

Classificadora de Cilindros Divergentes para Tomate de Mesa: uma Alternativa para Pequenos Produtores



ISSN 1518-7179

Setembro, 2009

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Instrumentação Agropecuária
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

***Documentos*46**

Classificadora de Cilindros Divergentes para Tomate de Mesa: uma Alternativa para Pequenos Produtores

Márcia Eiko Atarassi
Marcos David Ferreira
Celso Luiz Moretti

Embrapa Instrumentação Agropecuária
São Carlos, SP
2009

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Instrumentação Agropecuária

Rua XV de Novembro, 1452
Caixa Postal 741
CEP 13560-970 - São Carlos-SP
Fone: (16) 2107 2800
Fax: (16) 2107 2902
www.cnpdia.embrapa.br
E-mail: sac@cnpdia.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Dr. Luiz Henrique Capparelli Mattoso
Membros: Dra. Débora Marcondes Bastos Pereira Milori,
Dr. João de Mendonça Naime,
Dr. Washington Luiz de Barros Melo
Valéria de Fátima Cardoso
Membro Suplente: Dr. Paulo Sérgio de Paula Herrmann Junior

Supervisor editorial: Dr. Victor Bertucci Neto
Normalização bibliográfica: Valéria de Fátima Cardoso
Tratamento de ilustrações: Valentim Monzane
Capa: Márcia Eiko Atarassi
Editoração eletrônica: Manoela Campos

1ª edição

1ª impressão (2009): tiragem 300

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.
Embrapa Instrumentação Agropecuária**

A862c Atarassi, Márcia Eiko
Classificadora de cilindros divergentes para tomate de mesa: uma
alternativa para pequenos produtores. / Márcia Eiko Atarassi, Marcos David
Ferreira, Celso Luiz Moretti. - São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação
Agropecuária, 2009.

19 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Documentos,
ISSN 1518-7179; 46).

1. Pós-Colheita. 2. Tomate. 3. Norma de classificação. 4. Tomate -
Qualidade. 5. Roletes de classificação. 6. Eficiência de classificação. I. Ferreira,
Marcos David. II. Moretti, Celso Luiz. III. Título. IV. Série.

CDD 21 ED 664.8

© Embrapa 2009

Autores

Márcia Eiko Atarassi

Engenharia Agrícola, MSc, CATI - Coordenadoria de
Assistência Técnica Integral, Secretaria da Agricultura
do Estado de São Paulo

Av. Brasil, 2340 - Bairro Vila Itapura

CEP: 13070-178

Campinas (SP)

marcia.atarassi@cati.sp.gov.br

Marcos David Ferreira

Engenharia Agrônômica, Dr., Pesquisador,

Embrapa Instrumentação Agropecuária

C.P. 741, CEP 13560-970,

São Carlos (SP)

marcosferreira@cnpdia.embrapa.br

Celso Luiz Moretti

Engenharia Agrônômica, Dr., Pesquisador,

Embrapa Hortaliças

Rod. BR 060, km 09

Caixa-Postal: 218 CEP:70359-970

Brasília (DF)

moretti@cnph.embrapa.br

Sumário

1. Introdução	9
2. Materiais e Métodos	10
Equipamento de Classificação	10
Definição de Saídas e Avaliação de Classificação	11
Perda de Massa e Atividade Respiratória após o Processo de Classificação	11
3. Resultados e Discussão	12
Definição das Saídas de Classificação	12
Avaliação de Classificação	12
Perda de Massa e Atividade Respiratória após o Processo de Classificação	16
4. Conclusões	17
Referências	18

Apresentação

A classificação de hortaliças e frutas é uma etapa importante na pós-colheita, influenciando a valoração do produto. Pequenos e médios produtores, em geral, realizam a classificação manualmente, muitas vezes subjetivamente ou utilizando-se de réguas calibradoras. Este sistema, normalmente, possui um baixo rendimento e eficiência, podendo apresentar desuniformidade na padronização final. A classificação por meio de cilindros rotativos divergentes pode ser uma alternativa para melhoria da eficiência em sistemas com menores volumes de produção, com baixo custo e fácil implantação.

Este documento deriva da dissertação de mestrado da Engenheira Agrícola Márcia Eiko Atarassi concluída em 2008 na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, Unicamp, sob orientação do pesquisador da Embrapa Instrumentação Agropecuária, Marcos David Ferreira, a qual teve como objetivo avaliar uma classificadora por diâmetro de tomates *in natura*, por meio de cilindros rotativos divergentes em diferentes velocidades de rotação. Pretende-se também, que a partir deste modelo de utilização, seja possível aplicar os resultados obtidos para outras frutas e hortaliças. Ensaios foram realizados para avaliar a eficiência de classificação, conformidade de classificação por diâmetro com a norma do PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA e incidência de danos mecânicos em tomates "Carmen" submetidos a este equipamento com diferentes tipos de combinação entre cilindros. Os cilindros divergentes apresentaram conformidade de mistura na classificação por diâmetro nas classes 60 e 80. Entretanto, para a classe 70 nenhum tratamento esteve em conformidade com a mistura permitida de 10% dos frutos de outras classes. Pelos ensaios verificou-se que o conjunto de um cilindro liso e outro com helicóide de borracha a 150 rpm apresentou grande potencial para ser utilizado como sistema de classificação de tomates *in natura*, pois obteve a maior eficiência de classificação, com menor perda de massa dos frutos armazenados e atividade respiratória similar aos frutos controle.

Álvaro Macedo da Silva
Chefe Geral

Classificadora de Cilindros Divergentes para Tomate de Mesa: uma Alternativa para Pequenos Produtores

Márcia Eiko Atarassi
Marcos David Ferreira
Celso Luiz Moretti

1. Introdução

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de tomate com 3,8 milhões de toneladas, cultivadas em uma área de 61 mil hectares (SITUAÇÃO da produção..., 2008). O Estado de Goiás foi o maior produtor em 2007, com 802.128 toneladas, seguido por São Paulo, com 713.483 toneladas (IBGE, 2008). Apesar da grande produção brasileira, a falta e/ou desuniformidade da padronização de classificação afeta a cadeia produtiva do tomate de mesa em diferentes graus. A norma de classificação de produtos agrícolas é muito importante, pois permite que exista uma linguagem única e transparente para toda cadeia produtiva. Farina (2003) destaca que a classificação oferece vantagens, tanto para compradores como para vendedores, por viabilizar a realização de negócios, independente da presença física da mercadoria. Assim, obtém-se transparência na comercialização, melhores preços para produtores e consumidores, resultando em menores perdas e melhor qualidade do produto fresco.

Atualmente, muitos produtores realizam a classificação manual, em geral de baixo custo e baixa padronização. Os equipamentos de classificação mecânico, comumente podem apresentar baixa eficiência e incidência de danos físicos. Em uma avaliação de um equipamento mecânico de lonas perfuradas de classificação de tomates, Ferrari (2005) verificou que em nenhuma classe de tamanho a mistura de outras classes estava em acordo com norma, durante duas safras de colheita. O aumento da incidência em danos físicos devido ao manuseio inadequado pode ocorrer com frequência durante beneficiamento e classificação (FERREIRA, 2008). Segundo Peleg (1985), Sargent et al. (1989a) e Sargent et al. (1989b) as operações de seleção e classificação ou a passagem do produto por equipamentos inadequados podem ser os pontos principais na incidência de injúrias mecânicas. Bassetto (2006) avaliou a colheita e a venda de pêssegos em 2003 e verificou que a classificação era etapa mais crítica para danos físicos, apresentando 38% de frutos com injúrias mecânicas. Nos dois anos seguintes, a incidência de injúrias mecânicas caiu para 19 e 4%, respectivamente, na etapa de classificação, provavelmente devido à conscientização do produtor da importância do manejo pós-colheita dos frutos, após os primeiros resultados de avaliação. Magalhães e Ferreira (2006) constataram que tomates que passaram por um protótipo de linha de beneficiamento em laboratório e sofreram queda de 30 cm sobre superfície de caixa plástica tiveram 3,46% de perda de massa após 8 dias em armazenamento a 23°C, não apresentando podridões e a causa provável da perda de massa relaciona-se a injúrias internas. Com a redução da altura de queda para 10 cm a perda de massa foi de 2,63%. Além disso, Moretti e Sargent (2000) constataram que a desordem fisiológica causada por impactos alterou o sabor e o aroma de tomates, reduzindo de maneira potencial a aceitação deste produto pelo consumidor.

O objetivo do presente trabalho foi ajustar e avaliar uma classificadora de tomates de mesa como uma alternativa aos sistemas comerciais, avaliando-se o desempenho de cilindros divergentes com distintas velocidades de rotação e sua influência na qualidade do fruto.

2. Material e Métodos

Equipamento de Classificação

O equipamento de classificação (0,65 m de largura, 1,85 m de comprimento e 0,90 m de altura) foi formado por perfis metálicos, que sustentavam um par de cilindros de 1,50 m de comprimento e 0,114 m de diâmetro, montados em mancais de rolamentos de forma divergente (ângulo de $1,8^\circ$) e rotação em mesmo sentido. A velocidade de rotação dos cilindros foi controlada por um motor (WEG, 189 W), ligado a um inversor de frequência (WEG, CFW 08). Acima dos cilindros foi afixada uma calha para evitar que os tomates saíssem por cima do sistema. Abaixo deles foram posicionadas divisórias de papelão ondulado espaçadas em 0,10 m entre si, formando 12 saídas de classificação identificadas seqüencialmente por letras de A a M (Fig. 1). Os frutos submetidos à classificação caíam entre as aberturas dos dois cilindros e eram depositados em recipientes plásticos protegidos com espuma.

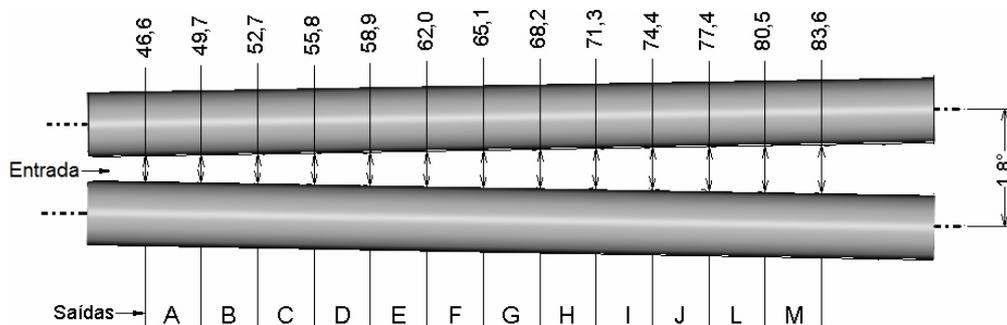


Fig. 1. Cilindros divergentes e aberturas (mm) entre as saídas de classificação (vista superior).

Os tipos de cilindros empregados foram: cilindro com cerdas, composto de um cilindro central de Polietileno de Alta Densidade (PAD), onde são inseridas as cerdas retas de Tereftalato de Polietileno (PET) de fios de 0,15 mm de diâmetro e 25 mm de comprimento; cilindro liso de tubo de Cloreto de Polivinila (PVC); e cilindro com helicóide, composto de tubo de PVC com uma helicóide de borracha fixada (altura de 0,01 m e passo de 0,10 m). Os 15 tratamentos avaliados foram formados pela combinação de 5 velocidades de rotação: 50 rpm (5,24 rad s⁻¹), 100 rpm (10,47 rad s⁻¹), 150 rpm (15,71 rad s⁻¹), 200 rpm (20,94 rad s⁻¹) e 250 rpm (26,18 rad s⁻¹); e 3 conjuntos de cilindros: dois cilindros com cerdas - CC (Fig. 2A); um cilindro com cerdas e um liso - CL (Fig. 2B); e um cilindro liso e outro com helicóide - LH (Fig. 2C).

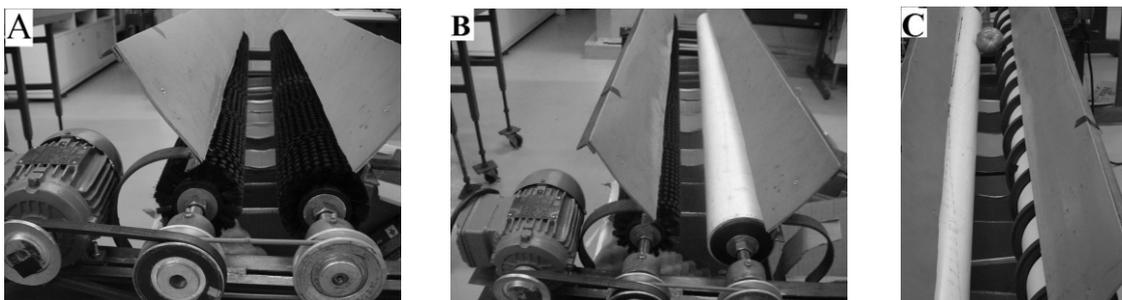


Fig. 2. Conjuntos de cilindros avaliados. A) Dois cilindros com cerdas - CC; B) Um cilindro com cerdas e um liso - CL; C) Um cilindro liso e outro com helicóide - LH.

Definição de Saídas e Avaliação de Classificação

Para definir as saídas de classificação e avaliar a classificação de cada tratamento, aplicou-se a seguinte metodologia: utilizou-se tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) da cultivar 'Carmen', escolhendo-se 30 frutos de 3 classes de tamanhos diferentes (classe 60: diâmetro padrão de 60 a 70 mm; classe 70 diâmetro padrão de 70 a 80 mm; e classe 80: diâmetro padrão de 70 a 80 mm), seguindo a norma de classificação do PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA (2003). Estes 90 tomates foram numerados, pesados e medidos em 3 sentidos diferentes (duas medições equatoriais de maior e menor diâmetro e uma longitudinal) empregando-se um paquímetro digital Mitutoyo 500-144B. Os frutos foram colocados individual e manualmente de modo contínuo pelo lado de menor abertura entre cilindros e com um cronômetro digital mediu-se o tempo total para classificar os 90 tomates. Em seguida foi anotado o número do tomate classificado em cada saída, realizando-se 5 repetições. Depois do ensaio, foram relacionadas as saídas de classificação com as classes 60, 70 e 80 de acordo com as maiores frações de pureza de cada classe. A fração de pureza (P_{gi}) é a razão entre a quantidade de frutos da classe i (sendo i igual a 60, 70 ou 80) classificados na saída e o total da saída (PELEG, 1985).

Após a definição das saídas de cada tratamento, avaliou-se a classificação realizada pelo sistema, verificando a conformidade com a norma de classificação do tomate, do PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA (2003). Assim, aplicou-se a mesma metodologia descrita por Ferreira et al. (2005), comparando-se os limites padrão com os limites superior e inferior de diâmetro dos tomates classificados, calculados por meio do teste t , com intervalo de confiança de 90%. Foi adotado este valor de confiabilidade, pois segundo a norma do PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA (2003) tolera-se uma mistura com até 10% de tomates de outras classes, desde que pertençam a classe imediatamente superior e/ou inferior da classe declarada no rótulo da embalagem (PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA, 2003). Aplicou-se o teste t (nível de confiança de 95%) para verificar se a mistura era de até 10%. A eficiência de classificação (E_w), definida por Peleg (1985), também foi analisada e indica a qualidade da classificação em relação à taxa de entrada e saída dos frutos:

$$E_w = \frac{P_{g60}G_{60} + P_{g70}G_{70} + P_{g80}G_{80}}{Q}$$

Onde:

E_w = eficiência de classificação, %;

P_{g60} , P_{g70} e P_{g80} = frações de pureza das classes 60, 70 e 80, respectivamente. Fração de pureza (P_{gi}) é a razão entre a quantidade de frutos da classe i classificados na saída e o total da saída;

Q = taxa de entrada de tomates na classificadora, kg/h.

G_{60} , G_{70} e G_{80} = taxa de saída nas classes 60, 70 e 80, respectivamente, kg/h;

Perda de Massa e Atividade Respiratória após o Processo de Classificação

A perda de massa e a atividade respiratória foram avaliadas em frutos controle e em tomates submetidos à classificação aos três conjuntos de cilindros, nas duas velocidades de rotação de maior eficiência de classificação, obtidas após a avaliação de classificação: CC a 50 e 100 rpm, CL a 50 e 250 rpm, e LH a 150 e 200 rpm. A produção de CO_2 foi determinada colocando-se cinco tomates por tratamento em um recipiente com capacidade

de 3,5 litros, hermeticamente fechado, sob as condições de ambiente de $24,76 \pm 3,98^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $50,44 \pm 13,87\%$. Coletou-se 1 mL da atmosfera gasosa do frasco, com a ajuda de uma seringa hipodérmica, por meio de um septo de silicone adaptado às tampas dos frascos e injetou-se a amostra em cromatógrafo da marca VARIAN modelo CG 3400. A perda de massa foi medida durante 14 dias de armazenamento em 30 frutos por tratamento. Na comparação dos tratamentos, utilizou-se o teste de Tukey (nível de probabilidade de 5%).

3. Resultados e Discussão

Definição das Saídas de Classificação

Segundo os dados do ensaio de classificação, designou-se as saídas de cada classe de tamanho, de acordo com o conjunto de cilindros e velocidade de rotação (Tabela 1). Notou-se que a velocidade de rotação causou variação de classificação de tamanho, pois nas rotações maiores os frutos caíam em saídas com aberturas maiores, comprovando o movimento balístico devido à maior força longitudinal sobre o tomate. No caso do conjunto de cilindros CC e CL havia uma pequena flexão das cerdas, que causava a classificação em saídas de aberturas menores em comparação ao conjunto de cilindros LH, que eram rígidos.

Tabela 1. Saídas adotadas para cada classe de tamanho e conjunto de cilindros, nas velocidades de rotação de 50, 100, 150, 200 e 250 rpm, após a classificação dos tomates das classes 60, 70 e 80.

Velocidade de Rotação (rpm)	Classe	Conjunto de cilindros*		
		CC	CL	LH
50	60	A-B	A-B	B-D
	70	C	C-D	E-G
	80	D-G	E-G	H-L
100	60	A-B	A	B-D
	70	C	B-C	E-G
	80	D-G	D-G	H-L
150	60	A-B	A-B	C-E
	70	C-D	C-D	F-H
	80	E-H	E-G	I-L
200	60	A-B	A-C	C-E
	70	C-D	D-E	F-H
	80	E-H	F-H	I-M
250	60	A-B	A-D	D-F
	70	C-E	E-F	G-H
	80	F-I	G-J	I-M

*CC: dois cilindros com cerdas; CL: um cilindro com cerdas e um liso; LH: um cilindro liso e outro com helicóide.

Avaliação de Classificação

Verificou-se que para as classes 60 e 70 o intervalo das amostras estava contido no intervalo padrão em todas as velocidades de rotação de todos os conjuntos, atendendo a norma em relação ao tamanho, segundo metodologia de Ferreira et al. (2005) (Tabela 2). Na classe 80 a classificação de tamanho esteve de acordo com a norma nos tratamentos

CC a 50, 150 e 250 rpm, CL a 50 e 250 rpm, e em todas as velocidades do tratamento LH. Na classe 60 notou-se que no tratamento CC os limites do intervalo de diâmetro da diminuíram com o aumento da velocidade de rotação de 50 para 200 rpm, enquanto no tratamento CL os limites do intervalo de diâmetro tiveram um acréscimo com o aumento da velocidade de rotação de 50 para 150 rpm e depois apresentaram decréscimo nas velocidades de 200 e 250 rpm. Para o tratamento CC, as classes 70 e 80 apresentaram intervalo variável em relação à velocidade de rotação dos cilindros com cerdas e no tratamento CL os limites dos intervalos aumentaram quando se variou a velocidade de rotação de 150 para 250 rpm. No tratamento LH o aumento da velocidade de rotação de 50 para 100 resultou em uma redução dos limites dos intervalos de todas as classes. A variação de 100 para 150 rpm e de 200 para 250 rpm causou um aumento de todos os intervalos.

Tabela 2. Intervalo médio de diâmetro (mm) das classes 60, 70 e 80 calculado pelo teste t ($p < 0,10$), obtidos pela classificação com dois cilindros com cerdas (CC), um cilindro com cerdas e um cilindro liso (CL) e um cilindro liso e um cilindro com helicóide (LH), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.

Conjunto de cilindros	Velocidade de Rotação (rpm)	Classes		
		60	70	80
CC	50	66,66 - 69,56	71,50 - 75,28	80,29 - 82,76
	100	65,78 - 68,65	71,02 - 74,40	79,13 - 81,94*
	150	65,50 - 68,45	72,40 - 75,53	80,78 - 83,46
	200	64,30 - 67,28	71,52 - 74,53	79,56 - 82,57*
	250	64,52 - 68,28	71,95 - 74,82	80,85 - 83,79
CL	50	63,52 - 65,62	76,73 - 79,19	80,63 - 82,44
	100	65,01 - 67,98	71,76 - 75,15	79,81 - 82,69*
	150	66,40 - 69,82	72,35 - 77,09	77,88 - 81,04*
	200	65,28 - 68,63	73,70 - 76,96	79,14 - 82,59*
	250	64,80 - 67,56	75,09 - 77,70	81,53 - 84,00
LH	50	64,24 - 67,14	72,79 - 75,53	81,18 - 83,83
	100	63,31 - 66,27	71,64 - 74,45	80,00 - 82,79
	150	64,18 - 66,34	72,62 - 75,12	81,33 - 83,31
	200	63,50 - 65,56	71,14 - 73,69	80,24 - 82,49
	250	65,01 - 67,39	73,26 - 76,13	80,69 - 83,19

* Limite inferior menor que o padrão estabelecido pela norma brasileira.

Sargent et al. (1991) observaram valores de mistura acima de 10% para a menor classe analisada (diâmetro de 57 a 65 mm) em apenas uma das variedades avaliadas na classificação por correias perfuradas. As outras classes estavam em acordo com os padrões de classificação vigentes no estado da Flórida, Estados Unidos. No Brasil, Ferrari (2006) verificou que na classificação com um sistema de lonas perfuradas não houve conformidade com a norma, em nenhuma classe de tamanho, durante duas safras de colheita. A classificação com o conjunto CC apresentou mistura estatisticamente menor que 0,10, na classe 60 no tratamento CC 200 rpm, e na a classe 80 nos tratamentos CC 50, 150 e 250 rpm, (Fig. 3). Na classificação com o conjunto CL, a classe 60 a 50 e 100 rpm, e a classe 80 a 100 e 250 rpm também estiveram em acordo com a mistura permitida (Fig. 4). O mesmo ocorreu no conjunto LH na classificação da classe 60 nas velocidades de rotação de 100, 150 e 200 rpm, e na classe 80 a 50, 100, 150 e 250 rpm (Fig. 5). Nos três conjuntos de cilindros (CC, CL e LH) e em todas as velocidades, a classificação da classe 70 não esteve em acordo com norma.

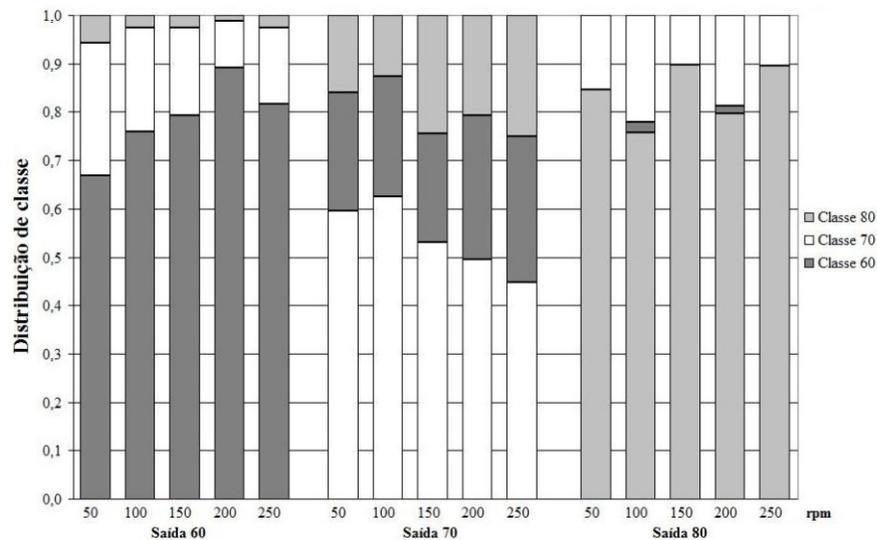


Fig. 3. Distribuição de frações de classes em cada saída, obtido pela classificação com dois cilindros com cerdas (CC), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.

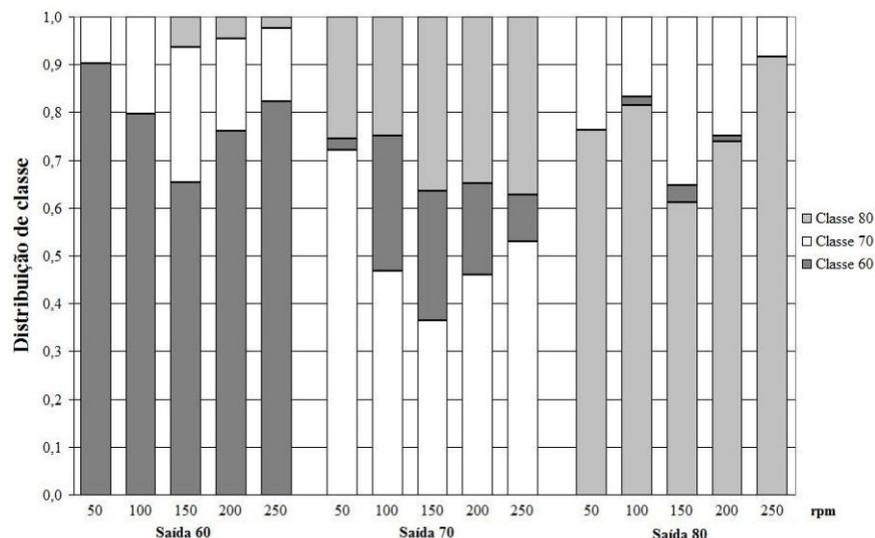


Fig. 4. Distribuição de frações de classes em cada saída, obtida pela classificação com um cilindro com cerdas e um cilindro liso (CL) a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.

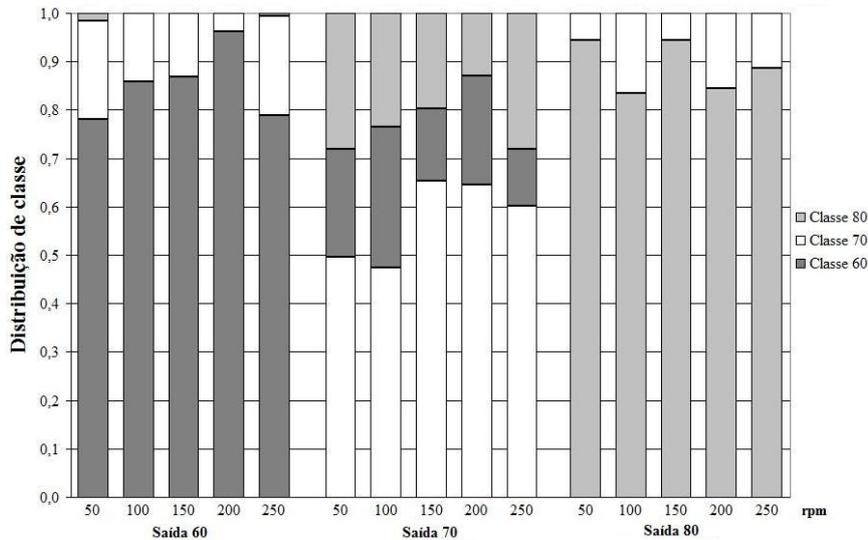


Fig. 5. Distribuição de frações de classes em cada saída, obtido pela classificação com um cilindro liso e um cilindro com helicóide (LH) a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.

Verificou-se que a eficiência de classificação foi maior para o tratamento CC a 50, 100 e 150 rpm, e que houve uma redução a velocidades superiores a estas (Fig. 6). Assim, a eficiência a 100 rpm foi 18% maior que a 250 rpm. A classificação do tratamento CL obteve a maior eficiência de classificação a 50 rpm, apresentando valor aproximado de 78%, sendo 43% superior que a 150 rpm. Para o tratamento LH, os melhores resultados foram a 150 e 200 rpm, com eficiências de classificação de 80 e 78%, respectivamente. Comparando os tratamentos de cilindros entre si, conclui-se que a 150, 200 e 250 rpm a eficiência de classificação foi maior quando se utilizou o tratamento LH, observando-se que este tratamento foi em média 19% e 27% superior que aos tratamentos CC e CL, respectivamente (Fig. 6).

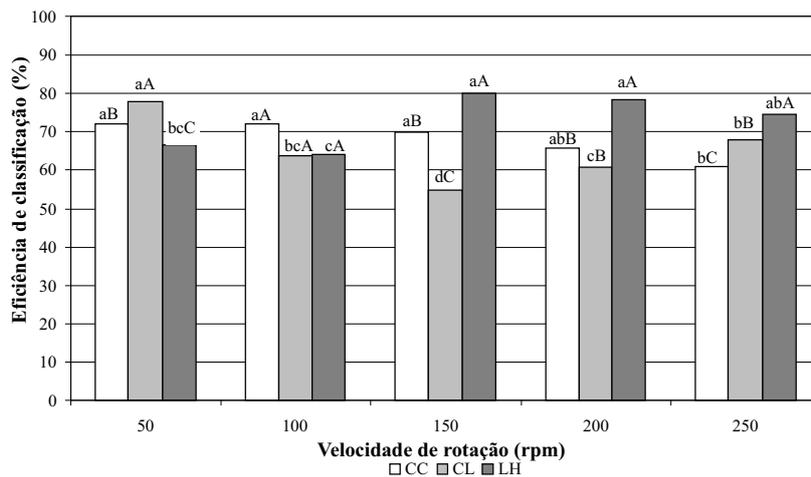


Fig. 6. Valores médios de eficiência de classificação obtidos pela classificação de tomates submetidos aos tratamentos CC, CL e CH, e nas velocidades de rotação de 50, 100, 150, 200 e 250 rpm. Mesma letra minúscula não há diferença entre velocidades de rotações; mesma letra maiúscula não há diferença entre conjunto de cilindros, teste de Tukey, $p < 0,05$.

A menor eficiência de classificação nos tratamentos CC e CL pode ser explicada pela maneira que o tomate passava pelo sistema, pois a maioria dos frutos girava em torno de

um eixo equatorial, que provocava a classificação pelo comprimento de alguns tomates e reduzia a eficiência de classificação (Fig. 7).

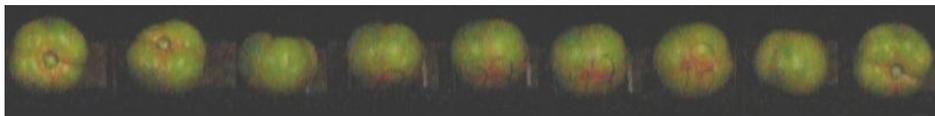


Fig. 7. Exemplo de movimentação de um tomate em torno do seu eixo equatorial sobre os dois cilindros com cerdas (CC), onde se observa o giro de 360° da inserção do pedúnculo floral quando o fruto se desloca ao longo dos cilindros antes de ser classificado.

Throop et al. (2001) concluíram que a posição mais estável de giro para as maçãs será com seu centro de gravidade na posição mais baixa, ou seja, girando em torno de seu eixo de maior dimensão. A mesma situação ocorreu na classificação com os tratamentos CC e CL, pois os tomates 'Carmen' têm formato redondo e seu maior eixo é o diâmetro equatorial (Fig. 8A). Para mudar o eixo de giro é necessário aplicar uma força no mesmo sentido do eixo de rotação de menor energia, capaz de modificar o momento de giro do produto. No caso do cilindro do tratamento LH, a helicóide aplicava esta força (Fig. 8B), provocando o alinhamento perpendicular ao diâmetro dos frutos, resultando nas maiores eficiências de classificação nas velocidades de rotação acima de 150 rpm.

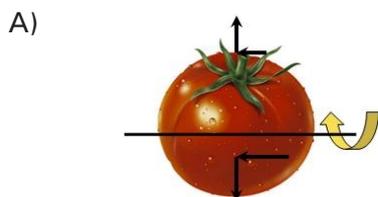


Fig. 8A. Forças atuantes no tomate e rotação do fruto sobre dois cilindros com cerdas (CC) e um cilindro com cerda e outro liso

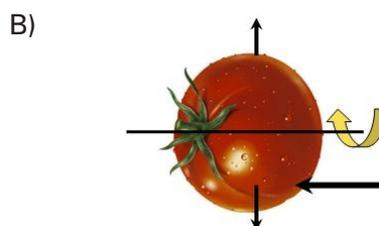


Figura 8B. Forças atuantes no tomate e rotação do fruto sobre um cilindro liso e outro com helicóide (LH).

Perda de Massa e Atividade Respiratória após o Processo de Classificação

Durante o período de armazenamento, observou-se que a partir do oitavo dia os frutos do tratamento CL 150 rpm apresentaram as maiores perdas de massa. Os tomates do tratamento LH 150 rpm obtiveram os menores valores e o restante dos tratamentos obteve valores intermediários entre os dois (Tabela 3). A maior perda de massa do tratamento CL 50 rpm poderia ser justificada devido à abrasão aplicada em áreas de contato diferentes, que causa a retirada da película protetora da casca. No caso dos conjuntos CC e CL, a área de contato era maior que no conjunto de rolo liso e com helicóide (LH), pois as cerdas ficavam em contato em uma área em torno do eixo equatorial.

Depois de duas horas, os tomates classificados pelos tratamentos CL e LH apresentaram valores de atividade respiratória menores que os observados por Moura et al. (2005) para tomates verde-maduro (53 mg CO₂/kg/h) depois de duas horas de colheita. Na quarta hora foi observada diferença entre a produção de CO₂ (ARCO₂) obtidos para os frutos classificados nos tratamentos CC 50 e 100 rpm, que apresentaram os maiores valores (média de 59,21 mg CO₂/kg/h) em relação ao restante dos tratamentos (Tabela 4). Contudo, após 4 horas de classificação, todos os tratamentos apresentaram atividade respiratória semelhante pelos encontrados por Kader et al. (1978) após 6 horas da colheita, que mediram a ARCO₂ entre 55 e 60 mg/kg/h.

Tabela 3. Perda de massa (%) de tomates 'Carmen' submetidos à classificação.

Tratamentos ⁽¹⁾	Tempo de Armazenamento (dias)						
	2	4	6	8	10	12	14
Controle	1,53 b ⁽²⁾	2,64 ab	3,52 ab	4,38 ab	5,16 ab	5,96 ab	6,69 ab
CC 50 rpm	1,44 b	2,55 b	3,39 b	4,39 ab	5,15 ab	5,99 ab	6,81 ab
CC 100 rpm	1,35 b	2,38 b	3,35 b	4,42 ab	5,31 ab	6,08 ab	6,83 ab
CL 50 rpm	1,83 a	3,00 a	3,97 a	4,81 a	5,63 a	6,47 a	7,25 a
CL 250 rpm	1,63 ab	2,58 ab	3,49 ab	4,27 ab	5,08 ab	5,90 ab	6,66 ab
LH 150 rpm	1,41 b	2,46 b	3,22 b	3,95 b	4,65 b	5,32 b	5,93 b
LH 200 rpm	1,64 ab	2,74 ab	3,54 ab	4,29 ab	5,01 ab	5,72 ab	6,35 ab

⁽¹⁾ CC: dois cilindros com cerdas; CL: um cilindro com cerdas e um liso; LH: um cilindro liso e outro com helicóide. ⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 5%).

Tabela 4. Atividade respiratória (mg CO₂/kg/h) dos tomates 'Carmen' submetidos aos tratamentos.

Tratamentos ⁽¹⁾	Tempo de Armazenamento (h)			
	1	2	3	4
Controle	39,81 abA ⁽²⁾	38,67 abcAB	35,81 bcAB	33,52 bB
CC 50 rpm	70,75 aA	57,77 abA	56,41 abA	58,13 aA
CC 100 rpm	67,10 abA	62,18 aA	59,76 aA	60,29 aA
CL 50 rpm	56,18 abA	35,66 bcAB	27,29 cB	34,94 bAB
CL 250 rpm	34,25 bA	35,63 bcA	44,07 abcA	33,71 bA
LH 150 rpm	34,45 bA	25,90 cA	24,94 cA	21,71 bA
LH 200 rpm	42,03 abA	24,67 cA	23,13 cA	26,51 bA

⁽¹⁾ CC: dois cilindros com cerdas; CL: um cilindro com cerdas e um liso; LH: um cilindro liso e outro com helicóide. ⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 5%).

4. Conclusões

A classificadora com cilindros apresentou potencial para a classificação de tomates, sendo um sistema simples e de fácil manuseio. Todos os conjuntos de cilindros avaliados atenderam as normas do PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA em relação à classificação do diâmetro padrão. Contudo, a classe 70 apresentou mistura acima do permitido, que poderia ser corrigida aumentando o comprimento dos cilindros e reduzindo o ângulo de abertura para obter uma menor variação da abertura ao longo dos cilindros. A melhor classificação de tomates foi obtida pelo conjunto de cilindro liso e com helicóide (LH) a 150 rpm, que apresentou adequação ao diâmetro padrão das classes avaliadas, maior eficiência, com a menor perda de massa dos tomates armazenados e atividade respiratória similar aos frutos controle.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), projeto 02/00645-7, ao sistema PRODETAB/EMBRAPA, projeto 55-02/01 e à Faculdade de Engenharia Agrícola-UNICAMP.

Referências

- BASSETTO, E. **Quantificação de danos ao longo da cadeia produtiva de pêssegos e avaliação de métodos alternativos de controle de doenças pós-colheita**. 2006. 126 f. Tese (Doutorado em fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba.
- FARINA, E. M. M. Q. Padronização em Sistemas Agroindustriais. In: ZYLBERSTAJN, D.; SCARE, R. F. **Gestão da Qualidade no Agribusiness**. São Paulo: Atlas, 2003. p. 18-29.
- FERRARI, P. R. **Avaliação da qualidade da classificação do tomate de mesa**. 2006. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- FERREIRA, M. D. Beneficiamento de frutas e hortaliças. In: FERREIRA, M. D. (Org.). **Colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008. p. 47-59.
- FERREIRA, M. D.; KUMAKAWA, M. K.; ANDREUCCETTI, C.; HONÓRIO, S. L.; TAVARES, M.; MATHIAS, M. L. Avaliação de linhas de beneficiamento e padrões de classificação para tomate de mesa na região de Campinas, SP. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 4, p. 940-944, 2005.
- IBGE. **Banco de dados agregados**. 2008. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12 jul. 2008.
- KADER, A. A.; MORRIS, L. L.; STEVENS, M. A.; ALBRIGHT-HOLTON, M. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 103, n. 1, p. 6-13, 1978.
- MAGALHÃES, A. M.; FERREIRA, M. D. Qualidade dos frutos de tomate de mesa quando submetidos a impacto por ocasião do beneficiamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 4, p. 481-484, 2006.
- MORETTI, C. L.; SARGENT, S. A. Alteração de sabor e aroma em tomates causada por impacto. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 385-388, 2000.
- MOURA, M. L.; FINGER, F. L.; MIZOBUTSI, G. P.; GALVÃO, H. L. Fisiologia do amadurecimento na planta do tomate 'Santa Clara' e do mutante 'Firme'. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 1, p. 81-85, 2005.
- PELEG, K. **Produce, handling, packing and distribution**. Westport: AVI Publishing, 1985. 625 p.
- PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA. **Normas de Classificação do Tomate**. São Paulo: CQH/CEAGESP, 2003. (CQH. Documentos, 26).
- SARGENT, S. A.; BRECHT, J. K.; ZOELLNER, J. J. Assesment of mechanical damage in tomato packing lines. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 30, n. 1, p. 630-634, 1989a.

SARGENT, S. A.; BRECHT, J. K.; TALBOT, M. T.; ZOELNER, J. J. Performance of perforated belt sizers as affected by size standards for fresh market tomatoes. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 7, n. 6, p. 724-8, 1991.

SARGENT, S. A.; BRECHT, J. K.; ZOELLNER, J. J. et al. Reducing mechanical damage tomatoes during handling and shipment. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 30, n. 2, p. 714-719, 1989b.

SITUAÇÃO da produção e área de hortaliças no Brasil, 2008. Disponível em: <
http://www.cnph.embrapa.br/paginas/hortalicas_em_numeros/hortalicas_em_numeros.htm
>. Acesso em: 18 jul. 2008.

THROOP, J. A.; ANESHANSLEY, D. J.; UPCHURCH, B. L.; ANGER, B. Apple Orientation on Two Conveyors: Performance and Predictability Based on Fruit Shape Characteristics. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 44, n. 1, p. 99-109, 2001.



Embrapa Instrumentação Agropecuária

**Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

