

PROTÓTIPO ALTERNATIVO DE DESIDRATADOR OSMÓTICO COM CONTROLE AUTOMÁTICO DE NÍVEL E TEMPERATURA DA SOLUÇÃO DE SACAROSE

Elio Santos Almeida Júnior (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT) E-mail: elio_jr_@hotmail.com

Geovana Oliveira do Rosário (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT) E-mail: geovana.rosario@hotmail.com

Ana Karla Costa (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT) E-mail: anakarla.ea@hotmail.com

Tadeu Miranda de Queiroz (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT) E-mail: tdmqueiroz@yahoo.com.br

Resumo: Este trabalho descreve uma solução alternativa de automação e controle do processo de desidratação osmótica, utilizando um sistema de controle de nível e temperatura da solução de sacarose. O sistema é composto por três reservatórios, duas bombas centrífugas, sensores de nível e temperatura, aquecedor resistivo e placa de controle microcontrolada. O desidratador osmótico proposto utilizando-se da ação de controle on-off para acionamento do aquecedor resistivo, e sensor de temperatura (LM35) para determinar a temperatura da solução de sacarose. Como mecanismos de controle de nível são utilizadas chaves de mercúrio, o tempo de desidratação é pré-definido e controlado pelo algoritmo. O protótipo desenvolvido apresentou resultados satisfatórios, operando de forma correta, demonstrando ser uma alternativa viável para automação do processo de desidratação osmótica.

Palavras-chave: Automação; microcontroladores; sensores; indústria alimentícia; conservação de alimentos.

ALTERNATIVE PROTOTYPE OF DEHYDRATOR OSMOTIC WITH CONTROL AUTOMATIC OF LEVEL AND TEMPERATURE SOLUTION OF SUCROSE

Abstract: This work describes an alternative solution automation and control of osmotic dehydration process, using a control system of level and temperature sucrose solution. The system consists of three tanks, two centrifugal pumps, level and temperature sensors, resistive heater and microcontrolled control board. The osmotic dehydrator proposed using on-off control action to drive the resistive heater and temperature sensor (LM35) to determine the temperature of the sucrose solution. As level control a mechanisms mercury switches are used, the dehydration time is pre-set and controlled by the algorithm. The prototype showed satisfactory results, operating correctly, proving to be a viable alternative for automation of osmotic dehydration process.

Keywords: Automation; microcontrollers; sensors; food industry; food preservation.

1. INTRODUÇÃO

Segundo estudos relacionados com a saúde humana, recomenda-se o consumo diário de frutas e hortaliças, pois são fontes de nutrientes imprescindíveis na prevenção de doenças (Costa; Vasconcelos; Corso, 2012). Esses alimentos apresentam teores de água elevados, o que favorece o crescimento de micro-organismos demandando precauções na colheita, armazenamento e distribuição (Shigematsu et al., 2005).

O Brasil destaca-se entre os maiores produtores e exportadores de frutas, entretanto as perdas pós-colheita tornam-se um problema, decorrentes de práticas culturais e do não controle de patógenos, influenciando negativamente na qualidade do produto (Senhor et al., 2009). Dentre as diversas frutas produzidas no país destaca-se a maçã, pois além de uma importante fonte de nutrientes, sua produção e exportação são expressivas, produção esta que se restringe a região Sul do país, em razão dos fatores climáticos, dificultando assim manter as propriedades organolépticas durante o transporte (Moura, 2007).

A aplicação da desidratação osmótica na conservação proporciona a redução do volume de água e do desenvolvimento de micro-organismos indesejados (Calliari et al., 2004). Mota (2005) afirma que este método de conservação permite a perda de água do material celular através da incorporação de solutos. Desse modo, as frutas após o beneficiamento apresentam características semelhantes à in natura e possuem maior vida de prateleira o que facilita a logística (Torreggiani; Bertolo, 2001).

Segundo Germer et al., (2011), apesar das vantagens da desidratação osmótica, a temperatura utilizada nesse método deve ser controlada, pois pode acarretar alterações indesejáveis, como o escurecimento do produto. Diante do experimento realizado pelo autor, constatou-se que a temperatura não deve ultrapassar 54°C, pois os resultados finais são mais satisfatórios.

Para realização do beneficiamento as indústrias de alimentos utilizam a automação como meio de aumentar a eficiência, produção, segurança tanto dos operários e quanto do processo, confiabilidade do material produzido, redução de resíduos e a redução no desperdício de matérias-primas (Ribeiro, 2001).

Para o controle automático da temperatura são empregados sensores. O mercado industrial oferece diversas opções de modelos e princípios de funcionamento. O LM 35 é um sensor de temperatura largamente utilizado em robótica e automação, como relatado por Mendes et al. (2010) e Pinto et al. (2010).

Segundo Pereira (2004), um microcontrolador é um circuito integrado composto por um processador, memórias, e terminais de entrada e/ou saída, onde por meio de programação proporciona determinar ações de controle em seus terminais de saída, decorrentes da programação ou reativa as leituras efetuadas em seus terminais de entrada. A diferença entre os diversos tipos de microcontroladores se dá através das suas capacidades de processamento, quantidade de memória, quantidade de terminais de entrada e/ou saída, protocolos de comunicação suportados e tecnologia de desenvolvimento empregada.

No desenvolvimento do projeto foi utilizado o módulo microcontrolado Basic Step 1, o qual possui em sua estrutura o microcontrolador PIC16F819, desenvolvido pela Microchip Technology Inc., circuito integrado responsável pelo armazenamento e execução do código desenvolvido para o protótipo.

A ação de controle *on-off* se destaca dentre as demais devido a sua maior simplicidade e baixo custo. Como o nome sugere, permite apenas duas posições de controle, desta forma o elemento controlado estará ligado ou desligado. Seu uso encontra-se bem difundido na indústria, e destinasse principalmente a processos onde possa ocorrer a oscilação contínua da variável de controle em relação ao valor de *set point* desejado (BEGA et al., 2003).

O objetivo deste trabalho foi a elaboração e montagem de um protótipo, para realizar a desidratação osmótica, com controle automático de temperatura e nível da solução de sacarose e o tempo de execução, visando uma alternativa para controle adequado e automático do processo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no laboratório de Automação e Controle da Universidade do Estado do Mato Grosso, Campus Universitário Deputado Estadual Renê Barbour, Barra do Bugres - MT.

O protótipo alternativo de desidratador osmótico foi constituído pelos seguintes componentes: três reservatórios, um primeiro reservatório para o armazenamento da solução

de sacarose a ser utilizada, um segundo reservatório para desidratação osmótica e um terceiro reservatório para armazenamento da solução descartada ao término do processo. Duas bombas centrífugas e mangueiras de polietileno transparente foram utilizadas para promover o fluxo da solução entre os reservatórios. Um aquecedor resistivo (ebulidor mergulhão de alumínio, 127V – 500W) foi utilizado no aquecimento da solução de sacarose, seu acionamento foi feito por meio de um contator (contator auxiliar para correntes até 10A – 400V, tensão da bobina: 127V).

Um módulo microcontrolado (Basic Step 1) foi utilizado no armazenamento e execução da programação desenvolvida, um display de cristal líquido (LCD) de 16 colunas por 2 linhas, foi utilizado com interface de comunicação com o usuário. Quatro relés, dois utilizados no acionamento das bombas e dois para o acionamento e desligamento do contator, quatro transistores BC548 foram utilizados para amplificação de corrente e acionamento dos relés.

Um sensor de temperatura escolhido foi o LM35, por ser amplamente utilizado em diversos projetos de automação, e por tratar de um dispositivo de fácil leitura pois sua interface é simples, fornece uma precisão com variações de $\frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$, além de não necessitar de calibração externa, como reportado por Mendes et al. (2010).

Para controle de nível foram construídos três sensores, cada um possui em sua estrutura uma chave de mercúrio e quando movimentado possibilita a leitura de nível, seu diagrama esquemático e aspecto podem ser vistos na Figura 1. O sensor foi montado a partir de uma chapa de latão perfurada de 9cm, foi dobrada ao meio formando um ângulo de 90° , um pequeno pedaço de arame foi utilizado como eixo, nele foi preso um fio de cobre enrolado, utilizando pequenos tubos plásticos e cola epox o eixo foi preso a estrutura, formado assim uma dobradiça, para finalizar, um pedaço de isopor foi preso ao fio de cobre e a chave de mercúrio posicionada.

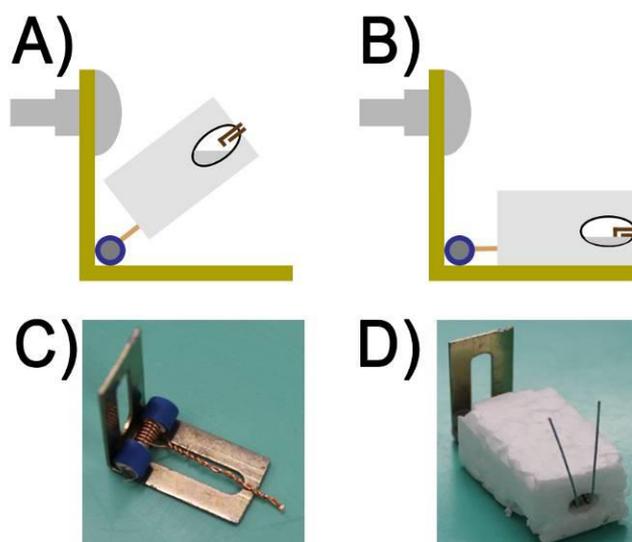


Figura 1 – A) Sensor com o contato aberto, B) Sensor com o contato fechado, C) Estrutura base do sensor de nível e D) Aspecto final da montagem.

A disposição dos reservatórios, sensores, bombas e aquecedor podem ser vistos na Figura 2, a modelagem foi realizada para um sistema aberto, onde o reservatório R1 irá conter a solução de sacarose, que será transferida para o segundo reservatório (R2), onde as frutas estarão dispostas em um estrado, juntamente com o aquecedor resistivo, sensor de

temperatura LM35 e dois sensores de nível, um para nível alto e outro para nível baixo e o terceiro reservatório (R3) destinado ao descarte da solução.

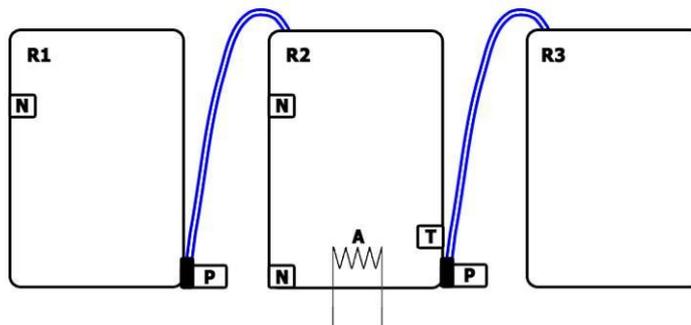


Figura 2 – Esquema da disposição dos componentes que compõem o protótipo.

O algoritmo desenvolvido para o controle do processo de desidratação inicialmente verifica se há a quantidade necessária de solução no reservatório R1, o mesmo deve ser abastecido manualmente. Caso haja a quantidade de solução necessária é então verificado se o reservatório R2 está vazio, se não estiver a bomba do reservatório R2 é acionada até que esteja vazio, caso já esteja vazio a bomba do reservatório R1 é acionada até que se tenha o nível necessário de solução.

Com o reservatório R2 abastecido inicia-se o processo de desidratação, a temperatura da solução é controlada por meio de ação on-off em malha fechada, onde o sinal de saída do sensor LM35 é lido e convertido para graus Célsius ao se multiplicar o valor lido pela constante 0,49, a temperatura é comparada ao set point o que determina o acionamento ou não do aquecedor, o que mantém uma temperatura de 45°C com uma variação de ±1°C. Após decorrido as oito horas necessárias a desidratação (Kaymak-Ertking e Sultanoglu, 2000), o aquecedor é desligado definitivamente e a bomba do reservatório R2 é acionada, drenando a solução para o reservatório de descarte (R3) e assim finalizando o processo. Na Figura 3 é apresentado o fluxograma do algoritmo desenvolvido.

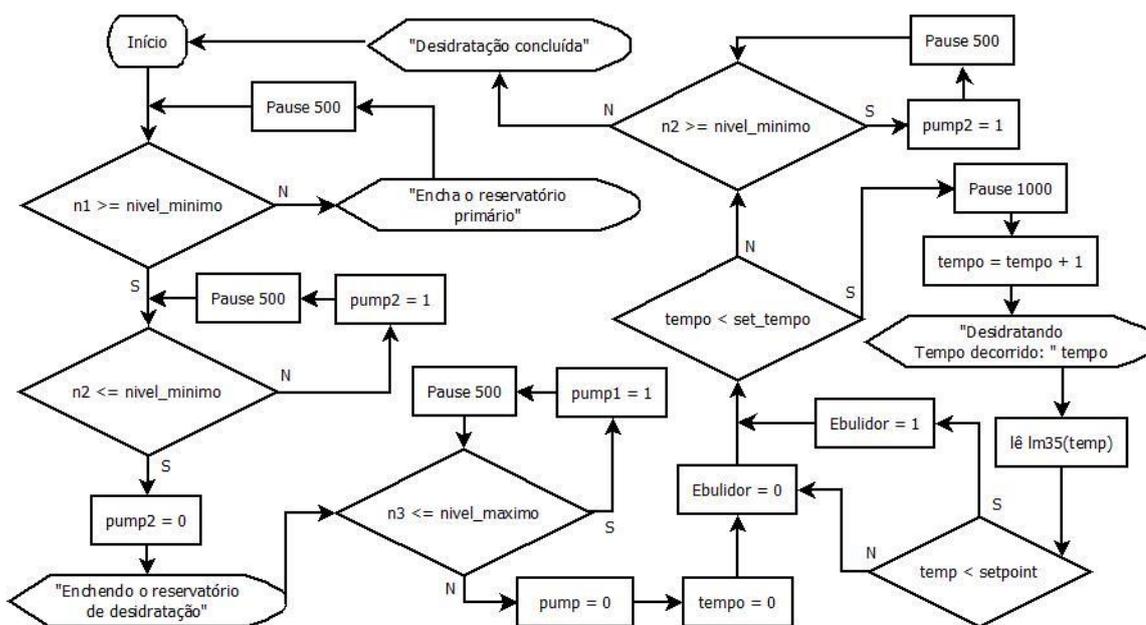


Figura 3 – Fluxograma do algoritmo do sistema de automação.

Na Figura 4 observa-se o esquema elétrico do desidratador osmótico, onde os componentes estão interligados entre si.

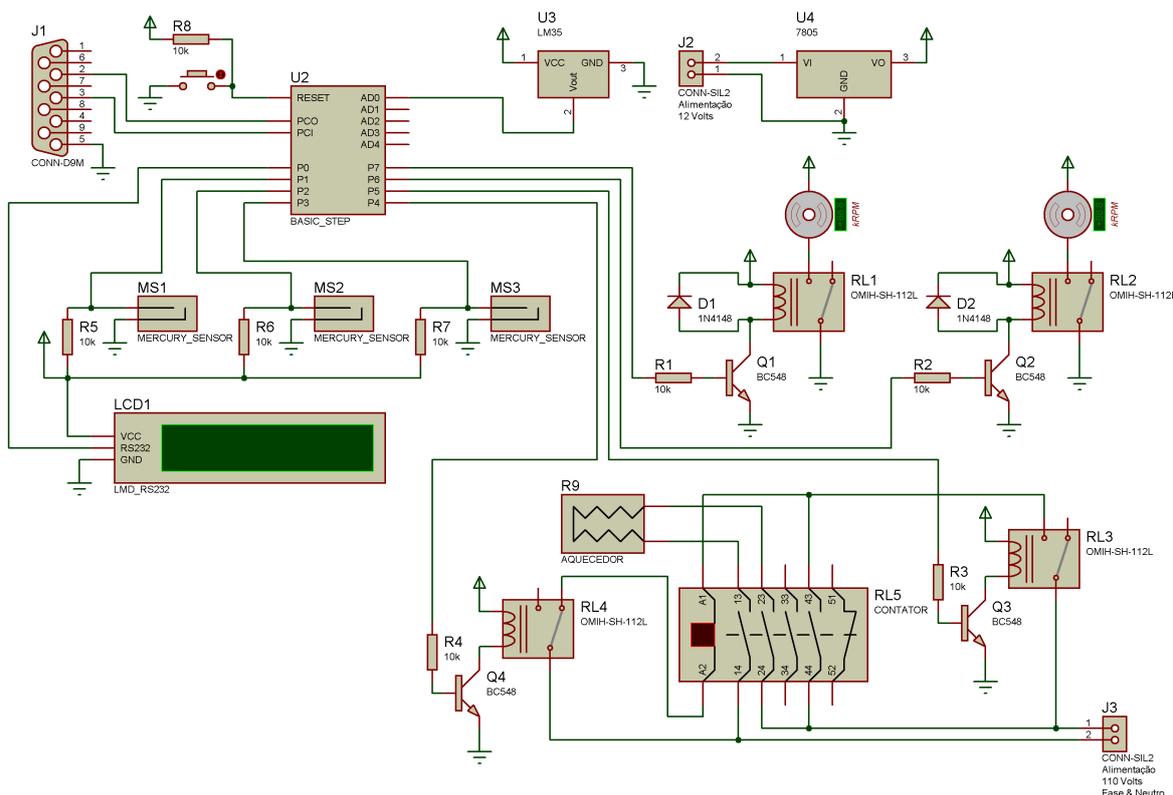


Figura 4 – Esquema elétrico.

A matéria-prima utilizada para os testes foi a maçã, cultivar Fuji, adquirida em um supermercado de Barra do Bugres – MT, os frutos foram lavados em água corrente, posteriormente foram submersos em uma mistura de água e hipoclorito de sódio durante 10 minutos. Ao término do tempo os frutos foram novamente lavados em água corrente. Após os frutos terem sido higienizados e secos, foram fatiados radialmente em fatias de ~5mm, e dispostos na cesta de desidratação, prontos para os testes.

A desidratação osmótica foi realizada em solução de sacarose e água destilada, com a concentração de 0,47 g mL⁻¹, a uma temperatura de ~45°C durante oito horas (Kaymak-Ertking e Sultanoglu, 2000). A metodologia de análise empregada consistiu em verificar o peso das fatias antes de serem submetidas ao processo de desidratação e ao seu término. Os valores obtidos a partir do processo de desidratação foram utilizados para calcular o percentual de perda de peso pelo fruto conforme a equação citada por Sacchetti et al. (2001):

$$P_p (\%) = \frac{M_o - M_t}{M_o} \times 100$$

Onde:

P_p (%) - Perda de peso, em %

M_o - Massa do fruto no tempo t = 0, em gramas

M_t - Massa do fruto tratado no tempo t, em gramas

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o posicionamento e conexão dos componentes do protótipo, foram realizados testes no intuito de verificar sua operabilidade. Na Figura 5 observa-se o aspecto final do protótipo. Durante a construção do protótipo a maior dificuldade encontrada consistiu na aquisição dos componentes e sua integração.

Como observa-se na Figura 5 foram utilizados potes plásticos nos reservatórios R1 e R3, como R2 lidou com temperaturas mais elevadas utilizou-se uma lata de 20 Litros retificada. Como material vedante foi utilizado adesivo epox nas junções das tubulações, componentes estes de baixo custo. Ao todo para a aquisição dos componentes utilizados foram gastos R\$ 173,52, sendo o componente de maior valor o módulo microcontrolado Basic Step 1, custando R\$ 70,00.

Os sensores de nível desenvolvidos apresentaram a necessidade de serem calibrados individualmente. O processo de calibração consistiu em encher o reservatório até o nível desejado, então com o auxílio de um multímetro digital os sensores de nível foram posicionados, e durante os testes apresentaram bom funcionamento.



Figura 5 – Desidratador osmótico alternativo.

Na Figura 6 é possível observar a temperatura da solução ao longo dos primeiros 90 minutos de funcionamento do protótipo, onde se observa o comportamento da variável do processo (Temperatura da solução) em relação ao tempo. O teste foi realizado duas vezes, onde a partir do momento em que começava a aquecer a solução a cada 60 segundos era tomado nota da temperatura medida pelo sensor (LM35) do protótipo.

Através da otimização do processo de controle, pode-se realizar a desidratação osmótica da maçã. O controle automático do tempo de execução, da quantidade e da temperatura da solução de sacarose ao longo do processo de desidratação permitiu uma maior praticidade e confiabilidade no processo. Na Figura 7 é apresentado o aspecto final da maçã ao término do processo de desidratação osmótica.

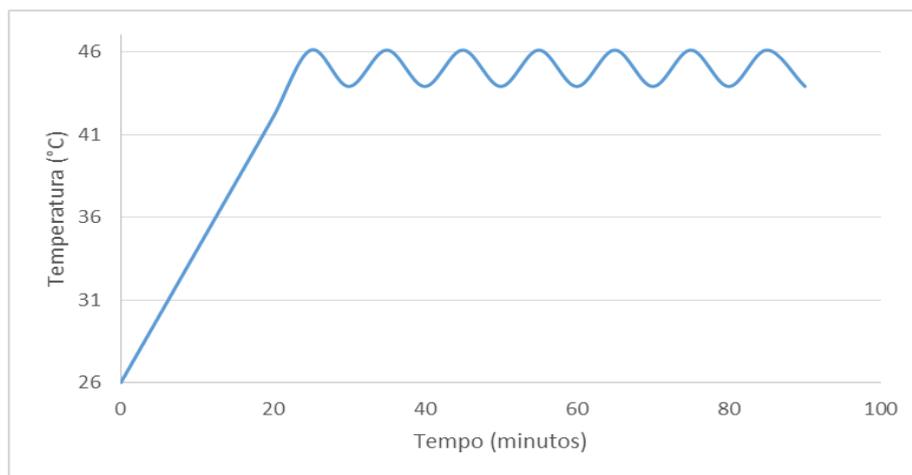


Figura 6 – Temperatura da solução de sacarose em relação ao tempo.



Figura 7 – Aspecto da maçã desidratada ao fim do processo.

Com a finalidade de averiguar a eficiência do protótipo alternativo de desidratador osmótico, foram realizadas três repetições do processo de desidratação, os resultados obtidos podem ser observados no Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados dos processos de desidratação osmótica da maçã, variedade Fuji.

Experimento	In natura (g)	Desidratada (g)	Perda de peso (%)
1	30,00	19,73	34,23
2	30,00	20,38	32,06
3	30,00	20,27	32,43

Dentre as vantagens do protótipo, destaca-se a viabilidade econômica, pois em sua idealização foram aplicadas peças de fácil acesso. A técnica de desidratação consiste na utilização de produtos comuns como água e açúcar, podendo assim, desencadear novos estudos para viabilidade e aplicação em diferentes níveis de infraestrutura.

4. CONCLUSÕES

O protótipo desenvolvido apresentou funcionamento satisfatório, de forma estável e segura. Em análise visual não se observou mudanças significativas na coloração da fruta e

escurecimento enzimático, indicando o potencial de utilização do protótipo desenvolvido.

REFERÊNCIAS

- BEGA, E. A.; et al.** Instrumentação industrial, 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. 541p.
- CALIARI, M.; JÚNIOR, M. S. S.; FERNANDES, T. N.; JÚNIOR, S. G.** Desidratação osmótica de batata baroa (*Arracacia xanthorrhiza*). Pesquisa Agropecuária Tropical, 34 (1):15-20, 2004.
- COSTA, L. C. F.; VASCONCELOS, F. A. G.; CORSO, A. C. T.** Fatores Associados ao Adequado consumo de frutas e hortaliças em Escolares de Santa Catarina, Brasil. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 28 v., N. 6, p. 1133-1142, junho de 2012.
- GERMER, S. P. M. et al.** Desidratação agente penetrante de Pêssegos em Função da temperatura e Concentração fazer xarope de sacarose. Rev. bras. eng. Agríc.ambiente., Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 161-169, Fevereiro de 2011.
- KAYMAK-ERTEKIN, F.; SULTANOĞLU, M.** Modelling of mass transfer during osmotic dehydration of apples. Journal of food Engineering, v. 46, n. 4, p. 243-250, 2000.
- MENDES, P. et al.** Monitoramento e Combate à Incêndio utilizando Sensores. Engenharia de Computação em Revista, v. 1, n. 5, 2010.
- MOTA, R. V.** Avaliação da Qualidade físico-química e aceitabilidade de Passas de pêssego submetidas à desidratação agente penetrante. Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas, v. 25, n. 4, p. 789-794, dezembro de 2005.
- MOURA, S. C. S. R. de et al.** Determinação da vida-de-prateleira de maçã-passa por testes acelerados. Ciênc. Tecnol. Aliment, Campinas, v. 27, n.1, p. 141-148, Março de 2007.
- PEREIRA, F.** Microcontroladores PIC: Programação em C, 3. ed. São Paulo: Érica, 2004.
- PINTO, G. et al.** Sistema de monitoramento para cultivo em áreas cobertas. Engenharia de Computação em Revista, v. 1, n. 4, 2010.
- RIBEIRO, A. A. B.; MEDEIROS, D.** Sistema Microprocessado para Monitorar o nível de água, utilizando Sensor Capacitivo. Revista Sinergia. São Paulo, v. 12, n. 1, p. 37-41, jan./abr. 2011.
- SACCHETTI, G.; GIANOTTI, A.; DALLA ROSA, M.** Sucrose-salt combined effects on mass transfer kinetics and product acceptability. Journal of Food Engineering, Oxford, v. 49, n. 2, p. 163-173, 2001.
- SENHOR, R. F. et al.** Manejo de doenças pós-colheita. Revista Verde, v. 4, n. 1, p. 00-13, Janeiro/Março de 2009.
- SHIGEMATSU, E. et al.** Influência de pré-tratamentos sobre a desidratação osmótica de caramolas. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 25, n. 3, p. 536-545, 2005.

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structure effects. *Journal of Food Engineering*, v. 49, n. 2, p. 247-253.2001.