior capacidade é o de 30° ;
- entre os anéis F_3 e F_4 , com superfícies planas de descascamento de larguras iguais (40 mm) e diferindo apenas pelo ângulo do bisel interno ($F_3 = 15^\circ$ e $F_4 = 30^\circ$), a maior capacidade também é obtida com ângulo de 30° ;
- entre os anéis F_1 e F_3 , com ângulos do bisel interno iguais (15°) e diferindo apenas pela largura das superfícies planas de descascamento, a maior capacidade é obtida com 40 mm de largura;
- entre os anéis F_2 e F_4 , com ângulos do bisel iguais (30°) e diferindo apenas na largura das superfícies planas de descascamento, a que fornece maior capacidade é também a de 40 mm.

Comparando-se as médias de capacidade de descascamento fornecidas pelos quatro anéis ensaiados, verificam-se acréscimos de 0,0817 kgf/s, quando F_1 foi substituído por F_2 , e de 0,0911 kgf/s quando F_3 foi substituído por F_4 . Por outro lado, observam-se acréscimos de 0,1934 kgf/s, substituindo-se F_1 por F_3 , e de 0,2128 kgf/s substituindo-se F_2 por F_4 . Esses acréscimos, sendo maiores para variações na largura da superfí-

cie plana do que para variações no ângulo do bisel, sugerem que a capacidade do mecanismo em estudo depende mais da largura da superfície plana que do ângulo do bisel.

Embora SCHOENLEBER & TAYLOR (1954) não tenham mostrado a influência isolada desses dois fatores, os dados obtidos no presente trabalho confirmam os resultados daqueles autores com relação à capacidade da máquina, que é maior para menor largura da superfície plana de descascamento.

As variações no ângulo do bisel, como obtidas, produzem variações na largura da superfície inclinada constituinte da parte interna biselada do anel. A largura dessa superfície inclinada é maior para o ângulo de 15° do que para o de 30° . Comparando-se os acréscimos nas médias de capacidade de descascamento, obtidas por substituição dos anéis com bisel de 15° por aqueles com bisel de 30° , observa-se uma diferença de cerca de 48% menor que a diferença de acréscimos obtida por substituição dos anéis com superfícies planas de 80 mm de largura, por aqueles com superfícies de 40 mm de largura. Tal fato parece indicar que a capacidade do mecanismo em estudo é menos sensível a variações na largura da superfície inclinada do que a variações na largura da superfície plana de descascamento, ambas pertencentes ao anel de borracha inferior.

Para os três espaçamentos utilizados entre as superfícies planas de descascamento, a análise estatística revela que maior espaçamento resulta em maior capacidade. A mudança do espaçamento E_1 (6 mm) para o espaçamento E_2 (8 mm) provocou um acréscimo de cerca de 66% sobre a média da capacidade de descascamento de E_1 , enquanto que a passagem de E_2 para E_3 (10 mm) resultou num acréscimo de 27% sobre a média de E_2 . Portanto, para um aumento de 4 mm no espaçamento entre as superfícies descascadoras, verificou-se um incremento de 93% na capacidade de descascamento.

A análise estatística dos dados de capacidade de descascamento, para as três rotações utilizadas nos ensaios, indica que:

- não há diferença significativa entre a capacidade de descascamento fornecida por R_1 (650 rpm) e R_2 (750 rpm);
- não existe diferença significativa entre a capacidade de descascamento fornecida por R_2 e R_3 (850 rpm);
- houve uma diferença significativa entre as capacidades de descascamento fornecidas por R_1 e R_3 .

O aumento de rotação de R_1 para R_2 provocou um incremento de aproximadamente 14% sobre a média de R_1 e de cerca de 12% sobre a média de R_2 , quando passou de R_2 para R_3 , embora esses aumentos não tenham sido significativos pela análise estatística. Por outro lado, a análise de variância mostrou ser significativo o aumento de R_1 para R_3 , incrementando a capacidade de descascamento em cerca de 26%.

As interações não significativas entre (F), (E) e (R), apresentadas pela análise de variância, sugerem uma perfeita independência entre esses fatores, isto é, um não muda o comportamento do outro do ponto de vista da capacidade de descascamento.

6.2. EFICÁCIA DE DESCASCAMENTO

Os dados de eficácia de descascamento (E%), apresentados na Tabela 4.7 à página 43, foram transformados em arco seno da raiz quadrada de E%, para efeito da análise estatística. A análise de variância apresentou os seguintes resultados:

Causa de Variação	G.L.	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio
Formatos (F)	3	382,3087	127,4362 ^{xx}
Espaçamentos (E)	2	1.320,5551	660,2776 ^{xx}
Rotações (R)	2	60,2233	30,1117
F x E	6	166,1879	27,6980
F x R	6	17,3183	2,8864
E x R	4	58,5644	14,6411
F x E x R	12	16,8089	1,4007
Parcelas	(35)	(2.021,9666)	-
Resíduo	36	619,5047	17,2085
Total	71	2.641,4713	-

Obs.: A significância para 5% e 1% de probabilidade do teste F, é indicada, respectivamente, por um (x) e dois (xx) asterísticos.

Conforme se observa pela análise de variância, houve um efeito significativo dos formatos e dos espaçamentos sobre a eficácia de descascamento.

Desdobrando-se os graus de liberdade respectivos a cada um desses componentes, obtem-se os resultados mostrados a seguir:

Causa de Variação	G.L.	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio
F ₁ e F ₂ vs Demais	1	358,1826	358,1826 ^{xx}
F ₁ vs F ₂	1	23,6682	23,6682
F ₃ vs F ₄	1	0,4579	0,4579
Formatos (F)	(3)	(382,3087)	
E ₂ vs Demais	1	1.242,8587	1.242,8587 ^{xx}
Entre Demais	1	77,6953	77,6953 ^x
Espaçamentos (E)	(2)	(1.320,5540)	-

Obs.: A significância para 5% e 1% de probabilidade do teste F, é indicada, respectivamente, por um (x) e dois (xx) asterísticos.

As médias, para (F) e (E), e seus respectivos erros pa

drões são:

$$\begin{aligned} F_1 &= 61,58 & E_1 &= 56,87 \\ F_2 &= 60,96 & E_2 &= 64,41 \\ F_3 &= 56,19 & E_3 &= 54,33 \\ F_4 &= 56,42 \\ s(\hat{m}) &= 0,98 & s(\hat{m}) &= 0,85 \end{aligned}$$

As diferenças mínimas significativas, calculadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, para (F) e (E), são as seguintes:

$$\Delta F = 3,73 \quad \Delta E = 2,93$$

A análise estatística dos dados de eficácia de descascamento, para os diferentes formatos do anel de borracha inferior, mostra que:

- a eficácia de descascamento apresentada pelo anel F_1 não diferiu daquela fornecida pelo anel F_2 , indicando não haver diferença nos resultados de E% quando o ângulo do bisel interno dos anéis com superfícies planas de 80 mm de largura, passa de 15° para 30° ;
- não houve diferença significativa entre os valores de E% apresentados por F_3 e F_4 , confirmando a não influência da variação do ângulo do bisel, de 15° para 30° , também nos anéis com superfície plana de 40 mm de largura;
- entre os anéis F_1 e F_2 , com mesmo ângulo do bisel (15°) e diferindo apenas pela largura da superfície plana de descascamento, a maior eficácia é obtida com largura de 80 mm;

- a diferença significativa entre os valores de $E\%$, para os anéis F_2 e F_4 , com ângulos do bisel iguais (30°), confirmam a influência da largura da superfície plana sobre $E\%$, que é maior para 80 mm de largura.

Quanto aos espaçamentos entre as superfícies planas de descascamento, a análise estatística mostra que houve um efeito significativo destes sobre $E\%$. A maior eficácia de descascamento é obtida com o espaçamento E_2 (8 mm), sendo reduzida com E_1 (6 mm) e E_3 (10 mm). Essa diferença sugere a existência de um espaçamento ideal, acima e abaixo do qual a eficácia de descascamento do mecanismo em estudo é prejudicada. Embora, no desdobramento dos graus de liberdade para espaçamentos, F tenha se mostrado significativo ao nível de 5%, para E_1 vs. E_3 , a diferença mínima significativa, calculada pelo teste de Tukey ao nível de 5% não sugere diferença entre as médias de E_1 e E_3 .

De acordo com a significância de F ao nível de 1%, na análise de variância, pode ser afirmado que a variação de rotação, desde R_1 (650 rpm) até R_3 (850 rpm), não modificou os resultados observados para $E\%$.

As interações não significativas entre (F), (E) e (R), fornecidas pela análise de variância, indicam que esses fatores apresentam comportamentos independentes, não havendo influência de um sobre os outros quanto a eficácia de descascamento.

6.3. QUEBRA

Os dados de quebra ($Q\%$), mostrados na Tabela 4.8 à página 44, foram transformados em arco seno da raiz quadrada de $Q\%$, para efeito da análise estatística. A análise de variância apresentou os seguintes resultados:

Causa de Variação	G.L.	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	
Formatos (F)	3	122,3397	40,7799	XX
Espaçamentos (E)	2	885,8731	442,9365	XX
Rotações (R)	2	81,2045	40,6022	XX
F x E	6	85,8390	14,3065	
F x R	6	35,3939	5,8989	
E x R	4	30,0330	7,5082	
F x E x R	12	23,8832	1,9902	
Parcelas	(35)	(1.264,5664)	-	
Resíduo	36	232,9256	6,4701	
Total	71	1.497,4920	-	

Obs.: A significância para 5% e 1% de probabilidade do teste F, é indicada, respectivamente, por um (x) e dois (xx) asterísticos.

Conforme se observa pela análise de variância, houve um efeito significativo dos formatos, espaçamentos e rotações sobre a quebra. Desdobrando-se os graus de liberdade respectivos a cada um desses componentes, obtem-se:

Causa de Variação	G.L.	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	
F ₄ vs Demais	1	118,3119	118,3119	XX
Entre Demais	2	4,0278	2,0139	
Formatos (F)	(3)	(122,3397)	-	
E ₁ vs Demais	1	866,1750	866,1750	XX
E ₂ vs E ₃	1	19,6981	19,6981	
Espaçamentos (E)	(2)	(885,8731)	-	
R ₁ vs Demais	1	61,5315	61,5315	XX
R ₂ vs R ₃	1	19,6730	19,6730	
Rotações (R)	(2)	(81,2045)	-	

Obs.: A significância para 5% e 1% de probabilidade do teste F, é indicada, respectivamente, por um (x) e dois (xx) asterísticos.

Para os componentes (F), (E) e (R), as médias de quebra e seus respectivos erros padrões, são:

$F_1 = 18,68$	$E_1 = 22,57$	$R_1 = 16,36$
$F_2 = 18,03$	$E_2 = 15,85$	$R_2 = 17,68$
$F_3 = 18,50$	$E_3 = 14,57$	$R_3 = 18,96$
$F_4 = 15,45$		
$s(\hat{m}) = 0,60$	$s(\hat{m}) = 0,52$	$s(\hat{m}) = 0,52$

As diferenças mínimas significativas, calculadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, para (F), (E) e (R), são as seguintes:

$$\Delta F = 2,28 \quad \Delta E = 1,79 \quad \Delta R = 1,79$$

A análise estatística dos dados de quebra, para os diferentes formatos do anel de borracha inferior, indica que:

- a quebra provocada por F_1 não diferiu daquela fornecida por F_2 , estatisticamente, sugerindo não haver diferença nos resultados de Q% quando o ângulo do bisel passa de 15° para 30° , nos anéis com superfícies planas de 80 mm de largura;
- os anéis F_1 e F_3 , ambos com ângulo do bisel interno de 15° , não apresentaram diferenças significativas nos resultados de Q% quando houve uma redução na largura da superfície plana, de 80 para 40 mm;
- os anéis F_2 e F_4 , ambos com ângulo do bisel interno de 30° , apresentaram diferenças significativas nos resultados de Q% quando houve uma redução na largura da superfície plana de descascamento, sendo os valores de

quebra menores para 40 mm de largura.

A redução de Q% para o anel F_4 aliada a um comportamento semelhante entre F_1 , F_2 e F_3 , como mostrado pela análise estatística e discutido acima, parece indicar que a quebra provocada pelo mecanismo em estudo não depende isoladamente dos fatores ângulo do bisel e largura da superfície plana de descascamento, mas da interação de ambos.

Em relação aos espaçamentos utilizados entre as superfícies planas de descascamento, a análise estatística mostra que houve um efeito significativo destes sobre Q%. A maior quebra é provocada com o espaçamento E_1 (6 mm), sendo reduzida com E_2 (8 mm) e E_3 (10 mm). A inexistência de uma diferença significativa nos resultados observados para Q% quando passa-se de E_2 para E_3 sugere, do ponto de vista do desempenho funcional da máquina, que o limite mínimo de espaçamento, para as condições do presente trabalho, seja de 8 mm.

A análise estatística dos dados de Q%, para as três rotações utilizadas nos ensaios, parece mostrar que maiores rotações resultam em maior quebra. Do ponto de vista do desempenho funcional da máquina, a melhor rotação foi R_1 e a pior R_3 .

As interações não significativas entre formatos, espaçamentos e rotações, mostradas pela análise de variância, indicam comportamentos independentes desses fatores sobre Q%.

6.4. RETORNO

Os dados de retorno (R%), mostrados na Tabela 4.9 à página 45, foram transformados em arco seno da raiz quadrada de R%, para efeito da análise estatística.

A análise de variância de R% apresentou os seguintes re

resultados:

Causa de Variação	G.L.	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	
Formatos (F)	3	982,9532	327,6510	xx
Espaçamentos (E)	2	2.084,8514	1.042,4257	xx
Rotações (R)	2	10,0904	5,0452	
F x E	6	173,2773	28,8795	
F x R	6	29,4876	4,9146	
E x R	4	60,9167	15,2292	
F x E x R	12	22,1079	1,8423	
Parcelas	(35)	(3.363,6845)	-	
Resíduo	36	867,5682	24,0991	
Total	71	4.231,2527	-	

Obs.: A significância para 5% e 1% de probabilidade do teste F, é indicada, respectivamente, por um (x) e dois (xx) asterísticos.

Conforme se observa pela análise de variância, houve um efeito significativo de (F) e (E) sobre R%. Desdobrando-se os graus de liberdade respectivos a cada um desses componentes, obtém-se os resultados mostrados a seguir:

Causa de Variação	G.L.	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	
F ₁ e F ₂ vs. Demais	1	867,7087	867,7087	xx
F ₁ vs. F ₂	1	77,8513	77,8513	
F ₃ vs. F ₄	1	37,3932	37,3932	
Formatos	(3)	(982,9532)	-	
E ₃ vs. Demais	1	1.970,7681	1.970,7681	xx
E ₁ vs. E ₂	1	114,0833	114,0833	x
Espaçamentos	(2)	(2.084,8514)	-	

Obs.: A significância para 5% e 1% de probabilidade do teste F, é indicada, respectivamente, por um (x) e dois (xx) asterísticos.

As médias, para formatos (F) e espaçamentos (E), com seus respectivos erros padrões, são:

$$\begin{array}{ll} F_1 = 19,39 & E_1 = 22,17 \\ F_2 = 22,33 & E_2 = 19,13 \\ F_3 = 26,78 & E_3 = 31,73 \\ F_4 = 28,82 & \\ s(\hat{m}) = 1,16 & s(\hat{m}) = 1,00 \end{array}$$

As diferenças mínimas significativas, calculadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, para (F) e (E), são as seguintes:

$$\Delta F = 4,41 \quad \Delta E = 3,45$$

A análise estatística dos dados de retorno, para os diferentes formatos do anel de borracha inferior, evidencia que:

- o retorno fornecido pelo anel F_1 não diferiu significativamente daquele fornecido pelo anel F_2 , indicando não haver diferença nos resultados de R% quando o ângulo do bisel interno dos anéis, com superfícies planas de descascamento de 80 mm de largura, passa de 15° para 30° ;
- os valores de R% apresentados por F_3 e F_4 , com superfícies planas de descascamento de 40 mm de largura, não apresentando diferença significativa confirmam que a variação do ângulo do bisel, de 15° para 30° , não tem influência sobre R%;
- entre os anéis F_1 e F_3 , com ângulos de bisel iguais (15°), o menor valor de R% é obtido com superfície plana de descascamento de 80 mm de largura;
- a diferença entre os valores de R%, observa

dos com F_2 e F_4 , cujos ângulos do bisel interno são iguais (30°), confirmam a influência da largura da superfície plana de descascamento sobre o retôrno, que é menor para a largura de 80 mm.

Em relação aos espaçamentos entre as superfícies planas de descascamento, a análise estatística revela um efeito significativo destes sobre $R\%$. O maior valor de $R\%$ é fornecido por E_3 (10 mm), sendo reduzido com E_2 (8 mm) e E_1 (6 mm). Embora a análise de variância indique uma diferença nos resultados observados para $R\%$ quando se passa de E_1 para E_2 , de acordo com a significância de F ao nível de 5%, a diferença mínima significativa calculada pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, não confirma essa diferença de comportamento.

Do ponto de vista do comportamento funcional do mecanismo em estudo, o espaçamento que apresentou a melhor média de $R\%$, foi E_2 . Com base na análise estatística não é possível concluir se E_2 diferiu ou não de E_1 . Contrariamente, a análise de variância e o teste de Tukey sugerem que o espaçamento E_3 foi prejudicial ao comportamento funcional da máquina.

De acordo com a significância de F ao nível de 1%, na análise de variância, a variação de rotação desde R_1 (650 rpm) até R_3 (850 rpm), não alterou os resultados observados para $R\%$.

As interações não significativas entre formatos, espaçamentos e rotações, mostradas pela análise de variância, indicam comportamentos independentes desses fatores com relação a $R\%$.

7. CONCLUSÕES SÔBRE A MÁQUINA EXPERIMENTAL

A análise e discussão dos ensaios da máquina experimental conduzem às seguintes conclusões:

7.1. O método de quantificação do desempenho funcional adotado, elaborado com base nas relações entre as parcelas componentes da mamona antes e depois de sofrer o descascamento, mostrou-se capaz de caracterizar quatro parâmetros de desempenho (D kgf/s, E %, Q % e R %) sensíveis às variações estabelecidas para os fatores formatos (F), espaçamentos (E) e rotações (R), considerados nos ensaios da máquina experimental.

7.2. A capacidade de descascamento (D kgf/s), em função das variações estabelecidas para os ensaios da máquina experimental, apresenta o seguinte comportamento:

- aumenta com a redução na superfície de con-

tato entre o anel de borracha do disco móvel e a mamona, apresentando o maior valor com o anel de formato F_4 ;

- aumenta com o aumento de espaçamento entre as superfícies planas de descascamento, principalmente quando êste passa de E_1 para E_2 , e com o incremento da velocidade angular do disco inferior, notadamente na passagem de R_1 para R_3 .

7.3. A eficácia de descascamento ($E\%$), embora não seja susceptível às variações estabelecidas para o ângulo do bisel interno dos anéis de borracha, é afetada pela largura da superfície plana de descascamento, evidenciando-se como melhor a de 80 mm de largura.

7.4. Os espaçamentos entre as superfícies planas de descascamento exercem influência sobre a eficácia de descascamento, sendo o melhor comportamento obtido com E_2 .

7.5. A percentagem de quebra ($Q\%$) mostrou-se susceptível à interação entre ângulo do bisel e largura da superfície plana dos anéis de borracha, sendo a melhor combinação aquela apresentada pelo anel de formato F_4 .

7.6. Os espaçamentos entre as superfícies planas de descascamento exercem influência sobre $Q\%$, evidenciando E_1 como prejudicial ao comportamento da máquina, e E_2 como o limite mínimo de espaçamento para as condições do presente trabalho.

7.7. As variações estabelecidas para a rotação do disco inferior influíram sobre a percentagem de quebra que é incre

mentada com a passagem de R_1 para R_3 , sendo o menor valor de $Q\%$ obtido com 650 rpm.

7.8. A percentagem de retorno ($R\%$) não se mostrou susceptível às variações estabelecidas para o ângulo do bisel interno dos anéis porém, é influenciada pela largura da superfície plana de descascamento, aparentando ser melhor a de 80 mm.

7.9. Em relação aos espaçamentos entre as superfícies planas de descascamento, a análise estatística revela um efeito significativo destes sobre $R\%$ e indica que E_3 foi prejudicial ao comportamento funcional da máquina.

7.10. As variações estabelecidas para a velocidade angular do disco inferior não tiveram influência sobre $E\%$ e $R\%$.

7.11. Não houve interação entre os fatores (F), (E) e (R) em qualquer dos quatro parâmetros considerados representativos do desempenho funcional da máquina, indicando uma perfeita independência de ação desses fatores.

7.12. A ação independente dos fatores (F), (E) e (R) sobre os parâmetros D kgf/s, $E\%$, $Q\%$ e $R\%$, pode ser resumida no seguinte quadro:

Parâmetros	Melhor comportamento funcional para:		
	Formatos	Espaçamentos	Rotações
D kgf/s	F_4	E_3	R_2 & R_3
$E\%$	F_1 & F_2	E_2	Indiferente
$Q\%$	F_4	E_2 & E_3	R_1 & R_2
$R\%$	F_1 & F_2	E_1 & E_2	Indiferente

8. RESUMO

No presente trabalho estuda-se o descascamento mecânico dos frutos da mamoneira (Ricinus communis, L.), da variedade "Campinas". O mecanismo de descascamento empregado é constituído de dois discos metálicos superpostos e axialmente coincidentes, um fixo e outro móvel, cujas faces adjacentes são recobertas, cada uma, por um anel de borracha.

Inicialmente procedeu-se a construção de um protótipo com o objetivo de servir para observações preliminares e atender, de imediato, aos agricultores. Os resultados obtidos através do protótipo mostraram a necessidade da construção de uma descascadora experimental e o desenvolvimento de um método de ensaio, que possibilitassem o estudo dos fatores que afetam o desempenho do mecanismo descascador.

Uma descascadora experimental, incluindo apenas os componentes mínimos e essenciais ao processo de descascamento, foi

construída e um método para o ensaio de seu desempenho foi elaborado. Este método de ensaio, considera e define quatro parâmetros de desempenho funcional, que são: a) capacidade de descascamento (D kgf/s); b) eficácia de descascamento (E %); c) quebra (Q %) e d) retorno (R %).

O modelo estatístico envolve um fatorial $4 \times 3 \times 3$ com duas repetições. As variáveis consideradas em cada tratamento foram: a) quatro formatos para o anel de borracha móvel (F_1, F_2, F_3 e F_4), diferenciados pela largura da superfície plana de descascamento e ângulo do bisel; b) três espaçamentos entre as superfícies de descascamento fixa e móvel (E_1, E_2 e E_3); c) três níveis de rotação para o disco móvel (R_1, R_2 e R_3).

Os resultados obtidos nos ensaios da máquina experimental indicam que os fatores formato, espaçamento e rotação agem de maneira independente. A ação de cada um desses fatores sobre os quatro parâmetros considerados representativos do desempenho do mecanismo são analisados e discutidos separadamente. Para o mecanismo descascador estudado, um conjunto adequado de fatores que caracterizassem um desempenho satisfatório poderia ser concebido, uma vez que as condições de trabalho e utilização sejam bem definidas.

9. SUMMARY

In this work a study is made of factors affecting mechanical hulling of castor bean (Ricinus communis,L.) variety "Campinas". Initially a prototype was built with the objective of gathering preliminary data and to serve as a model for the construction of a limited number of units to be made available to the castor bean planters at a relatively short range. The hulling mechanism employed consisted of two superimposed metal disks lined with vulcanized rubber on the adjacent sides.

Preliminary results of the observations made on the prototype showed to be necessary the construction of an experimental model and the development of an adequate method to detect the effects of the factors affecting the performance of the hulling mechanism. Thus, the construction of the experimental model included only the minimum components necessary for the hulling operation of the beans "in natura".

The analysis of the results were made based in four performance parameters such as: a) hulling capacity (D kgf/s); b) hulling efficiency (E %); c) broken seeds (Q %) and d) unhulled beans (R %). The statistical model used to analyse the data of the experimental machine is a 4 x 3 x 3 factorial with two repetitions. The variables considered in each treatment are: a) four formats for the vulcanized rubber rings of the turning disk (F_1 , F_2 , F_3 and F_4), differentiated by the width of the flat surface and by the bevel angle; b) three distances between the stationary and turning hulling surfaces of the disks (E_1 , E_2 and E_3) and c) three levels of rpm for the turning disk (R_1 , R_2 and R_3).

The results obtained indicate that the factors format, distance between hulling surfaces and angular velocity of the turning disk, act independently. The effects of each factor related to the four performance parameters were analysed and discussed separately. An appropriate set of factors which could characterize a satisfactory performance might be comprehended from the results, once the working and the utilization conditions are well defined.

10. BIBLIOGRAFIA CITADA

- ARNOLD, H.M. e SHARP, M.A. (1942). A New Castor-Bean Sheller. Univ. Tenn. Agr. Expt. Sta. Bul. 179. 12 pp.
- ARNOLD, H.M. e SHARP, M.A. (1944). The Improved Castor-Bean Sheller. Univ. Tenn. Agr. Expt. Sta. Bul. 187. 11 pp.
- CLAY, H.P. (1942). A Homemade Castor-Bean Thresher. Journal of the American Society of Agricultural Engineers. 23 (4) : 135.
- CANECCHIO, V. (1958). Melhoramento da Mamoneira (Ricinus communis, L.). Bragantia. 17 (24) : 331 - 343.
- GORDON, E.D. (1943). Castor Bean Hullers. Journal of the American Society of Agricultural Engineers. 24(6):189-190, 196.

- GRANER, E.A. e GODOY JÚNIOR, C. (1962). Culturas da Fazenda Brasileira. Edições Melhoramentos, São Paulo. 461 pp.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (1966). Anuário Estatístico do Brasil. 548 pp.
- KRUG, C.A. e TEIXEIRA MENDES, P. (1942). Melhoramento da Mangueira (Ricinus communis, L.). Bragantia. 2 (5): 129 - 197.
- PIMENTEL GOMES, F. (1966). Curso de Estatística Experimental. E.S.A., "Luiz de Queiroz", Univ. S. Paulo, Piracicaba. 404 pp.
- PORTENFIELD, J.C. e OPPEL, F.J. (1952). An Experimental Castor Bean Huller. Journal of the American Society of Agricultural Engineers. 33 (11) : 713 - 715, 716.
- SCHOENLEBER, L.G. e TAYLOR, W.E. (1954). Development of a Portable Castor Bean Huller. Journal of the American Society of Agricultural Engineers. 35(5): 327-332, 336.
- SCHOENLEBER, L.G. (1960). Machines for New Crops. Power to Produce. 434-439. The Yearbook of Agriculture. USDA, Washington D.C., USA. 480 pp.
- SCHOENLEBER, L.G. e BOUSE, L.F. (1963). Mechanized harvesting of Castor Beans. Annual Meeting of the American Society of Agricultural Engineers. Paper Nº 63 - 132. Miami Beach, Fla., USA. 5 pp.
- SMITH, H.P. (1964). Farm Machinery and Equipment. McGraw - Hill Book Co., New York, USA. 519 pp.

SNEDECOR, G.W. (1957). Statistical Methods. Iowa State College Press, Ames, Iowa, USA. 534 pp.

VASCONCELOS ROCHA, J.L. (1964). Novas Possibilidades para a Cultura da Mamaneira. O Agrônomo. 16 (5,6): 1-4.

A P Ê N D I C E 1

Este Apêndice relata a obtenção dos dados referentes à caracterização do material mamona, sumarizados na Tabela 3.1, à página 13.

Umidade no produto "in natura"

O teor de umidade no produto "in natura" foi determinado a partir de amostras retiradas de uma moega completa, a cada três ensaios da máquina experimental, totalizando nas duas repetições, 24 amostras. Empregou-se o método da estufa, a 105 - 110°C por 24 horas, e obteve-se os resultados mostrados na Tabela 1.A.

Tabela 1.A. Teor de umidade no produto "in natura".

Amostra Nº	Pêso Inicial (kgf)	Pêso Final (kgf)	Água (kgf)	Umidade (U%)
1	0,392	0,360	0,032	8,9
2	0,438	0,405	0,033	8,1
3	0,380	0,353	0,027	7,6
4	0,404	0,375	0,029	7,7
5	0,395	0,367	0,028	7,6
6	0,402	0,374	0,028	7,5
7	0,361	0,336	0,025	7,4
8	0,396	0,366	0,030	8,2
9	0,325	0,302	0,023	7,6
10	0,321	0,299	0,022	7,4
11	0,404	0,375	0,029	7,7
12	0,301	0,280	0,021	7,5
13	0,319	0,290	0,029	10,0
14	0,346	0,314	0,032	10,2
15	0,322	0,292	0,030	10,3
16	0,333	0,302	0,031	9,7
17	0,326	0,297	0,029	10,2
18	0,342	0,312	0,030	9,6
19	0,321	0,291	0,030	10,3
20	0,345	0,313	0,032	10,2
21	0,321	0,293	0,028	9,6
22	0,334	0,301	0,033	11,0
23	0,315	0,286	0,029	10,1
24	0,301	0,275	0,026	9,5

 $\hat{m}(U\%): 8,91$
 $s(\hat{m}): 0,25$

Pêso do volume de um litro

O pêso do volume de um litro de produto "in natura" foi determinado em amostras retiradas ao acaso das parcelas a serem descascadas, no decorrer dos ensaios da máquina experimental, durante o carregamento da moega. As amostras, em número de 10, eram entornadas num recipiente metálico, de forma cilíndrica e com volume de 15.180 cm³, fazendo-se o produto cair livremente até transbordar. Após nivelado o bordo superior do recipiente com uma régua, determinou-se o pêso do produto "in natura" contido em seu interior.

Para determinação do volume de um litro de sementes intactas utilizou-se amostras retiradas ao acaso das parcelas descascadas pela máquina experimental, adotando-se a mesma técnica empregada no produto "in natura".

Idêntico procedimento foi adotado na determinação do volume de um litro de cascas, material dissimilar e impurezas, utilizando-se amostras retiradas ao acaso da parcela ventilada fóra pela coluna de separação pneumática.

Os dados obtidos nessas determinações constam da Tabela 1.8.

Pêso de côcos e de sementes no produto "in natura"

De uma moega completa, a cada três ensaios e antes da máquina experimental entrar em funcionamento, eram retiradas amostras com aproximadamente 1 kgf, totalizando 24 amostras, para as duas repetições. Cada amostra foi subdividida em duas porções, uma para determinação do pêso de côcos e outra para o de sementes, no produto "in natura".

Na primeira, os côcos foram liberados, por separação

manual, das impurezas e do material dissimilar (pedúnculos, setos, pedaços de raquis, etc.), designados por material inerte. A Figura 11, à página 41, mostra os côcos (F), em 2, e o material inerte (M), em 3.

Tabela 1.B. Pêsos do volume de um litro de produto "in natura" (A), de sementes intactas (B) e de cascas e material inerte (C), obtidos a partir de um volume de 15.180 cm³, com pêsos P₁, P₂ e P₃, respectivamente.

Amostra N ^o	Produto "in natura" P ₁ (kgf)	A	Sementes intactas P ₂ (kgf)	B	Cascas e mate rial inerte P ₃ (kgf)	C
1	4,868	0,320	8,255	0,544	2,506	0,165
2	4,791	0,315	8,242	0,543	2,092	0,138
3	4,903	0,323	8,260	0,544	2,308	0,152
4	4,802	0,316	8,187	0,539	2,229	0,147
5	4,866	0,320	8,330	0,549	1,954	0,129
6	4,850	0,319	8,194	0,540	2,152	0,142
7	4,941	0,325	8,289	0,546	2,470	0,163
8	4,962	0,327	8,251	0,543	2,368	0,156
9	4,931	0,325	8,196	0,540	1,990	0,131
10	4,753	0,313	8,345	0,550	2,230	0,147
$\hat{m}(A):$	0,320 kgf/1	$\hat{m}(B):$	0,544 kgf/1	$\hat{m}(C):$	0,147 kgf/1	
$s(\hat{m}):$	0,00147	$s(\hat{m}):$	0,00117	$s(\hat{m}):$	0,00403	

A segunda parcela das amostras foi submetida ao descasamento manual, separando-se as sementes. Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 1.C, à página 79.

Tabêla 1.C. Pesos de cêcos (F) e de sementes (S), obtidos nos pesos P_1 e P_2 , de produto "in natura", respectivamente.

Amostra N ^o	P_1 (kgf)	Cêcos F (kgf)	F%	P_2 (kgf)	Sementes S (kgf)	S%
1	0,451	0,416	92,2	0,385	0,278	72,2
2	0,431	0,403	93,5	0,430	0,308	71,6
3	0,490	0,453	92,4	0,430	0,315	73,3
4	0,549	0,512	93,3	0,398	0,288	72,4
5	0,509	0,471	92,5	0,380	0,274	72,1
6	0,476	0,443	93,1	0,449	0,326	72,6
7	0,390	0,360	92,3	0,385	0,273	70,9
8	0,359	0,332	92,5	0,285	0,207	72,6
9	0,562	0,521	92,7	0,482	0,343	71,2
10	0,508	0,472	92,9	0,423	0,313	74,0
11	0,495	0,458	92,6	0,422	0,299	70,9
12	0,534	0,489	91,6	0,387	0,275	71,1
13	0,403	0,373	92,5	0,384	0,276	71,9
14	0,472	0,430	91,1	0,367	0,257	70,0
15	0,469	0,437	93,2	0,420	0,303	72,2
16	0,580	0,537	92,5	0,492	0,354	71,9
17	0,603	0,558	92,5	0,505	0,351	69,5
18	0,491	0,452	92,1	0,403	0,295	73,2
19	0,382	0,354	92,6	0,372	0,276	74,2
20	0,360	0,332	92,2	0,350	0,247	70,5
21	0,542	0,508	93,8	0,480	0,354	73,7
22	0,470	0,435	92,5	0,380	0,266	70,0
23	0,455	0,420	92,3	0,428	0,300	70,1
24	0,392	0,358	91,3	0,385	0,284	73,8

$\hat{m}(F\%)$:	92,5	$\hat{m}(S\%)$:	71,9
$s(\hat{m})$:	0,13	$s(\hat{m})$:	0,28

A G R A D E C I M E N T O S

Expressamos nossos agradecimentos a:

. Prof. Anivaldo Pedro Cobra, Livre-Docente da Cadeira de Mecânica, Motores e Máquinas, da E.S.A. "Luiz de Queiroz" da U.S.P., pela orientação ao presente trabalho.

. Eng. Agr. Vicente Canecchio, Chefe da Secção de Oleaginosas do I.A.C., pelo fornecimento da mamona utilizada nos ensaios.

. SANBRA - Sociedade Algodoeira do Nordeste Brasileiro S.A., pelos recursos financeiros e, Correias Mercúrio S.A., pela vulcanização dos anéis de borracha.

. Prof. Walter R. Accorsi, Catedrático da Cadeira de Botânica, e Prof. Humberto de Campos, Livre-Docente da Cadeira

de Matemática, da E.S.A. "Luiz de Queiroz", pelas sugestões apresentadas.

. Prof. Aristeu M. Peixoto, Catedrático da Cadeira de Zootecnia, da E.S.A. "Luiz de Queiroz", pela leitura do manuscrito e sugestões apresentadas.

. A FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, através de seus bolsistas sob nossa orientação na Cadeira de Mecânica, Motores e Máquinas, e aos funcionários da referida Cadeira que direta ou indiretamente auxiliaram no presente trabalho.