

OTIMIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NA LAVAGEM DE TOMATES DE MESA EM EQUIPAMENTOS DE BENEFICIAMENTO

MICHELE C. SILVA¹, ROBERTO TESTEZLAF², MARCOS D. FERREIRA³.

¹Aluna de Graduação Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas-SP, e-mail: michele.silva@agr.unicamp.br

²Engenheiro Agrícola. Professor Titular. Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas-SP.

³Engenheiro Agrônomo, Professor, Faculdade de Engenharia Agrícola UNICAMP, Campinas-SP.

Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 4 de agosto de 2006 - João Pessoa - PB

RESUMO: A etapa de limpeza no sistema de beneficiamento do tomate de mesa é essencial tanto para a aceitação do produto pelo consumidor, quanto para a conservação da qualidade do fruto. Entretanto, a etapa de lavagem dos atuais sistemas de limpeza, utilizada em unidades de beneficiamento, demanda um volume excessivo de água, trazendo sérias preocupações ambientais. O objetivo deste trabalho foi contribuir com informações, buscando a otimização do sistema de lavagem em equipamentos de beneficiamento de tomate de mesa. Para tanto, comparou-se o sistema convencional de limpeza, utilizado atualmente, com um sistema redimensionado utilizando-se *sprays* comerciais. Foram determinadas as curvas características (vazão versus pressão) para ambos sistemas e comparados os respectivos consumos de água. Os resultados comprovaram o consumo excessivo de água na etapa de limpeza de frutos no sistema convencional, sendo possível reduzi-lo significativamente, de maneira a permitir o uso racional da água, aplicando-se alternativas tecnológicas existentes, como o uso de *spray*.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas de limpeza, Qualidade de frutos, Consumo de água.

WATER CONSUMPTION OPTIMIZATION IN WASHING MECHANISM USED IN FRESH MARKET TOMATOE CLEANING EQUIPMENT

ABSTRACT: The post-harvesting cleaning process in fresh market tomatoes production is essential to the consumer acceptance, since the degree of dirtiness of the fruits is directly related to its quality. However, the washing stage of the cleaning process of current packinghouse demands an excessive water volume, bringing serious ambient concerns. The objective of this work was to contribute with technical information, searching for the washing system optimization. The conventional washing system currently used in cleaning equipment, was compared with a proposed system using commercial sprays. The characteristic curves (flow versus pressure) for both systems were determined in lab conditions and the respective water consumptions were compared. The results confirmed the excess of water consumption in the conventional washing systems, however the proposed system proved that is possible to reduce it. The use of *sprays* allowed the rational use of the water, showing them as a technical alternative.

KEYWORDS: Cleaning system, fruits quality, Water consumption.

INTRODUÇÃO: Em 2005, estimou-se que a produção brasileira de tomate tenha alcançado 3.303.530 toneladas, representando 2,6% da produção mundial (FAO, 2006). A perda de qualidade do tomate por manuseio inadequado chega a 5% do custo de pós-colheita de acordo com (AGRIANUAL, 2004). Com a finalidade de diminuir tais perdas, e prolongar a vida de prateleira, o beneficiamento dos

produtos é realizado tanto no campo como em unidades de beneficiamento (FERREIRA, 2003a). Segundo MARCOS (2001), a aparência externa é um dos fatores que apresenta maior grau de importância para o consumidor no momento de escolha do tomate de mesa. Essa autora ainda afirma que a sujidade do produto está relacionada com a durabilidade, uma vez que este pode conter inóculos de microorganismos na superfície, que, segundo CHITARRA & CHITARRA (1990), podem se desenvolver e resultar em produtos de má aparência e não comercializáveis. Segundo FERREIRA (2003b), a eficiência da limpeza pode estar mais relacionada com menores quantidades de água associadas, por exemplo, a uma escovação efetiva. Entretanto, a etapa de lavagem nas atuais unidades de beneficiamento se caracteriza por não ter um controle preciso da quantidade de água utilizada na limpeza, e pela falta de precauções técnicas com o descarte da água utilizada, trazendo, assim, sérias preocupações ambientais. Portanto, é necessário buscar a otimização do sistema de lavagem de modo que a água, no sistema de beneficiamento seja utilizada de forma racional. Baseando-se na hipótese de que o consumo de água na etapa de lavagem pode ser reduzido, este trabalho teve como objetivo caracterizar o sistema hidráulico atualmente utilizado, verificando o consumo de água empregada na limpeza de frutos, e também contribuir com informações que possibilitem a otimização do sistema de limpeza, com o aumento da eficiência do uso da água, introduzindo nova proposta ao sistema.

MATERIAL E MÉTODOS: Os experimentos foram realizados no Laboratório de Hidráulica e Irrigação e no Laboratório de Tecnologia de Pós-Colheita UNIMAC da FEAGRI - Faculdade de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, SP.

Caracterização do sistema convencional: O sistema hidráulico avaliado é parte do equipamento de beneficiamento de frutas, fabricado por Indústria e Comércio Barana Ltda., composto por escovas específicas para lavagem, secagem e polimento de frutas, além de um sistema de aspersão onde são lavados os frutos. Este sistema é composto por tubulações de PVC do tipo predial soldáveis DN 25 e espessura 1,7 mm. O sistema dispõe de quatro válvulas que possibilitam que a regulagem de vazão de cada tubo seja independente. Na parte inferior dos tubos existem 16 orifícios com 2,2 mm de diâmetro médio, com 30 mm de espaçamento médio entre orifícios que fornecem uma área de molhamento de aproximadamente 0,18 m². O ensaio para a determinação da curva característica do sistema convencional (vazão versus pressão) consistiu em obter os valores de vazão para 10 diferentes pressões pré-determinadas (6,9 a 69,0 kPa), com as válvulas do sistema totalmente abertas. A pressão foi obtida através de uma Bomba d'água – KSB, modelo Meganorm Bloc 80-315 - 1750 rpm, 25 CV (parte integrante de um circuito hidráulico fechado do Laboratório de Hidráulica e Irrigação da FEAGRI). As leituras de pressão foram feitas a partir de um manômetro de 207 kPa (30 Psi) com precisão de +/- 5%. As medições da vazão foram feitas com um hidrômetro digital – Hidrômetro digital GPI®, modelo 10N12LM com precisão de +/-5%. Aplicou-se ao sistema pressões em ordem crescente e decrescente, em incrementos de 6,9 kPa, e também de forma aleatória (a fim de minimizar o efeito histerese), obtendo-se as respectivas vazões, a partir do hidrômetro Figura 1.

Caracterização do sistema proposto: Após análises de alternativas tecnológicas ao sistema de lavagem utilizado atualmente, obtiveram-se informações técnicas e operacionais sobre *sprays* disponíveis no mercado, buscando o dispositivo que melhor se adaptasse as condições de vazão e pressão do sistema. Assim chegou-se à ponta de pulverização modelo ProMax QPHA 1.5, fabricado por Spraying Systems S.A.. O bocal selecionado, com diâmetro de $1,13 \times 10^{-6}$ m², fornecia uma área molhada de aproximadamente 0,16 m², de acordo com a pressão de serviço.

Para a determinação da curva característica do sistema proposto, realizou-se o ensaio que consistiu em obter os valores de vazão para cinco diferentes pressões pré-determinadas (48 a 248 kPa), respeitando as recomendações do fabricante. Aplicou-se ao sistema pressões em ordem crescente e decrescente, em incrementos de 50 kPa, e também em ordem aleatória. A pressão necessária para a formação do cone cheio, foi obtida por uma bomba d'água - KSB, modelo P1000 – 1CV / 60Hz. As pressões foram medidas com o auxílio de um manômetro (413 kPa ou 60 Psi, com precisão de +/- 5%). Com o auxílio de um cronômetro e uma proveta graduada, foram coletados volumes de água por tempo pré-determinado e com esses valores obtiveram-se as vazões correspondentes para cada valor de pressão Figura 2.

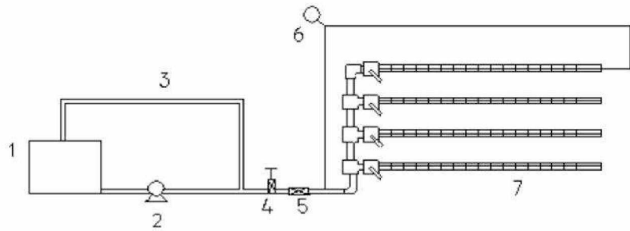


Figura 1: Esquema da montagem do experimento para levantamento da curva característica do sistema convencional (1-Reservatório de água; 2-Bomba d'água; 3-Bypass; 4-Registro; 5-Hidrômetro; 6-Manômetro; 7-Sistema convencional de aspersão).

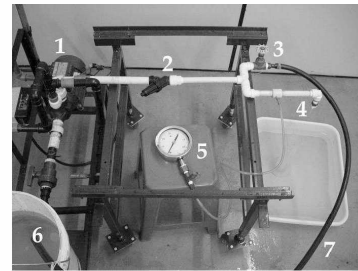


Figura 2: Montagem do experimento em laboratório (1-Bomba d'água; 2-Regulador de pressão; 3-Registro; 4-Spray; 5-Manômetro; 6-Reservatório de água; 7-Bypass).

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Caracterização do sistema convencional: Com os dados obtidos experimentalmente, foi possível construir a curva característica do sistema convencional, apresentada na Figura 3.

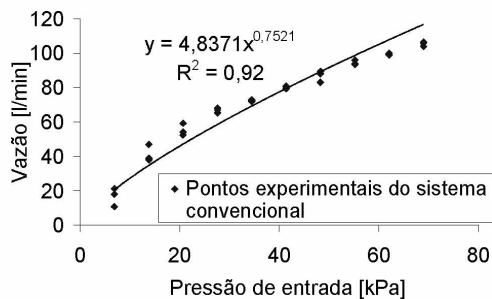


Figura 3: Curva característica experimental do sistema convencional.

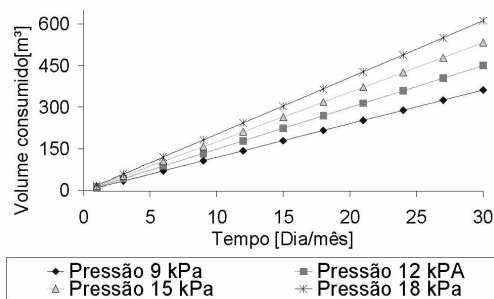


Figura 4: Consumo real do sistema hidráulico convencional (considerando carga horária de 8 horas/dia).

Para esta curva, observou-se que o coeficiente de determinação (R^2) permaneceu próximo de um, sendo considerado um ajuste estatisticamente significativo aos pontos experimentais. Observou-se que o expoente igual a 0,7521 indica que o regime do fluxo d'água através do sistema permanece em fluxo turbulento, de acordo com CONCEIÇÃO & COELHO (2003). No levantamento da curva característica experimental, foi observado que para valores de pressão superior à 30kPa torna-se inviável a lavagem de frutos, não apenas pelo grande volume consumido, mas também pelo alto impacto provocado pela água sobre o fruto. A partir da curva experimental, pôde-se obter as curvas de consumo de água em função do tempo de trabalho mensal utilizando-se o sistema hidráulico convencional, (Figura 4).

A partir destas curvas foi possível simular diferentes cenários de consumo em função do número de meses em que a unidade de limpeza irá trabalhar. Por exemplo, se um sistema trabalhar oito horas por dia, à pressão média de 15 kPa seu consumo mensal será de 534 m³. Assim, ao final de um ano com 12 meses trabalhados serão consumidos 6.408 m³ de água para lavagem dos frutos. Considerando o consumo diário de 200 litros de água por pessoa, obtém-se que o consumo de água deste sistema pode abastecer 89 pessoas por dia.

Caracterização do sistema proposto: Com os dados obtidos no experimento foi possível construir a curva característica do sistema proposto apresentada na Figura 5.

Observou-se que o coeficiente de determinação (R^2) obtido foi próximo de um, sendo considerado um ajuste significativo aos pontos experimentais. Observa-se pela curva experimental que o expoente igual à 0,4531 indica que o regime do fluxo d'água através do sistema é turbulento de acordo com CONCEIÇÃO & COELHO (2003). A partir da curva experimental do sistema proposto, obtiveram-se as curvas de consumo de água em função do tempo de trabalho mensal deste sistema (Figura 6).

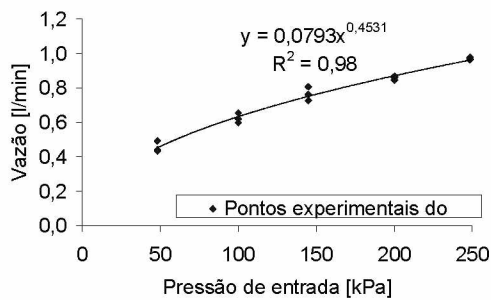


Figura 5: Curva característica experimental do sistema proposto.

Utilizando-se as curvas de consumo, pôde-se simular também para este sistema, diferentes cenários de consumo em função do número de meses em que a unidade de limpeza irá trabalhar. Para um sistema trabalhando 8 horas por dia, à pressão média de 200 kPa seu consumo mensal será de aproximadamente 12,6 m³. Assim, ao final de um ano com 12 meses trabalhados serão consumidos 151 m³ de água para lavagem dos frutos. O que corresponde ao consumo de água de 2 pessoas por dia. Representando uma economia de quase 98% no consumo de água, com relação ao sistema convencional. A adoção de *spray* em sistemas de limpeza em unidades de beneficiamento irá exigir que a aspersão seja realizada à baixa vazão e alta pressão, produzindo assim, gotas de tamanho muito pequeno ($9,8 \times 10^{-4} \text{m}$), segundo o fabricante, e que não são capazes de causar injúrias aos frutos por impacto, porém este sistema demandará maior consumo de energia, devido à exigência de uma bomba d'água, necessária para a elevação da pressão do sistema, Para este sistema há ainda a necessidade de um maior controle na qualidade da água, evitando possíveis obstruções no orifício de saída do *spray*, que possam prejudicar seu desempenho.

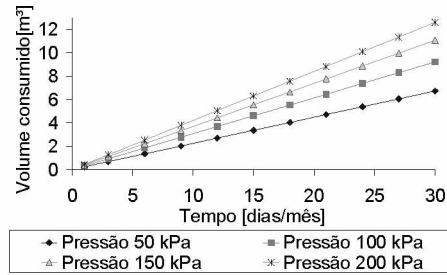


Figura 6: Consumo real do sistema hidráulico proposto (considerando carga horária de 8 horas/dia).

CONCLUSÕES: Os resultados obtidos neste trabalho comprovaram que o consumo de água na etapa de limpeza de frutos é excessivo, e que a aplicação de alternativas tecnológicas existentes, como o uso de *spray*, pode minimizar em 98% o consumo de água nesta etapa, proporcionando praticamente a mesma área de aplicação de água, contribuindo assim, com o uso racional da água. Há ainda a necessidade de verificação e comparação entre os sistemas quanto à eficiência de limpeza, buscando o sistema econômico e tecnicamente viável, e ambientalmente correto.

AGRADECIMENTOS: Ao CNPq/PIBIC pelo apoio na forma de bolsa de iniciação científica ao primeiro autor, que possibilitou o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- AGRIANUAL 2005: **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo. Tomate. FNP. p.496-502, 2004.
- CHITARRA, M.I.F; CHITARRA, A.B. **Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. Lavras: ESAL- FAEPE, 1990.
- CONCEIÇÃO, M.A.F; COELHO, R.D. Relação vazão x pressão em microaspersores DAN 2001 sob condição adversa de operação. **Irriga: Brazilian Journal of Irrigation and Drainage**, Botucatu-SP, v.8, n.01, p.63-68, jan., abr., 2003.
- FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations: **Statistics** < http://www.fao.org/waicent/portal/statistics_en.asp > acesso em 18/03/2006.
- FERREIRA, M. D. **Classificação e Beneficiamento de Frutas e Hortaliças: "Packinghouses"** Hortifruti – Pack. In: SEMEAGRI (Semana da Engenharia Agrícola). Campinas. p.17,2003a.
- FERREIRA, M. D. **Perdas na cadeia produtiva do tomate de mesa**. In: WORKSHOP TOMATE NA UNICAMP: PERSPECTIVAS E PESQUISAS, Anais... Campinas-SP. 28 de maio de 2003b.
- MARCOS, Sissi Kawai Marcos. **Desenvolvimento de Tomate de Mesa, com o Uso do Método Q. F. D. (Quality Function Deployment) Comercializado em um Supermercado**. 200p. Tese (Doutorado em Tecnologia Pós-Colheita) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 2001.