

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO DE CLASSIFICAÇÃO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS POR PESO

CLAUDIO K. UMEZU¹, NELSON L. CAPPELLI², DANIEL GAIESKI³, ANGEL P. GARCIA⁴

¹ Eng. Eletricista, Pesq. Doutor, Faculdade de Eng. Agrícola, Unicamp, Campinas – SP, (019) 3788.1055, e-mail: umezu@agr.unicamp.br.

² Eng. Agrícola, Prof. Doutor, Faculdade de Eng. Agrícola, Unicamp, Campinas – SP.

³ Eng. Mecânico – Automação e Sistemas, Mestrando, Faculdade de Eng. Agrícola, Unicamp, Campinas – SP.

⁴ Eng. Agrícola, Mestrando, Faculdade de Eng. Agrícola, Unicamp, Campinas – SP.

Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 04 de agosto de 2006 - João Pessoa - PB

RESUMO: Um dos grandes desafios do setor agroindustrial é conciliar qualidade com alta produtividade, satisfazendo as exigências do mercado. Em virtude desta realidade, ferramentas de automação devem ser aplicadas de maneira contundente em muitos dos processos agrícolas. Este trabalho descreve a implementação e testes de um sistema automatizado de classificação de produtos agrícolas, utilizando-se um critério de seleção por peso. O transporte dos produtos é realizado por uma esteira e é utilizado um sistema de pesagem em movimento. Dois pistões pneumáticos são utilizados para o descarte dos produtos e um controlador lógico programável é utilizado para comparar o peso do produto com os valores limites selecionados pelo usuário. Utilizou-se a linguagem *ladder* para o desenvolvimento de um aplicativo para a seleção automática, descartando produtos que estejam fora de uma faixa de peso pré-estabelecida. O uso de um sistema automatizado na seleção de produtos agrícolas pode elevar a produtividade e a confiabilidade do processo.

PALAVRAS-CHAVE: AUTOMAÇÃO, PRODUTOS AGRÍCOLAS, CLASSIFICAÇÃO

IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATIC SYSTEM FOR CLASSIFICATION OF AGRICULTURAL PRODUCTS USING WEIGHT CRITERION

ABSTRACT: One of the great challenges of the agro-industrial sector is to combine quality with high productivity, satisfying the market requirements. In this direction, automation tools must be applied in many agricultural processes. This work describes the implementation and tests of an automatic system for classification of agricultural products, using weight criterion. The transport of the products is through a belt using a dynamic system of weight measurement. Two pneumatic cylinders are used for the discharging of the products. A programmable logic controller is used to compare the weight of the product with the boundary-values selected for the user. The ladder language was used in an application for the automatic classification, discharging products that are of the established band. The use of an automatic classification system in agricultural process products can raise the productivity and the reliability of the process.

KEYWORDS: AUTOMATION, AGRICULTURAL PRODUCTS, CLASSIFICATION

INTRODUÇÃO: O setor agroindustrial representa uma vasta área para a aplicação de sistemas de automação e controle, especialmente para processos que necessitam de algum tipo de tomada de decisão. Atualmente muitos trabalhos têm sido realizados no sentido de automatizar o processo

decisório em algumas atividades agroindustriais, principalmente naquelas que são repetitivas e cansativas, conduzindo os operadores ao erro, ou aquelas que precisam ser realizadas com uma velocidade incompatível com a capacidade do ser humano. Recentemente muitos trabalhos têm sido realizados no sentido de automatizar o processo decisório em algumas atividades agroindustriais. Palacín et. al (2005) desenvolveram um sistema de controle para automatizar a aplicação de fertilizantes em sistemas de irrigação. Soldatos et. al (2005) implementaram um sistema de um controle de umidade e temperatura para granjas. Já segundo Peleg (1993), um processo mecânico de classificação de frutos muito utilizado é a separação por peso, onde, em uma roda giratória são presos diversos suportes onde são colocados os frutos. À medida que a roda gira, os frutos são retirados do suporte de conforme seu peso. Tal sistema é funcional, porém não apresenta boa precisão e flexibilidade. Com a finalidade de realizar estudos relativos aos equipamentos e técnicas de seleção, o Laboratório de Instrumentação e Controle (LIC) implementou um sistema de seleção automática de produtos agrícolas, equipado com sensores de peso e presença para proceder tal seleção. A automação e a estratégia de seleção foram estabelecidas por meio da programação de um Controlador Lógico Programável (CLP) acoplado ao equipamento. Pistões pneumáticos de dupla ação foram utilizados para a separação dos produtos. Pretende-se, no futuro, equipar o sistema com sensores específicos para a classificação por meio de múltiplas variáveis e outros atributos do produto, tais como: forma, cor e tamanho.

MATERIAL E MÉTODOS: O sistema automatizado de classificação de produtos agrícolas por peso foi projetado para utilização tanto em pesquisas, como para o ensino de automação e controle de processos. Para atender a tais propósitos com mobilidade e custo reduzido, optou-se pela construção um equipamento de pequenas dimensões, porém totalmente funcional. O equipamento possui uma esteira transportadora de borracha, com aproximadamente 2m de comprimento e 200mm de largura, com uma entrada e três saídas de produtos. A classificação é realizada por classes de peso e sua separação pelo acionamento de cilindros pneumáticos, que conduzirão os produtos selecionados para as respectivas saídas. O acionamento da esteira é efetuado por um motor trifásico de indução, marca Eberle, 1cv e rotação de 1720min^{-1} . Para a adequação das necessidades de torque e rotação da esteira, foi utilizado um redutor mecânico, marca Motron, modelo MRE 550 – AC-56, com redução de 30:1. Para permitir o controle da velocidade da esteira, empregou-se um inversor de frequência para o acionamento do motor, marca Weg, modelo CFW 08, do tipo vetorial. Para a pesagem dos produtos em movimento foi desenvolvido uma balança, instalada no início da esteira, composta por duas células de carga extensométricas, marca Sodmex, do tipo “*mini-beam*”, de 10kg. A alimentação das células de carga e condicionamento dos sinais foi realizado por um equipamento da marca T&S Equipamentos Eletrônicos. Para a contagem dos produtos foram utilizados sensores de presença ópticos por difusão, marca Instrutech, posicionados na entrada e nas saídas dos produtos. Dois sensores de presença foram instalados ao longo da esteira com a finalidade de sincronizar o acionamento dos pistões pneumáticos com o posicionamento dos produtos. Para a expulsão dos produtos para as respectivas saídas foram utilizados pistões pneumáticos de dupla ação, curso de 200mm, marca Micro, modelo MD 08, acionados por eletroválvulas direcionais de duas vias, marca Micro, modelo 0 220 002 511 de 24Vdc. Para o tratamento do ar comprimido foi utilizada uma unidade pneumática, marca Micro, modelo QB1, composta de filtro de ar e regulador de pressão. Para a automação da seleção dos produtos utilizou-se um Controlador Lógico Programável (CLP), marca HI Tecnologia, modelo ZAP 500, com Interface Homem-Máquina (IHM) incorporada e cartão de expansão ZEM 530, possuindo: 10 entradas e 8 saídas digitais, 4 entradas e 1 saída analógica, 1 interface de comunicação RS-232C. A programação do CLP foi realizada em linguagem *ladder* através do aplicativo SPDSW, versão 1.5.13, desenvolvido pela HI Tecnologia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O projeto e a construção da plataforma da esteira e a instalação dos dispositivos mecânicos e eletro-eletrônicos foi de responsabilidade da Empresa T&S Equipamentos Eletrônicos, sediada em São Carlos – SP. A equipe do LIC foi responsável pelas ligações dos dispositivos eletro-eletrônicos e pneumáticos, configuração do inversor de frequência e programação do CLP. A Figura 1 mostra uma vista geral do sistema desenvolvido. Os equipamentos eletro-

eletrônicos e os dispositivos pneumáticos foram montados em dois painéis verticais, fixados na parte posterior do equipamento (Figura 2). A montagem se iniciou pelos dispositivos pneumáticos e eletroválvulas, utilizando mangueiras flexíveis e dispositivos de conexão pneumática. O equipamento possui dois conjuntos de pistões e eletroválvulas: conjunto 1 é responsável pela condução dos produtos para a primeira saída enquanto o conjunto 2 é responsável pela segunda saída. Foram realizados testes visando a adequação da pressão de trabalho da linha de ar comprimido. Uma pressão elevada implica em alta velocidade dos pistões, podendo danificar os produtos devido ao impacto sobre os mesmos. Uma baixa pressão, por sua vez, resulta em uma velocidade de avanço dos pistões insuficiente para deslocar o produto para a saída correspondente, em tempo hábil. Adotou-se o valor de 2bar como pressão nominal de trabalho. A etapa posterior da montagem consistiu da ligação do motor e do inversor de frequência. O inversor foi parametrizado com os dados de placa do motor e configurado para permitir que a partida e parada da esteira ocorra através de uma rampa de aceleração suave. Foi configurado para receber remotamente um sinal de controle, em corrente (4 a 20mA), correspondente ao *setpoint* da rotação do motor, operando em malha aberta. A velocidade linear máxima estimada da esteira é de $450\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ (sem carga). Como é recomendável que o motor não opere com uma rotação muito inferior à nominal, adotou-se uma velocidade mínima de $45\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ para operação da esteira.

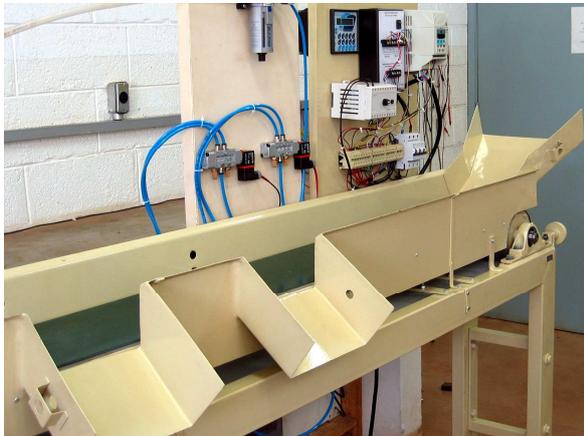


Figura 1. Vista geral do sistema automatizado de classificação de produtos agrícolas.

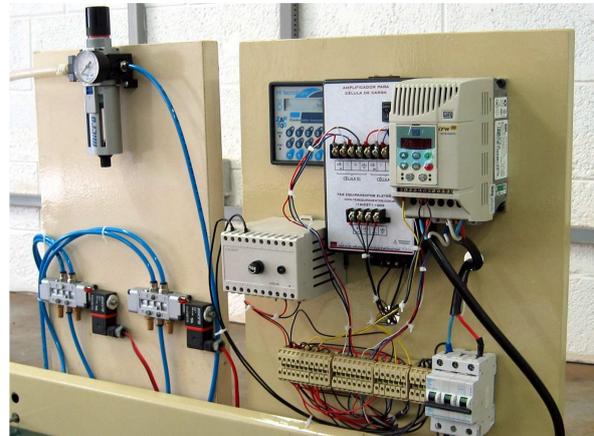


Figura 2. Vista dos painéis eletro-eletrônico e pneumático.

Para a ligação do controlador com os sensores e atuadores do sistema de classificação, utilizou-se os sinais e a pinagem mostradas no Quadro 1. A Figura 3 exibe o esquema simplificado de ligação do CLP com os demais dispositivos eletroeletrônicos.

Quadro 1. Pinagem e sinais utilizados no Controlador Lógico Programável ZAP 500.

PINO DO CLP	NOME	TIPO DO SINAL	DESCRIÇÃO
P15	E3	Entrada analógica (0-10V)	Célula de Carga 1
P16	E2	Entrada analógica (0-10V)	Célula de Carga 2
P20	S0	Saída analógica (4-20mA)	Rotação do motor
P22	O18	Saída digital	Liga / desliga motor
P23	O17	Saída digital	Eletroválvula 1
P24	O16	Saída digital	Eletroválvula 2
P25	I11	Entrada digital	Sensor óptico 1
P26	I10	Entrada digital	Sensor de fim de curso 1
P27	I9	Entrada digital	Sensor óptico 2
P28	I8	Entrada digital	Sensor de fim de curso 2

Para a seleção automática dos produtos foi desenvolvido um aplicativo em linguagem *ladder* (Figura 4). Inicialmente foi desenvolvida uma rotina para a pesagem dos produtos em movimento. Como a passagem dos produtos ocorre de forma seqüencial nas células de carga, foi necessário elaborar uma lógica para o armazenamento do peso máximo medido por cada célula e um posterior cálculo de sua média. Através da IHM do CLP o operador pode selecionar o peso máximo e o peso mínimo desejável

dos produtos. Caso o peso do produto seja inferior ao mínimo, o cilindro 1 deve ser acionando, realizando o descarte do mesmo. Por outro lado, se o peso for superior ao máximo, o descarte deve ser realizado pelo cilindro 2. Caso o produto possua peso entre o mínimo e o máximo, seguirá sem descarte até o final da esteira. Foram utilizados os sensores de presença ópticos para permitir um sincronismo entre os pistões que realizam o descarte e o posicionamento dos produtos na esteira. Foi implementada também uma lógica que faz automaticamente o recuo dos pistões quando os sensores de fim de curso, montados nos mesmos, são ativados. Foram desenvolvidas também rotinas para a contagem dos produtos classificados e sua indicação no *display* da IHM.

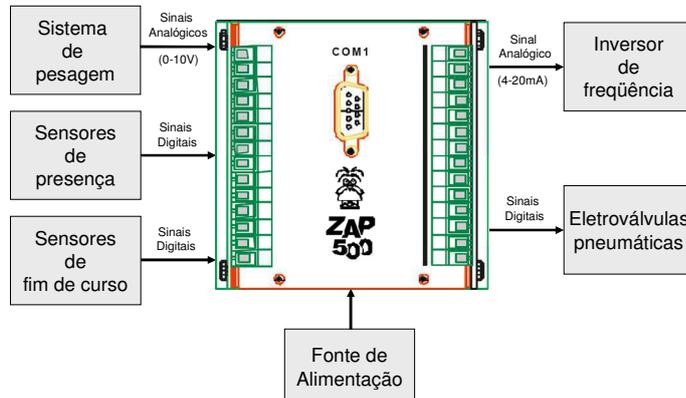


Figura 3. Esquema de ligação dos sensores e atuadores ao CLP.

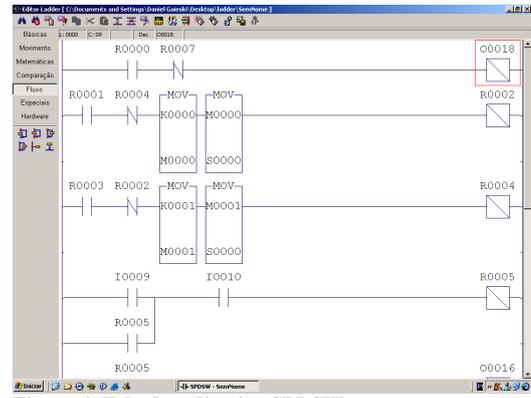


Figura 4. Tela do aplicativo SPDSW para programação do CLP.

CONCLUSÃO: O transporte de produtos por esteira mostrou-se funcional e de baixa manutenção. Os dispositivos pneumáticos mostraram-se adequados para a seleção dos produtos. Os sensores ópticos utilizados para detecção dos produtos funcionaram adequadamente. O controlador utilizado provou-se robusto, versátil e de simples operação. A linguagem de programação *ladder* permitiu o desenvolvimento de aplicativos de automação de forma gráfica, sem a necessidade de elaboração de códigos. Com o uso da linguagem *ladder*, outras estratégias de automação podem facilmente ser implementadas sem a necessidade de modificações no *hardware* do sistema. De uma forma global, o sistema automatizado de classificação de produtos agrícolas por peso mostrou-se versátil e útil em atividades de ensino e pesquisa de estratégias de controle e automação de processos agroindustriais. Pretende-se, em trabalhos futuros, acrescentar sensores que permitam a classificação dos produtos através de outros atributos além do peso.

AGRADECIMENTOS: A Empresa T&S pelo auxílio no projeto e construção do sistema automatizado de classificação. Ao Laboratório de Instrumentação e Controle pela cessão de sua infraestrutura para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- PALACÍN, J.; SALSE, J. A.; CLUA, X.; ARNÓ, J.; BLANCO, R.; ZANUY, C. Center-pivot automatization for agrochemical use. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 49, n. 3, p. 419-430, dez. 2005.
- PELEG, K. Multi Sensor adaptive sorting of fruits and vegetables. **In Proceedings of the International Workshop**, St. Joseph, MI, p. 111-119, 1993.
- SOLDATOS, A. G.; ARVANITIS, K. G.; DASKALOV, P. I.; PASGIANOS, G. D.; SIGRIMIS, N.A. **Nonlinear robust temperature-humidity control in livestock buildings**. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 49, n. 3, p. 357-376, dez. 2005.