

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE CLASSIFICADORA DE
CILINDROS DIVERGENTES EM VÁRIAS CONFIGURAÇÕES
PARA TOMATE “CARMEN”**

MÁRCIA EIKO ATARASSI

CAMPINAS
NOVEMBRO DE 2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE CLASSIFICADORA DE
CILINDROS DIVERGENTES EM VÁRIAS CONFIGURAÇÕES
PARA TOMATE “CARMEN”**

Dissertação de mestrado submetida à banca
examinadora para obtenção do título de Mestre em
Engenharia Agrícola, na área de concentração
Tecnologia Pós-Colheita.

MÁRCIA EIKO ATARASSI

ORIENTADOR: PROF. DR. MARCOS DAVID FERREIRA

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. OSCAR ANTÔNIO BRAUNBECK

CAMPINAS
NOVEMBRO DE 2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -
UNICAMP

At17a	<p>Atarassi, Márcia Eiko</p> <p>Avaliação do desempenho de classificadora de cilindros divergentes em várias configurações para tomate “Carmen” / Márcia Eiko Atarassi. --Campinas, SP: [s.n.], 2008.</p> <p>Orientadores: Marcos David Ferreira, Oscar Antonio Braunbeck.</p> <p>Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.</p> <p>1. Pós-colheita. 2. Tomate - Classificação. 3. Tomate - Qualidade. I. Ferreira, Marcos David. II. Braunbeck, Oscar Antonio. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. IV. Título.</p>
-------	---

Título em Inglês: Performance evaluation of divergent sizing cylinders equipment in several configurations for “Carmen” tomatoes

Palavras-chave em Inglês: Post harvest, Size Standard, Quality

Área de concentração: Tecnologia Pós-Colheita

Titulação: Mestre em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Celso Luiz Moretti, Antonio Carlos de Oliveira Ferraz

Data da defesa: 13/11/2008

Programa de Pós Graduação: Engenharia Agrícola

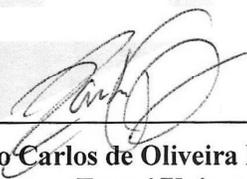
Este exemplar corresponde à redação final da **Dissertação de Mestrado** defendida por **Márcia Eiko Atarassi**, aprovada pela Comissão Julgadora em 13 de novembro de 2008, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



**Prof. Dr. Marcos David Ferreira – Presidente e Orientador
Feagri/Unicamp**



**Dr. Celso Luiz Moretti – Membro Titular
Embrapa/CNPQ**



**Prof. Dr. Antonio Carlos de Oliveira Ferraz - Membro Titular
Feagri/Unicamp**

Faculdade de
Engenharia Agrícola
Unicamp

“Não existe ocupação tão agradável como o saber; o saber é o meio de nos dar a conhecer, ainda neste mundo, o infinito da matéria, a imensa grandeza da Natureza, os céus, as terras e os mares. O saber ensinou-nos a piedade, a moderação, a grandeza do coração; tira-nos as nossas almas das trevas e mostra-nos todas as coisas, o alto e o baixo, o primeiro, o último e tudo aquilo que se encontra no meio; o saber dá-nos os meios de viver bem e felizmente.”

CÍCERO

Dedico e Agradeço:

Aos meus pais Massami e Emiko, por todo amor e compreensão...

Aos meus irmãos Terumi, Kiyoshi e Massahiro, pela amizade e apoio...

Ao Mauro T. Takeda, pelo amor, carinho e apoio.

AGRADECIMENTOS

- Ao meu orientador, Prof.º Marcos David Ferreira, pela orientação, apoio e amizade.*
- À Faculdade de Engenharia Agrícola e à UNICAMP, pela formação acadêmica e disponibilidade dos laboratórios.*
- Aos amigos Tharley Costa, Marina Slussarek, que me ajudaram a realizar os experimentos.*
- Ao Augusto Sanchez e Marcos Estevom pela idéias e sugestões.*
- Aos Prof.º Dr. Inácio Maria Dal Fabbro, Prof. Dr. Antonio Carlos de Oliveira Ferraz e Prof.º Paulo Leal e ao pesquisador Dr. Celso Moretti pela contribuição na banca de qualificação e defesa e durante o desenvolvimento deste trabalho.*
- Ao Prof.º Oscar A. Braunbeck pela co-orientação e pelas contribuições ao trabalho.*
- À Ana Maria Magalhães pelas contribuições ao trabalho e pela amizade.*
- Ao Clemilton Francisco Vieira, que além de ser um grande amigo, ajudou bastante no meu trabalho, saindo cedinho para buscar os tomates.*
- Ao Luiz Carlos dos Santos Silva e o Francisco F. Dos S. Filho do laboratório de Protótipos pela ajuda para montar e desmontar meu equipamento.*
- À Maria Rosália S. Favoretto, Francisco Ferreira S. Filho e Rosa Helena Aguiar, técnicos do laboratório de Tecnologia Pós-Colheita, Leandro Moraes, técnico do laboratório de Propriedades Físicas dos Materiais Biológicos pela ajuda, pelo grande carinho, e pelas boas conversas.*
- À Ana Paula Montagner, Marta Aparecida Vechi, Alexandre D'Ávila e Sidnei de Jesus Trombeta da secretaria de pós-graduação por toda ajuda e apoio.*
- Às Profª Dr. Belén Diezma e Profª Dr. Pilar Barrero, pelos ensinamentos e apoio durante os seis meses que estive na Espanha.*
- À Carmelita Ribeiro, Kelly Tonello, Karla Lima, Michele Cotta e Franciane Colares Souza pelo companheirismo e amizade.*
- Aos meus amigos Leandro dos Anjos, Fábio Luiz Usberti, Rita T. Matsubara Karasawa e Norberto Nagashima pelos ótimos momentos juntos.*
- Às minhas cunhadas Leila Atarassi e Gisele Pimentel Martins, pelo apoio e incentivo.*
- Aos meus amigos Flávio Satomi, Marcela Bagagli e Fabrício Kuriki, pela grande amizade.*
- Às amigas Loredana Lunadei, Ana Herrero, Eva Baguena e Natalia Sanchez e os amigos André Bolpetti, Júlio Cappellato, Felipe Dall Anese, Marcelo, Daniel Soto, Mauricio, Luiz Ruiz Garcia e, especialmente, Pablo Gutierrez por todo apoio, amizade e carinho durante meu estágio na Espanha.*
- À minha família pelo apoio em todos os momentos.*
- Aos alunos, docentes e funcionários da FEAGRI, que sempre estiveram ao meu lado.*
- À CAPES pela concessão da bolsa de mestrado e ao banco Santander Banespa pela concessão da bolsa de seis meses na Espanha. À FAPESP e ao PRODETAB/EMBRAPA, pelos recursos para a realização do projeto.*
- A todos, que de uma forma ou de outra contribuíram com meu trabalho.*

A todos vocês, meus sinceros agradecimentos!!!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xii
LISTA DE SÍMBOLOS	xv
Resumo.....	xvi
Abstract	xviii
1. Introdução.....	1
2. Objetivos.....	3
2.1. Objetivos Gerais	3
2.2. Objetivos Específicos	3
3. Revisão Bibliográfica.....	4
3.1. O Tomate.....	4
3.2. Equipamentos de Auxílio à Colheita.....	5
3.3. Beneficiamento de Produtos Agrícolas: Classificação.....	6
3.3.1. <i>Classificação Manual</i>	7
3.3.2. <i>Classificação por Máquinas</i>	8
3.3.3. <i>Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura</i>	13
3.3.4. <i>Avaliação da Operação de Classificação</i>	14
3.4. Efeitos dos Danos Mecânicos em Frutas.....	19
4. Material e Métodos	21
4.1. Equipamento de Classificação	21
4.2. Etapa 1 – Definição de Saídas e Avaliação de Classificação	23
4.2.1. <i>Definição das Saídas de Classificação</i>	24
4.2.2. <i>Avaliação de Classificação</i>	24
4.2.3. <i>Delineamento Experimental</i>	25
4.2.4. <i>Análise dos Resultados</i>	26
4.3. Etapa 2 – Qualidade dos Frutos após o Processo de Classificação	26
4.3.1. <i>Perda de Massa</i>	27
4.3.2. <i>Atividade Respiratória</i>	28
4.3.3. <i>Delineamento Experimental</i>	29
4.3.4. <i>Análise dos Resultados</i>	30

4.4. Etapa 3 – Eficácia de Limpeza	30
4.4.1. <i>Delineamento Experimental</i>	31
4.4.2. <i>Análise dos Resultados</i>	31
5. Resultados e Discussão	32
5.1. Etapa 1 – Definição de Saídas e Avaliação de Classificação	32
5.1.1. <i>Definição das Saídas de Classificação</i>	32
5.1.2. <i>Avaliação de Classificação</i>	38
5.2. Etapa 2 – Qualidade dos Frutos após o Processo de Classificação	54
5.2.1. <i>Perda de Massa</i>	54
5.2.2. <i>Atividade Respiratória (ARCO₂)</i>	56
5.3. Etapa 3 – Eficácia de Limpeza	57
6. Conclusões.....	59
7. Sugestões para Trabalhos Futuros.....	60
8. Referências Bibliográficas	61
9. Anexos.....	68
9.1. ANEXO 1 – Médias e Desvio Padrão	69
9.2. ANEXO 2 – Resumo dos Resultados.....	71
9.2.1. <i>Avaliação da Classificação</i>	71
9.2.2. <i>Qualidade dos Frutos após o Processo de Classificação</i>	80
9.2.3. <i>Eficácia de Limpeza</i>	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de uma operação de classificação típica, indicando a taxa de entrada e saída e amostragem nos condutos de saída de produto classificado (Adaptado de PELEG, 1985).	15
Figura 2: Distribuição normal dos atributos de classificação dentro das classes em um sistema de quatro classes. (Adaptado de PELEG, 1985).	17
Figura 3: Vista superior dos cilindros divergentes e aberturas (mm) das saídas de classificação.	22
Figura 4: 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.	23
Figura 5: Saídas adotadas para cada classe de tamanho (60, 70 e 80), definidas pela maior fração de pureza na classificação do conjunto de dois cilindros com cerdas (CC), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.....	33
Figura 6: Saídas adotadas para cada classe de tamanho (60, 70 e 80), definidas pela maior fração de pureza na classificação do conjunto de um cilindro com cerdas e outro liso (CL), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.	35
Figura 7: Saídas adotadas para cada classe de tamanho (60, 70 e 80), definidas pela maior fração de pureza na classificação do conjunto de um cilindro liso e outro com helicóide (LH), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.....	37
Figura 8: Intervalo médio de diâmetro das classes 60, 70 e 80 calculado pelo teste t ($p < 0,10$), obtidos na classificação de tomates pelo conjunto de dois cilindros com cerdas (CC), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm. Classe 60: diâmetro padrão de 60 a 70 mm; classe 70: diâmetro padrão de 70 a 80 mm; e classe 80: diâmetro padrão de 80 a 90 mm.....	39
Figura 9: Intervalo médio de diâmetro das classes 60, 70 e 80 calculado pelo teste t ($p < 0,10$), obtidos pela classificação de tomates pelo conjunto de um cilindro com cerda e um cilindro liso (CL), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm. Classe 60: diâmetro padrão de 60 a 70 mm; classe 70: diâmetro padrão de 70 a 80 mm; e classe 80: diâmetro padrão de 80 a 90 mm.	42
Figura 10: Intervalo médio de diâmetro das classes 60, 70 e 80, obtidos na classificação de tomates pelo conjunto de um cilindro liso e outro com helicóide (LH), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm. Classe 60: diâmetro padrão de 60 a 70 mm; classe 70: diâmetro padrão de 70 a 80 mm; e classe 80: diâmetro padrão de 80 a 90 mm.	45

Figura 11: Valores médios de eficiência de classificação (E_w), obtidos pela classificação de tomates submetidos aos conjuntos de dois cilindros com cerdas (CC), um cilindro com cerda e um cilindro liso (CL), e um cilindro liso e um cilindro com helicóide (LH), a 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, $p < 0,05$	49
Figura 12: 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.	50
Figura 13: Forças atuantes no tomate. A) Movimentação sobre dois cilindros com cerdas (CC) e um cilindro com cerda e outro liso (CL); B) Movimentação sobre um cilindro liso e outro com helicóide (LH).	50
Figura 14: Valores médios de índice de pureza (P_w) de classificação, obtidos pela classificação de tomates submetidos aos conjuntos de dois cilindros com cerdas (CC), um cilindro com cerda e um cilindro liso (CL), e um cilindro liso e um cilindro com helicóide (LH), a 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, $p < 0,05$	52
Figura 15: Evolução da perda de massa (%) obtida para os frutos submetidos à classificação com os tratamentos CC (50 e 100 rpm), CL (150 e 250 rpm) e LH (150 e 200 rpm), para os dias de armazenamento 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14.....	54
Figura 16: Atividade respiratória ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) dos frutos de tomate frutos submetidos à classificação com os tratamentos CC (50 e 100 rpm), CL (150 e 250 rpm) e LH (150 e 200 rpm).	56
Figura 17: Índice de limpeza (%) obtido por meio da análise no turbidímetro para os frutos submetidos à classificação com os tratamentos CC (50 e 100 rpm) e CL (150 e 250 rpm). Mesma letra não há diferença entre tratamentos, teste de Tukey, $p < 0,05$	58
Figura 18: Distribuição das frações de classe em cada saída, obtidas pela classificação de tomates submetidos ao tratamento dois cilindros com cerdas (CC) a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.	73

Figura 19: Distribuição das frações de classe em cada saída, obtidas pela classificação de tomates submetidos ao tratamento um cilindro com cerdas e outro liso (CL) a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.	75
Figura 20: Distribuição das frações de classe em cada saída, obtidas pela classificação de tomates submetidos ao cilindro liso e outro com helicóide (LH), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tratamentos utilizados na avaliação de classificação, empregando dois cilindros com cerdas (CC), cilindro com cerdas e cilindro liso (CL) e cilindro liso e cilindro com helicóide (LH).....	23
Tabela 2: Tratamentos utilizados no estudo de danos mecânicos, avaliando dois cilindros com cerdas (CC), um cilindro com cerda e um cilindro liso (CL), e um cilindro liso e um cilindro com helicóide (LH).	27
Tabela 3: Tratamentos utilizados no estudo de eficácia de limpeza, avaliando dois cilindros com cerdas (CC) e cilindro com cerdas e cilindro liso (CL).....	30
Tabela 4: Médias de fração de pureza (P_g) de cada classe nas saídas do equipamento e as saídas adotadas para a classificação com dois cilindros com cerdas (CC), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.....	33
Tabela 5: Médias de fração de pureza (P_g) de cada classe nas saídas do equipamento e as saídas adotadas para a classificação com um cilindro com cerda e outro liso (CL), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.....	35
Tabela 6: Médias de fração de pureza (P_g) de cada classe nas saídas do equipamento e as saídas adotadas para a classificação com um cilindro liso e outro com helicóide (LH), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.	37
Tabela 7: Valores médios de mistura de outras classes (M. “Classe”) nas saídas de cada classe, obtidas na classificação de tomates pelo conjunto de dois cilindros com cerdas (CC), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.	39
Tabela 8: Valores médios de fração de pureza (P_g) nas saídas de cada classe, obtidos na classificação de tomates pelo conjunto de dois cilindros com cerdas (CC), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm*.....	40
Tabela 9: Valores médios de mistura de outras classes (M. “Classe”) nas saídas de cada classe, obtidas na classificação de tomates pelo conjunto de um cilindro com cerda e um cilindro liso (CL), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.....	42
Tabela 10: Valores médios de fração de pureza (P_g) nas saídas de cada classe, obtidas na classificação de tomates pelo conjunto de um cilindro com cerda e um cilindro liso (CL), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm*.....	43

Tabela 11: Valores médios de mistura de outras classes nas saídas de cada classe, obtidos na classificação de tomates pelo conjunto de um cilindro liso e outro com helicóide (LH), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.	45
Tabela 12: Valores médios de fração de pureza (P_g) nas saídas de cada classe, obtidos na classificação de tomates pelo conjunto de um cilindro liso e outro com helicóide (LH), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm*.	46
Tabela 13: Equação ajustada entre a abertura média da saída ($A_{média}$) e o diâmetro do tomate (D_{tomate}), coeficiente de correlação (R^2) na classificação dos conjuntos de dois cilindros com cerdas (CC), um cilindro com cerda e um cilindro liso (CL), e um cilindro liso e um cilindro com helicóide (LH), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.	53
Tabela 14: Médias e desvio padrão dos parâmetros dos tomates ‘Carmen’ utilizados no ensaio de classificação em cada tratamento avaliado.	69
Tabela 15: Médias e desvio padrão de diâmetro maior (mm) dos tomates ‘Carmen’ utilizados na avaliação de danos mecânicos dos cilindros divergentes, para cada tratamento avaliado.	69
Tabela 16: Médias e desvio padrão obtidos para os parâmetros no ensaio de limpeza utilizando os frutos de tomate ‘Carmen’.	69
Tabela 17: Médias, desvio padrão e valor-P de mistura total dos tomates ‘Carmen’ utilizados no ensaio de classificação dos cilindros divergentes, para cada tratamento avaliado.	70
Tabela 18: Análise de variância para a fração de pureza (P_g) das classes 60, 70 e 80 obtida no processo classificação com dois cilindros com cerdas (CC) nas 5 velocidades de rotação.	71
Tabela 19: Análise de variância para a fração de pureza (P_g) do tratamento dois cilindros com cerdas (CC) a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm nas 3 classes de tamanho.	72
Tabela 20: Análise de variância para a fração de pureza (P_g) das classes 60, 70 e 80 obtida na classificação com um cilindro com cerda e um cilindro liso (CL) nas 5 velocidades de rotação.	73
Tabela 21: Análise de variância para a fração de pureza (P_g) do tratamento um cilindro com cerda e um cilindro liso (CL) a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm nas 3 classes de tamanho.	74
Tabela 22: Análise de variância para a fração de pureza (P_g) das classes 60, 70 e 80 obtida na classificação com um cilindro liso e outro com helicóide (LH) nas 5 velocidades de rotação.	75

Tabela 23: Análise de variância para a fração de pureza (P_g) do tratamento um cilindro liso e outro com helicóide (LH), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm, nas 3 classes de tamanho.....	76
Tabela 24: Análise de variância para eficiência de classificação (E_w) dos tratamentos dois cilindros com cerdas (CC), um cilindro com cerda e um cilindro liso (CL) e um cilindro liso e um cilindro com helicóide (LH), nas 5 velocidades de rotação.	77
Tabela 25: Análise de variância para a eficiência de classificação (E_w) das velocidades de rotação de 50, 10, 150, 200 e 250 rpm nos 3 tratamentos.	78
Tabela 26: Análise de variância para o índice de pureza (P_w) de classificação dos tratamentos dois cilindros com cerdas (CC), um cilindro com cerda e um cilindro liso (CL) e um cilindro liso e um cilindro com helicóide (LH), nas 5 velocidades de rotação.	79
Tabela 27: Análise de variância para o índice de pureza (P_w) de classificação das velocidades de rotação de 50, 10, 150, 200 e 250 rpm nos 3 tratamentos.	79
Tabela 28: Análise de variância para a perda de massa nos dia 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 dias nos 7 tratamentos.....	80
Tabela 29: Valores médios da perda de massa (%) obtida para os frutos submetidos à classificação com os tratamentos controle, CC (50 e 100 rpm), CL (150 e 250 rpm) e LH (150 e 200 rpm), para os dias de armazenamento 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14*.....	81
Tabela 30: Análise de variância para a atividade respiratória obtida na 1 ^a , 2 ^a , 3 ^a e 4 ^a hora após o processo de classificação dos frutos nos 7 tratamentos.....	81
Tabela 31: Análise de variância para a atividade respiratória do processo de classificação nos tratamentos Controle, CC (50 e 100 rpm), CL (50 e 250 rpm) e LH (150 e 200 rpm) nas 4 horas de monitoramento.....	82
Tabela 32: Valores médios da atividade respiratória ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) obtida para os frutos submetidos à classificação com os tratamentos controle, CC (50 e 100 rpm), CL (150 e 250 rpm) e LH (150 e 200 rpm), nas 4 horas de acompanhamento*.	83
Tabela 33: Análise de variância para o índice de limpeza obtido no obtido no processo de limpeza das dos tomates utilizando 4 tratamentos.	83

LISTA DE SÍMBOLOS

$A_{\text{média}}$	Abertura média entre cilindros, mm;
A_{amostra}	Área do pico da amostra;
$A_{\text{padrão}}$	Área do pico do padrão;
$ARCO_2$	Atividade respiratória em produção de CO_2 , $mg\ CO_2\ kg^{-1}\ h^{-1}$;
C_1	Concentração da amostra, $mg\ kg^{-1}$;
C_2	Concentração da amostra, $mL\ kg^{-1}\ h^{-1}$;
C_{li}	Fração de contaminação de produto abaixo da classe i;
$C_{\text{padrão}}$	Concentração do padrão, $mg\ kg^{-1}$;
C_{ti}	Fração total de contaminação de produto;
C_{ui}	Frações de contaminação de produto acima da classe i;
D_{tomate}	Diâmetro equatorial do tomate, mm;
E_w	Eficiência de classificação, %;
G_i	Taxa dos frutos na saída i, $kg\ h^{-1}$;
IL_t	Índice de limpeza no turbidímetro, %;
K_i	Fração de valor relativo da classe i;
m_f	Massa de cada fruto no dia f, g;
m_i	Massa de cada fruto no dia 0, g;
m_p	Massa de produto, kg;
N_{gi}	Número de frutos da classe i classificado corretamente na saída i;
N_{ji}	Número de frutos de classe j classificados na saída i;
N_{ti}	Número total de frutos classificados na saída i;
NTU_{amostra}	Número de turbidez de cada amostra;
$NTU_{\text{padrão}}$	Valor médio do número de turbidez do padrão de sujeira;
P_{gi}	Fração de pureza da classe i;
P_i	Fração relativa da classe i antes da classificação;
PM_f	Perda de massa no dia f, %;
P_w	Índice de pureza, %;
Q	Taxa de entrada dos frutos, $kg\ h^{-1}$;
R^2	Coefficiente de correlação, %;
t	Tempo, h;
V	Volume do espaço livre do frasco, l;
W_i	Função de ponderação;

RESUMO

As normas de classificação garantem o mesmo padrão para produtores, atacadistas e consumidores finais, facilitando a comercialização, valorizando os produtos e diminuindo as perdas. O objetivo deste trabalho foi avaliar um sistema de classificação por diâmetro de tomates *in natura*, por meio de cilindros rotativos divergentes. Os cilindros avaliados foram: cilindro com cerdas de Tereftalato de Polietileno (PET); cilindro liso de tubo de PVC (Policloreto de Vinila); e cilindro de PVC com helicóide de borracha (altura de 0,01 m e passo de 0,10 m). Primeiramente, foram realizados ensaios para definir as faixas de aberturas de cada classe de tamanho, variando os tratamentos (dois cilindros com cerdas - CC; um cilindro com cerda e um cilindro liso - CL; e um cilindro liso e outro com helicóide - LH) e a velocidade de rotação (50, 100, 150, 200 e 250 rpm). Depois foi avaliada a classificação realizada pelo sistema. Na segunda etapa avaliou-se a incidência de danos mecânicos nos tomates da cultivar 'Carmen' submetidos à classificação nas duas velocidades de maior eficiência de classificação de cada tratamento. Na terceira etapa realizou-se um ensaio de eficácia de limpeza dos frutos com os tratamentos dois cilindros com cerdas (CC) e um cilindro com cerda e outro liso (CL), nas duas velocidades de maior eficiência de classificação. A classificação com cilindros divergentes apresentou conformidade em mistura permitida, para a classe 60, nos tratamentos CC (200 rpm), CL (50 e 100 rpm), LH (100 e 150 rpm) e para a classe 80, para os tratamentos CC (50, 150 e 250 rpm), CL (100 e 250 rpm), LH (50, 100, 150 e 250 rpm). Em todos estes tratamentos a mistura foi apenas de classes imediatamente superiores e/ou inferiores no mesmo lote, em acordo com a norma brasileira de classificação de tomates. Entretanto, para a classe 70 não houve nenhum tratamento em conformidade com a tolerância permitida de 10% de frutos de outras classes. As maiores eficiências de classificação foram obtidas no tratamento LH a 150, 200 e 250 rpm, com valores variando de 74 a 80%. A maior perda de massa foi no tratamento CL 50 rpm, devido ao giro do fruto em torno do eixo equatorial, que causou maior abrasão na casca do fruto. A atividade respiratória dos frutos em todos os tratamentos foi similar aos frutos não classificados, após 4 horas de classificação. A eficácia no processo de limpeza foi maior para o tratamento CC, com índices de limpeza de 33 e 38%, a 50 e 100 rpm, respectivamente. Os cilindros divergentes apresentaram potencial para a classificação de tomate, contudo, são necessários ajustes para classificar os frutos da classe 70. A melhor classificação de tomates

foi para o tratamento LH 150 rpm, que apresentou a maior eficiência e capacidade de classificação, sem alterar a qualidade dos frutos. Para realizar a etapa de limpeza e a classificação juntas, poderia se empregar cilindros de cerdas mais adequadas, com eficácia de limpeza maior e que não prejudicassem a qualidade do tomate.

PALAVRAS-CHAVE: Pós-colheita; norma de classificação; qualidade; atividade respiratória.

ABSTRACT

Size standards guarantee the same classification for producers, wholesalers and consumers, facilitating trade, enhancing products value and reducing losses. The main goal of this work was to evaluate a grading system of fresh tomatoes by rotating divergent cylinders. The evaluated cylinders were: cylinder with bristles of Polyethylene Terephthalate (PET); smooth cylinder of PVC (Poly Vinyl Chloride) tube; and PVC cylinder with helical rubber (height of 0.01 m and step of 0.10 m). First, it was defined the range openings of each grading, varying treatments (two cylinders with bristles - CC; bristles cylinder and a smooth cylinder - CL; and smooth cylinder and cylinder with a helical - LH) and speed rotation (50, 100, 150, 200 and 250 rpm). After, the sorting system was assessed. In a second step, it was evaluated mechanical damage incidence in 'Carmen' cultivar tomatoes, subject to treatments in two speeds with better sorting efficiency. In a third step it was tested cleaning effectiveness on tomatoes submitted to two cylinders with bristles (CC) and bristles cylinder and a smooth cylinder (CL), at the two best sorting efficiency speeds. Tomatoes graded with divergent cylinders presented accordance with standards allowed mixture for grade 60, at treatments CC (200 rpm), CL (50 and 100 rpm), LH (100 and 150 rpm) and for grade 80 for treatments CC (50, 150 and 250 rpm), CL (100 and 250 rpm), LH (50, 100, 150 and 250 rpm). In all these treatments classes mixture was only just above and/or less at the same batch, in accordance with the Brazilian grading standard for tomatoes. However, for grade 70 there was no treatment in accordance for a grade tolerance allowing 10% fruit out-of-size. The greatest sorting efficiencies were obtained at LH treatment, at 150, 200 and 250 rpm, with values ranging from 74 to 80%. The highest weight loss was at LC 50 rpm treatment, due to the tomato spin around the equatorial axis, which caused more abrasion on the fruit skin. The respiratory activity of the fruits in all treatments was similar to the fruit no grading, after 4 hours of classification. Effectiveness in cleaning process was higher for CC treatment, with cleanliness index of 33 and 38% for 50 to 100 rpm, respectively. The diverging cylinders could be used for classification of tomatoes; however, adjustments are necessary to grade the class 70 fruits. The best tomatoes classification was for LH 150 rpm treatment, which had the highest efficiency, without changing the fruit quality. To achieve the cleaning and classification stage together, could employ cylinders of bristles more appropriate for tomatoes.

KEY-WORDS: Post harvest; size standard; quality; respiratory activity.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupou o nono lugar na produção mundial de tomates em 2007, com 3,36 milhões de toneladas, cultivadas em uma área de 56,68 mil hectares (FAO, 2008). O tomate é um produto importante da alimentação dos brasileiros, pois em 2003 foi a segunda hortaliça mais comprada, com um consumo de 5,3 kg per capita anual, estando atrás da batata inglesa. No Estado de São Paulo o tomate foi a hortaliça mais consumida em 2003, com 6,2 kg per capita anual, seguido pela batata inglesa, com 4,8 kg per capita anual (IBGE, 2008).

Dentro da cadeia produtiva do tomate de mesa, atualmente existem alguns problemas referentes à padronização da classificação. Muitos produtores realizam classificação manual, em geral de baixo custo e baixa padronização. São poucos os produtores que investem no sistema eletrônico, de alto custo e eficiência, e o sistema mecânico, apesar de preço mais acessível, em geral demonstra baixa qualidade no produto beneficiado. A norma de classificação de produtos agrícolas permite que exista uma linguagem única e transparente para toda cadeia produtiva. Segundo Farina (2003), a classificação oferece vantagens, tanto para compradores como para vendedores, pois viabiliza a realização de negócios, independente da presença física da mercadoria. Além disso, poupa tempo de descrição dos produtos e permitem o pagamento de prêmios ou descontos decorrentes de divergências em relação ao padrão. Assim, obtém-se transparência na comercialização, melhores preços para produtores e consumidores, menores perdas e melhor qualidade. Andreuccetti *et al.* (2005) verificaram que em relação ao preço do tomate classificado por máquina, 41,6% dos permissionários da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) afirmaram que o produto recebe um valor agregado maior.

O desenvolvimento de tecnologias mais acessíveis, que auxiliem a comercialização da produção é de grande importância para pequenos produtores, como ressaltam Gonçalves e Ramos (2006), pois a agricultura de subsistência, em geral de natureza familiar, é bem menos tecnificada que a agricultura de escala, contando com poucas possibilidades de utilização de tecnologias mais avançadas, resultando em produtividade sensivelmente mais baixa. A permanência indefinida de uma agricultura de subsistência corresponde à manutenção de uma situação de miséria permanente. Portanto, o desejável é que esses agricultores consigam, com o tempo, atingir uma agricultura de tecnologia elevada, podendo, eventualmente, chegar a uma agricultura nos moldes empresariais. Nantes e Leonelli (2000) destacam que a atividade

agrícola é o elo mais fraco da cadeia, pois encontra dificuldades para atender as exigências de preço, qualidade e volume e regularidade da produção. Todos os processos de padronização, criação de selos de qualidade, utilização de embalagens e processos mais elaborados envolvem custos que devem ser avaliados para que os agricultores familiares possam absorvê-los.

O sistema de classificação por meio de cilindros divergentes é proposto por Kitinoja e Kader (2002) para pequenas produções, mas é uma tecnologia ainda não aplicada no Brasil para tomate de mesa, sendo necessário realizar estudos para as regulagens e calibrações deste sistema. Ele foi planejado com o objetivo de ser uma alternativa de baixo custo para integrar não somente a Unidade Móvel de Auxílio Mecânico - UNIMAC, projeto desenvolvido na Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP, que visa melhorar as condições de colheita e beneficiamento de tomate, mas também como, uma alternativa simples e de baixo custo para pequenos e médios produtores.

O objetivo deste projeto de pesquisa foi identificar os pares de cilindros divergentes e nas velocidades de rotação de maior eficiência de classificação de tomates, com menos danos ao produto e seguindo a norma brasileira de classificação. O projeto foi dividido em 3 etapas: na primeira etapa realizou-se ensaios para definir as faixas de aberturas de cada classe de tamanho (60, 70 e 80), para cada tratamento (dois cilindros com cerdas - CC, um cilindro com cerda e um cilindro liso - CL, e um cilindro liso e um cilindro com helicóide - LH) e em seguida, avaliou-se a classificação destes tratamentos nas velocidades de rotação de 50, 100, 150, 200 e 250 rpm. Na segunda etapa avaliou-se a incidência de danos mecânicos nos tomates da cultivar 'Carmen' submetidos à classificação nas duas velocidades de maior eficiência de classificação de cada conjunto de cilindros. Na terceira etapa realizou-se um ensaio de eficácia de limpeza dos frutos pelos tratamentos dois cilindros com cerdas - CC e um cilindro com cerda e um cilindro liso - CL, nas duas velocidades de melhor eficiência de classificação.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos Gerais

Avaliar a viabilidade de equipamento de classificação de tomate de mesa, composto de cilindros rotativos divergentes, para utilização em unidades de auxílio à colheita e por pequenos produtores.

2.2. Objetivos Específicos

1. Identificar o conjunto de cilindros e a velocidade de rotação que proporcionem a classificação mais eficiente do tomate de mesa, de acordo com os padrões vigentes;
2. Verificar a incidência ou não de danos físicos nos tomates, nas 2 velocidades de rotação de maior eficiência de classificação de cada conjunto de cilindros;
3. Avaliar a eficiência de limpeza pelos cilindros com cerdas de Tereftalato de Polietileno (PET).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. O Tomate

O tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) é originário da América do Sul e pertence à família das solanáceas (FILGUEIRA, 2003). No Brasil foi a segunda hortaliça mais consumida em 2003, com produção de 3,36 milhões de toneladas e valor de produção de 1,76 trilhões de reais em 2007 (IBGE, 2008). Em 2006, a cadeia produtiva do tomate de mesa brasileira foi responsável pela geração de 208.675 postos de trabalho (IBGE, 2008). Em 2007 a maior região produtora foi o Sudeste, com 1.442.780 toneladas, seguida pelo Centro-Oeste, com 835.988 toneladas. O Estado de Goiás foi o maior produtor em 2007, com 802.128 toneladas, seguido por São Paulo, com 713.483 toneladas (IBGE, 2008). No Estado de São Paulo as maiores regiões produtoras de tomate de mesa em 2007 foram Itapeva, Campinas e Mogi-Mirim, que totalizaram aproximadamente 375 mil toneladas, que correspondia a 71% da produção total do Estado (IEA, 2008).

O tomate é um fruto carnoso, macio e com dois ou mais lóculos. No estágio de maturação maduro contém 94% de água, em média, e tão somente 6% de matéria seca, na qual se encontram: açúcares (glicose e frutose), sólidos insolúveis em álcool (proteínas, substâncias pécnicas, hemicelulose e celulose), ácidos orgânicos (ácidos cítrico e málico), minerais (fósforo, cálcio, potássio e magnésio) e vitaminas (pró-vitamina A, vitaminas do complexo B) (FILGUEIRA, 2003). O licopeno é responsável pela coloração vermelha dos frutos, e exerce um efeito protetor direto contra radicais livres, reduz o risco do desenvolvimento de câncer e outras doenças crônicas (MORITZ e TRAMONTE, 2006).

O cultivo do tomate destina-se a duas cadeias agroalimentares: a indústria de processamento e o mercado *in natura* (tomate de mesa ou envarado). A produção de tomates para o consumo *in natura* no Brasil sofreu grandes transformações tecnológicas, dentre elas, a utilização de sementes híbridas de cultivares que produzem frutos do tipo longa vida, que se conservam por mais tempo (VECCHIA e KOCH, 2000) e novas metodologias de produção, como o manejo integrado de pragas, que reduz a aplicação de defensivos agrícolas (FNP Consultoria e Comércio Ltda., 2005).

Os tomates de mesa podem ser colhidos em diferentes estádios de maturação, desde que tenham atingido o tamanho máximo e a maturação fisiológica, podendo apresentar

coloração amarelada, ligeiramente rosada ou intensa coloração vermelha. Existem cinco grupos diferenciados de tomates: Santa Cruz, Salada, Cereja, Italiano e Agroindustrial (FILGUEIRA, 2003). O híbrido israelense 'Carmen' foi o pioneiro dos tomates longa vida, introduzido no início da década de 1990. É uma cultivar do grupo 'Salada', de formato redondo, ou seja, seu diâmetro longitudinal menor ou igual ao transversal (FILGUEIRA, 2003). Em 2002, na Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) os principais cultivares comercializadas eram 'Carmen' e 'Débora', sendo que 83,4% dos permissionários entrevistados comercializavam as duas cultivares, 8,2% comercializam somente o cultivar 'Carmen', e 8,4% comercializam 'Débora' e alguma outra cultivar (ANDREUCETTI *et al.*, 2005).

3.2. Equipamentos de Auxílio à Colheita

Segundo Manfredi (1989), o progresso técnico na agricultura tem sido motivado basicamente por: interesses econômicos (redução dos custos de produção), realidades sociais (mecanização por falta de mão-de-obra) e necessidades humanas (melhoria nas condições de trabalho, saúde e segurança, e na precisão em operações repetitivas e estressantes). Os equipamentos de auxílio à colheita para frutos podem ser desde simples sacolas de colheita até plataformas automatizadas com esteiras posicionadas em diferentes alturas da árvore, com predominância da colheita na parte aérea. De acordo com Hachiya *et al.* (2004), em relação à colheita manual, um sistema de auxílio à colheita tem como principal objetivo aumentar o rendimento da colheita e reduzir o esforço físico realizado. Estes pesquisadores desenvolveram um sistema de colheita de repolhos para beneficiar produtores familiares, o qual necessita de apenas três trabalhadores para a colheita, processamento e embalagem do produto. O tempo requerido para a colheita foi 50% menor que no sistema convencional de colheita manual. Além disso, as condições ergonômicas foram melhores, pois enquanto no método tradicional, o trabalhador se inclina em um ângulo superior a 110°, o operador da colhedora de repolhos teve que se inclinar cerca de 10° e os trabalhadores do processamento e carregamento tiveram que se inclinar 15°. Contudo, os autores deste trabalho relatam que o investimento neste equipamento apenas seria viável se houvesse incentivos do governo por meio de subsídios à compra.

Peterson, Miller e Wolford (1997) desenvolveram um sistema de auxílio à colheita de maçãs, que necessita de dois trabalhadores. Os rendimentos na produtividade foram de 36 a 44% maiores que no sistema tradicional de colheita manual, com a mesma qualidade da fruta. Butler, Bernet e Manrique (2005) avaliaram uma máquina de baixo custo para limpeza, seleção e classificação em campo de batatas para a indústria, que trabalha com 4 ou 5 pessoas. Este equipamento apresentou capacidade de 2300 a 3800 kg h⁻¹ e precisão de classificação semelhante aos sistemas comerciais. Porém, causou danos mecânicos em até 40% das batatas.

De acordo com Braunbeck (2003), o projeto Unidade Móvel de Auxílio à Colheita (UNIMAC), tem como objetivo a diminuição das perdas e a melhoria da qualidade do tomate de mesa, por meio da redução do manuseio e da incidência de impactos. Este sistema vai realizar o processo de colheita, beneficiamento, classificação e embalagem do tomate de mesa no próprio campo de produção, diminuindo o tempo requerido para a colheita e beneficiamento.

3.3. Beneficiamento de Produtos Agrícolas: Classificação

O beneficiamento é composto por um conjunto de operações manuais ou automatizadas que possibilitam a racionalização e otimização de um sistema de trabalho, para preparar a fruta que se deseja comercializar *in natura*, ou seja, a fruta de mesa. Os equipamentos que compõem uma linha de beneficiamento de frutas, não a transformam, não modificam suas características internas; também não melhoram sua apresentação e devem seguir as Normas de Segurança e Qualidade (SAKAI, 2004). O beneficiamento de frutas e hortaliças, segundo Miller, Wardowski e Grierson (2001), possui as seguintes etapas: recebimento, pré-seleção, lavagem, secagem, classificação e embalagem. De acordo com Peleg (1985), entre os principais objetivos da classificação por tamanho destaca-se o apelo às vendas, pois o produto uniforme é associado, pelos consumidores, à alta qualidade de produção e existe a possibilidade de venda a preços diferenciados de produtos pequenos e grandes. Além disso, classificação por tamanho ajuda a quantificar métodos e padronizar a embalagem para fornecer melhor proteção ao produto e utilizar melhor o volume dos estoques de armazenagem. Esta etapa do beneficiamento pode ser realizada manualmente ou por meio de máquinas.

Na Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP), Andreuccetti *et al.* (2005) constataram que todos os atacadistas (que comercializavam 70% do volume total de tomate) recebiam o produto classificado e padronizado, sendo que 58,4% realizavam a classificação manual, 8,3% classificação por máquinas e 33,3% utilizavam os dois métodos. A classificação era realizada seguindo os parâmetros de coloração e tamanho. Todavia, mais da metade (54,2%) dos atacadistas fazia a reclassificação manual dentro do mercado, pois consideravam deficiente a padronização de coloração e tamanho dos frutos, com grande diversidade de frutos de uma mesma caixa.

3.3.1. Classificação Manual

Na maioria dos produtores de pequeno porte, a classificação manual ainda é comumente praticada. Nesta operação os funcionários devem ser treinados para selecionar o tamanho desejado e a embalar corretamente os produtos ou colocar cuidadosamente o produto selecionado em outra linha para embalagem. Em geral, a classificação é realizada subjetivamente (visualmente). Todavia, para auxiliar o operador pode-se disponibilizar guias padrões de tamanho, colocando os gabaritos de produtos menores e maiores aceitáveis próximos ao campo da visão, para uma fácil comparação (KITINOJA e KADER, 2002).

Peleg (1985) ressalta que a classificação manual de um produto é monótona, requer responsabilidade, profissionalismo e habilidade de concentração do funcionário. Uma pessoa treinada geralmente realiza esta operação sem dificuldades, classificando simultaneamente formato, tamanho, cor, diferentes tipos de defeitos na superfície, danos mecânicos ou doenças na fruta. Contudo, Corrêa (2003) adverte que se o nível de esforço exigido estiver acima das capacidades pessoais, o desempenho dessa atividade é prejudicada. A manutenção do esforço constante, a atenção prolongada ou o estado de vigiância podem causar excesso de carga mental, podendo trazer como consequência a fadiga ou estresse mental, que se manifesta na forma de uma redução da capacidade produtiva e/ou a perda da motivação (frustração) para a atividade. Kader (2002) ressalta que o número de classificadores depende da quantidade de produtos por hora a serem classificados, do número de separações por cor, tamanho e defeitos a serem observados.

Andreuccetti, Ferreira e Tavares (2004) constataram que na Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP), as normas de classificação por

tamanho para a cultivar ‘Carmen’, de maneira geral, foram atendidas conforme especificação do PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA (2003), exceto para os tomates tamanho 3A, os quais estavam supervalorizados. Por outro lado, o tomate da cultivar ‘Débora’ apresentou grande variabilidade em termos de padronização, que poderia ser justificada pelos diferentes tipos de classificação utilizados, pois alguns atacadistas recebiam produtos classificados manualmente, por máquinas ou, ainda, por ambos os sistemas. Estes autores ressaltam que a classificação manual depende da subjetividade de cada trabalhador, e para o tomate de formato redondo, como é o caso da cultivar ‘Carmen’, existe uma facilidade de classificação, devido à melhor visualização quanto ao seu diâmetro, diferentemente do que acontece com a cultivar ‘Débora’, de formato oblongo, para a qual provavelmente se estabeleça melhor visualização quanto a sua maior dimensão, que é representada pela altura, e não pelo seu diâmetro (ANDREUC CETTI, FERREIRA e TAVARES, 2004).

3.3.2. Classificação por Máquinas

O uso de equipamentos na classificação de produtos agrícolas permite a classificação com maior agilidade e perfeição, e segundo Peleg (1985) vem substituir aquela executada por operadores, visando maior rendimento e qualidade na classificação dos produtos. Os sistemas de classificação podem depender apenas de discriminadores mecânicos, ou de discriminadores ou sensores eletrônicos, que têm sido denominados como mecânico e eletrônico, respectivamente (FERREIRA, 2008). Algumas vantagens do uso de maquinários em relação à classificação humana foram a redução da dependência da sazonalidade de mão-de-obra, redução do custo da operação de classificação, maior volume de produtos classificados em menor período de tempo e maior eficiência na classificação, independente do cansaço do fim do dia e fatores psicológicos. A principal desvantagem dos equipamentos mecânicos é a necessidade de parar toda a linha de beneficiamento para resolver uma falha no funcionamento da máquina. Além disso, algumas hortaliças e frutos de manuseio mais sensível ainda dependem de classificação manual. Na Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP), Andreuccetti *et al.* (2005) observaram que 79,2% dos permissionários declararam como vantajoso o uso da classificação por máquina, com os seguintes benefícios: padronização por coloração e pelo diâmetro do fruto (47,4%), melhores condições de limpeza

(21%) e aparência (15,8%), agregação de valor (10,5%) e à oportunidade de comercialização com grandes redes de supermercados (5,3%). Por outro lado, aqueles que acham desvantajoso (20,8%) o uso da classificação por máquina, apontaram os seguintes aspectos: 60,0% alegaram que a classificação manual tem menor custo; 20,0% dos permissionários entrevistados acreditam que a máquina piora a qualidade do tomate; outros 20,0% apontaram a falta valorização; e os 20,0% restantes não souberam dizer (ANDREUCETTI *et al.*, 2005).

3.3.2.1. Sistema Mecânico

Os equipamentos de classificação com funcionamento mecânico em uso no Brasil, nas principais regiões produtoras de tomates, classificam os produtos em tamanho e têm como mecanismos de classificação:

a) Correia de lona furada: com furação que inicia em tamanhos menores e aumentam progressivamente até chegar ao final da linha de classificação. Os frutos entram na máquina e caem conforme a furação adequada ao seu diâmetro. Os furos de forma circular são indicados para frutos de forma arredondada e oblonga. Para frutas de formato oblongo, a classificação por tamanho é de acordo com o diâmetro ou o comprimento ou algo intermediário entre estas dimensões, que afeta a eficiência do sistema. Este tipo de equipamento de classificação por tamanho é de baixo custo, usado quando o produto não é muito susceptível a danos mecânicos e abrasões (PELEG, 1985);

b) Roleta longitudinal: utiliza correia inclinada com a horizontal e rolete calibrador no sentido longitudinal da máquina. A correia movimenta o produto para frente e lateralmente em direção ao rolete medidor, que classifica os frutos por meio de um ajuste vertical, do menor para o maior diâmetro. Cada contato entre o rolete e a fruta constitui um ponto de medição e a eficiência de classificação depende da posição da fruta no momento deste contato (PELEG, 1985);

c) Roleta transversal: dentre os calibradores de sistema mecânico é o mais eficiente na classificação dos produtos, pois possui um variador eletrônico de velocidade de rotação dos roletes, que permite ajustar o equipamento em função do tipo de fruta e as condições da mesma (FERREIRA, 2008). Assim, com o variador eletrônico é possível incrementar a capacidade da linha e, com o sistema de giro dos roletes, os frutos giram em torno do seu diâmetro maior, classificando-os sempre por esta dimensão. García-Ramos, Ortiz-Cañavate e

Ruiz-Altisent (2004) descrevem que este equipamento consiste de pares de cilindros rotativos colocados transversalmente ao fluxo da fruta. Os cilindros giram em torno de seu eixo a uma velocidade específica, causando a rotação das frutas entre cada par de cilindros, ao mesmo tempo, que avançam longitudinalmente. Durante este deslocamento, a separação entre cada par de cilindros aumenta e produto é classificado quando o espaço entre cilindros é maior do que o fruto de diâmetro. Em seguida, a fruta era recolhida por uma cinta transportadora e direcionados para a área de embalagem (GARCÍA-RAMOS, ORTIZ-CAÑAVATE e RUIZ-ALTISENT, 2004);

d) Correia e tábua medidora estacionária (acolchoada): localizada sobre uma mesa circular giratória de aproximadamente 2 m de diâmetro, com graduação vertical do diâmetro do fruto e inclinação das extremidades para o lado da tábua medidora. Os frutos são direcionados para a saída da tábua, caindo no local correspondente ao seu tamanho. Este mecanismo ocasiona mais dano ao fruto que o de roletes rotativo, devido à fricção do movimento correção (PELEG, 1985);

e) Taça ou bandeja: classifica mecanicamente os frutos por meio da pesagem. É indicado para frutos com formatos diferentes, como, pepino, cenoura, pêra e abacate, entre outros. A classificação por peso pode ser realizada por meio de taça ou bandeja (salto de peso) com transporte individual dos frutos ou em escala eletrônica com pesagem dos frutos em linha única (PELEG, 1985).

Kitinoja e Kader (2002) citam que existem vários tipos de classificadores mecânicos disponíveis para operações de pequena escala. Um tipo é composto por uma bandeja longa e inclinada, com uma série de aberturas que convergem (maiores no topo, menores na parte inferior), e seria indicada para produtos redondos. Outro sistema de classificação por tamanho foi proposto por Fernandes, Cora e Braz (2007) para tomates do tipo “Cereja”, utilizando-se 5 caixas plásticas sobrepostas, sendo 4 caixas com bases perfuradas e orifícios de diâmetros iguais a 20, 25, 30 e 35 mm respectivamente. As 4 caixas foram sobrepostas em ordem decrescente do diâmetro dos orifícios e na base de todas foi colocada um caixa sem orifícios, para coletar os frutos que passassem pelas aberturas das caixas superiores. Os frutos eram colocados na caixa superior e, em seguida, o conjunto de cinco caixas plásticas foi agitado, manualmente, até os frutos passarem ou ficarem retidos nas diferentes caixas.

3.3.2.1.1 Mecanismo de Classificação por Cilindros

Kitinoja e Kader, (2002) sugerem um conjunto de pares de cilindros divergentes para classificação por tamanho para ser empregado em pequenas produções. Por meio deste mecanismo o produto de menor tamanho cai na parte inicial dos cilindros, e produtos médios e grandes caem sucessivamente ao longo dos cilindros divergentes. Em seguida, os produtos classificados vão para uma correia transportadora ou um recipiente. Atarassi *et al.* (2006) avaliaram a eficiência de classificação dos cilindros divergentes com cerdas na classificação do tomate da cultivar ‘Carmen’, concluindo que é possível realizar a classificação por tamanho a velocidades de rotação de 450 e 500 rpm. Contudo, estes autores não verificaram a influência destas velocidades de rotação na qualidade dos tomates, pois poderiam causar grande abrasão na casca dos frutos. Atarassi *et al.* (2007) verificaram que os cilindros divergentes de Policloreto de Vinila (PVC) (um liso e outro com helicóide de borracha) classificaram tomates ‘Carmen’ das classes 50 e 70 (a 50 e 80 rpm) em acordo com a norma do PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA (2003). Contudo, o ensaio foi realizado sem modificar as aberturas das saídas de classificação, que poderia ter alterado os resultados de conformidade em velocidades de rotação mais altas. Estes autores também constataram que a classificação na velocidade de rotação de 150 rpm causou maior perda de massa em relação aos frutos controle. Butler, Bernet e Manrique (2005) testaram uma máquina de auxílio à colheita para pequenos produtores, que classificava batatas por meio de 10 cilindros cônicos, montados em barras com eixos paralelos. Este sistema apresentou precisão maior que a classificação manual e foi similar a outras classificadoras comerciais. Estes autores concluíram que o sistema é flexível o suficiente para classificar qualquer tamanho especial requerido pelas fábricas de processamento e apresenta potencial para aumentar a qualidade do produto e a competitividade de pequenos produtores de batata em países em desenvolvimento.

3.3.2.2. Sistema Eletrônico

Os equipamentos mais utilizados com sistema eletrônico classificam por diâmetro, peso, cor e eliminam os frutos com defeitos. Segundo García-Ramos, Ortiz-Cañavate e Ruiz-Altisent (2004), um sistema eletrônico consiste em três elementos: sistema de transporte,

elemento de classificação e sistema de ejeção. O ciclo de trabalho deste sistema pode ser descrito como: primeiro os frutos são individualizados em bandejas localizadas em cadeias de transporte de alta velocidade. Em uma área desta cadeia, sensores (câmaras de vídeo ou balanças) medem os parâmetros de classificação de cada fruta: peso, cor, diâmetro, etc. Em seguida os parâmetros são analisados por um microprocessador que estabelece a dimensão e categoria de cada fruta. Por fim, um microprocessador determina a saída correspondente para cada fruta e ativa o sistema de ejeção (GARCÍA-RAMOS, ORTIZ-CAÑAVATE e RUIZ-ALTISENT, 2004). A fruta é então transferida para cintas coletoras e enviada para a área de embalagem. O classificador eletrônico opera com velocidade de 5 a 10 frutos por segundo. Isso é comum em larga escala de produção e agiliza a classificação, onde existem mais linhas operando simultaneamente (KADER, 2002).

Von Beckmann e Bulley (1978) relatam que um sistema capaz de classificar tomates em classes de tamanho e cor simultaneamente simplifica e agiliza a operação reduzindo o manuseio do produto. Segundo a RODAMAF (2005), o sistema eletrônico permite a classificação dos frutos em vários critérios, como: peso (precisão de 1 grama), diâmetro (precisão de 1 mm), cor, defeito, densidade e reconhecimento da forma. O sistema eletrônico desenvolvido no passado utiliza-se de praticamente o mesmo mecanismo hoje existente nos equipamentos, com algumas inovações tecnológicas (SARKAR e WOLFE, 1985; VON BECKMANN e BULLEY, 1978; HAHN, 2002).

O transporte do produto ao longo da linha de classificação é feito em geral por dois tipos de mecanismo: de copo ou caneca e por corrente inteligente. O mecanismo de copo ou caneca possui capacidade de rendimento de 300 a 350 frutos/minuto/linha (SAKAI, 2004). O mecanismo de corrente inteligente é normalmente indicado para a classificação por diâmetro, com tamanhos de 95 a 125 mm (SAKAI, 2004). A capacidade de produção é praticamente o dobro do mecanismo de copo ou caneca, ou seja, de 600 a 700 frutos/minuto/linha.

A qualidade de um fruto é definida pela ausência de defeitos e caracterizada pela categoria, e segundo a RODAMAF (2005), a classificação do fruto em qualidade é baseada nos defeitos encontrados nos frutos, e o programa define esses defeitos na máquina em: qualidade por linha, defeitos, manchas escuras e coeficiente de forma.

3.3.3. Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura

Para Gorenstein e Gutierrez (2000), a classificação garante um padrão único para os produtores, atacadistas e consumidores finais, promovendo facilidade na comercialização, diminuindo as perdas, além de garantir ao consumidor um elevado padrão de qualidade de frutas e hortaliças. A classificação do tomate de mesa também interfere na qualidade final, uma vez que este é suscetível a danos provocados pelo manuseio incorreto. Muitos produtores realizam classificação manual, em geral de baixo custo e baixa padronização. Não são muitos os galpões de beneficiamento que possuem o sistema eletrônico, de alto custo e eficiência, e o sistema mecânico, apesar de preço mais acessível, em geral demonstra baixa qualidade no produto beneficiado.

O Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura é um programa de adesão voluntária, operacionalizado pela CEAGESP - Centro de Qualidade Hortigranjeira. Iniciou como Programa Paulista para a Melhoria dos Padrões Comerciais e de Embalagens de Hortigranjeiros, que foi lançado pela Câmara Setorial de Frutas, órgão da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo e teve a adesão das Câmaras Setoriais de Hortaliças, Cebola e Alho, de Batata e de Flores e Plantas Ornamentais. O lançamento do Programa foi o resultado de um estudo profundo da cadeia de produção, realizado por técnicos da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, seguido por amplo debate com representantes de todos os elos da cadeia, para determinar os principais entraves ao desenvolvimento do setor. Os dois principais entraves estabelecidos, cuja remoção foi considerada essencial a qualquer outra ação de desenvolvimento e modernização do setor, foram a falta de existência de padrões mensuráveis e a má qualidade das embalagens. Para o Programa foram estabelecidas duas bases fundamentais: a auto-regulamentação setorial e a adesão voluntária.

Em todos os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Frutas e Hortaliças Frescas do MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil e em todas as normas de classificação desenvolvidas pelo PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA, a caracterização do produto é dividida em grupos, classe e categoria. Os grupos, que podem ser subdivididos em subgrupos, organizam o produto por suas características de variedade. A classe é utilizada para caracterizar e garantir a homogeneidade de tamanho no lote. A categoria é a caracterização da qualidade. Tamanho não

é qualidade. São utilizadas, normalmente 4 categorias diferentes: Extra, I, II e III. A caracterização da qualidade é baseada na ausência de defeitos. Os defeitos são divididos em graves e leves e cada categoria permite diferentes tolerâncias aos diferentes defeitos, construindo desta maneira o retrato da qualidade daquele lote de produto (PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA, 2003).

Neste cenário, a classificação do tomate tornou-se uma exigência do mercado, além de agregar valor ao produto. Contudo, atualmente ainda existem problemas na cadeia produtiva, tanto no beneficiamento em campo quanto na comercialização. Ferreira *et al.* (2005), em uma avaliação com cinco unidades de beneficiamento e classificação para tomate de mesa, observaram que quatro unidades de classificação falharam em pelo menos uma classe, não atendendo os limites pré-estabelecidos. Somente uma delas estava totalmente adequada às normas do PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA (2003), utilizando um equipamento importado para a classificação por peso dos frutos. Em uma comparação entre a classificação fornecida pelo Programa Brasileiro com a realizada pelos atacadistas no mercado da CEAGESP, Andreuccetti, Ferreira e Tavares (2004) verificaram que a comercialização da cultivar ‘Carmen’ atendeu, em geral, as normas estabelecidas, exceto para os tomates de tamanho grande que estavam supervalorizados e deveriam estar sendo comercializados como tamanho médio.

3.3.4. Avaliação da Operação de Classificação

Segundo Peleg (1985), na avaliação objetiva da precisão da classificação é necessário um critério de qualidade objetivo que expresse numericamente o grau pureza ou contaminação da classificação. Com o objetivo de avaliar os processos de classificação, deve-se inspecionar o grau das frações de pureza ou contaminação nos condutos de saída de produto classificado. Isto é usualmente realizado pelo sorteio de amostras aleatórias dos condutos de produto classificado e efetuando uma inspeção precisa das amostras, isto é, uma cuidadosa medida ou inspeção manual de cada produto. Peleg (1985) representou um processo de classificação (Figura 1), definindo a taxa de entrada de matéria-prima no processo de classificação como Q (kg h^{-1} , $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$, etc.), e a taxa de saída das classes 1, 2, 3... i como G_i (kg h^{-1} , $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$, etc).

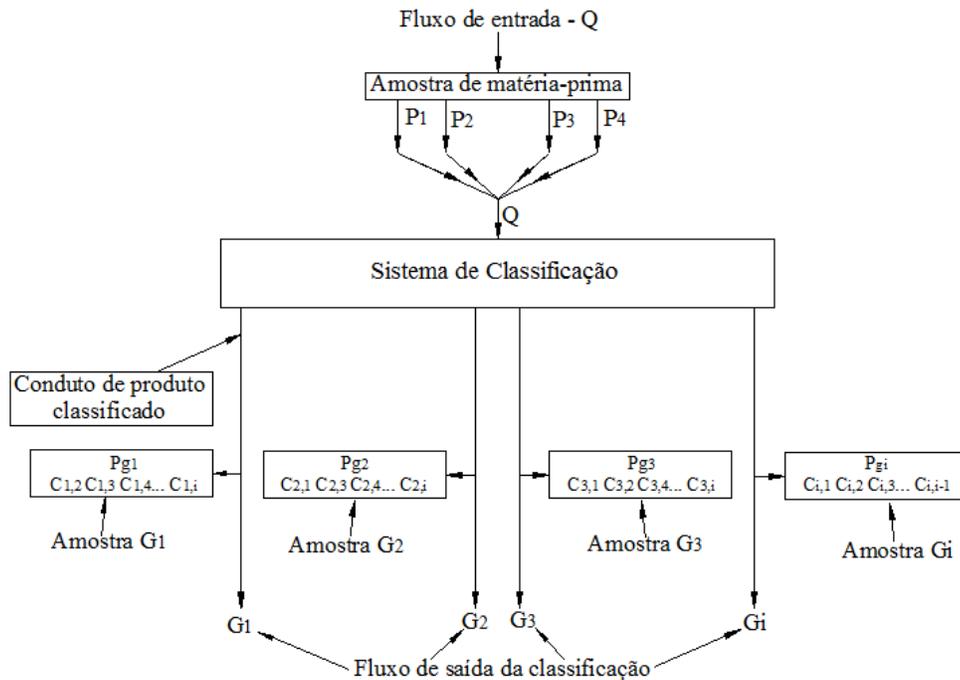


Figura 1: Esquema de uma operação de classificação típica, indicando a taxa de entrada e saída e amostragem nos condutos de saída de produto classificado (Adaptado de PELEG, 1985).

Peleg (1985) define o índice de pureza (P_w) como um parâmetro de qualidade da classificação, que considera todas as classes de tamanhos classificadas para avaliar o equipamento (Equação 1). A fração de pureza (P_{gi}), utilizada para calcular P_w é a razão entre a quantidade de produto da classe i e a quantidade total da amostra na saída i (Equação 2), enquanto a função de ponderação (W_i) é definida em termos de frações de distribuição de matéria-prima da classe (P_i), amostrada no conduto de entrada de matéria-prima, e as frações de valor relativo (K_i) das diferentes classes (Equação 3). A função de ponderação (W_i) é normalizada, pois a somatória de W_i é igual a 1, enquanto a soma das frações relativas das classes na matéria-prima P_i também devem ser 1. O valor relativo (K_i), ou fração de custo, indica o grau de importância da classe i dentro da classificação do produto. Assim, os valores de K_i devem estar em uma escala de 1, isto é, o maior valor não deve exceder a 1, enquanto os menores valores são frações de 1, entretanto, não há a restrição que sua soma seja igual a 1.

A fração de produtos contaminantes (C_{ij}), de classe j amostrada na saída da classe i (Equação 4), seria a mistura de outras classes na saída de classificação avaliada. Finalmente, Peleg (1985) define a eficiência de classificação E_w (Equação 5) em função das taxas de entrada e saída de produto, da fração de pureza (P_{gi}) e da função de ponderação (W_i).

$$P_w = P_{g1}W_1 + P_{g2}W_2 + \dots + P_{gi}W_i = \sum_i P_{gi}W_i \dots\dots\dots(1)$$

$$P_{gi} = \frac{N_{gi}}{N_{ti}} \dots\dots\dots(2)$$

$$W_i = \frac{K_i P_i}{\sum_i K_i P_i} \dots\dots\dots(3)$$

$$C_{i,j} = \frac{N_{ji}}{N_{ti}} \dots\dots\dots(4)$$

$$E_w = \frac{\sum (P_{gi}W_iG_i)}{QP_i} \dots\dots\dots(5)$$

Onde:

N_{gi} = número de frutos da classe i classificado corretamente na saída i;

N_{ti} = número total de frutos classificados na saída i;

N_{ji} = número de frutos de classe j classificados na saída i;

K_i = fração do valor relativo da classe i;

P_i = razão entre a quantidade da classe i e o total de frutos, antes da classificação;

Q = taxa de entrada dos frutos, $kg\ h^{-1}$;

G_i = taxa dos frutos na saída i, $kg\ h^{-1}$;

Pela Equação 5, verifica-se que a eficiência de classificação (E_w) é inversamente proporcional à taxa de entrada (Q) de matéria-prima. Portanto, E_w é um índice de qualidade de classificação melhor em relação ao índice de pureza (P_w), na medida em que fornece uma média da operação de classificação avaliada, permitindo a previsão de eficiência de classificação a taxas de entrada altas ou baixas de matéria-prima. Isto é especialmente importante para o projeto de equipamento de classificação com o objetivo de projetos de máxima taxa de transferência a eficiências ótimas de classificação. O índice de pureza (P_w) é

um parâmetro de qualidade que pode ser utilizado quando não é possível medir as taxas de entrada e saída da classificadora.

Para a maioria dos produtos que crescem na natureza, o atributo físico pelo qual são classificados pode ser considerado com uma distribuição normal dentro de cada classificação (PELEG, 1985). A Figura 2 representa esquematicamente a distribuição normal de quatro classes de tamanhos que poderia ser extrapolada para qualquer número de classes. Esta distribuição exemplificaria a classificação ao longo dos cilindros divergentes. A área sobre a curva entre a separação de linhas representa as frações de pureza do produto (P_{gi}), enquanto as caudas hachuradas fora das linhas de separação representam as frações de contaminação de produtos. A soma de frações de contaminação de produto (C_{ii}) em uma classificação particular é composta de todas as frações de contaminação que vieram das classificações abaixo (C_{li}) e acima (C_{ui}) da classe i .

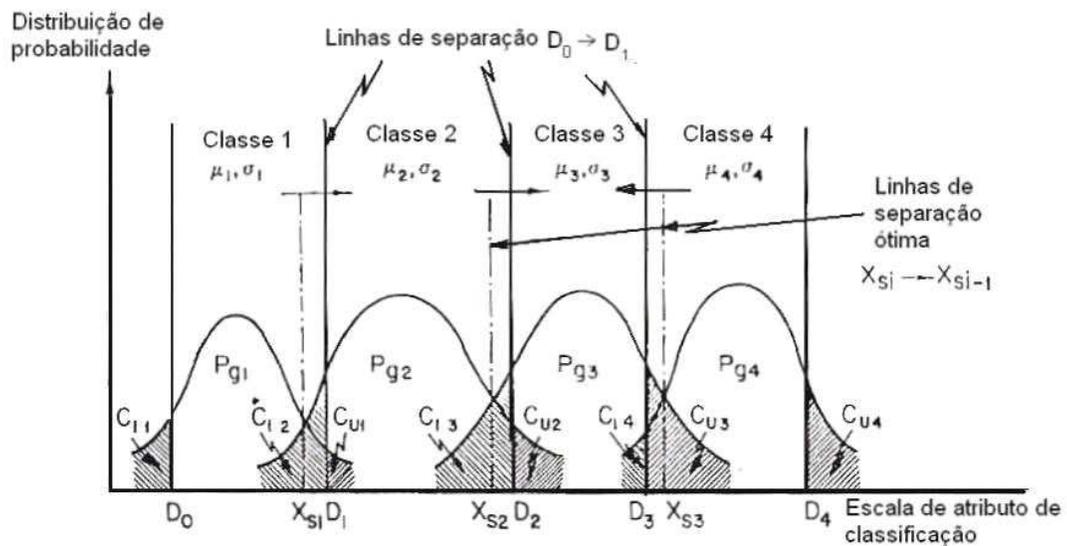


Figura 2: Distribuição normal dos atributos de classificação dentro das classes em um sistema de quatro classes. (Adaptado de PELEG, 1985).

Em uma classificação por tamanho, as linhas de separação da Figura 2 representam os limites das classes, isto é, o diâmetro máximo e o mínimo. De modo ideal, cada produto de qualquer classe deveria estar dentro destes limites, entretanto, devido às imperfeições dos processos de classificação, algumas frações de produtos classificados serão enviados para fora das linhas de separação corretas para seu tamanho, representando as frações de contaminação

(C_{ij}) ou a mistura de outras classes. Para maximizar a eficiência de classificação deve-se posicionar as linhas de separação na posição ótima, onde se reduz a área hachurada que representa a fração de contaminação (Figura 2).

Jarimopas, Toomsaengtong e Inprasit (2007) utilizaram a metodologia proposta por Peleg (1985) para avaliar um sistema mecânico de classificação de mangostões. O equipamento é constituído por um disco rotativo de formato cônico e uma borda de medição com aberturas que aumentam de tamanho ao longo do perímetro do disco. Os frutos eram alimentados por uma seção do disco giratório e a força centrífuga e gravitacional combinadas moviam as frutas em direção à periferia até as bordas de medição. A força tangencial fazia o fruto rolar ao longo da borda de medição, onde ocorria a classificação pelo tamanho e o produto passava entre as aberturas de acordo com suas dimensões. A configuração mais eficiente foi à velocidade de rotação de 21 rpm, utilizando abertura do tipo degrau, que apresentou eficiência de classificação de 84,7% e capacidade de 1076.6 kg h⁻¹.

Verificou-se na literatura que a fração de pureza (P_p) foi utilizada por outros autores, porém com outras denominações. Butler, Bernet e Manrique (2005) para avaliar um sistema de classificação de batatas utilizaram o termo “precisão de classificação”, enquanto Sargent *et al.* (1991) empregaram o termo “percentual de tomates classificados corretamente”. Ferrari (2005) usou o termo “conformidade de classificação”. Em todos os estudos a avaliação foi feita comparando-se o diâmetro do produto classificado com a faixa de tamanhos permitido em cada classe, seguindo o padrão oficial de comercialização do produto. Butler, Bernet e Manrique (2005) e Sargent *et al.* (1991) também utilizaram tolerância ou sobreposição, ou seja, avaliaram a classificação aumentando os limites de classes em 2 mm ou 1 mm, que resulta em menor percentual de frutos fora da classificação.

Ferreira *et al.* (2005) aplicou outra metodologia para avaliar a classificação de 4 linhas de beneficiamento: por meio do teste t calculou-se os limites de diâmetro da amostra de tomates, para um intervalo de confiança de 90%. A confiabilidade de 90% para o método foi adotada segundo o limite de tolerância para mistura de tomates pertencentes a classes diferentes, que não deve ultrapassar 10% de frutos que pertençam à classe imediatamente superior e/ou inferior, conforme descreve o PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA (2003) e Ferreira *et al.* (2005).

3.4. Efeitos dos Danos Mecânicos em Frutas

Como os consumidores procuram tomates com qualidade, no momento da compra eles descartam frutas com defeitos visíveis. Entretanto, alguns danos podem não se desenvolver instantaneamente na fruta e produtos com defeitos podem passar em uma inspeção de visual. De acordo com Van Liden *et al.* (2008) a injúria no tomate pode aparecer 2 a 3 dias depois do dano, e quando o defeito se torna aparente, o tomate freqüentemente já alcançou o consumidor. Até mesmo em estádios mais avançados, os danos continuam difíceis de distinguir a olho nu. Como consequência, o produtor tem um controle limitado da qualidade final do produto. Assim, é importante conhecer os fatores responsáveis pelo desenvolvimento de danos para realizar a prevenção necessária e controlar a qualidade de tomates frescos.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), após a colheita, o fruto consome por meio da respiração suas próprias reservas de substratos, acumulados durante o crescimento e maturação. Ainda de acordo com estes autores, a respiração é influenciada principalmente pela temperatura e pela concentração de gases. Assim, normalmente o aumento de temperatura causa acréscimo na atividade respiratória, e, de modo geral, tanto a redução no teor de O₂, como o aumento na concentração de CO₂, reduzem a respiração. Outro fator de modificação da atividade respiratória é a injúria mecânica, ocorrendo sob a forma de abrasões, cortes, rupturas ou amassamentos, podendo ser superficiais ou penetrar profundamente no produto (CHITARRA e CHITARRA, 2005). O fermento e especialmente o amassamento conduzem a um acréscimo na atividade respiratória e aumento na perda de matéria seca e evaporação de água (CHITARRA e CHITARRA, 2005; SOUZA, HENZ e PEIXOTO, 2003). Além dos danos diretos, a incidência de fermentos em frutos pode levar a um aumento de doenças pós-colheita e alterações fisiológicas e químicas, com respiração, síntese de etileno, cor, aroma, sabor, textura e outros (HONÓRIO e MORETTI, 2002).

Segundo Peleg (1985), Sargent, Brecht e Zoellner (1989) Sargent *et al.* (1989) 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, após os primeiros

resultados de avaliação, da importância do manejo pós-colheita dos frutos. 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, causando maiores injúrias internas. Com a redução da altura de queda para 10 cm a perda de massa foi de 2,63%.

Mattiuz e Durigan (2001) verificaram que goiabas com injúrias produziram uma quantidade maior de CO₂ em relação aos frutos sem danos. Além disso, houve redução do conteúdo de açúcares redutores e sólidos solúveis totais nos frutos injuriados. Na lima ácida, o impacto deixou os frutos sem condições de comercialização após 9 dias de armazenamento, resultando em atividade respiratória 3 vezes maior que os frutos intactos, maior perda de massa e da coloração verde da casca, além de reduzir significativamente os teores de sólidos solúveis, acidez titulável e ácido ascórbico (DURIGAN, MATTIUZ e DURIGAN, 2005). Kader *et al.* (1978), afirmam que danos por impacto podem ter um efeito adverso no sabor de tomates frescos, e a sua redução durante a colheita e as operações pós-colheita ajuda a diminuir as perdas de frutos. As conseqüências dos danos em tomates variam de acordo com vários fatores, dentre eles: a temperatura, o estágio de amadurecimento, a intensidade e duração do impacto e o local de dano na fruta (VAN LIDEN, 2006). MacLeod, Kader e Morris (1976), verificaram que os danos por impacto em tomates verdes-maduros causaram aumento na produção de etileno depois de uma hora do dano. Moretti *et al.* (1998), observaram um aumento transiente na evolução de CO₂ e etileno depois do impacto. Transcorrido 24 horas, o dióxido de carbono aumentou de 16,4 para 24,5 mL kg⁻² h⁻¹, enquanto a produção de etileno triplicou em 3 horas depois do impacto. Além disso, estes mesmos autores verificaram que os danos afetaram significativamente a composição química e as propriedades físicas do pericarpo e do tecido locular do tomate. 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. Magalhães (2007) verificou que a etapa de limpeza teve influência na atividade respiratória de tomates, pois após 4 horas de monitoramento os cilindros com cerdas de nylon a 120 rpm causaram a produção de 65,58 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, que foi 36% superior aos frutos controle. Após 7 dias de armazenamento, os tomates limpos com este tipo de cerda e velocidade rotação apresentaram perda de massa de 4,56%, valor 38% superior aos frutos controle.

4. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório UNIMAC, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, e foi dividida em 3 etapas. Na primeira etapa foram realizados ensaios para definir as faixas de aberturas de cada classe de tamanho para cada tratamento (dois cilindros com cerdas - CC, um cilindro com cerda e um cilindro liso - CL, e um cilindro liso e um cilindro com helicóide - LH) e velocidade de rotação. Em seguida, avaliou-se a classificação de tomates realizada pelo equipamento, analisando a conformidade com a norma do PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA (2003), a eficiência de classificação e o índice de pureza do sistema. A segunda etapa teve o objetivo de avaliar a incidência de danos mecânicos nos tomates da cultivar 'Carmen' submetidos à classificação nas duas velocidades de maior eficiência de classificação de cada tratamento. Na terceira etapa realizou-se um ensaio de eficácia de limpeza dos frutos pelo cilindro com cerdas de Tereftalato de Polietileno (PET) nos tratamentos CC e CL, nas duas velocidades de melhor eficiência de classificação.

4.1. Equipamento de Classificação

O equipamento (0,65 m de largura, 1,85 m de comprimento e 0,90 m de altura) era formado por perfis metálicos e por um par de cilindros circulares retos de 1,50 m de comprimento e 0,114 m de diâmetro, montados de modo horizontal em mancais de rolamentos de esferas de forma divergente (ângulo de 1,8°) e girando em mesmo sentido. A velocidade e o sentido de rotação dos cilindros foram controlados por um motor elétrico (WEG, modelo, 189 W), ligado a um inversor de frequência (WEG, CFW 08). Os tipos de cilindros empregados foram:

1. Cilindro com cerdas: composto de um cilindro central de Polietileno de Alta Densidade (PAD) fabricado por processo de extrusão, onde são inseridas as cerdas retas de Tereftalato de Polietileno (PET) de fios de 0,15 mm de diâmetro e 25 mm de comprimento;
2. Cilindro liso: formado por um tubo de Policloreto de Vinila (PVC) com duas tampas plásticas encaixadas nas extremidades para fixar o eixo de rotação;
3. Cilindro com helicóide: mesmo cilindro liso do item anterior com uma helicóide de borracha fixada (altura de 0,01 m e passo de 0,10 m).

Durante ensaios preliminares com dois cilindros lisos observou-se a necessidade da helicóide para promover o movimento longitudinal do tomate, pois sem esta não haveria força suficiente para causar o deslocamento do produto. No caso do cilindro com cerdas não houve este problema, pois quando ocorre a rotação, a divergência entre eles provoca a força longitudinal necessária para mover o tomate.

Acima dos cilindros foi afixada uma calha (0,13 m de largura, 1,60 m de comprimento e 0,03 m de espessura) para evitar que os tomates saíssem do sistema. Foram posicionadas divisórias de papelão ondulado a 0,05 m abaixo dos cilindros, espaçadas em 0,10 m entre si, formando 12 saídas de classificação identificadas seqüencialmente por letras de A a M. A abertura inicial entre os cilindros era 42,8 mm e as aberturas de cada saída estão indicadas na Figura 3. Os frutos submetidos à classificação passavam entre as aberturas dos dois cilindros e eram depositados em recipientes plásticos protegidos com espuma. Estas divisórias foram necessárias, pois à medida que se aumentava a velocidade de rotação, se aumentava a força longitudinal aplicada nos tomates e a classificação ocorria em aberturas maiores devido ao movimento balístico do produto. Assim, um mesmo tomate era classificado em aberturas maiores à medida que se aumentava a velocidade de rotação dos cilindros. Com as divisórias foi possível manter o mesmo ângulo entre cilindros para todas as rotações e avaliar a classificação em faixas de abertura com maior eficiência de classificação.

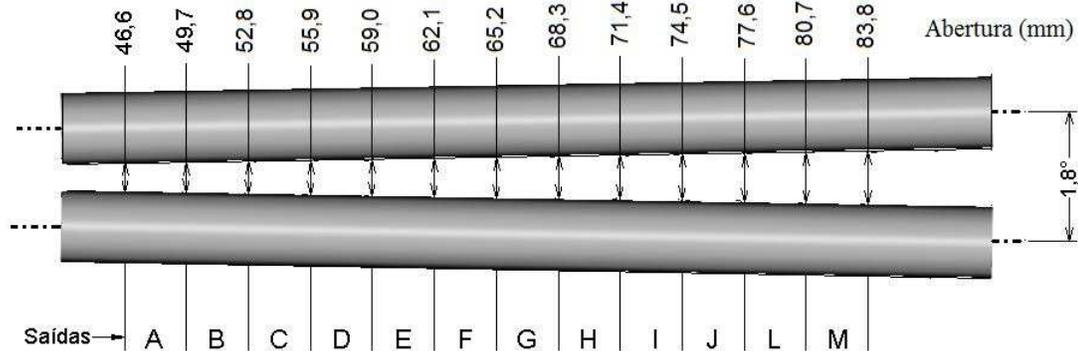


Figura 3: Vista superior dos cilindros divergentes e aberturas (mm) das saídas de classificação.

4.2. Etapa 1 – Definição de Saídas e Avaliação de Classificação

Os 15 tratamentos avaliados foram formados pela combinação de 5 velocidades de rotação (50, 100, 150, 200 e 250 rpm) e 3 conjuntos de cilindros (Tabela 1): Figura 4A, dois cilindros com cerdas - CC; Figura 4B, um cilindro com cerdas e um liso - CL; Figura 4C, um cilindro liso e outro com helicóide - LH.

Tabela 1: Tratamentos utilizados na avaliação de classificação, empregando dois cilindros com cerdas (CC), cilindro com cerdas e cilindro liso (CL) e cilindro liso e cilindro com helicóide (LH).

Tratamentos	Velocidade	
	rpm ⁽¹⁾	rad s ⁻¹
CC	50	5,24
CC	100	10,47
CC	150	15,71
CC	200	20,94
CC	250	26,18
CL	50	5,24
CL	100	10,47
CL	150	15,71
CL	200	20,94
CL	250	26,18
LH	50	5,24
LH	100	10,47
LH	150	15,71
LH	200	20,94
LH	250	26,18

⁽¹⁾ = rotações por minuto



Figura 4: 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.

Para definir as saídas de classificação e avaliar a classificação de cada tratamento, aplicou-se a seguinte metodologia: utilizou-se tomates tipo redondo da cultivar ‘Carmen’, escolhendo-se 30 frutos de 3 classes de tamanhos diferentes (classes 60, 70 e 80), seguindo a norma de classificação do PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA (2003). Estes 90 tomates foram numerados, pesados e medidos em 3 direções ortogonais diferentes (duas medições equatoriais de maior e menor diâmetro e uma longitudinal) por meio de um paquímetro digital Mitutoyo 500-144B.

Os frutos foram colocados individual e manualmente de modo contínuo pelo lado de menor abertura entre cilindros. Com um cronômetro digital mediu-se o tempo total para classificar os 90 tomates e depois foi anotado o número do tomate classificado em cada saída. O ensaio foi repetido 5 vezes.

4.2.1. Definição das Saídas de Classificação

As classes do produto são definidas em termos de tamanhos mínimos e máximos, padronizadas de acordo com considerações de mercado. Entretanto, por causa das imperfeições dos processos de classificação, algumas frações de produtos classificados podem estar fora do tamanho predefinido. A precisão da classificação de uma máquina é uma função de sua construção, ou seja, do princípio de classificação que esta utiliza (PELEG, 1985). Assim, o ajuste das aberturas é importante para obter uma classificação adequada. A classificação do equipamento foi dividida em 12 saídas, como descrito no Item 4.1, e a definição de cada classe de tamanho foi feita de acordo com os maiores valores de fração de pureza (P_g) de cada classe em cada saída para obter, assim, as maiores eficiências de classificação para cada tratamento (dois cilindros com cerdas - CC, um cilindro com cerda e outro liso - CL, e um cilindro liso e outro com helicóide - LH) nas velocidades de rotação de 50, 100, 150, 200 e 250 rpm

4.2.2. Avaliação de Classificação

Depois de definir as saídas de classificação de cada classe de tamanho dos tomates, foi feita a avaliação da classificação dos cilindros divergentes por meio dos seguintes parâmetros:

- Conformidade com a norma de classificação do tomate: 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). A mistura é a razão entre a quantidade de classes distintas da designada para a saída e a quantidade total da saída;
- A fração de pureza (P_g): definida pela Equação 1, calculada para cada classe de acordo com as saídas adotadas no Item 4.2.1.
- Eficiência de classificação (E_w): depois de definir as saídas de cada classe e considerando que todas as classes têm o mesmo grau de importância, ou seja, as frações relativas são iguais ($K_{60}=K_{70}=K_{80}=1$), a eficiência de classificação da Equação 5 fica simplificada pela Equação 6;

$$E_w = \frac{P_{g60}G_{60} + P_{g70}G_{70} + P_{g80}G_{80}}{Q} \dots\dots\dots(6)$$

onde:

E_w = eficiência de classificação;

P_{g60} , P_{g70} e P_{g80} = frações de pureza das classes 60, 70 e 80, respectivamente;

G_{60} , G_{70} e G_{80} = taxa de saída nas classes 60, 70 e 80, respectivamente, kg h^{-1} ;

Q = taxa de entrada dos frutos, kg h^{-1} ;

- Índice de Pureza (P_w): calculada pela soma das médias ponderadas de frações de pureza, sendo a ponderação feita apenas em relação à quantidade de frutos de cada classe (PELEG, 1985), pois considerou-se as frações relativas iguais ($K_{60}=K_{70}=K_{80}=1$). Como a quantidade de frutos das 3 classes é igual, a pureza fica multiplicada por 0,33 (Equação 7);

$$P_w = (P_{g60} + P_{g70} + P_{g80}) * 0,33 \dots\dots\dots(7)$$

4.2.3. Delineamento Experimental

Para avaliação da conformidade com a norma de classificação do PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA, da fração de pureza (P_g), da eficiência de classificação (E_w) e do índice de pureza (P_w) o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com esquema fatorial 5 x 3 (5 velocidades de rotação e 3 conjuntos de cilindros), totalizando 15 tratamentos, com 5 repetições ($n=5$).

4.2.4. Análise dos Resultados

A análise de variância e comparação pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) da fração de pureza (P_g), eficiência de classificação (E_w) e índice de pureza (P_w) entre tratamentos foram calculadas com o auxílio do programa Statgraphics plus 4.1.

Na avaliação da conformidade de classificação dos tomates em diâmetro, aplicou-se a mesma metodologia de Ferreira *et al.* (2005), calculando-se os limites superior e inferior de diâmetro das repetições por meio do teste t, com intervalo de confiança de 90%. Foi adotada esta confiabilidade de 90% pois de acordo com as normas do PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA (2003) o limite de tolerância para mistura de tomates pertencentes a classes diferentes, que não deve ultrapassar 0,10 ou 10% de frutos que pertençam à classe imediatamente superior e/ou inferior. Os limites médios calculados foram comparados aos limites padrões de cada classe.

Para verificar se a mistura era de classes imediatamente superior e/ou inferior, também foi aplicado o teste t (5% de nível de confiança, 5 repetições) para verificar se a mistura da classe 80 na saída de classificação 60 e a mistura de classe 60 na saída 80 eram estatisticamente nulas. Para as misturas totais (soma das misturas todas as classes) aplicou-se o teste t para verificar se eram no máximo de 0,10 (5% de nível de confiança, 5 repetições).

4.3. Etapa 2 – Qualidade dos Frutos após o Processo de Classificação

Os tomates 'Carmen' provenientes da região de Mogi Guaçu, estado de São Paulo, foram colhidos manualmente, no período da manhã e no estágio de maturação verde, segundo o PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA (2003). Em seguida, foram transportados para o Laboratório UNIMAC em caixas plásticas com o interior revestido por espuma. Os frutos foram selecionados para obter uma amostra com uniformidade em tamanho e coloração, e ausência de danos físicos. Realizou-se a lavagem e a secagem com papel toalha dos frutos, para evitar que as impurezas de campo influenciassem nos resultados de danos mecânicos. Na sequência, os tomates foram pesados e identificados.

Os tratamentos foram formados pela combinação de 3 conjuntos de cilindro (dois cilindros com cerdas - CC, um cilindro com cerda e um cilindro liso - CL, e um cilindro liso e um cilindro com helicóide - LH) e as duas velocidades de maior eficiência de classificação

(item 5.1.2.2.), comparando-os com os resultados dos frutos Controle, que não passaram pela classificadora (Tabela 2). A avaliação de danos mecânicos foi feita por meio da perda de massa e da atividade respiratória, analisando os tomates classificados pelo equipamento.

Tabela 2: Tratamentos utilizados no estudo de danos mecânicos, avaliando dois cilindros com cerdas (CC), um cilindro com cerda e um cilindro liso (CL), e um cilindro liso e um cilindro com helicóide (LH).

Tratamentos	Velocidade	
	rpm ⁽¹⁾	rad s ⁻¹
CC	50	5,24
CC	100	10,47
CL	50	5,24
CL	250	26,18
LH	150	15,71
LH	200	20,94
Controle	-	-

⁽¹⁾ = rotações por minuto

4.3.1. Perda de Massa

A perda de massa foi monitorada em 30 tomates armazenados em câmara frigorífica (2,7 m de largura, 2,8 m de comprimento e 2,7 m de altura), com temperatura controlada em $24 \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante duas semanas. A umidade relativa durante o armazenamento foi superior a 90%. Na avaliação do equipamento, os tomates foram retirados logo após a passagem entre os cilindros, para verificar os danos causados apenas pelos cilindros. A massa foi medida no dias 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 depois da aplicação dos tratamentos e utilizou-se uma balança digital (Marte balanças e aparelhos de precisão Ltda, modelo AS1000C), com capacidade máxima de 1000 g e precisão de 0,1 g. A perda de massa foi calculada pela equação 8:

$$PM_f = \left(\frac{m_i - m_f}{m_i} \right) \times 100 \dots\dots\dots(8)$$

onde:

PM_f = perda de massa no dia f, %;

m_i = massa de cada fruto no dia 0, g;

m_f = massa de cada fruto no dia f, g;

4.3.2. Atividade Respiratória

A atividade respiratória foi avaliada pela mesma metodologia utilizada por Magalhães (2007). Assim, após aplicar os tratamentos, colocou-se os tomates em frascos de vidro de 3,5 litros, fechados hermeticamente e mantidos em temperatura ambiente de $24,76 \pm 3,98^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $50,44 \pm 13,87\%$. Em cada tratamento utilizou-se 5 tomates, com massa aproximada de 1000 g. Depois de 1 hora, foi coletado 1 mL da atmosfera gasosa do frasco, com a ajuda de uma seringa hipodérmica, própria para cromatografia gasosa, por meio de um septo de silicone adaptado às tampas dos frascos. Esta amostra foi injetada no cromatógrafo a gás, para a dosagem do dióxido de carbono. A amostragem de gases foi feita a cada hora durante 4 horas.

As amostras de gases foram analisadas no cromatógrafo a gás, marca VARIAN modelo CG 3400, equipado com detector de condutividade térmica e coluna empacotada com Chromosorb 106 (60-80 mesh, 1,8m de comprimento e 3,2 mm de diâmetro interno). Como gás de arraste utilizou-se hélio (He - 460 kPa), com fluxo de 20 a 25 mL min⁻¹. As temperaturas da coluna, do injetor e do detector foram de 40, 70 e 150°C, respectivamente. A corrente utilizada foi de 138 mA, com atenuação de 8 mA. Este equipamento de análise de gases possui um detector de ionização de chama e coluna empacotada com Molisieve 5A 45/60 (80-100 mesh, 1,8 m de comprimento e 3,2 mm de diâmetro interno). As temperaturas da coluna, do injetor e do detector foram 40, 70 e 150°C, respectivamente. A pressão e o fluxo do nitrogênio (N₂ - gás de arraste), do ar sintético e do hidrogênio (H₂) foram respectivamente 280 kPa (20-25 mL min⁻¹), 550 kPa (300-350 mL min⁻¹) e 280 kPa (37-39 mL min⁻¹), utilizado para mensurar as concentrações de etileno.

Para correção de prováveis variações da resposta do detector, foram utilizadas misturas padrão de concentrações conhecidas (BONATO, 2006), de 0,00089% de gás dióxido de carbono (CO₂). A atividade respiratória foi calculada pela concentração de dióxido de carbono presente nos frascos no decorrer das 4 horas (Equações 9 e 10).

$$C_1 = \left(\frac{AP_{amostra} \times C_{padr\tilde{a}o}}{AP_{padr\tilde{a}o}} \right) \dots\dots\dots(9)$$

onde:

C_1 = concentração da amostra, mg kg⁻¹;

$A_{p_{amostra}}$ = área do pico da amostra;

$C_{padrão}$ = concentração do padrão, $mg\ kg^{-1}$;

$A_{p_{padrão}}$ = área do pico do padrão;

$$C_2 = \left(\frac{C_1 \times V}{m_p \times t \times 1000} \right) \dots\dots\dots(10)$$

onde:

C_2 = concentração da amostra, $mL\ kg^{-1}\ h^{-1}$;

C_1 = concentração da amostra, $mg\ kg^{-1}$;

V = volume do espaço livre do frasco, L;

m_p = massa de produto, kg;

t = tempo em que o frasco ficou fechado, h;

O efeito da temperatura foi removido convertendo de mililitros para miligrama os valores obtidos na produção de dióxido de carbono, por meio do fator de conversão $1,7986\ mg\ mL^{-1}$, correspondente a temperatura de $25^\circ C$ (KAYS, 1991). A atividade respiratória ($ARCO_2$) foi definida pelos valores de concentração de dióxido de carbono dentro do frasco ao decorrer das 4 horas e os resultados foram expressos em $mg\ CO_2\ kg^{-1}\ h^{-1}$.

4.3.3. Delineamento Experimental

Para avaliação dos danos mecânicos (perda de massa e atividade respiratória), o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com esquema fatorial 2×3 (duas velocidades de rotação e 3 pares de tipos de cilindros) comparado-se com o tratamento Controle, totalizando 7 tratamentos. Para avaliar a perda de massa, utilizou-se 30 tomates por tratamento. Para a atividade respiratória, as análises foram divididas em blocos de 2 tratamentos Controle e 2 tratamentos de frutos submetidos à classificação. Realizou-se 4 repetições de bloco, nos mesmos períodos da manhã e da tarde. Assim, obteve-se 24 repetições do Controle e 4 repetições de tratamentos de tomates submetidos ao sistema.

4.3.4. Análise dos Resultados

A análise de variância e a comparação pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) de médias de perda de massa e atividade respiratória entre tratamentos foram calculadas com o auxílio do programa Statgraphics plus 4.1. Para análise dos atributos de qualidade foi considerado como o melhor tratamento aquele com menor perda de massa durante os 14 dias de armazenamento e menor atividade respiratória.

4.4. Etapa 3 – Eficácia de Limpeza

Os tomates utilizados foram da cultivar 'Carmen' provenientes da região de Mogi Guaçu, estado de São Paulo. Os frutos foram selecionados para obter uma amostra com uniformidade de tamanho e impurezas, com manuseio mínimo de cada tomate. Os frutos foram submetidos à classificação utilizando 2 conjuntos de cilindros (CC e CL) e as duas velocidades de rotação de melhor eficiência de classificação (item 5.1.2.2), totalizando 4 tratamentos (Tabela 3). Em cada tratamento avaliou-se 10 tomates.

Tabela 3: Tratamentos utilizados no estudo de eficácia de limpeza, avaliando dois cilindros com cerdas (CC) e cilindro com cerdas e cilindro liso (CL).

Tratamentos	Velocidade	
	rpm ⁽¹⁾	rad s ⁻¹
CC	50	5,24
CC	100	10,47
CL	50	5,24
CL	250	26,18

⁽¹⁾ = rotações por minuto

A metodologia de eficácia de limpeza foi a mesma adotada por Magalhães (2007), a seguir descrita. Após passarem pela classificadora, cada tomate foi lavado com 500 ml de água destilada, de onde se retirou 3 amostras para a análise de turbidez. Um padrão de sujeira foi determinado por meio da análise de turbidez de 10 frutos provenientes de campo, ou seja, que não passaram pelo equipamento, seguindo o mesmo procedimento de lavagem e análise de turbidez que as amostras. Todas as análises de turbidez foram realizadas no turbidímetro de

bancada microprocessado, modelo TB 1000 da MS Tecnocon Instrumentação Científica. Os resultados foram dados em função do índice de limpeza descrito na equação 11.

$$IL_t = \left(\frac{NTU_{padrão} - NTU_{amostra}}{NTU_{padrão}} \right) \times 100 \dots\dots\dots(11)$$

onde:

IL_t = índice de limpeza no turbidímetro, %;

$NTU_{padrão}$ = valor médio do número de turbidez do padrão de sujeira;

$NTU_{amostra}$ = número de turbidez de cada amostra;

4.4.1. Delineamento Experimental

Para avaliação da eficácia de limpeza, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, comparando-se a limpeza realizada por 2 tipos de pares de cilindros (CC e CL) em duas velocidades de rotação dos cilindros, totalizando 4 tratamentos, com 3 repetições com 10 frutos em cada tratamento.

4.4.2. Análise dos Resultados

A análise de variância e a comparação de médias de índice de limpeza pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) entre tratamentos foram calculadas com o auxílio do programa Statgraphics plus 4.1.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Etapa 1 – Definição de Saídas e Avaliação de Classificação

5.1.1. Definição das Saídas de Classificação

Em geral, por causa da divergência dos cilindros, os tomates são classificados de acordo com a abertura entre estes, que vai aumentando gradativamente. Além disso, devido à variação do tipo de cilindro e da velocidade de rotação foi necessário estabelecer as saídas de cada classe antes de avaliar a qualidade da classificação.

5.1.1.1. Tratamento Cilindros com Cerdas (CC)

As saídas de classificação de cada classe (Figura 5) foram definidas de acordo com os resultados das maiores frações de pureza (P_g) (Tabela 4). Nas velocidades de rotação maiores verificou-se que as faixas de aberturas aumentaram para as classes 60 e 70, pois existe maior força longitudinal, que mantém os frutos mais tempo sobre os cilindros e, conseqüentemente, provoca seu maior deslocamento longitudinal. Assim, os tomates da classe 60 foram classificados nas saídas A e B (abertura de 46,6 a 52,8 mm) em todas as velocidades de rotação (Figura 5). Para a classe 70, a faixa de abertura foi de 52,8 a 55,9 mm para CC 50 e 100 rpm, de 52,8 a 59,0 mm para CC 150 e 200 rpm, e de 52,8 a 62,1 mm para CC 250 rpm. As saídas designadas para a classe 80 para CC 50 e 100 rpm foram D a G (abertura de 55,9 a 68,3 mm), para CC 150 rpm foram E a H (abertura de 59,0 a 71,4 mm), para CC 200 rpm foram E a I (abertura de 59,0 a 74,5 mm) e para CC 250 rpm foram F a I (abertura de 62,1 a 74,5 mm).

Tabela 4: Médias de fração de pureza (P_g) de cada classe nas saídas do equipamento e as saídas adotadas para a classificação com dois cilindros com cerdas (CC), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.

Tratamentos	Classe	Médias de fração de pureza da saída*									Saídas adotadas
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	
CC 50 rpm	60	0,95	0,53	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00			A-B
	70	0,05	0,38	0,60	0,25	0,04	0,00	0,00			C
	80	0,00	0,09	0,16	0,75	0,96	1,00	1,00			D-G
CC 100 rpm	60	1,00	0,66	0,25	0,02	0,03	0,00	0,00			A-B
	70	0,00	0,31	0,62	0,36	0,07	0,00	0,00			C
	80	0,00	0,04	0,13	0,62	0,91	1,00	1,00			D-G
CC 150 rpm	60	0,92	0,74	0,30	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00		A-B
	70	0,08	0,23	0,53	0,53	0,14	0,00	0,00	0,00		C-D
	80	0,00	0,03	0,18	0,41	0,86	1,00	1,00	1,00		E-H
CC 200 rpm	60	1,00	0,87	0,38	0,12	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	A-B
	70	0,00	0,12	0,50	0,50	0,28	0,04	0,00	0,00	0,00	C-D
	80	0,00	0,01	0,13	0,37	0,70	0,96	1,00	1,00	1,00	E-H
CC 250 rpm	60	0,95	0,78	0,41	0,16	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	A-B
	70	0,05	0,19	0,52	0,52	0,54	0,18	0,00	0,00	0,00	C-E
	80	0,00	0,04	0,07	0,32	0,41	0,82	1,00	1,00	1,00	F-I

* Maior valor de fração de pureza da saída em negrito.

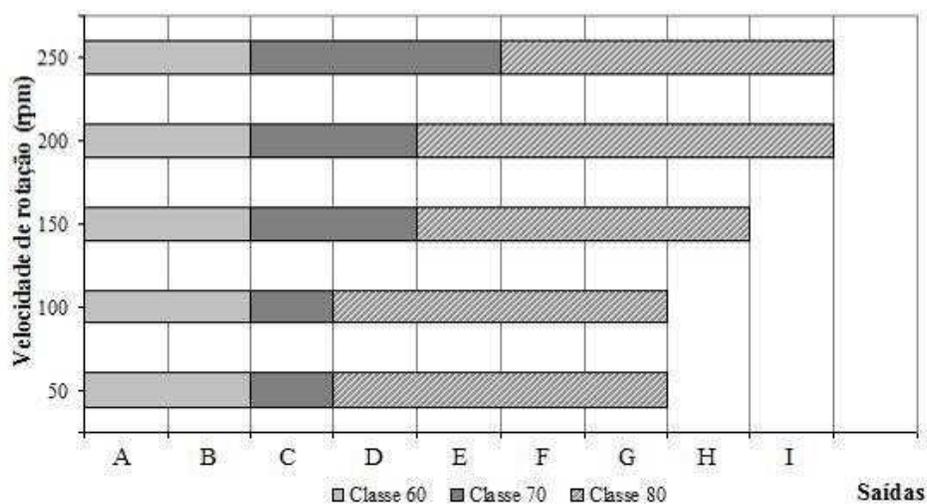


Figura 5: Saídas adotadas para cada classe de tamanho (60, 70 e 80), definidas pela maior fração de pureza na classificação do conjunto de dois cilindros com cerdas (CC), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.

5.1.1.2. Tratamento Cilindro com Cerdas e Cilindro Liso (CL)

As saídas para cada classe de tamanho (P_g) (Figura 6) foram definidas a partir das maiores frações de pureza (P_g) (Tabela 5). Para a classe 60, a faixa de abertura aumentou com a velocidade de rotação (100 a 250 rpm), enquanto a classe 70 foi classificada em 2 saídas, mas com faixas de aberturas maiores, de acordo com tratamentos (Figura 6). Assim, para a classe 60 definiu-se as saídas A e B (abertura de 46,6 a 52,8 mm) para CC 50 e 150 rpm, a saída A (abertura de 46,6 a 49,7 mm) para CC 100 rpm, e as saídas A a C (abertura de 46,6 a 55,9 mm) e A a D (abertura de 46,6 a 59,0 mm) para CC 200 rpm e CC 250 rpm, respectivamente. Para a classe 70 definiu-se as saídas C a D (abertura de 52,8 a 59,0 mm) para CC 50 e 150 rpm, as saídas B a C (abertura de 49,7 a 55,9 mm) para CC 100 rpm, e as saídas D a E (abertura de 55,9 a 62,1 mm) e E a F (abertura de 59,0 a 65,2 mm) para CC 200 rpm e CC 250 rpm, respectivamente. Para a classe 80 definiu-se as saídas E a G (abertura de 59,0 a 68,3 mm) para CC 50 e 150 rpm, as saídas D a G (abertura de 55,9 a 68,3 mm) para CC 100 rpm, e as saídas F a H (abertura de 62,1 a 71,4 mm) e G a J (abertura de 65,2 a 77,6 mm) para CC 200 rpm e CC 250 rpm, respectivamente (Figura 6).

As faixas de classificação foram maiores do tratamento CL em relação ao tratamento CC nas velocidades de 200 e 250 rpm, pois as cerdas sofrem uma pequena flexão causada pelo peso do tomate e o fruto cai em aberturas menores que nos cilindros lisos, que são rígidos. Além disso, a velocidade de rotação mais alta causa maior força longitudinal, e assim, os tomates se deslocam mais sobre o cilindro liso em relação aos cilindros com cerdas.

Tabela 5: Médias de fração de pureza (P_g) de cada classe nas saídas do equipamento e as saídas adotadas para a classificação com um cilindro com cerda e outro liso (CL), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.

Tratamentos	Classe	Médias de fração de pureza da saída*										Saídas adotadas	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
CL 50 rpm	60	1,00	0,71	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00					A-B
	70	0,00	0,29	0,75	0,72	0,29	0,00	0,00					C-D
	80	0,00	0,00	0,18	0,28	0,71	1,00	1,00					E-G
CL 100 rpm	60	0,80	0,38	0,13	0,04	0,00	0,00	0,00					A
	70	0,20	0,49	0,44	0,27	0,07	0,00	0,00					B-C
	80	0,00	0,13	0,43	0,69	0,93	1,00	1,00					D-G
CL 150 rpm	60	0,81	0,53	0,31	0,21	0,05	0,00	0,00					A-B
	70	0,17	0,37	0,37	0,42	0,43	0,14	0,00					C-D
	80	0,02	0,10	0,32	0,37	0,52	0,86	1,00					E-G
CL 200 rpm	60	0,84	0,77	0,72	0,43	0,09	0,01	0,00	0,00				A-C
	70	0,16	0,23	0,17	0,50	0,48	0,37	0,03	0,00				D-E
	80	0,00	0,00	0,11	0,07	0,43	0,62	0,97	1,00				F-H
CL 250 rpm	60	0,91	0,74	0,83	0,71	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		A-D
	70	0,05	0,26	0,12	0,27	0,55	0,54	0,12	0,00	0,00	0,00		E-F
	80	0,03	0,00	0,05	0,02	0,32	0,46	0,88	1,00	1,00	1,00		G-J

* Maior valor de fração de pureza da saída em negrito.

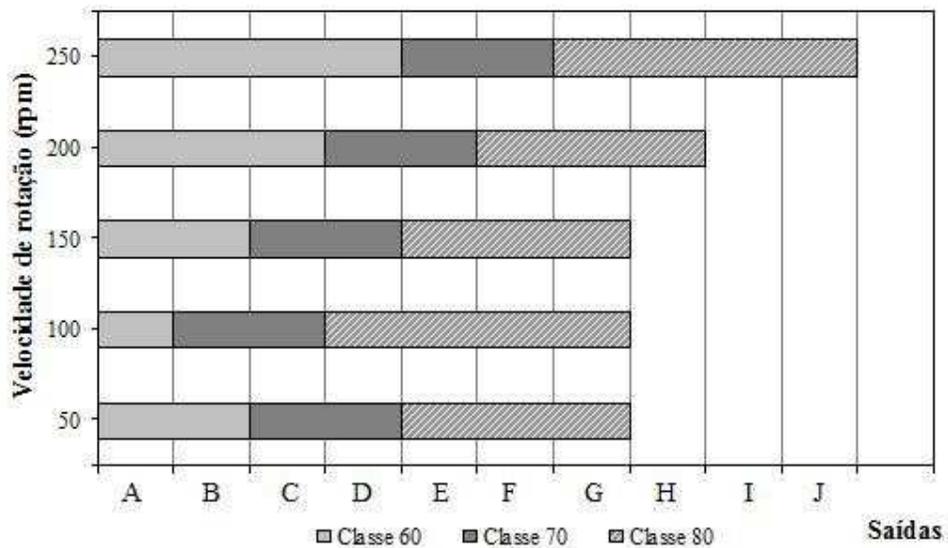


Figura 6: Saídas adotadas para cada classe de tamanho (60, 70 e 80), definidas pela maior fração de pureza na classificação do conjunto de um cilindro com cerdas e outro liso (CL), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.

5.1.1.3. Tratamento Cilindro liso e Cilindro com Helicóide (LH)

As saídas para cada classe de tamanho (Figura 7) foram definidas a partir das maiores frações de pureza (P_g) (Tabela 6). Para os tratamentos LH, a classe 60 foi designada para 3 saídas, mas com faixa de aberturas diferentes, que aumentaram com a rotação (Figura 7). Assim, a classe 60, no tratamento LH 50 e 100 rpm foi designada para as saídas B a D (abertura de 49,7 a 59,0 mm), no tratamento LH 200 e 150 rpm para as saídas D a E (abertura de 55,9 a 62,1 mm) e LH 250 rpm as saídas D a F (abertura de 55,9 a 65,2). Na classe 70 as saídas de classificação foram iguais para os tratamentos LH 50 e 100 rpm (saídas E e G, abertura de 59,0 a 68,3 mm) e para LH 150 200 rpm (saídas F a H, abertura de 62,1 a 71,4 mm). As saídas da classe 80 foram definidas iguais para LH 50 e 100 rpm (saídas H a L, abertura de 68,3 a 80,7 mm) e para LH 200 e 250 rpm (saídas I a M, abertura de 71,4 a 83,8 mm) (Figura 7).

No tratamento LH a classificação ocorria quando o fruto não tinha mais contato com os cilindros, passando pela abertura livre entre eles, sem a influência do peso. Assim, as faixas de abertura foram maiores que nos conjuntos CC e CL. Neste tratamento a força longitudinal no tomate era maior em relação aos outros tratamentos, devido à helicóide de borracha. Conseqüentemente, o movimento balístico do tomate era maior.

Tabela 6: Médias de fração de pureza (P_g) de cada classe nas saídas do equipamento e as saídas adotadas para a classificação com um cilindro liso e outro com helicóide (LH), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.

Tratamentos	Classe	Médias de fração de pureza da saída*											Saídas adotadas	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L		M
LH 50 rpm	60	0,90	0,77	0,75	0,43	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		B-D
	70	0,10	0,23	0,22	0,47	0,62	0,57	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00		E-G
	80	0,00	0,00	0,03	0,10	0,32	0,43	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00		H-L
LH 100 rpm	60	0,50	0,96	0,84	0,38	0,15	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		B-D
	70	0,50	0,04	0,16	0,56	0,62	0,55	0,32	0,04	0,00	0,00	0,00		E-G
	80	0,00	0,00	0,00	0,06	0,23	0,41	0,68	0,96	1,00	1,00	1,00		H-L
LH 150 rpm	60		1,00	0,98	0,81	0,29	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		C-E
	70		0,00	0,02	0,19	0,67	0,68	0,64	0,06	0,04	0,00	0,00		F-H
	80		0,00	0,00	0,00	0,04	0,28	0,36	0,94	0,96	1,00	1,00		I-L
LH 200 rpm	60		1,00	1,00	0,96	0,43	0,08	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00		C-E
	70		0,00	0,00	0,04	0,57	0,77	0,66	0,31	0,04	0,02	0,00		F-H
	80		0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,32	0,69	0,96	0,98	1,00		I-M
LH 250 rpm	60			1,00	0,92	0,70	0,37	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00		D-F
	70			0,00	0,08	0,29	0,63	0,76	0,42	0,26	0,00	0,00		G-H
	80			0,00	0,00	0,01	0,00	0,17	0,58	0,74	1,00	1,00		I-M

* Maior valor de fração de pureza da saída em negrito.

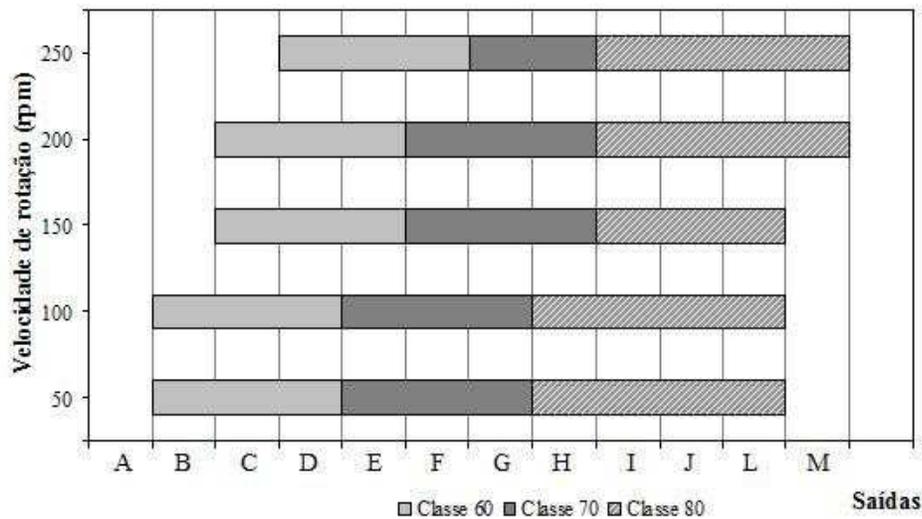


Figura 7: Saídas adotadas para cada classe de tamanho (60, 70 e 80), definidas pela maior fração de pureza na classificação do conjunto de um cilindro liso e outro com helicóide (LH), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.

5.1.2. Avaliação de Classificação

5.1.2.1. Conformidade com a Norma Brasileira

Após estabelecer as saídas de classificação do equipamento para cada tratamento (item 5.1.1), analisou-se a conformidade com a norma do PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA AGRICULTURA (2003). Assim, pelo teste t ($p < 0,10$) foram calculados os limites de diâmetro das amostras classificadas e comparou-se a média das 5 repetições com os limites padrões de cada classe (classe 60: diâmetro de 60 a 70 mm; classe 70: diâmetro de 70 a 80 mm; e classe 80: diâmetro de 80 a 90 mm), seguindo a metodologia de Ferreira *et al.* (2005). A norma também estabelece uma mistura no máximo de 0,10 ou 10% de classes imediatamente superior e/ou inferior no mesmo lote. Portanto, aplicou-se o teste t ($p < 0,05$), para verificar se a mistura das amostras classificadas era de no máximo 0,10 ou 10% e se a mistura da classe 80 na saída 60 e a mistura da classe 60 na saída 80 eram estatisticamente iguais a zero.

5.1.2.1.1. Tratamento Cilindros com Cerdas (CC)

Verificou-se que para as classes 60 e 70 o intervalo das amostras estava contido no intervalo padrão em todas as velocidades de rotação do tratamento CC, atendendo a norma em relação ao tamanho (Figura 8). Na classe 80 a classificação de tamanho esteve de acordo com a norma nos tratamentos CC 50, 150 e 250 rpm. Nos tratamentos CC 100 e 200 rpm, o limite inferior do intervalo da amostra na classe 80 estava em desacordo com a norma, sendo menor que o diâmetro permitido. Nota-se que os limites do intervalo médio de diâmetro da classe 60 diminuíram com o aumento da velocidade de rotação de 50 para 200 rpm. Nas classes 70 e 80 o intervalo foi variável em relação à velocidade de rotação dos cilindros com cerdas (Figura 8).

Em relação à mistura de classes, estiveram em acordo com a norma, para a classe 60, somente o tratamento CC 200 rpm, e para a classe 80 os tratamentos CC 50, 150 a 250 rpm, apresentando mistura estatisticamente igual a 0,10, de classes imediatamente superior e/ou inferior (Tabela 7). Em todos os tratamentos a mistura na classe 70 foi superior ao permitido. Na saída de classificação da classe 70 a mistura de classes variou com a velocidade de rotação, notando-se que mistura da classe 60 em média foi 31% maior em relação a mistura da classe

80. Na saída de classificação da classe 80 houve mistura da classe 70, que oscilou de 0,10 a 0,22 de acordo com a velocidade.

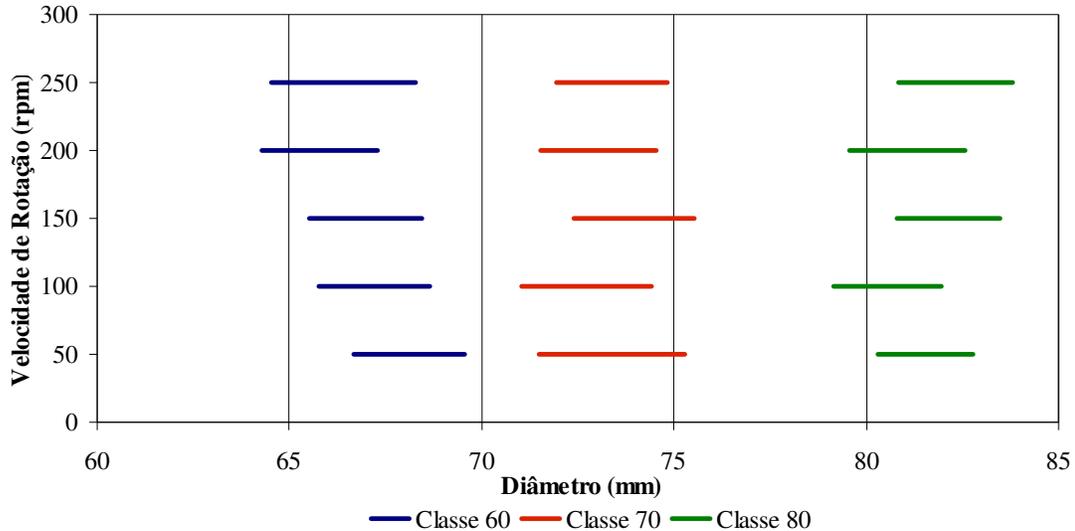


Figura 8: Intervalo médio de diâmetro das classes 60, 70 e 80 calculado pelo teste t ($p < 0,10$), obtidos na classificação de tomates pelo conjunto de dois cilindros com cerdas (CC), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm. Classe 60: diâmetro padrão de 60 a 70 mm; classe 70: diâmetro padrão de 70 a 80 mm; e classe 80: diâmetro padrão de 80 a 90 mm.

Tabela 7: Valores médios de mistura de outras classes (M. “Classe”) nas saídas de cada classe, obtidas na classificação de tomates pelo conjunto de dois cilindros com cerdas (CC), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.

Tratamentos	Saída de Classificação								
	Classe 60			Classe 70			Classe 80		
	M. 70	M. 80	M. total	M. 60	M. 80	M. total	M. 60	M. 70	M. total
CC 50 rpm	0,27	0,06	0,33	0,24	0,16	0,40	0,00*	0,15	0,15 [♦]
CC 100 rpm	0,22	0,03*	0,24	0,25	0,13	0,38	0,02*	0,22	0,24
CC 150 rpm	0,18	0,02*	0,21	0,22	0,25	0,47	0,00*	0,10	0,10 [♦]
CC 200 rpm	0,10	0,01*	0,11 [♦]	0,30	0,21	0,50	0,02*	0,19	0,20
CC 250 rpm	0,16	0,03*	0,18	0,30	0,25	0,55	0,00*	0,10	0,10 [♦]
Média	0,19	0,03	0,21	0,26	0,20	0,46	0,01	0,15	0,16

* Valor estatisticamente igual a zero pelo teste t ($p > 0,05$).

[♦] Valor estatisticamente igual a 0,10 pelo teste t ($p > 0,05$).

A fração de pureza (P_g) da classificação da classe 60 no tratamento CC 50 rpm foi de 0,67, que foi estatisticamente menor que os outros tratamentos ($p < 0,05$) (Tabela 8). Verificou-se que houve um aumento de 32,8% da P_g da classe 60 quando se aumentou a velocidade de rotação de 50 a 200 rpm. Para a classe 70, ocorreu um decréscimo da fração de pureza quando se aumentou a rotação de 100 para 200 rpm, com redução de 19,3%. Portanto, o aumento da velocidade de rotação fez com que mais frutos de outros tamanhos fossem classificados na saída da classe 70, causando a redução de sua fração de pureza. Na classe 80, a fração de pureza nas velocidades de rotação 150 e 250 rpm foi 18,4% maior que a 100 rpm. (Tabela 8). Na classe 80, existiu uma oscilação de valores de frações de pureza em função da velocidade de rotação.

Comparando-se as frações de pureza entre cada classe, os maiores valores obtidos foram nas classes 60 (CC 200 rpm) e 80 (CC 50, 150 e 200 rpm). No tratamento CC 100 rpm as classes 60 e 80 foram estatisticamente superiores que a classe 70, que também apresentou as menores frações de pureza nos tratamentos CC 150, 200 e 250 rpm. No tratamento CC 50, as classes 60 e 70 apresentaram a mesma fração de pureza (Tabela 8).

Tabela 8: Valores médios de fração de pureza (P_g) nas saídas de cada classe, obtidos na classificação de tomates pelo conjunto de dois cilindros com cerdas (CC), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm*.

Tratamentos	Classe		
	60	70	80
CC 50 rpm	0,67 cB	0,60 abB	0,85 abA
CC 100 rpm	0,76 bcA	0,62 aB	0,76 bA
CC 150 rpm	0,79 bB	0,53 bcC	0,90 aA
CC 200 rpm	0,89 aA	0,50 cC	0,80 bB
CC 250 rpm	0,82 abB	0,45 cC	0,90 aA
Média	0,79	0,54	0,84

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.

5.1.2.1.2. Tratamento Cilindro com Cerdas e Cilindro Liso (CL)

O tratamento cilindro com cerda e cilindro liso (CL) realizou a classificação das classes 60 e 70 em acordo com o intervalo de diâmetro padrão em todas as velocidades de rotação (Figura 9). Na classe 80 a classificação esteve de acordo com a norma nos tratamentos CL 50 e 250 rpm. Nos tratamentos CL 100, 150 e 200 rpm, o limite inferior do intervalo da amostra na classe 80 estava em desacordo com a norma, sendo menor que o permitido. Observou-se que os limites do intervalo médio de diâmetro da classe 60 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. Nas classes 70 e 80 os limites dos intervalos aumentaram quando se variou a velocidade de rotação de 150 pra 250 rpm (Figura 9).

A mistura de classes esteve em acordo com a norma na classificação da classe 60 dentro do tratamento CL 50 e 100 rpm, e para a classe 80 nas velocidades de rotação de 100 e 250 rpm, mistura de outras classes foi de 0,10, de classes imediatamente superior e/ou inferior (Tabela 9). Na classe 70 todos os tratamentos estavam em desacordo com a norma, pois apresentaram mistura superior a 0,10. Na classe 60, o tratamento CL 50 rpm obteve a menor mistura da classe 70, mas este valor aumentou quando se variou a velocidade para 150 rpm. Na saída de classificação 70, a maior fração de pureza foi a 50 rpm, com a menor mistura da classe 80, em relação à mistura nas outras velocidades de rotação. Na classificação da classe 70, a mistura da classe 80 foi 84% maior que a mistura da classe 60. Na saída de classificação da classe 80, a maior fração de pureza obtida foi a 250 rpm, onde houve a menor mistura da classe 70.

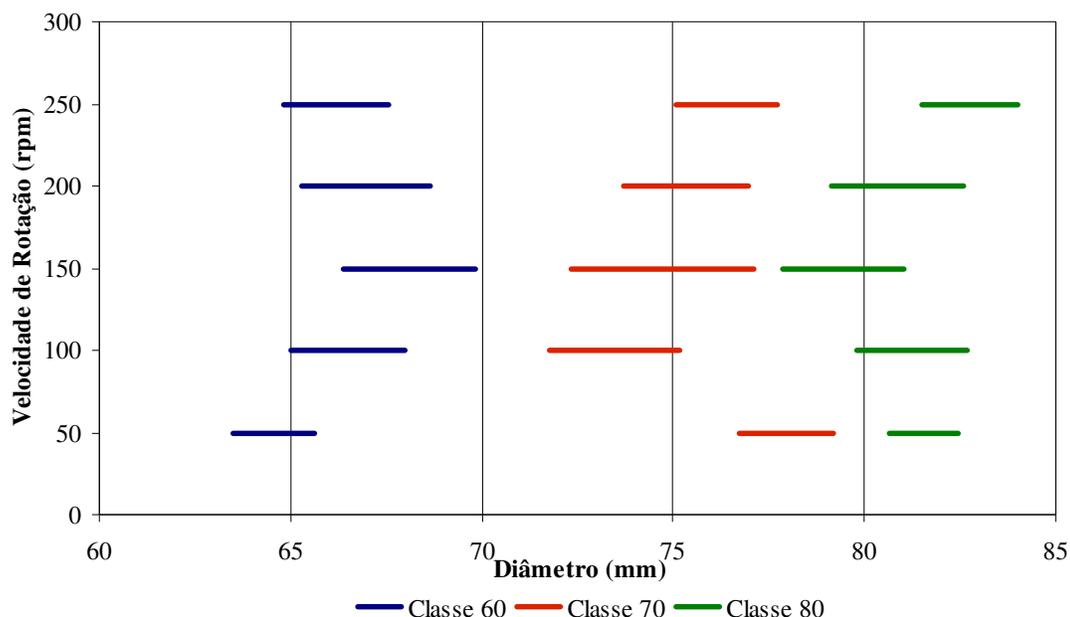


Figura 9: Intervalo médio de diâmetro das classes 60, 70 e 80 calculado pelo teste t ($p < 0,10$), obtidos pela classificação de tomates pelo conjunto de um cilindro com cerda e um cilindro liso (CL), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm. Classe 60: diâmetro padrão de 60 a 70 mm; classe 70: diâmetro padrão de 70 a 80 mm; e classe 80: diâmetro padrão de 80 a 90 mm.

Tabela 9: Valores médios de mistura de outras classes (M. “Classe”) nas saídas de cada classe, obtidas na classificação de tomates pelo conjunto de um cilindro com cerda e um cilindro liso (CL), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.

Tratamentos	Saída de Classificação								
	Classe 60			Classe 70			Classe 80		
	M. 70	M. 80	M. total	M. 60	M. 80	M. total	M. 60	M. 70	M. total
CL 50 rpm	0,10	0,00*	0,10 [♦]	0,02	0,25	0,28	0,00*	0,24	0,24
CL 100 rpm	0,20	0,00*	0,20 [♦]	0,28	0,25	0,53	0,02*	0,17	0,19 [♦]
CL 150 rpm	0,28	0,06	0,35	0,27	0,36	0,63	0,04*	0,35	0,39
CL 200 rpm	0,19	0,05	0,24	0,19	0,35	0,54	0,01*	0,25	0,26
CL 250 rpm	0,15	0,02*	0,18	0,10	0,37	0,47	0,00*	0,08	0,08 [♦]
Média	0,19	0,03	0,21	0,17	0,32	0,49	0,01	0,22	0,23

* Valor estatisticamente igual a zero pelo teste t ($p > 0,05$).

♦ Valor estatisticamente igual a 0,10 pelo teste t ($p > 0,05$).

A fração de pureza (P_g) do tratamento CL 50 rpm foi 38,5% maior que o valor de CL 150 rpm (Tabela 10). Para a classe 70, o tratamento CL 50 rpm obteve valor 54,8% maior que os tratamentos CL 100 e 200 rpm, e em relação ao tratamento CL 150 rpm, a diferença foi de 94,6%. Na classe 80, o tratamento CL 250 rpm apresentou a maior fração de pureza ($P_g = 0,92$), sendo 51% maior que o tratamento CL 150 rpm. Observou-se uma tendência da fração de pureza de todas as classes serem maior nos extremos de velocidade de rotação (50 e 250 rpm) e menor para a velocidade intermediária (150 rpm), semelhante a uma função parabólica.

Comparando-se as frações de pureza entre cada classe, para a classe 60 o tratamento CL 50 rpm foi estatisticamente superior aos outros tratamentos, e o menor valor foi obtido pelo tratamento CL 150 rpm. Constatou-se que nas classes 60 e 80 houve a mesma fração de pureza nos tratamentos CL 100, 150 e 200 rpm (Tabela 10). O maior valor no tratamento CL 50 rpm foi da classe 60, e no tratamento CL 250 rpm foi para a classe 80. Os maiores valores obtidos foram nas classes 60 (CC 200 rpm) e 80 (CC 50, 150 e 200 rpm). A classe 70 obteve estatisticamente o menor valor nos tratamentos CL 100, 150 200 e 250 rpm.

Tabela 10: Valores médios de fração de pureza (P_g) nas saídas de cada classe, obtidas na classificação de tomates pelo conjunto de um cilindro com cerda e um cilindro liso (CL), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm*.

Tratamentos	Classe		
	60	70	80
CL 50 rpm	0,90 aA	0,72 aB	0,76 bB
CL 100 rpm	0,80 abA	0,47 cB	0,81 abA
CL 150 rpm	0,65 cA	0,37 dB	0,61 cA
CL 200 rpm	0,76 bcA	0,46 cB	0,74 bA
CL 250 rpm	0,82 abB	0,53 bC	0,92 aA
Média	0,79	0,51	0,77

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.

5.1.2.1.3. Tratamento Cilindro Liso e Cilindro com Helicóide (LH)

Para todas as classes, o tratamento LH em todas as velocidades de rotação atendeu a norma em relação ao intervalo de classe, pois as amostras estavam contidas no intervalo padrão (Figura 10). Neste tratamento a classe 80 esteve dentro dos limites padrões em todas as velocidades de rotação, o que não ocorreu nos outros tratamentos. 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 (Figura 10).

A classe 60 esteve em conformidade com a mistura permitida pela norma na classificação dos tratamentos LH 100, 150 e 200 rpm, enquanto na classe 80 houve conformidade para 50, 100, 150 e 250 rpm, pois apresentaram estatisticamente (teste t, nível de confiança de 95%) mistura de no máximo 0,10 de classes imediatamente superior e/ou inferior (Tabela 11). A classe 60 apresentou mistura apenas praticamente da classe 70, com média total de 0,15. Em todos os tratamentos a classe 70 apresentou valores de mistura de classes maiores que o permitido pela norma, com média de 0,43, sendo que a mistura da classe 60 foi 9% menor que a mistura da classe 80. Na classificação da classe 80, a mistura foi composta apenas pela classe 70, e nas velocidades de rotação de 50 e 150 ocorreram os menores valores de mistura.

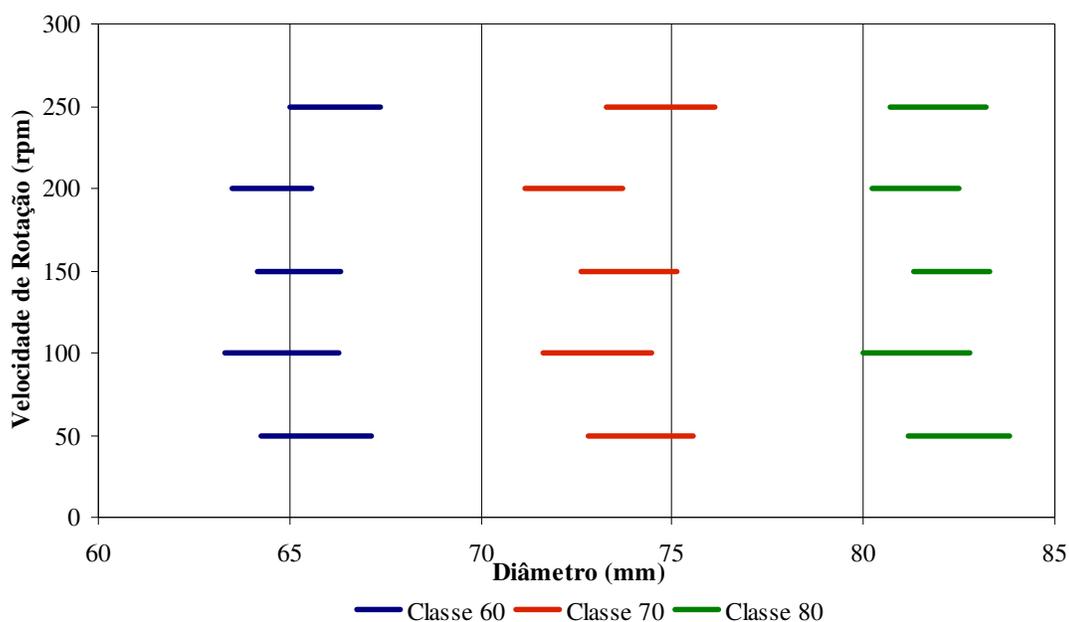


Figura 10: Intervalo médio de diâmetro das classes 60, 70 e 80, obtidos na classificação de tomates pelo conjunto de um cilindro liso e outro com helicóide (LH), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm. Classe 60: diâmetro padrão de 60 a 70 mm; classe 70: diâmetro padrão de 70 a 80 mm; e classe 80: diâmetro padrão de 80 a 90 mm.

Tabela 11: Valores médios de mistura de outras classes nas saídas de cada classe, obtidos na classificação de tomates pelo conjunto de um cilindro liso e outro com helicóide (LH), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.

Tratamentos	Saída de Classificação								
	Classe 60			Classe 70			Classe 80		
	M. 70	M. 80	M. total	M. 60	M. 80	M. total	M. 60	M. 70	M. total
LH 50 rpm	0,20	0,02*	0,22	0,22	0,28	0,50	0,00*	0,06	0,06 [♦]
LH 100 rpm	0,14	0,00*	0,14 [♦]	0,29	0,24	0,53	0,00*	0,16	0,16 [♦]
LH 150 rpm	0,13	0,00*	0,13 [♦]	0,15	0,20	0,35	0,00*	0,06	0,06 [♦]
LH 200 rpm	0,04	0,00*	0,04*	0,22	0,13	0,35	0,00*	0,16	0,16
LH 250 rpm	0,21	0,01*	0,21	0,12	0,28	0,40	0,00*	0,11	0,11 [♦]
Média	0,14	0,00	0,15	0,20	0,22	0,43	0,00	0,11	0,11

* Valor estatisticamente igual a zero pelo teste t ($p > 0,05$).

[♦] Valor estatisticamente igual a 0,10 pelo teste t ($p > 0,05$).

Em relação à velocidade de rotação, a fração de pureza na classe 60 foi maior no tratamento LH 200 rpm ($P_g = 0,96$) (Tabela 12). Notou-se que a fração de pureza da classe 60 aumentou quando houve o acréscimo da velocidade de rotação de 50 a 200 rpm. Para a classe 70 também houve aumento da fração de pureza (P_g) quando se variou a velocidade de 100 para 150 rpm, observando-se que os tratamentos LH 150 e 200 rpm foram 38% maiores que a 100 rpm. Para a classe 80 verificou-se que houve uma oscilação dos valores de fração de pureza em função da velocidade de rotação, onde os maiores valores foram obtidos nas velocidades de rotação 50 e 150 rpm, enquanto os menores foram obtidos para 100 e 200 rpm.

Comparando-se as frações de pureza (P_g) entre cada classe, constou-se que nas classes 60 e 80 houve a mesma fração de pureza nos tratamentos LH 100 e 150 rpm (Tabela 12). O maior valor no tratamento LH 200 rpm foi da classe 60, e nos tratamentos CL 50 e 250 rpm foi para a classe 80. A classe 70 obteve estatisticamente o menor valor em todas as velocidades de rotação. Em média, a fração de pureza da classe 70 foi 33% menor que a classe 60, e 36% menor que a classe 80. A classe 70 foi utilizada como tamanho intermediário, assim, houve maior mistura de outras classes, em todos os conjuntos avaliados.

Tabela 12: Valores médios de fração de pureza (P_g) nas saídas de cada classe, obtidos na classificação de tomates pelo conjunto de um cilindro liso e outro com helicóide (LH), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm*.

Tratamentos	Classe		
	60	70	80
LH 50 rpm	0,78 bB	0,50 bC	0,94 aA
LH 100 rpm	0,86 abA	0,47 bB	0,84 bA
LH 150 rpm	0,87 abA	0,65 aB	0,94 aA
LH 200 rpm	0,96 aA	0,65 aC	0,84 bB
LH 250 rpm	0,79 bB	0,60 aC	0,89 abA
Média	0,85	0,57	0,89

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.

Butler, Bernet e Manrique (2005) avaliaram uma máquina de classificação por tamanho de batatas, que utilizava um princípio semelhante à classificação dos cilindros divergentes, porém empregava 10 cilindros cônicos de 2,67 m de comprimento e diâmetro variando de 300 mm a 92 mm, feitos de madeira, sem revestimento externo e montados em

barras com eixos paralelos. Neste sistema, a fração de pureza média entre classes encontrada na classificação de batatas variou de 75 a 80% de acordo com a variedade. No sistema de cilindros divergentes testado, a variação da fração de pureza média entre classes foi para o tratamento CC de 70 a 74%, no tratamento CL de 54 a 80% e para LH de 72 a 82%.

Sargent *et al.* (1991) avaliou a classificação de 3 variedades de tomate por lonas perfuradas e encontrou valores de mistura acima de 10% para a menor classe analisada (diâmetro de 57 a 65 mm) em apenas uma cultivar. Nas outras classes maiores a mistura foi menor que 10%, em acordo com os padrões de classificação vigentes no estado da Flórida, Estados Unidos. Em uma avaliação de um equipamento mecânico de lonas perfuradas de classificação de tomates, Ferrari (2006) verificou que a mistura não apresentou conformidade com a norma em nenhuma classe de tamanho, em duas safras de colheita. A classificação com o sistema mecânico com cilindros divergentes testada apresentou conformidade de mistura, para a classe 60, nos tratamentos CC (200 rpm), CL (50 e 100 rpm), LH (100, 150 e 200 rpm) e para a classe 80, para os tratamentos CC (50, 150 e 250 rpm), CL (100 e 250 rpm), LH (50, 100, 150 e 250 rpm). Em todos estes tratamentos a mistura de classes foi apenas mistura de classes imediatamente superiores e/ou inferiores no mesmo lote, de acordo com a norma. Para a classe 70 todos os tratamentos apresentaram mistura acima do permitido pela norma.

Ferreira *et al.* (2005) constataram que apenas um galpão de beneficiamento, que utilizava equipamento de aferição por peso, classificava os tomates dentro dos intervalos padrões de diâmetro. Em outro galpão todas as classes estavam sendo classificadas em intervalos menores que os padrões, indicando os tomates eram vendidos de forma supervalorizada. Pela mesma metodologia proposta por Ferreira *et al.* (2005) de comparação com limites padrões, em todos os tratamentos o equipamento de cilindros divergentes testado classificou os tomates dentro dos intervalos padrões das classes 60 e 70, admitindo-se tolerância de mistura de 10%, conforme a norma do PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA (2003). Para a classe 80, a classificação dos tratamentos CC (50, 100 e 250 rpm), CL (50 e 250 rpm) e LH (todas as velocidades de rotação) enquadravam-se na norma de intervalo padrão de diâmetro. Assim, verificou-se que existe um grande potencial dos cilindros divergentes testados para a classificação de tomates 'Carmen', para os conjuntos de cilindros testados. Contudo, é necessário realizar ajustes para classificar os frutos da classe 70 de modo a reduzir a mistura de outras classes.

5.1.2.2. Eficiência de Classificação (E_w)

A eficiência de classificação (PELEG, 1985) avalia o equipamento, considerando seu desempenho na classificação de todas as classes de tamanho. Este índice de qualidade de classificação representa a diferença nas precisões de classificação das diferentes classes em relação à sua quantidade relativa de matéria-prima e seu valor relativo, assim como a taxa de entrada de matéria-prima no sistema de classificação. Quando os frutos são enviados às saídas não apropriadas ao seu tamanho, a eficiência de classificação é reduzida.

Verificou-se que para o tratamento CC, a eficiência de classificação foi maior para a velocidade de rotação de 50, 100 e 150 rpm, e se reduziu nas velocidades superiores a estas (Figura 11). Assim, a eficiência a 100 rpm foi 18% maior que a 250 rpm. A classificação por meio do tratamento CL obteve a maior eficiência de classificação na velocidade de 50 rpm, apresentando valor aproximado de 78%, sendo 43% superior que a 150 rpm. Para o tratamento LH, os melhores resultados foram para as velocidades de rotação de 150 e 200 rpm, com eficiências de classificação de 80 e 78%, respectivamente. Estes valores foram 24% superiores que a 100 rpm.

Comparando os tratamentos de cilindros entre si, conclui-se que nas velocidades de rotação de 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 (Figura 11). Para a rotação de 100 rpm, não houve diferença estatística de eficiência de classificação entre os tratamentos e para 50 rpm, o tratamento CL apresentou melhor desempenho, sendo 17% maior que o tratamento LH.

Assim, para as avaliações de qualidade (Item 5.2) foram escolhidos os tratamentos CC 50 e 100 rpm, CL 50 e 250 rpm e LH 150 e 200 rpm, que obtiveram as maiores eficiências de classificação para cada tratamento. Para avaliar a eficácia de limpeza (Item 5.3) seguiu-se estes mesmos critérios, escolhendo os tratamentos CC 50 e 100 rpm e CL 50 e 250 rpm.

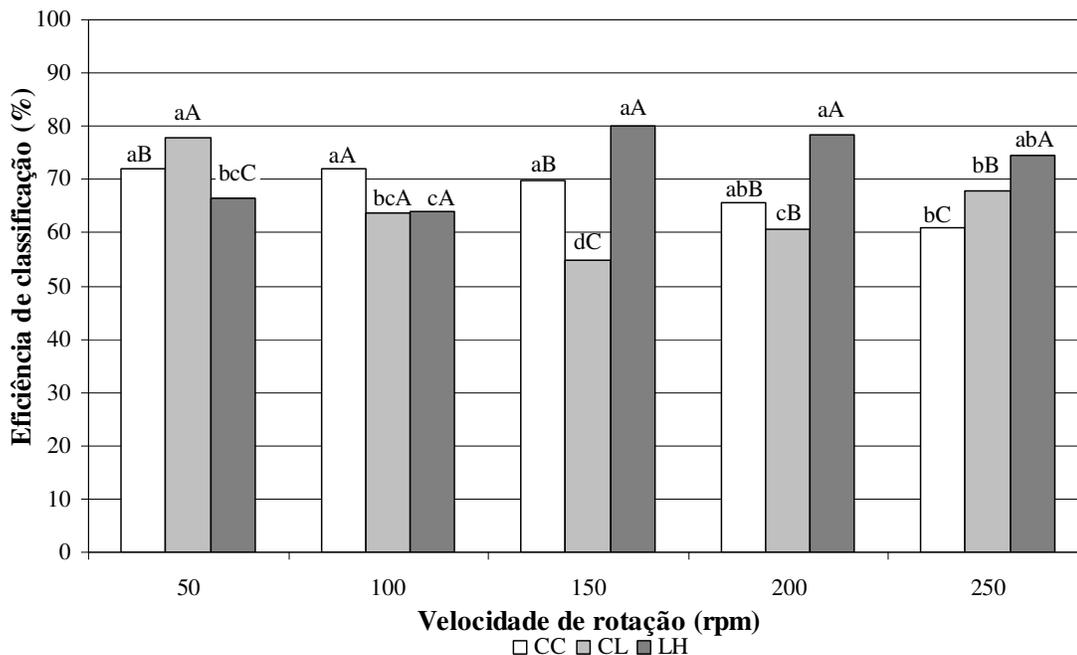


Figura 11: Valores médios de eficiência de classificação (E_w), obtidos pela classificação de tomates submetidos aos conjuntos de dois cilindros com cerdas (CC), um cilindro com cerda e um cilindro liso (CL), e um cilindro liso e um cilindro com helicóide (LH), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm. Mesma letra minúscula não há diferença entre velocidades de rotações, mesma letra maiúscula não há diferença entre conjunto de cilindros, teste de Tukey, $p < 0,05$.

Para que o sistema obtenha uma boa eficiência de classificação por tamanho é preciso que o tomate gire em torno de seu eixo longitudinal. Assim, a classificação seria feita pelo diâmetro equatorial do fruto, que passaria através da abertura entre os cilindros. Caso contrário, a classificação será feita de acordo com uma dimensão aleatória. No caso dos cilindros com cerdas (tratamentos CC e CL), verificou-se que em todas as velocidades de rotação, a maioria dos frutos girava em torno de um eixo equatorial (Figura 12). Este fato provocava a classificação pela altura de alguns tomates e reduzia a eficiência de classificação. Throop *et al.* (2001) observou em sistema comercial de transporte bicone, o qual posiciona frutas para classificação, que havia um alinhamento do eixo de giro perpendicular ao diâmetro equatorial nas maçãs com a dimensão da altura próxima ou maior ao diâmetro máximo, ou seja, em frutos de tendência a ter formato oblongo. Estes autores, 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. Isto explica o que ocorreu na classificação com os cilindros com cerdas, pois os tomates ‘Carmen’ têm formato redondo e seu maior eixo é o diâmetro equatorial. A rotação ocorre, pois existem duas forças em diferentes lados e em direções opostas. Nos conjuntos CC e CL o produto girou no estado de menor energia (Figura 13A), mantendo seu centro de gravidade mais baixo. 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 (Figura 13B), provocando o alinhamento perpendicular ao diâmetro dos frutos, resultando nas maiores eficiências de classificação nas velocidades de rotação acima de 150 rpm. Para este tratamento, a helicóide de borracha aplicou a força necessária para causar o posicionamento correto aos tomates, o que não ocorreu nos tratamentos CC e CL.

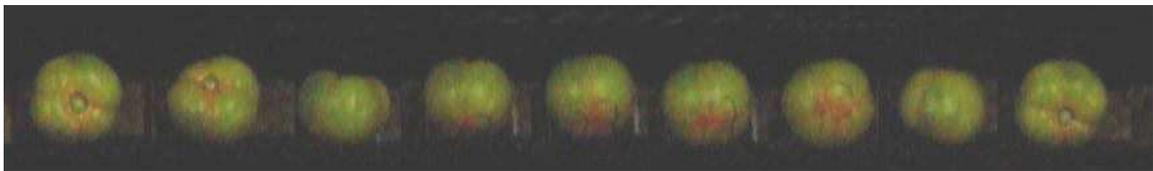


Figura 12: Exemplo de movimentação de um tomate em torno do seu eixo equatorial sobre os dois cilindros com cerdas (CC), onde se observa o giro de 360° da inserção do pedúnculo floral.

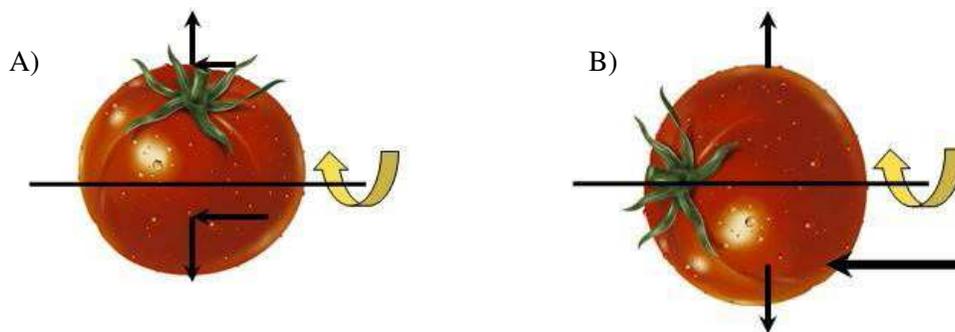


Figura 13: Forças atuantes no tomate. A) Movimentação sobre dois cilindros com cerdas (CC) e um cilindro com cerda e outro liso (CL); B) Movimentação sobre um cilindro liso e outro com helicóide (LH).

5.1.2.3. Índice de Pureza (P_w)

O índice de pureza de classificação (P_w) indica como o equipamento realizou a classificação, considerando a quantidade relativa de cada calibre no material que será classificado e a fração de pureza (P_g) das saídas de classificação. A pureza não considera a taxa de classificação, como ocorre na eficiência de classificação (E_w). Contudo, é um parâmetro que também indica como a classificação está sendo realizada. A pureza de classificação de tomates, calculada pela equação 2 (item 4.2), foi influenciada pela velocidade de rotação. Por meio da análise de variância e teste de média de Tukey, observou diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos (Figura 14). Para o tratamento CC, a pureza da classificação se manteve constante em relação à velocidade de rotação, com valores em torno de 72%. Para o tratamento CL, os maiores valores de pureza de classificação foram de 79,6 e 75,6% (para 50 e 100 rpm, respectivamente) e o menor valor foi de 54,4%, para 150 rpm. Assim, observou-se que a pureza no tratamento CL teve um comportamento de função parabólica em relação à velocidade de rotação (Figura 14). No tratamento LH houve um aumento da pureza de 72,3 para 82,2% quando se variou a velocidade de 100 para 150 rpm. Para 50 e 250 rpm, não houve diferença estatística significativa de pureza em relação a 100 rpm. Nas velocidades de rotação de 150 e 200 rpm obteve-se as maiores purezas de classificação com valores médios de 82,4 e 81,8%, respectivamente.

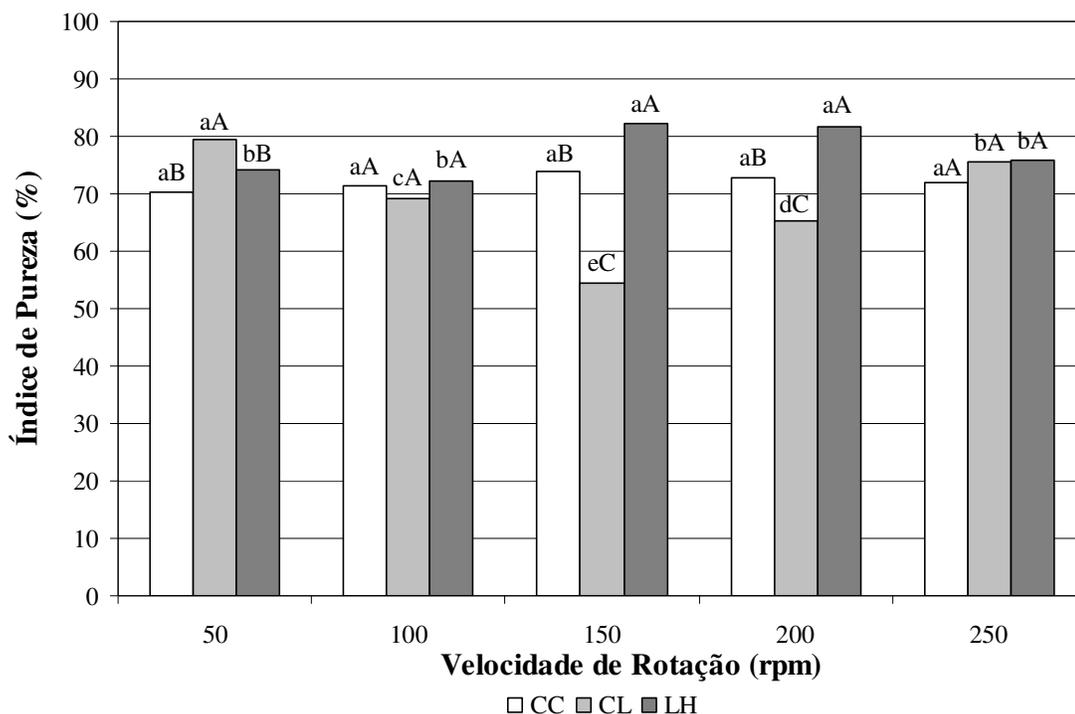


Figura 14: Valores médios de índice de pureza (P_w) de classificação, obtidos pela classificação de tomates submetidos aos conjuntos de dois cilindros com cerdas (CC), um cilindro com cerda e um cilindro liso (CL), e um cilindro liso e um cilindro com helicóide (LH), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm. Mesma letra minúscula não há diferença entre velocidades de rotações, mesma letra maiúscula não há diferença entre conjunto de cilindros, teste de Tukey, $p < 0,05$.

5.1.2.4. Relação entre Abertura e Tamanho do Tomate

A relação entre o diâmetro equatorial dos tomates e a abertura média por onde o fruto se classificou foi calculada, pois a equação ajustada seria útil para adequar o sistema de cilindros divergentes para classificar outras classes de tamanho. A abertura média foi dada pela média entre o maior e menor valor de abertura da saída. Todos os coeficientes de correlação (R^2) foram próximos de 100%, com exceção do tratamento CL a 50 rpm, que obteve valor de 85,8% (Tabela 13). O coeficiente de inclinação da equação ajustada que apresenta valores próximos a 1,00 indicam que a abertura média e o diâmetro do tomate são iguais. Para os coeficientes de inclinação menores que 1,00, indicam que o tomates é classificado em uma abertura maior que seu diâmetro. No tratamento CC, o coeficiente de

inclinação diminuiu com o aumento da velocidade de rotação, confirmando que a rotação causa maior deslocamento dos frutos sobre os cilindros com cerdas.

No caso dos tratamentos CC e CL, nas velocidades de 50 e 100 rpm, a classificação foi realizada em aberturas médias menores que o diâmetro dos tomates (coeficiente de inclinação maior que 1,00) (Tabela 13). A flexibilidade das cerdas teve influência na classificação dos tomates nesses tratamentos, pois devido ao peso do fruto ocorre uma pequena flexão das cerdas e a classificação ocorre em aberturas menores que o diâmetro do fruto. Nas velocidades de rotação maiores, este efeito é reduzido pela maior força de deslocamento longitudinal.

Tabela 13: Equação ajustada entre a abertura média da saída ($A_{média}$) e o diâmetro do tomate (D_{tomate}), coeficiente de correlação (R^2) na classificação dos conjuntos de dois cilindros com cerdas (CC), um cilindro com cerda e um cilindro liso (CL), e um cilindro liso e um cilindro com helicóide (LH), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.

Tratamentos	Equação de reta ajustada	R^2
CC 50 rpm	$D_{tomate} = 1,08 \cdot A_{média} + 14,63$	99,96
CC 100 rpm	$D_{tomate} = 1,07 \cdot A_{média} + 14,34$	99,82
CC 150 rpm	$D_{tomate} = 0,97 \cdot A_{média} + 19,16$	99,50
CC 200 rpm	$D_{tomate} = 0,98 \cdot A_{média} + 17,73$	99,29
CC 250 rpm	$D_{tomate} = 0,85 \cdot A_{média} + 24,10$	99,94
CL 50 rpm	$D_{tomate} = 1,19 \cdot A_{média} + 7,83$	85,81
CL 100 rpm	$D_{tomate} = 1,03 \cdot A_{média} + 17,95$	97,55
CL 150 rpm	$D_{tomate} = 0,81 \cdot A_{média} + 28,66$	97,51
CL 200 rpm	$D_{tomate} = 0,90 \cdot A_{média} + 21,44$	98,63
CL 250 rpm	$D_{tomate} = 0,89 \cdot A_{média} + 19,75$	98,23
LH 50 rpm	$D_{tomate} = 0,83 \cdot A_{média} + 20,70$	99,76
LH 100 rpm	$D_{tomate} = 0,82 \cdot A_{média} + 20,28$	99,83
LH 150 rpm	$D_{tomate} = 0,92 \cdot A_{média} + 12,60$	100,00
LH 200 rpm	$D_{tomate} = 0,84 \cdot A_{média} + 16,59$	99,99
LH 250 rpm	$D_{tomate} = 1,00 \cdot A_{média} + 5,16$	97,44

5.2. Etapa 2 – Qualidade dos Frutos após o Processo de Classificação

5.2.1. Perda de Massa

A perda de massa dos frutos foi crescente com o tempo de armazenamento, sendo que os frutos do tratamento LH a 150 rpm apresentaram os menores valores médios durante o armazenamento, com perda de massa que variou de 1,41 a 5,93% do segundo ao décimo quarto dia (Figura 15). A maior perda de massa durante o período de armazenamento foi obtida pelos frutos submetidos à classificação com tratamento CL 50 rpm.

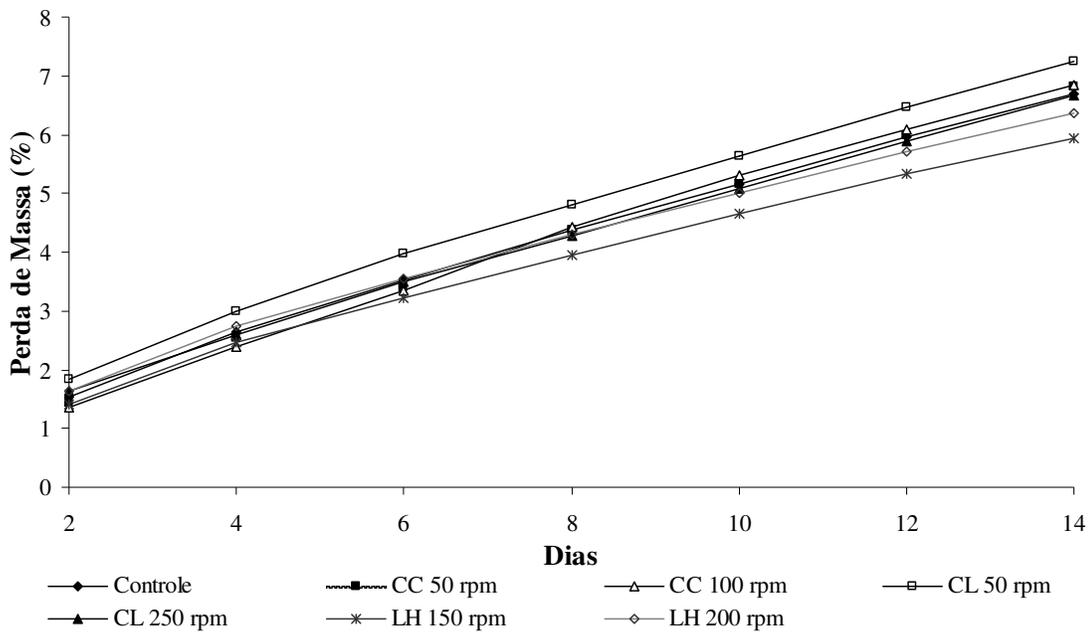


Figura 15: Evolução da perda de massa (%) obtida para os frutos submetidos à classificação com os tratamentos CC (50 e 100 rpm), CL (150 e 250 rpm) e LH (150 e 200 rpm), para os dias de armazenamento 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14.

Durante o período de armazenamento, observou-se que existiu diferença estatística significativa para perda de massa ($p < 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 29 em Anexos). No segundo dia a maior perda de massa foi obtida pelo tratamento CL 50 rpm, que apresentaram um aumento de 22% na perda de massa em relação à média dos frutos dos demais tratamentos. No quarto dia os frutos submetidos à classificação no tratamento CL 50 rpm apresentaram os

maiores valores médios de perda de massa (3,00%), estatisticamente diferente ($p < 0,05$) dos tratamentos CC 50 e 100 rpm e LH 150 rpm, que obtiveram perda de massa com valores entre 2,38 a 2,55%. No sexto dia os frutos do tratamento CL 50 rpm apresentaram aumento de perda de massa de 16% com relação à média dos outros tratamentos. A partir do oitavo dia até o fim do acompanhamento 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 restante dos tratamentos obteve valores intermediários entre os dois (Tabela 29 em Anexos).

Os resultados de perda de massa dos tomates submetidos à classificação pelos cilindros divergentes foram, em geral, considerados elevados em relação ao que Ferrari (2005) verificou com os sistemas de classificação mecânico e eletrônico. Este autor observou que a classificadora por correias furadas teve influência na qualidade de tomates da classe 60 e 70 coloridos na safra de verão, pois houve maior perda de massa em relação aos frutos não classificados. Para tomates da classe 60, após 20 dias de monitoramento, a perda de massa foi de 5,12% e para a classe 70 foi de 4,93%. Na safra de inverno, a classe 70 colorido apresentou perda de massa de 7,85%, que foi estatisticamente igual aos frutos controle, e a classe 80 colorido obteve perda de massa de 7,55%. Na avaliação de um sistema eletrônico, Ferrari (2005) observou que a classificação não afetou a perda de massa dos tomates coloridos, encontrando valores de 4,56% na classe 60 e de 4,10% na classe 70 após 20 dias de monitoramento na safra de verão. As diferenças de perda de massa entre os tratamentos dos cilindros divergentes provavelmente ocorreram devido à abrasão aplicada em áreas de contato diferentes, que removeu a película protetora da casca. No caso dos cilindros com cerdas (conjuntos CC e CL) a área de contato era maior que no conjunto de cilindro liso e com helicóide (LH), pois as cerdas sofriam pequena flexão e ficavam em contato em uma área em torno do eixo equatorial. Apesar dos frutos controle apresentarem valores intermediários entre as maiores e menores perda de massa, pode-se concluir que o sistema de classificação com cilindros divergentes não provocou alterações na perda de massa fresca dos tomates, com exceção do tratamento CL 50 rpm.

5.2.2. Atividade Respiratória (ARCO₂)

A atividade respiratória (ARCO₂) dos tomates controle foi a menor na primeira e quarta hora, variando de 39,81 a 33,52 mg kg⁻¹ h⁻¹ (Figura 16). A atividade respiratória se manteve constante ao longo do período de monitoramento para todos os tratamentos, com exceção do tratamento CL 50 rpm, que obteve variação de 56,18 para 34,94 mg kg⁻¹ h⁻¹.

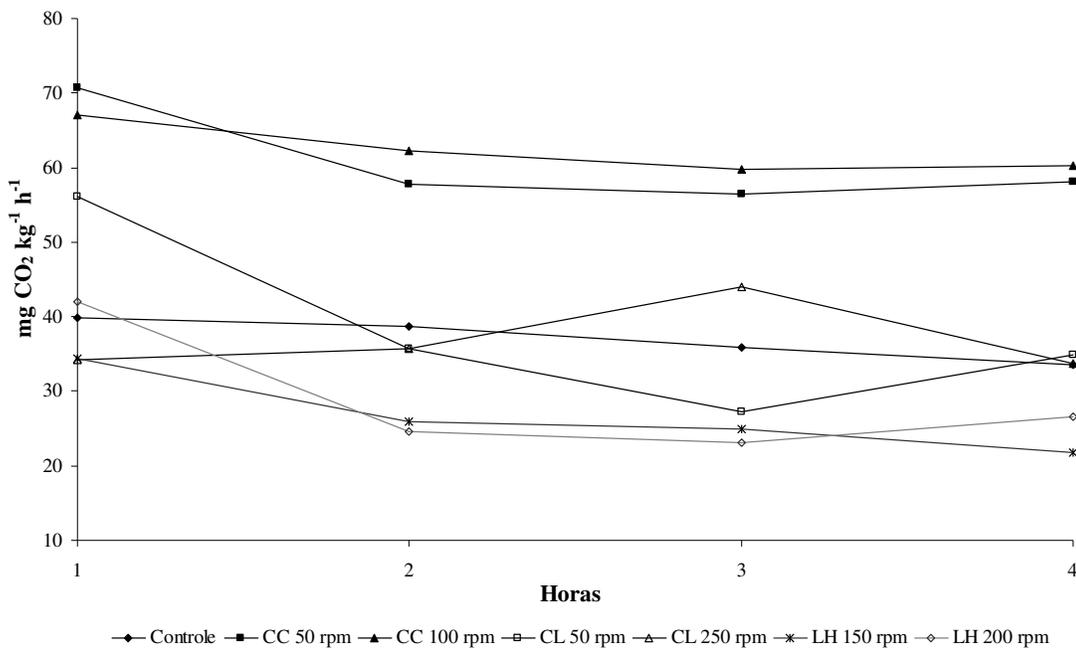


Figura 16: Atividade respiratória (mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) dos frutos de tomate submetidos à classificação com os tratamentos CC (50 e 100 rpm), CL (150 e 250 rpm) e LH (150 e 200 rpm).

A atividade respiratória expressa em produção de CO₂ (ARCO₂) obtida para os tratamentos foi diferente ($p < 0,05$) durante as 4 horas de acompanhamento (Tabela 32 em Anexos). Na primeira hora logo após a classificação, os frutos do tratamento CC 50 rpm apresentaram a maior média para ARCO₂, com valor de 70,75 mg kg⁻¹ h⁻¹, sendo 78% superior a ARCO₂ obtida pelos frutos controle. Os tratamentos CL 250 e LH 150 apresentaram a menor atividade respiratória, com valores de 34,25 e 34,35 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, respectivamente. Na segunda hora após o processo de classificação, os frutos submetidos ao tratamento CC 100 rpm apresentaram a maior média de ARCO₂, com valor de 62,18 mg kg⁻¹ h⁻¹, diferindo

estatisticamente ($p < 0,05$) dos frutos classificados pelo tratamento LH 150 e 200 rpm, que apresentaram valores de $ARCO_2$ de 25,90 e 24,67 $mg\ kg^{-1}\ h^{-1}$, respectivamente (Tabela 32 em Anexos). Na terceira hora, a maior média de $ARCO_2$ foi obtida pelos frutos classificados no tratamento CC 100 rpm, com valor médio de 59,76 $mg\ kg^{-1}\ h^{-1}$, diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) dos frutos submetidos à classificação nos tratamentos CL 50 rpm, LH 150 e 200 rpm, que apresentaram valores médios de $ARCO_2$ de 27,3; 24,94 e 23,13 $mg\ kg^{-1}\ h^{-1}$, respectivamente. Na quarta hora foi observada diferença estatística ($p < 0,05$) entre os valores obtidos para os frutos classificados nos tratamentos CC 50 e 100 rpm, que apresentaram os maiores valores (média de 59,21 $mg\ CO_2\ kg^{-1}\ h^{-1}$) em relação ao restante dos tratamentos (Tabela 32 em Anexos).

Depois de duas horas, os tomates classificados pelos tratamentos CL e LH apresentaram valores de $ARCO_2$ menores que os observados por Moura *et al.* (2005) para tomates verde-maduro (53 $mg\ CO_2\ kg^{-1}\ h^{-1}$) depois de duas horas de colheita. Após 4 horas de classificação, a atividade respiratória variou entre 22 a 60 $mg\ CO_2\ kg^{-1}\ h^{-1}$. Estes valores foram similares aos encontrados por Kader *et al.* (1978) após 6 horas da colheita, que mediram a $ARCO_2$ entre 55 e 60 $mg\ kg^{-1}\ h^{-1}$.

Durante a classificação, os frutos tinham maior área de contato com os cilindros com cerdas (conjuntos CC e CL), pois giravam em torno do eixo equatorial. Assim, a atividade respiratória foi maior no conjunto CC porque as cerdas removeram a película protetora da casca dos tomates, que não ocorreu para o conjunto de cilindro liso e com helicóide - LH, resultando em menor perda de massa durante o armazenamento de 14 dias e menor atividade respiratória após 4 horas de classificação.

5.3. Etapa 3 – Eficácia de Limpeza

A eficácia no processo de limpeza dos cilindros divergentes foi maior para o tratamento utilizando os cilindros com cerdas (CC), com valores médios para o índice de limpeza de 33 e 38%, para as velocidades de rotação de 50 e 100 rpm, respectivamente (Figura 17). Este índice obtido no processo de limpeza se diferenciou estatisticamente ($p < 0,05$) dos tratamentos CL 50 e 250 rpm, que apresentaram índices de limpeza de 11 e 3,3%, respectivamente. No tratamento CL, a limpeza a 50 rpm foi 3 vezes maior que a 250 rpm, pois o tempo de permanência sobre os cilindros é 4 vezes maior nesta velocidade de rotação.

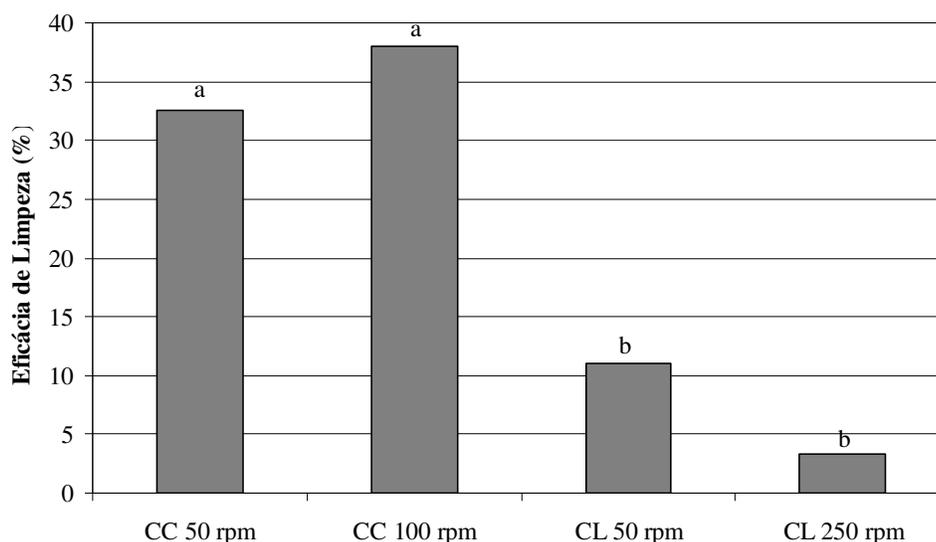


Figura 17: Índice de limpeza (%) obtido por meio da análise no turbidímetro para os frutos submetidos à classificação com os tratamentos CC (50 e 100 rpm) e CL (150 e 250 rpm). Mesma letra não há diferença entre tratamentos, teste de Tukey, $p < 0,05$.

Durante a limpeza observou-se que os cilindros com cerdas envolviam os frutos e proporcionavam um processo de limpeza mais eficiente, como foi observado por Magalhães (2007). No caso do tratamento CL, o cilindro liso não tem efeito no processo de limpeza. Assim, o índice de limpeza é menor que no tratamento CC. No tratamento CC, na velocidade de rotação de 100 rpm, o índice de limpeza foi 17% maior que a 50 rpm. Miller e Ismail (2005) recomendam para a limpeza de citros a velocidade máxima de 120 rpm, enquanto Miller, Wardowski e Grierson (2001), Wagner e Sauls (2005) e Taverner *et al.* (2005), indicam para a limpeza a rotação de 100 rpm.

Em uma análise sensorial, Magalhães (2007) observou que a maior intenção de compra foi para os de tomates com eficácia de limpeza de 75%, ou seja, quase 2 vezes maior que o valor obtido pelo tratamento CC 100 rpm. Apesar de aumentar a atividade respiratória dos frutos, a limpeza causada pela classificação dos cilindros com cerdas seria um adicional ao processo de beneficiamento e à qualidade visual do produto. Além disso, poderia se utilizar outros tipos de cilindros, com eficácia de limpeza maior que as cerdas PET, como cerdas de nylon, sisal ou fibra de coco, que apresentaram índices de limpeza superiores a 80% em velocidades de rotação de 120 e 160 rpm, segundo Magalhães (2007).

6. CONCLUSÕES

Conclui-se que a classificadora com cilindros divergentes poderia ser uma alternativa para pequenos produtores, pois é um sistema prático, compacto e apresentou facilidade em sua utilização. 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 em todos os tratamentos. Como ela foi utilizada como tamanho intermediário, houve maior influência das outras classes nos resultados das amostras. Uma solução seria aumentar o comprimento dos cilindros e variar o ângulo de abertura, de modo a obter uma variação da classificação menos gradativa ao longo dos cilindros.

As 12 saídas de classificação dispostas abaixo dos cilindros divergentes possibilitaram a avaliação da classificação sem a necessidade de modificar o ângulo entre os cilindros ou de modificar o posicionamento das saídas. Poderiam ser utilizadas para um pré-ajuste das aberturas entre cilindros, quando for necessária a classificação de diferentes classes de tamanho.

O tratamento dois cilindros com cerdas (CC) a 50 e 100 rpm foi responsável pela maior atividade respiratória dos tomates após 4 horas da classificação. Contudo, este tratamento não teve influência significativa na perda de massa do produto após 14 dias. Além disso, pode ser utilizado para remover as impurezas de campo. Mas, os cilindros de cerdas de Tereftalato de Polietileno (PET) não são os mais indicados para a etapa de limpeza. Portanto, poderia se testar a classificação com outros tipos de cerdas, de melhor eficácia de limpeza.

O tratamento de um cilindro com cerdas e outro liso (CL) apresentou as menores eficiências de classificação nas rotações acima de 150 rpm, além de causar a maior perda de massa dos tomates armazenados durante 14 dias, devido ao giro em torno do eixo equatorial, que causou maior abrasão, resultando em remoção da película protetora da casca.

A melhor classificação de tomates foi com o conjunto de cilindro liso e com helicóide (LH) a 150 rpm, que apresentou adequação ao diâmetro padrão das classes avaliadas, maior eficiência e capacidade de classificação, sem alterar a qualidade dos pós-colheita dos tomates. Este tratamento foi capaz de alinhar os tomates de modo a classificá-los pelo diâmetro equatorial, resultando em melhor classificação dos tomates pelo sistema de cilindros divergentes.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Realizar o estudo com maior quantidade de cilindros, para uma aplicação comercial do equipamento;
- Avaliar a qualidade da classificação do sistema para outros produtos agrícolas;
- Realizar o estudo de eficácia de limpeza em conjunto à classificação, variando-se o tipo de cerda, a rotação e aplicando água;

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREUCETTI, C.; FERREIRA, M.D.; GUTIERREZ, A.S.D.; TAVARES, M. Caracterização da comercialização de tomate de mesa na CEAGESP-SP: perfil dos atacadistas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 328-333, 2005.

ANDREUCETTI, C.; FERREIRA, M.D.; TAVARES, M. Classificação e padronização dos tomates 'Carmen' e 'Débora' dentro da CEAGESP (SP). **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v. 24, n. 3, p. 790-798, set./dez. 2004.

ATARASSI, M.E.; SANCHEZ, A.C.; BRAUNBECK, O.A.; FERREIRA, M.D. Classificação de Tomates 'Carmen' Por Escovas Rotativas Divergentes. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 35, 2006, João Pessoa, **Anais... (CD-rom)**, João Pessoa: SBEA, 2006.

ATARASSI, M.E.; SLUSSAREK, M.S.; BRAUNBECK, O.A.; FERREIRA, M. D. Classificação de tomates redondos e italianos por cilindros rotativos divergentes. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 36, 2007, Bonito, MS. **Anais...**, Jaboticabal, SP: SBEA, 2007. v. 1. p. 1-4.

BASSETTO, E. **Quantificação de danos ao longo da cadeia produtiva de pêssegos e avaliação de métodos alternativos de controle de doenças pós-colheita**. 126 p. Tese (Doutorado em fitopatologia): Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.

BONATO, P.S. **Fundamentos da cromatografia**. Campinas: Editora UNICAMP, São Paulo, 2006. 453 p.

BRAUNBECK, O.A. Proposta de um Novo Sistema Visando a Melhoria da Qualidade e Diminuição das Perdas Pós-colheita em Tomate de Mesa. In: Tomate na UNICAMP, FEAGRI, UNICAMP, 2003, Campinas-SP. **Anais...** Campinas, 2003.

BUTLER, G.P.; BERNET, T.; MANRIQUE, K. Mechanization of potato grading on small-scale farms: a case study from Peru. **Experimental Agriculture**, Reino Unido, v. 41, p. 81-92, 2005.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ª Ed. Lavras: ESAL/FAEFE, 2005. 785 p.

CORRÊA, F.P. **Carga mental e ergonomia**. 102p. Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção) - Faculdade de Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2003.

DURIGAN, M.F.B.; MATTIUZ, B.; DURIGAN, J.F. Injúrias mecânicas na qualidade pós-colheita de lima ácida 'Tahiti' armazenada sob condição ambiente. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 27, n. 3, p. 369-372, Dezembro 2005.

FAO. Faostat Agriculture Data. <<http://faostat.fao.org>>, 18/07/2008.

FARINA, E.M.M.Q. Padronização em sistemas agroindustriais. In: ZYLBERSZTAJN, D. & SCARE, R.F. (Coord.). **Gestão da Qualidade no Agribusiness**. São Paulo: Atlas, p.18-29, 2003.

FERNANDES, C.; CORA, J.E.; BRAZ, L.T. Classificação de tomate-cereja em função do tamanho e peso dos frutos. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, p.275-278, Abril/Junho 2007.

FERRARI, P.R. **Avaliação da qualidade da classificação do tomate de mesa**. 147 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2005.

FERREIRA, M.D. **Colheita e Beneficiamento de Frutas e Hortaliças**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008. 144 p.

FERREIRA, M.D.; KUMAKAWA, M.K.; ANDREUCETTI, 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.

FILGUEIRA, F.A.R. **Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló**. Lavras: UFLA, 2003. 333 p.

FNP Consultoria e Comércio Ltda. **AGRIANUAL 2006: anuário da agricultura brasileira**: São Paulo, Outubro de 2005. 504 p.

GARCÍA-RAMOS, F.J.; ORTIZ-CAÑAVATE, J.; RUIZ-ALTISENT, M. Evaluation and correction of the mechanical aggressiveness of commercial sizers used in stone fruit packing lines. **Journal of Food Engineering**, V. 63, n. 2, p. 171-176, Junho 2004.

GONÇALVES, J.S; RAMOS, S.F. **Algumas observações sobre a agricultura familiar**. Instituto de Economia Agrícola. <www.iea.sp.gov.br>, 20/04/2006.

GORENSTEIN, O.; GUTIERREZ. A.S.D. Esforço de modernização do mercado de frutas e hortaliças frescas no estado de São Paulo. **Informações econômicas**. 01/04/2000. <<http://www.iea.sp.gov.br/OUT/verTexto.php?codTexto=294>>, 20/07/2008.

HACHIYA, M.; AMANO, T.; YAMAGATA, M.; KOJIMA, M. Development and utilizations of a new mechanized cabbage harvesting system for large fields. **JARQ**, v. 38, n. 2, p. 97-103, 2004. <www.jircas.affrc.go.jp>, 01/08/2005.

HAHN, F. Multi-spectral Prediction of Unripe Tomatoes. **Biosystems Engineering**, v. 81, n. 2, p. 147-155, 2002.

HONÓRIO, S.L.; MORETTI, C.L. Fisiologia pós-colheita de frutas e hortaliças. In: CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L. MORETTI, C. L. **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnologia, 2002. p. 59-81.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de dados agregados**.

<<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&o=1&i=P&e=l&c=2393>>, 12/07/2008.

IEA - INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Previsão de safra**: Previsões e Estimativas das Safras Agrícolas por Região Administrativa (RA), Estado de São Paulo, Ano Agrícola 2004/05, Levantamento Final, Novembro de 2005. <http://www.iea.sp.gov.br/out/producao/prev_safra.php>, 15/04/2005.

JARIMOPAS, B.; TOOMSAENGTONG, S.; INPRASIT, C. Design and testing of a mangosteen fruit sizing machine. **Journal of Food Engineering**, v. 79, p. 745-751, 2007.

KADER, A.A. Standardization and inspection of fresh fruits and vegetables. In: KADER, A.A. **Postharvest technology of horticultural crops**. 3^a ed. California: University of California, Agricultural and Natural Resources, p. 287-9, 2002.

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**, v. 103, n. 1, p. 6-13, 1978.

KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 532 p.

KITINOJA, L.; KADER, A.A. **Small-scale postharvest handling practices**: A manual for horticultural crops. University Of California - Davis, California, 4^a ed. Julho 2002. <<http://www.fao.org/docrep/009/ae075e/ae075e00.htm#table%20of%20contents>>, 30/04/2008.

MACLEOD, R.F.; KADER, A.A.; MORRIS, L.L. Stimulation of ethylene and CO₂ production of mature green tomatoes by impact bruising. **HortScience**, v. 11, p. 604-606, 1976.

MAGALHÃES, A.M. **Eficácia de limpeza durante o beneficiamento do tomate de mesa**. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2007.

MAGALHÃES, A.M.; FERREIRA, M.D. Qualidade dos frutos de tomate de mesa quando submetidos a impacto por ocasião do beneficiamento. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 4, p. 481-484, 2006.

MANFREDI, E. Separation, sorting and grading during harvesting and handling of agricultural products at farm level. **Land and water use**, Rotterdam, p. 1827-1831, 1989.

MATTIUZ, B.H.; DURIGAN, J.F. Efeito de injúrias mecânicas na firmeza e coloração de goiabas das cultivares 'Paluma' e 'Pedro Sato'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 277-281, 2001.

MILLER, W.M.; ISMAIL, M.A. **Injury assessment in citrus packing operations**. <<http://www.fcprac.ifas.ufl.edu/UF20IFAS20Short20Course20Proceedings/qualitycontrolassessment.htm>>, 11/09/2007.

MILLER, W.M.; WARDOWSKI, W.F.; GRIERSON, W. Packingline Machinery for Florida Citrus Packinghouses. **Extension Bulletin 239**. Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, p. 26, Abril 2001. <http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_AE184>, 07/04/2006.

MORETTI C.L.; SARGENT S.A.; HUBER D.J.; CALBO A.G.; PUSCHMANN, R. Chemical composition and physical properties of pericarp, locule and placental tissues of tomatoes with internal bruising. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 123, p. 656-660, 1998.

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.

MORITZ, B.; TRAMONTE, V.L.C. Biodisponibilidade do licopeno. **Revista de Nutrição**, v.19, n. 2, 2006.

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, v.23, n.1, p.81-85, 2005.

NANTES, J.F.D.; LEONELLI, F.C. A estruturação da cadeia produtiva de vegetais minimamente processados. **Revista FAE**, Curitiba. v. 3, n. 3, p. 61-69, set./dez. 2000.

PELEG, K. **Produce, handling, packing and distribution**. Westport: AVI Publishing, 1985. 625 p.

PETERSON, D.L.; MILLER, S.S.; WOLFORD, S.D. Apple harvest aid for inclined trellised canopies. **Transactions of the ASAE**. v. 40, n. 3, p. 529-534, 1997.

PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA. **Normas de Classificação do Tomate**. São Paulo: Centro de Qualidade em Horticultura – CQH/CEAGESP, 2003. (CQH. Documentos, 26).

RODAMAF. Optiscan II – **Manual de utilização**. Valência: RODAMAF, 2005. 79 p.

SAKAI, E.C. Tratamentos e equipamentos para linhas de beneficiamento de frutas na pós-colheita. In: SEMINÁRIO DE BENEFICIAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 1, 2004, Campinas. <<http://www.feagri.unicamp.br/tomates/pdfs/tratbenefposcol.pdf>>, 20/03/2006.

SARGENT, S.A.; BECHT, 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**, v. 7, n. 6, p. 724-728, 1991.

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, 1989.

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, 1989.

SARKAR, N.; WOLFE, R.R. Computer Vision Based System for Quality Separator of Fresh-Market Tomatoes. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 28, n. 5, p. 1714-1718, 1985.

SOUZA, R.M.; HENZ, G.P.; PEIXOTO, J.R. Incidência de injúrias mecânicas em raízes de mandioquinha-salsa na cadeia de pós-colheita. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n.4, p. 712-718, out./dez. 2003.

TAVERNER, P.; TUGWELL, B.; WILD, B. **A guide to the common postharvest diseases and disorders of navel oranges and mandarins grown in Inland Australia**. <http://www.sardi.sa.gov.au/pdfs/serve/horticulture/citrus/pdf/ph_disor.pdf>. 24/08/2008.

VAN LINDEN, V.; SCHEERLINCK, N.; DESMET, M.; De BAERDEMAEKER, J. Factors that affect tomato bruise development as a result of mechanical impact. **Postharvest Biology and Technology**, v. 42, p. 260–270, 2006.

VAN LINDEN, V.; SILA, D.N.; DUVETTER, T.; DE BAERDEMAEKERA, J.; HENDRICKX, M. Effect of mechanical impact-bruising on polygalacturonase and pectinmethylesterase activity and pectic cell wall components in tomato fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 47, n. 1, p. 98-106, Jan. 2008.

VECCHIA, P.T.D.; KOCH, P.S. Tomates longa vida: O que são, como foram desenvolvidos? **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 1, p. 3-4, mar. 2000.

VON BECKMANN, J.W.; BULLEY, N.R. Electronic Size and Color Grader for Tomatoes. **Transaction of the ASAE**, v. 21, n. 1, p. 25-30, 1978.

WAGNER, Alfred B.; SAULS, Julian W. **Packingline operations**. <<http://aggie-horticulture.tamu.edu/citrus/l2292.htm>>. 23/07/2008.

9. ANEXOS

9.1. ANEXO 1 – Médias e Desvio Padrão

Tabela 14: Médias e desvio padrão dos parâmetros dos tomates ‘Carmen’ utilizados no ensaio de classificação em cada tratamento avaliado.

Tratamentos	Classe	Φ_{Maior} (mm)*	Φ_{Menor} (mm)	Altura (mm)	Massa (g)
CC	60	65,27 ± 2,42	63,5 ± 2,54	52,89 ± 2,24	117,2 ± 12,44
	70	73,68 ± 1,88	71,17 ± 2,34	55,66 ± 3,14	157,82 ± 18,08
	80	82,65 ± 2,36	78,54 ± 4,02	60,27 ± 3,96	219,91 ± 29,5
CL	60	64,09 ± 1,91	62,22 ± 2,35	53,31 ± 1,97	112,38 ± 9,16
	70	75,57 ± 2,41	73,26 ± 2,95	58,39 ± 4,01	176,04 ± 24,44
	80	82,57 ± 2,1	78,72 ± 3,15	61,51 ± 3,39	221,51 ± 25,44
LH	60	64,96 ± 2,69	63,29 ± 2,93	54,77 ± 2,62	123,08 ± 15,14
	70	72,87 ± 1,87	70,9 ± 2,11	57,49 ± 2,93	163,85 ± 14,96
	80	82,44 ± 1,95	79,06 ± 2,15	62,23 ± 3,66	224,09 ± 19,43

* Φ = Diâmetro

Tabela 15: Médias e desvio padrão de diâmetro maior (mm) dos tomates ‘Carmen’ utilizados na avaliação de danos mecânicos dos cilindros divergentes, para cada tratamento avaliado.

Tratamentos	Perda de Massa (g)	Atividade Respiratória (mg CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)
Controle	72,57 ± 2,30	77,48 ± 3,06
CC 50 rpm	71,32 ± 2,46	76,05 ± 2,58
CC 100 rpm	71,21 ± 2,05	76,56 ± 2,57
CL 50 rpm	73,21 ± 2,83	77,61 ± 2,29
CL 250 rpm	72,60 ± 2,73	77,44 ± 2,87
LH 150 rpm	72,20 ± 2,80	78,18 ± 2,30
LH 250 rpm	72,32 ± 2,38	78,60 ± 2,95

Tabela 16: Médias e desvio padrão obtidos para os parâmetros no ensaio de limpeza utilizando os frutos de tomate ‘Carmen’.

Tratamentos	Φ_{Maior} (mm)*	Φ_{Menor} (mm)	UNT _{amostra}	UNT _{padrão}	Índice de limpeza (%)
CC 50 rpm	75,74 ± 1,59	73,13 ± 2,13	6,67 ± 2,3	9,89 ± 3,32	32,57 ± 23,22
CC 100 rpm	75,92 ± 2,81	71,91 ± 7,1	6,13 ± 1,37	9,89 ± 3,32	38,01 ± 13,8
CL 50 rpm	78,67 ± 2,28	76,56 ± 2,47	6,68 ± 1,08	7,51 ± 1,23	10,98 ± 14,44
CL 250 rpm	78,80 ± 2,73	75,59 ± 2,49	7,26 ± 1,39	7,51 ± 1,23	3,30 ± 18,57

* Φ = Diâmetro

Tabela 17: Médias, desvio padrão e valor-P de mistura total dos tomates ‘Carmen’ utilizados no ensaio de classificação dos cilindros divergentes, para cada tratamento avaliado.

Tratamentos	Classe					
	60		70		80	
	Mistura total	Valor-P	Mistura total	Valor-P	Mistura total	Valor-P
CC 50 rpm	0,33 ± 0,01	<0,001	0,40 ± 0,05	<0,001	0,15 ± 0,07	0,156
CC 100 rpm	0,24 ± 0,04	0,001	0,38 ± 0,06	<0,001	0,24 ± 0,04	0,001
CC 150 rpm	0,21 ± 0,06	0,016	0,47 ± 0,03	<0,001	0,10 ± 0,04	0,897
CC 200 rpm	0,11 ± 0,07	0,819	0,50 ± 0,05	<0,001	0,20 ± 0,03	0,002
CC 250 rpm	0,18 ± 0,04	0,006	0,55 ± 0,03	<0,001	0,10 ± 0,06	0,894
CL 50 rpm	0,10 ± 0,03	0,848	0,28 ± 0,03	<0,001	0,24 ± 0,02	<0,001
CL 100 rpm	0,20 ± 0,10	0,073	0,53 ± 0,05	<0,001	0,19 ± 0,12	0,185
CL 150 rpm	0,35 ± 0,07	0,001	0,63 ± 0,03	<0,001	0,39 ± 0,06	<0,001
CL 200 rpm	0,24 ± 0,06	0,007	0,54 ± 0,02	<0,001	0,26 ± 0,03	<0,001
CL 250 rpm	0,18 ± 0,04	0,017	0,47 ± 0,03	<0,001	0,08 ± 0,06	0,576
LH 50 rpm	0,22 ± 0,08	0,029	0,50 ± 0,02	<0,001	0,06 ± 0,04	0,050
LH 100 rpm	0,14 ± 0,07	0,280	0,53 ± 0,06	<0,001	0,16 ± 0,07	0,120
LH 150 rpm	0,13 ± 0,09	0,456	0,35 ± 0,08	0,002	0,06 ± 0,04	0,067
LH 200 rpm	0,04 ± 0,04	0,112*	0,35 ± 0,04	<0,001	0,16 ± 0,01	<0,001
LH 250 rpm	0,21 ± 0,05	0,007	0,40 ± 0,05	<0,001	0,11 ± 0,03	0,434

*Valor-P para média comparada a zero.

9.2. ANEXO 2 – Resumo dos Resultados

9.2.1. Avaliação da Classificação

Tabela 18: Análise de variância para a fração de pureza (P_g) das classes 60, 70 e 80 obtida no processo classificação com dois cilindros com cerdas (CC) nas 5 velocidades de rotação.

Classe	Fonte da variação	GL	SQ	MQ	F	F _{crítico}	Valor-P
60	Repetição	4	$7,47 \times 10^{-3}$	$1,87 \times 10^{-3}$	0,78	3,01	0,56
	Tratamentos	4	$1,34 \times 10^{-1}$	$3,35 \times 10^{-2}$	13,97	3,01	<0,01
	Resíduo	16	$3,84 \times 10^{-2}$	$2,40 \times 10^{-3}$			
	Total	24	$1,80 \times 10^{-1}$				
70	Repetição	4	$3,50 \times 10^{-3}$	$8,76 \times 10^{-4}$	0,39	3,01	0,81
	Tratamentos	4	$1,04 \times 10^{-1}$	$2,61 \times 10^{-2}$	11,66	3,01	<0,01
	Resíduo	16	$3,57 \times 10^{-2}$	$2,23 \times 10^{-3}$			
	Total	24	$1,43 \times 10^{-1}$				
80	Repetição	4	$2,47 \times 10^{-3}$	$6,18 \times 10^{-4}$	0,20	3,01	0,93
	Tratamentos	4	$7,61 \times 10^{-2}$	$1,90 \times 10^{-2}$	6,24	3,01	<0,01
	Resíduo	16	$4,88 \times 10^{-2}$	$3,05 \times 10^{-3}$			
	Total	24	$1,27 \times 10^{-1}$				

Tabela 19: Análise de variância para a fração de pureza (P_g) do tratamento dois cilindros com cerdas (CC) a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm nas 3 classes de tamanho.

Velocidade de Rotação	Fonte da variação	GL	SQ	MQ	F	$F_{crítico}$	Valor-P
50	Repetição	4	$1,70 \times 10^{-2}$	$4,24 \times 10^{-3}$	2,96	3,84	0,09
	Tratamentos	2	$1,66 \times 10^{-1}$	$8,32 \times 10^{-2}$	58,06	4,46	<0,01
	Resíduo	8	$1,15 \times 10^{-2}$	$1,43 \times 10^{-3}$			
	Total	14	$1,95 \times 10^{-1}$				
100	Repetição	4	$1,72 \times 10^{-2}$	$4,30 \times 10^{-3}$	4,47	3,84	0,03
	Tratamentos	2	$5,88 \times 10^{-2}$	$2,94 \times 10^{-2}$	30,54	4,46	<0,01
	Resíduo	8	$7,70 \times 10^{-3}$	$9,62 \times 10^{-4}$			
	Total	14	$8,37 \times 10^{-2}$				
150	Repetição	4	$6,05 \times 10^{-3}$	$1,51 \times 10^{-3}$	0,62	3,84	0,66
	Tratamentos	2	$3,59 \times 10^{-1}$	$1,80 \times 10^{-1}$	73,13	4,46	<0,01
	Resíduo	8	$1,96 \times 10^{-2}$	$2,46 \times 10^{-3}$			
	Total	14	$3,85 \times 10^{-1}$				
200	Repetição	4	$1,98 \times 10^{-2}$	$4,95 \times 10^{-3}$	2,74	3,84	0,10
	Tratamentos	2	$4,29 \times 10^{-1}$	$2,14 \times 10^{-1}$	$\frac{118,7}{9}$	4,46	<0,01
	Resíduo	8	$1,44 \times 10^{-2}$	$1,81 \times 10^{-3}$			
	Total	14	$4,63 \times 10^{-1}$				
250	Repetição	4	$1,44 \times 10^{-2}$	$3,60 \times 10^{-3}$	3,33	3,84	0,07
	Tratamentos	2	$5,72 \times 10^{-1}$	$2,86 \times 10^{-1}$	$\frac{264,2}{4}$	4,46	<0,01
	Resíduo	8	$8,65 \times 10^{-3}$	$1,08 \times 10^{-3}$			
	Total	14	$5,95 \times 10^{-1}$				

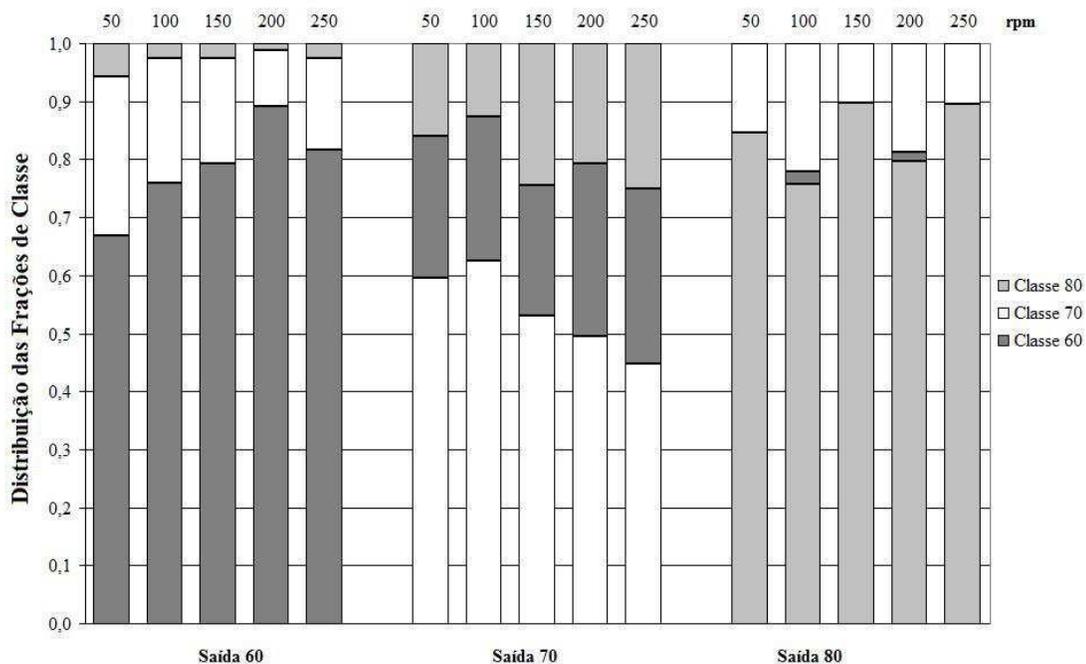


Figura 18: Distribuição das frações de classe em cada saída, obtidas pela classificação de tomates submetidos ao tratamento dois cilindros com cerdas (CC) a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.

Tabela 20: Análise de variância para a fração de pureza (P_g) das classes 60, 70 e 80 obtida na classificação com um cilindro com cerda e um cilindro liso (CL) nas 5 velocidades de rotação.

Classe	Fonte da variação	GL	SQ	MQ	F	$F_{\text{crítico}}$	Valor-P
60	Repetição	4	$1,06 \times 10^{-2}$	$2,65 \times 10^{-3}$	0,60	3,01	0,67
	Tratamentos	4	$1,65 \times 10^{-1}$	$4,13 \times 10^{-2}$	9,31	3,01	<0,01
	Resíduo	16	$7,09 \times 10^{-2}$	$4,43 \times 10^{-3}$			
	Total	24	$2,47 \times 10^{-1}$				
70	Repetição	4	$4,19 \times 10^{-3}$	$1,05 \times 10^{-3}$	1,10	3,01	0,39
	Tratamentos	4	$3,52 \times 10^{-1}$	$8,81 \times 10^{-2}$	92,85	3,01	<0,01
	Resíduo	16	$1,52 \times 10^{-2}$	$9,49 \times 10^{-4}$			
	Total	24	$3,72 \times 10^{-1}$				
80	Repetição	4	$2,73 \times 10^{-2}$	$6,83 \times 10^{-3}$	1,70	3,01	0,20
	Tratamentos	4	$2,47 \times 10^{-1}$	$6,17 \times 10^{-2}$	15,34	3,01	<0,01
	Resíduo	16	$6,44 \times 10^{-2}$	$4,2 \times 10^{-3}$			
	Total	24	$3,39 \times 10^{-1}$				

Tabela 21: Análise de variância para a fração de pureza (P_g) do tratamento um cilindro com cerda e um cilindro liso (CL) a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm nas 3 classes de tamanho.

Velocidade de Rotação	Fonte da variação	GL	SQ	MQ	F	$F_{\text{crítico}}$	Valor-P
50	Repetição	4	$2,78 \times 10^{-3}$	$6,96 \times 10^{-4}$	0,96	3,84	0,48
	Tratamentos	2	$8,98 \times 10^{-2}$	$4,49 \times 10^{-2}$	62,06	4,46	<0,01
	Resíduo	8	$5,79 \times 10^{-3}$	$7,23 \times 10^{-4}$			
	Total	14	$9,84 \times 10^{-2}$				
100	Repetição	4	$1,31 \times 10^{-2}$	$3,28 \times 10^{-3}$	0,29	3,84	0,87
	Tratamentos	2	$3,79 \times 10^{-1}$	$1,90 \times 10^{-1}$	16,93	4,46	<0,01
	Resíduo	8	$8,96 \times 10^{-2}$	$1,12 \times 10^{-2}$			
	Total	14	$4,82 \times 10^{-1}$				
150	Repetição	4	$6,43 \times 10^{-4}$	$1,61 \times 10^{-4}$	0,04	3,84	1,00
	Tratamentos	2	$2,43 \times 10^{-1}$	$1,22 \times 10^{-1}$	27,59	4,46	<0,01
	Resíduo	8	$3,52 \times 10^{-2}$	$4,41 \times 10^{-3}$			
	Total	14	$2,79 \times 10^{-1}$				
200	Repetição	4	$5,60 \times 10^{-3}$	$1,40 \times 10^{-3}$	0,73	3,84	0,59
	Tratamentos	2	$2,81 \times 10^{-1}$	$1,40 \times 10^{-1}$	73,39	4,46	<0,01
	Resíduo	8	$1,53 \times 10^{-2}$	$1,91 \times 10^{-3}$			
	Total	14	$3,02 \times 10^{-1}$				
250	Repetição	4	$6,84 \times 10^{-3}$	$1,71 \times 10^{-3}$	0,77	3,84	0,57
	Tratamentos	2	$4,05 \times 10^{-1}$	$2,02 \times 10^{-1}$	91,64	4,46	<0,01
	Resíduo	8	$1,77 \times 10^{-2}$	$2,21 \times 10^{-3}$			
	Total	14	$4,29 \times 10^{-1}$				

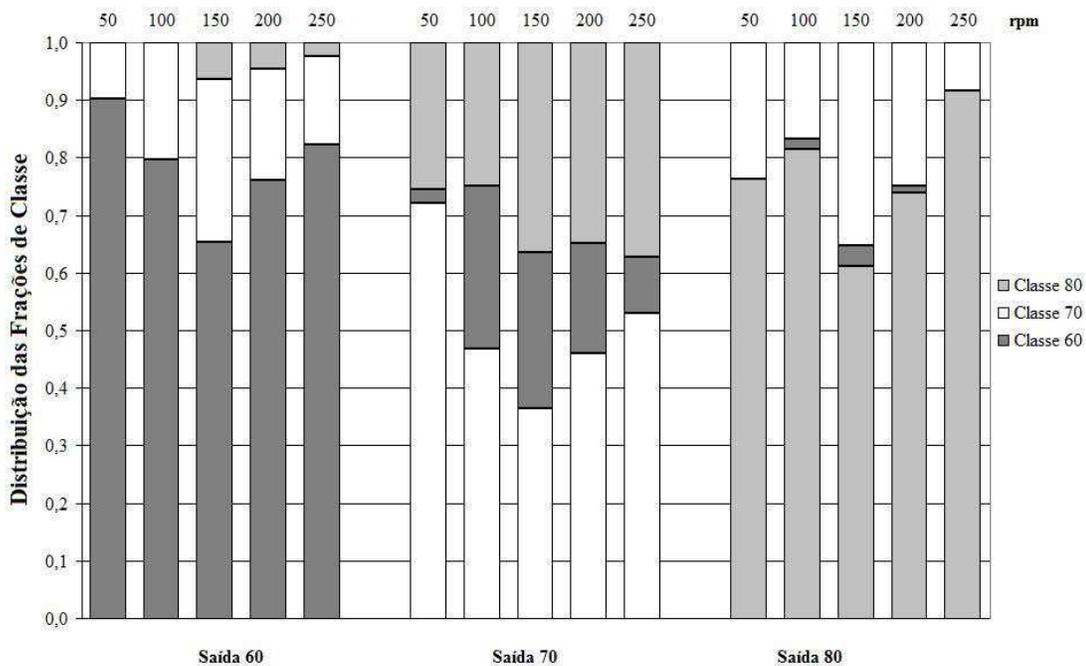


Figura 19: Distribuição das frações de classe em cada saída, obtidas pela classificação de tomates submetidos ao tratamento um cilindro com cerdas e outro liso (CL) a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.

Tabela 22: Análise de variância para a fração de pureza (P_p) das classes 60, 70 e 80 obtida na classificação com um cilindro liso e outro com helicóide (LH) nas 5 velocidades de rotação.

Classe	Fonte da variação	GL	SQ	MQ	F	$F_{crítico}$	Valor-P
60	Repetição	4	$3,09 \times 10^{-2}$	$7,73 \times 10^{-3}$	1,99	3,01	0,15
	Tratamentos	4	$1,08 \times 10^{-1}$	$2,70 \times 10^{-2}$	6,95	3,01	<0,01
	Resíduo	16	$6,23 \times 10^{-2}$	$3,89 \times 10^{-3}$			
	Total	24	$2,01 \times 10^{-1}$				
70	Repetição	4	$8,39 \times 10^{-3}$	$2,10 \times 10^{-3}$	0,69	3,01	0,61
	Tratamentos	4	$1,42 \times 10^{-1}$	$3,55 \times 10^{-2}$	11,64	3,01	<0,01
	Resíduo	16	$4,88 \times 10^{-2}$	$3,05 \times 10^{-3}$			
	Total	24	$1,99 \times 10^{-1}$				
80	Repetição	4	$9,82 \times 10^{-3}$	$2,45 \times 10^{-3}$	1,38	3,01	0,28
	Tratamentos	4	$5,48 \times 10^{-2}$	$1,37 \times 10^{-2}$	7,71	3,01	<0,01
	Resíduo	16	$2,84 \times 10^{-2}$	$1,77 \times 10^{-3}$			
	Total	24	$9,30 \times 10^{-2}$				

Tabela 23: Análise de variância para a fração de pureza (P_g) do tratamento um cilindro liso e outro com helicóide (LH), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm, nas 3 classes de tamanho.

Velocidade de Rotação	Fonte da variação	GL	SQ	MQ	F	F _{crítico}	Valor-P
50	Repetição	4	$1,78 \times 10^{-2}$	$4,46 \times 10^{-3}$	2,39	3,84	0,14
	Tratamentos	2	$5,17 \times 10^{-1}$	$2,58 \times 10^{-1}$	138,37	4,46	<0,01
	Resíduo	8	$1,49 \times 10^{-2}$	$1,87 \times 10^{-3}$			
	Total	14	$5,49 \times 10^{-1}$				
100	Repetição	4	$4,76 \times 10^{-2}$	$1,19 \times 10^{-2}$	11,12	3,84	<0,01
	Tratamentos	2	$4,65 \times 10^{-1}$	$2,33 \times 10^{-1}$	217,45	4,46	<0,01
	Resíduo	8	$8,56 \times 10^{-3}$	$1,07 \times 10^{-3}$			
	Total	14	$5,21 \times 10^{-1}$				
150	Repetição	4	$2,61 \times 10^{-2}$	$6,52 \times 10^{-3}$	1,46	3,84	0,30
	Tratamentos	2	$2,27 \times 10^{-1}$	$1,13 \times 10^{-1}$	25,37	4,46	<0,01
	Resíduo	8	$3,57 \times 10^{-2}$	$4,46 \times 10^{-3}$			
	Total	14	$2,88 \times 10^{-1}$				
200	Repetição	4	$9,36 \times 10^{-3}$	$2,34 \times 10^{-3}$	3,38	3,84	0,07
	Tratamentos	2	$2,57 \times 10^{-1}$	$1,28 \times 10^{-1}$	185,74	4,46	<0,01
	Resíduo	8	$5,53 \times 10^{-3}$	$6,92 \times 10^{-4}$			
	Total	14	$2,72 \times 10^{-1}$				
250	Repetição	4	$6,63 \times 10^{-3}$	$1,66 \times 10^{-3}$	0,81	3,84	0,55
	Tratamentos	2	$2,11 \times 10^{-1}$	$1,06 \times 10^{-1}$	51,47	4,46	<0,01
	Resíduo	8	$1,64 \times 10^{-2}$	$2,05 \times 10^{-3}$			
	Total	14	$2,34 \times 10^{-1}$				

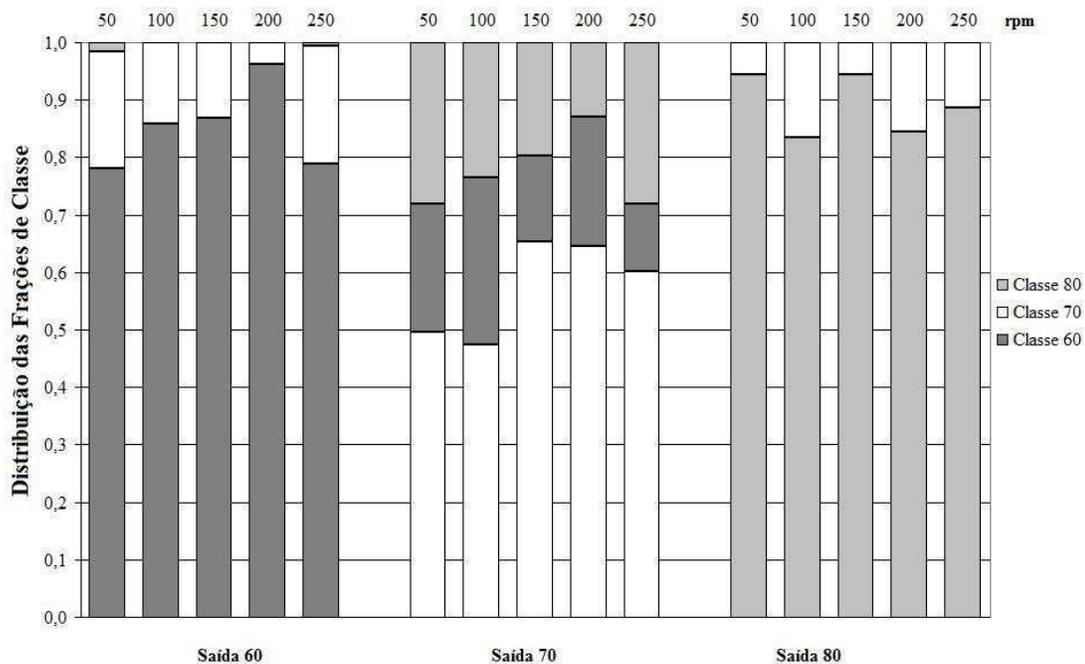


Figura 20: Distribuição das frações de classe em cada saída, obtidas pela classificação de tomates submetidos ao cilindro liso e outro com helicóide (LH), a 50, 100, 150, 200 e 250 rpm.

Tabela 24: Análise de variância para eficiência de classificação (E_w) dos tratamentos dois cilindros com cerdas (CC), um cilindro com cerda e um cilindro liso (CL) e um cilindro liso e um cilindro com helicóide (LH), nas 5 velocidades de rotação.

Tratamento	Fonte da variação	GL	SQ	MQ	F	F _{crítico}	Valor-P
CC	Repetição	4	23,38	5,85	0,39	3,01	0,81
	Tratamentos	4	458,35	114,59	7,60	3,01	<0,01
	Resíduo	16	241,09	15,07			
	Total	24	722,82				
CL	Repetição	4	15,95	3,99	0,38	3,01	0,82
	Tratamentos	4	1502,76	375,69	35,80	3,01	<0,01
	Resíduo	16	167,91	10,49			
	Total	24	1686,62				
LH	Repetição	4	96,37	24,09	1,25	3,01	0,33
	Tratamentos	4	1024,20	256,05	13,29	3,01	<0,01
	Resíduo	16	308,20	19,26			
	Total	24	1428,77				

Tabela 25: Análise de variância para a eficiência de classificação (E_w) das velocidades de rotação de 50, 10, 150, 200 e 250 rpm nos 3 tratamentos.

Velocidade de Rotação	Fonte da variação	GL	SQ	MQ	F	F _{crítico}	Valor-P
50	Repetição	4	28,99	7,25	1,08	3,84	0,43
	Tratamentos	2	324,14	162,07	24,06	4,46	<0,01
	Resíduo	8	53,89	6,74			
	Total	14	407,02				
100	Repetição	4	190,01	47,50	2,53	3,84	0,12
	Tratamentos	2	222,46	111,23	5,93	4,46	0,03
	Resíduo	8	150,11	18,76			
	Total	14	562,57				
150	Repetição	4	55,63	13,91	0,78	3,84	0,57
	Tratamentos	2	1620,24	810,12	45,29	4,46	<0,01
	Resíduo	8	143,11	17,89			
	Total	14	1818,98				
200	Repetição	4	10,34	2,59	0,19	3,84	0,94
	Tratamentos	2	833,54	416,77	30,22	4,46	<0,01
	Resíduo	8	110,33	13,79			
	Total	14	954,20				
250	Repetição	4	7,93	1,98	0,15	3,84	0,96
	Tratamentos	2	458,89	229,45	17,90	4,46	<0,01
	Resíduo	8	102,56	12,82			
	Total	14	569,38				

Tabela 26: Análise de variância para o índice de pureza (P_w) de classificação dos tratamentos dois cilindros com cerdas (CC), um cilindro com cerda e um cilindro liso (CL) e um cilindro liso e um cilindro com helicóide (LH), nas 5 velocidades de rotação.

Tratamento	Fonte da variação	GL	SQ	MQ	F	F _{crítico}	Valor-P
CC	Repetição	4	25,77	6,44	0,46	3,01	0,76
	Tratamentos	4	38,75	9,69	0,70	3,01	0,60
	Resíduo	16	222,32	13,89			
	Total	24	286,83				
CL	Repetição	4	30,77	7,69	1,87	3,01	0,17
	Tratamentos	4	1915,59	478,90	116,31	3,01	<0,01
	Resíduo	16	65,88	4,12			
	Total	24	2012,24				
LH	Repetição	4	102,60	25,65	1,61	3,01	0,22
	Tratamentos	4	411,43	102,86	6,44	3,01	<0,01
	Resíduo	16	255,55	15,97			
	Total	24	769,57				

Tabela 27: Análise de variância para o índice de pureza (P_w) de classificação das velocidades de rotação de 50, 10, 150, 200 e 250 rpm nos 3 tratamentos.

Velocidade de Rotação	Fonte da variação	GL	SQ	MQ	F	F _{crítico}	Valor-P
50	Repetição	4	49,65	12,41	1,31	3,84	0,34
	Tratamentos	2	214,49	107,25	11,35	4,46	<0,01
	Resíduo	8	75,62	9,45			
	Total	14	339,76				
100	Repetição	4	132,76	33,19	2,09	3,84	0,17
	Tratamentos	2	23,29	11,64	0,73	4,46	0,51
	Resíduo	8	126,88	15,86			
	Total	14	282,93				
150	Repetição	4	20,75	5,19	0,47	3,84	0,76
	Tratamentos	2	2051,46	1025,73	92,77	4,46	<0,01
	Resíduo	8	88,45	11,06			
	Total	14	2160,66				
200	Repetição	4	6,57	1,64	0,12	3,84	0,97
	Tratamentos	2	675,06	337,53	24,71	4,46	<0,01
	Resíduo	8	109,30	13,66			
	Total	14	790,92				
250	Repetição	4	11,62	2,90	0,29	3,84	0,88
	Tratamentos	2	45,84	22,92	2,26	4,46	0,17
	Resíduo	8	81,29	10,16			
	Total	14	138,75				

9.2.2. Qualidade dos Frutos após o Processo de Classificação

Tabela 28: Análise de variância para a perda de massa nos dia 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 dias nos 7 tratamentos.

Dias	Fonte da variação	GL	SQ	MQ	F	F _{crítico}	Valor-P
2	Repetição	29	6,04	0,21	0,95	1,53	0,55
	Tratamentos	6	5,07	0,85	3,84	2,15	<0,01
	Resíduo	174	38,32	0,22			
	Total	209	49,44				
4	Repetição	29	9,46	0,33	0,87	1,53	0,66
	Tratamentos	6	8,05	1,34	3,57	2,15	<0,01
	Resíduo	174	65,35	0,38			
	Total	209	82,86				
6	Repetição	29	13,99	0,48	0,86	1,53	0,68
	Tratamentos	6	11,27	1,88	3,34	2,15	<0,01
	Resíduo	174	97,89	0,56			
	Total	209	123,15				
8	Repetição	29	21,48	0,74	0,94	1,53	0,57
	Tratamentos	6	13,32	2,22	2,80	2,15	0,01
	Resíduo	174	137,81	0,79			
	Total	209	172,61				
10	Repetição	29	27,79	0,96	0,91	1,53	0,60
	Tratamentos	6	17,79	2,96	2,82	2,15	0,01
	Resíduo	174	183,18	1,05			
	Total	209	228,75				
12	Repetição	29	37,88	1,31	0,98	1,53	0,50
	Tratamentos	6	24,92	4,15	3,13	2,15	0,01
	Resíduo	174	230,96	1,33			
	Total	209	293,76				
14	Repetição	29	44,55	1,54	0,95	1,53	0,55
	Tratamentos	6	34,45	5,74	3,54	2,15	<0,01
	Resíduo	174	281,85	1,62			
	Total	209	360,84				

Tabela 29: Valores médios da perda de massa (%) obtida para os frutos submetidos à classificação com os tratamentos controle, CC (50 e 100 rpm), CL (150 e 250 rpm) e LH (150 e 200 rpm), para os dias de armazenamento 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14*.

Tratamentos	Tempo de Armazenamento (dias)						
	2	4	6	8	10	12	14
Controle	1,53 b	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

*Mesma letra minúscula não há diferença entre linhas, mesma letra maiúscula não há diferença entre colunas, teste de Tukey, $p < 0,05$.

Tabela 30: Análise de variância para a atividade respiratória obtida na 1ª, 2ª, 3ª e 4ª hora após o processo de classificação dos frutos nos 7 tratamentos.

Horas	Fonte da variação	GL	SQ	MQ	F	F _{crítico}	Valor-P
1ª	Repetição	3	371,95	123,98	0,63	3,16	0,61
	Tratamentos	6	5657,04	942,84	4,75	2,66	<0,01
	Resíduo	18	3570,58	198,37			
	Total	27	9599,57				
2ª	Repetição	3	1040,74	346,92	3,14	3,16	0,05
	Tratamentos	6	5124,07	854,01	7,73	2,66	<0,01
	Resíduo	18	1988,20	110,46			
	Total	27	8153,01				
3ª	Repetição	3	38,58	12,86	0,14	3,16	0,93
	Tratamentos	6	5424,76	904,13	9,87	2,66	<0,01
	Resíduo	18	1649,43	91,63			
	Total	27	7112,77				
4ª	Repetição	3	138,38	46,13	0,54	3,16	0,66
	Tratamentos	6	5383,80	897,30	10,59	2,66	<0,01
	Resíduo	18	1525,00	84,72			
	Total	27	7047,18				

Tabela 31: Análise de variância para a atividade respiratória do processo de classificação nos tratamentos Controle, CC (50 e 100 rpm), CL (50 e 250 rpm) e LH (150 e 200 rpm) nas 4 horas de monitoramento.

Tratamentos	Fonte da variação	GL	SQ	MQ	F	F _{crítico}	Valor-P
Controle	Repetição	3	159,09	53,03	7,53	3,86	0,01
	Tratamentos	3	96,76	32,25	4,58	3,86	0,03
	Resíduo	9	63,40	7,04			
	Total	15	319,25				
CC 50 rpm	Repetição	3	1474,51	491,50	8,38	3,86	0,01
	Tratamentos	3	538,73	179,58	3,06	3,86	0,08
	Resíduo	9	527,95	58,66			
	Total	15	2541,19				
CC 100 rpm	Repetição	3	596,60	198,87	3,00	3,86	0,09
	Tratamentos	3	134,26	44,75	0,67	3,86	0,59
	Resíduo	9	597,33	66,37			
	Total	15	1328,19				
CL 50 rpm	Repetição	3	645,57	215,19	1,37	3,86	0,31
	Tratamentos	3	1835,72	611,91	3,90	3,86	0,05
	Resíduo	9	1413,49	157,05			
	Total	15	3894,78				
CL 250 rpm	Repetição	3	787,13	262,38	4,79	3,86	0,03
	Tratamentos	3	280,70	93,57	1,71	3,86	0,23
	Resíduo	9	493,42	54,82			
	Total	15	1561,25				
LH 150 rpm	Repetição	3	787,09	262,37	2,43	3,86	0,13
	Tratamentos	3	354,80	118,27	1,09	3,86	0,40
	Resíduo	9	972,11	108,01			
	Total	15	2114,00				
LH 200 rpm	Repetição	3	352,67	117,56	0,73	3,86	0,56
	Tratamentos	3	916,54	305,51	1,89	3,86	0,20
	Resíduo	9	1452,52	161,39			
	Total	15	2721,72				

Tabela 32: Valores médios da atividade respiratória ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) obtida para os frutos submetidos à classificação com os tratamentos controle, CC (50 e 100 rpm), CL (150 e 250 rpm) e LH (150 e 200 rpm), nas 4 horas de acompanhamento*.

Tratamentos	Tempo de Armazenamento (h)			
	1	2	3	4
Controle	39,81 abA	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

*Mesma letra minúscula não há diferença entre linhas, mesma letra maiúscula não há diferença entre colunas, teste de Tukey, $p < 0,05$.

9.2.3. Eficácia de Limpeza

Tabela 33: Análise de variância para o índice de limpeza obtido no obtido no processo de limpeza das dos tomates utilizando 4 tratamentos.

Fonte da variação	GL	SQ	MQ	F	F _{crítico}	Valor-P
Repetição	29	11154,70	384,65	1,28	1,60	0,19
Tratamentos	3	25090,40	8363,48	27,93	2,71	<0,01
Resíduo	87	26050,30	299,43			
Total	119	62295,40				