

Proposta de automação e controle da contagem de objetos e identificação de falhas em esteira transportadora

O objetivo no trabalho foi de construir um protótipo e automatizá-lo com base em processos utilizados na indústria de alimentos, sendo representado por uma esteira transportadora. Sua função foi de realizar a contagem e identificar desconformidades na posição de embalagens, tendo o sistema operado através do microcontrolador Basic Step 1, e acionamento do código por meio da ação de controle On/Off, a partir do comando de um algoritmo desenvolvido no software do compilador Basic Step BS1. Foi realizada a montagem do protótipo a partir de materiais reciclados, como carcaça de esteira ergométrica, lona plástica preta, motor de êmbolo de colhedora e blocos de madeira. O display de cristal líquido, relé e contator foram interligados em uma matriz de contato formando o circuito integrado, que após a sua construção foi conectada ao protótipo para a realização de testes e averiguação do desempenho. Todos os componentes utilizados funcionaram corretamente durante as etapas de testes, o protótipo identificou o posicionamento das caixas e realizou a contagem desativando o sistema quando as embalagens se encontravam posicionadas de maneira incorreta. O projeto se mostrou ser uma alternativa de simples construção e de baixo custo, podendo ser aplicada em indústrias pequeno porte.

Palavras-chave: Controle On-off; Light Dependant Resistor (LDR); Laser; Protótipo.

Proposal for automation and control of object counting and failure identification in conveyor belt

The objective of the work was to build a prototype and automate it based on processes used in the food industry, represented by a conveyor belt. Its function was to carry out the count and identify nonconformities in the position of packages, with the system operating through the Basic Step 1 microcontroller, and triggering the code through the On/Off control action, from the command of an algorithm developed in the software of the Basic Step BS1 compiler. The prototype was assembled from recycled materials, such as a treadmill carcass, black plastic canvas, harvester piston motor and wooden blocks. The liquid crystal display, relay and contactor were interconnected in a contact matrix forming the integrated circuit, which after its construction was connected to the prototype to carry out tests and verify performance. All the components used worked correctly during the test stages, the prototype identified the positioning of the boxes and carried out the count, deactivating the system when the packages were incorrectly positioned. The project proved to be an alternative of simple construction and low cost, which can be applied in small industries.

Keywords: On-off Control; Light Dependant Resistor (LDR); Laser; Prototype.

Topic: **Inovação Tecnológica**

Received: **17/11/2021**

Approved: **18/12/2021**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Izabella Fernanda Mendes Leal 
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9380528877261028>
<http://orcid.org/0000-0002-9637-3703>
ifmendes@live.com

Maria Fernanda Alves Farias 
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3649934075299905>
<http://orcid.org/0000-0002-9305-4248>
fernaandafarias@gmail.com

Tadeu Miranda de Queiroz 
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2582121765769124>
<http://orcid.org/0000-0002-1959-7658>
tdmqueiroz@unemat.br

Alcebiades Fogaça de Souza Sobrinho 
Universidade Federal de Lavras, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3701043301911883>
<http://orcid.org/0000-0001-9109-1195>
alcebiadesfss@gmail.com

Rosalra Maria Alves de Moraes 
Universidade Federal de Lavras, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4189343339286146>
<http://orcid.org/0000-0002-0867-120X>
rosalra.moraes1@estudante.ufla.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.012.0017

Referencing this:

LEAL, I. F. M.; FARIAS, M. F. A.; QUEIROZ, T. M.; SOBRINHO, A. F. S.; MORAIS, R. M. A.. Proposta de automação e controle da contagem de objetos e identificação de falhas em esteira transportadora. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.12, p.166-174, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.012.0017>

INTRODUÇÃO

Com rápida evolução e adoção de novas tecnologias, a automação desempenha um papel importante para acompanhar um mercado competitivo e atender a sua demanda. A principal vantagem da automação é que ela acelera o processo de teste com maior precisão e menor erro humano (NAIK et al., 2019). Além disso, é uma das áreas mais importantes para a evolução de uma economia moderna e a transição da indústria para um caminho de inovação, que envolve o desenvolvimento e a implementação de novas tecnologias e meios técnicos (SAGDATULLIN, 2019), e que de maneira geral está relacionado com a microeletrônica.

Os avanços passados e futuros de aparelhos e sistemas inteligentes é consequência do grande progresso da microeletrônica, em relação ao desempenho dos componentes, capacidade de integração, armazenamento e velocidade de processamento de sinal (BONNAUD et al., 2019). É um componente essencial em praticamente todos os aspectos em nosso cotidiano, habilidades avançadas de projeto e fabricação de componentes e sistemas microeletrônicos estão tendo relevância estratégica (TZANOVA, 2021).

No escopo industrial a microeletrônica é capaz de fornecer sistemas em que apenas uma mudança na lógica de programação, em um curto período, pode alterar todo um processo ou modificar completamente o produto final, e para que isso se torne possível, necessita-se de dispositivos que avaliem as condições do ambiente para que o microcontrolador possa interpretá-los.

Nesse quesito, ganham destaque os sensores, que são base da automação industrial. Eles convertem variações de parâmetros do espaço físico em leituras de valores. Alguns modelos disponíveis no mercado são os de posição, ópticos e de proximidade. Dividem-se basicamente em duas classes: os analógicos e digitais. Os analógicos são mais habituais e realizam leituras de sinais analógicos, assim sendo, assumem saídas variadas, como é o caso dos sensores de temperatura, onde há uma faixa de valores numéricos que se pode assumir. Já os digitais assumem sinais de saída limitados, utilizando-se da lógica binária, como 0 e 1 ou *High* e *Low*.

Os sensores LDR são típicos componentes analógicos, mas com configurações eletrônicas simples podem ser utilizados para dar respostas digitais (CAPELLI, 2006). É um componente eletrônico passivo, sendo basicamente um resistor cuja resistência varia conforme a luminosidade, a resistência é inversamente proporcional à intensidade da luz, menos resistência para alta intensidade de luz e alta resistência para níveis de intensidade de luz mais baixos (NADELLA et al., 2020).

Manter um processo automático em pleno funcionamento requer controle das variáveis do processo, para tanto, existem as ações de controle. Entre elas a mais comum é a ação *on-off*, sendo uma alternativa barata e de simples manuseio, além de ser eficaz como destacado por Barbosa et al. (2018) quando propuseram um sistema de automação de um processo alternativo da pasteurização do leite utilizando essa ação de controle. Davoli et al. (2019) que utilizaram as ações de controle *on-off* em um processo para codificação do canal de origem de um sensor de presença de dois canais. Este tipo de controle permite apenas dois posicionamentos, sendo totalmente aberta ou totalmente fechada,

consequentemente a variável manipulada muda ligeiramente para o valor mínimo ou máximo.

Essa ferramenta é de habitual aplicação em esteiras transportadoras, que se trata de uma correia sem fim disposta sobre dois cilindros principais, que são responsáveis pelos movimentos de ida e retorno. E como um equipamento mecânico na produção industrial, a correia transportadora usa o atrito entre o rolo e a correia para se movimentar, sendo uma estrutura de baixa complexidade, de grande capacidade de transporte, baixo consumo de energia e manutenção simples (HU et al., 2021). As vantagens de sua utilização incluem versatilidade, segurança, confiabilidade e economia, o que explica sua vasta aplicação em diversos segmentos industriais (SANTOS et AL., 2014).

Há no mercado, vários tipos e marcas de microcontroladores para as mais diversas aplicações. O microcontrolador *Basic Step* é um produto nacional que agrega facilidade de utilização, por exemplo, a aceitação de código fonte em português. Esse tipo de microcontrolador tem sido aplicado para o monitoramento de variáveis utilizando um *data logger* (PALMIERI et al., 2014). Santos et al. (2021) propôs um sistema de automação para o processo produtivo do queijo minas frescal e, utilizou o *Basic Step* para o controle de nível e temperatura dos tanques de leite e coalho e, obteve como melhoria um maior nível de automatização, reduzindo assim as operações manuais e diminuindo o risco de contaminação do produto. O sistema se mostrou eficiente na fase de testes, podendo ser aplicado em micro e pequenas empresas, sendo possível obter resultados semelhantes em grandes laticínios. Desse modo, compreende-se que a utilização de um microcontrolador associado a sensores pode ser uma alternativa viável economicamente, trazendo maior índice de confiabilidade e padronização dos processos.

O protótipo do presente estudo foi elaborado com o objetivo de automatizar um processo relacionado à indústria de alimentos, realizando a contagem de objetos e identificando falhas na posição, utilizando sensores de luminosidade *LDR* e ação de controle *on-off* para acionamento do motor.

A proposta baseou-se no transporte de embalagens, representadas por caixas de papel. Nas indústrias alimentícias, embalagens dispostas de forma incorreta, em geral são oriundas de quedas durante o processamento, causa possíveis danos à estrutura, como rachaduras e amassamento. Consequentemente, esses estragos podem atingir o alimento envasado, tornando-se veículo de microrganismos, oxigênio, entre outras possibilidades.

METODOLOGIA

O protótipo foi idealizado e desenvolvido no Laboratório de Automação e Controle (LAC), do curso de Engenharia de Alimentos da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), *Campi* Deputado Estadual “Renê Barbour”, no município de Barra do Bugres/MT.

A proposta do projeto de uma esteira surgiu fundamentada na ideia de construir um protótipo de automação a partir de materiais recicláveis. Assim, a estrutura foi obtida a partir da carcaça de esteira ergométrica, sendo a correia substituída por lona plástica preta. Para acionar os rolamentos, utilizou-se um motor de embolo de colhedora de grãos, alimentado por bateria de 40 A e tensão de saída de 12 V.

Com a correia montada e em funcionamento, exploraram-se métodos de automação que

utilizassem esse tipo de transporte. Surgiu então o interesse em desenvolver uma alternativa para contagem automática de embalagens, que posteriormente foi adaptada à esteira contadora de objetos e detectora de falhas de posição. Para tanto, necessitou-se da utilização de sensores de luminosidade e dispositivos emissores de luz *lasers*. Fixou-se um suporte de madeira na base da esteira a fim de acomodar os sensores e os *lasers*. O esboço da estrutura e do modo de funcionamento do protótipo é ilustrado na Figura 1.

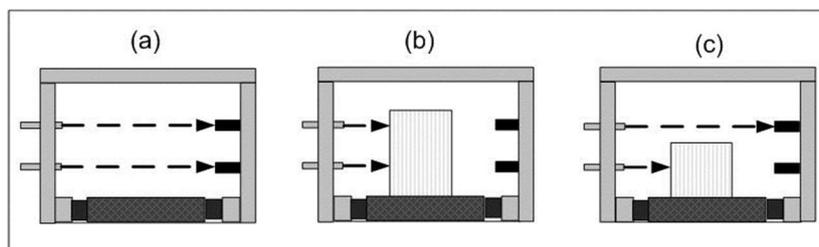


Figura 1: Esquema de funcionamento da esteira e disposição dos *lasers*. (a) sem a passagem de caixa; (b) passagem de caixa regular; (c) passagem de caixa em posição irregular.

De um lado do suporte fixou-se dois sensores de luminosidade *LDR*, nas alturas de 12 e 18 centímetros a partir da correia transportadora. Do lado oposto do suporte, e nas mesmas alturas dos sensores *LDR*, foram acoplados os emissores de luz laser. Para evitar que a luz ambiente interferisse na leitura, os sensores foram colocados dentro de tubos de canetas esferográficas revestidas com fita isolante preta.

A placa de circuito impresso foi anexada em um suporte de madeira MDF e fixada na base da esteira. Conectou-se 1 micro controlador *Basic Step*, responsável pelo armazenamento e execução do algoritmo, 2 sensores de luminosidade *LDR* foram utilizados para a detecção da ausência ou presença da iluminação feita pelos *lasers*, 1 transistor modelo BC548 NPN para o acionamento do relé modelo FANGKE JQC-3F(T73), que foi responsável pela operação da chave contadora (WEG CW07) utilizada para o acionamento do motor, 1 display de LCD, para visualização da contagem de caixas e leituras dos sensores, 1 chave interruptora modelo KW11-3Z-5 para reestabelecer o funcionamento da esteira após detecção de irregularidades na posição das caixas.

Os *lasers* foram acionados e posicionados de modo que a luz emitida iluminasse perpendicularmente os tubos que continham os sensores. Quando uma caixa de 18 cm (padrão) atravessasse a esteira, haveria momentaneamente o bloqueio da luz emitida pelos *lasers* nos dois sensores, assim as leituras seriam iguais, dando início à contagem e seguindo movimento normal da esteira, conforme definido pelo algoritmo. Entretanto, quando uma caixa não atendesse o padrão de altura (inferior a 18 cm), apenas o laser referente ao sensor inferior seria bloqueado, resultando em leituras distintas dos sensores, desse modo o microcontrolador daria o comando de parada ao motor e a esteira entraria novamente em movimento, somente quando houvesse retirada da caixa irregular e o acionamento da chave interruptora.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O esquema do circuito integrado elaborado para acionamento da esteira é apresentado na Figura 2,

cuja estrutura permite identificar a disposição dos componentes físicos (resistores, relé, chave contatora, bateria) e estabelecer uma conexão entre eles.

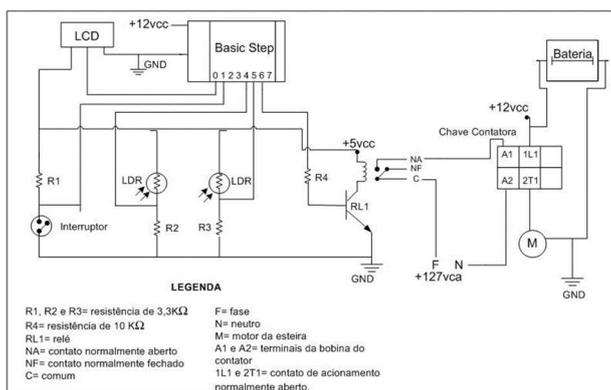


Figura 2: Circuito integrado de acionamento da esteira.

Para a montagem do circuito necessitou-se de 3 resistências de 3,3 kΩ, onde duas foram destinadas para acionamento dos dois *lasers* e o *LDR* e um para o *display LCD*. Ainda, utilizou-se 1 resistência de 10 kΩ para acionamento do relé, sendo o sistema alimentado através de uma rede com tensão de 127 Vca.

Para a fase de testes o programa inserido no microcontrolador, o protótipo foi montado por completo, possuindo as dimensões de 80 cm de comprimento por 45 cm de largura. Nas partes de madeiras foram acoplados a placa do circuito, a chave interruptora, *display*, relé e chave contatora (figura 3).

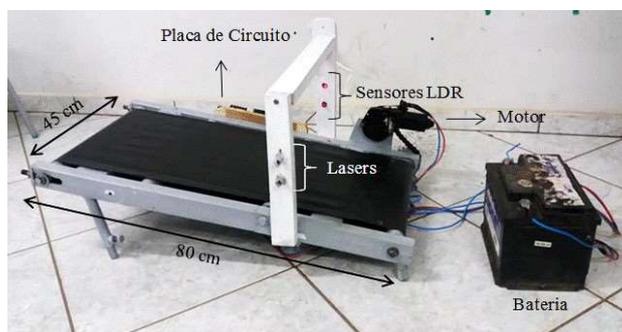


Figura 3: Protótipo montado.

O fluxograma mostra a seqüência de lógica do programa inserido no microcontrolador (Figura 4).

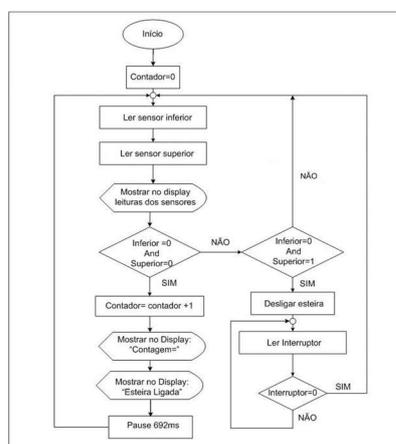


Figura 4: Fluxograma de funcionamento da esteira.

A identificação e interpretação das caixas em posição irregular baseou-se na função “*If...them*”, o qual permitiu estabelecer uma condição para que a esteira continuasse em movimento ou desligasse, pela ação de controle *on-off*. Essa função também foi utilizada em conjunto do botão da chave interruptora, indicando que a caixa irregular já havia sido retirada e retomando o movimento da esteira.

Um obstáculo encontrado durante os testes foi a contagem correta das caixas, visto que no curto período em que uma caixa regular obstruía a passagem do *laser*, o número da contagem de caixas exibida no *display* aumentava de forma incorreta, gerando um erro de contagem que indicava um número maior de caixas transportadas.

Para a resolução deste problema foi determinado o tempo transcorrido da passagem completa da caixa pela esteira. O tempo decorrido foi de 4460 milissegundos e, relacionando ao comprimento total da esteira e o valor de largura da caixa, chegou-se à dedução da Equação (1):

$$T_p = \frac{L_c * T_e}{L_e} \text{ Equação (1)}$$

Onde:

T_p é o tempo de parada do algoritmo em ms;
 T_e é o tempo gasto para percorrer toda extensão da esteira em ms;
 L_c é o comprimento da caixa em cm;
 L_e é o comprimento total da esteira em cm.

O tempo de parada total foi de 892ms, desse valor descontou-se 5 pausas de 40 ms utilizadas no decorrer do algoritmo, restando-se assim 692 ms. Esse valor foi adicionado na pausa do contador, distribuindo-se assim de forma uniforme o tempo necessário para passagem da caixa e regularização da contagem.

A partir desse ponto, o resultado obtido após o acionamento do sistema foi satisfatório, visto que a esteira funcionou de maneira adequada, identificando caixas posicionadas corretamente, realizando a contagem conforme o esperado, desligando o motor quando a caixa estava em posição irregular. A Figura 5 ilustra o momento em que caixas regulares e irregulares interceptam os *lasers*, bem como a leitura dos sensores.

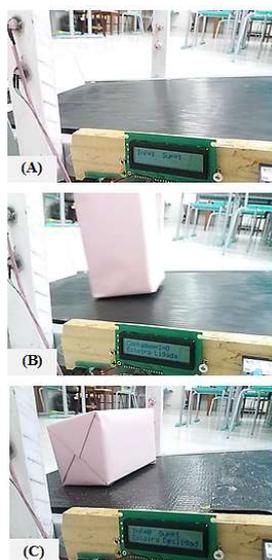


Figura 5: Ilustração de funcionamento da esteira. (A) esteira em funcionamento e sem passagem de caixa; (B) esteira em funcionamento e com passagem de caixa regular; (C) esteira desligada devido à presença de caixa irregular.

A caixa utilizada nos testes possuía base quadrada com dimensões de 16 cm e altura de 23 cm, feita de papelão (figura 6). A motivação para o desenvolvimento do protótipo surgiu de um estudo de caso em uma indústria do ramo de alimentos.

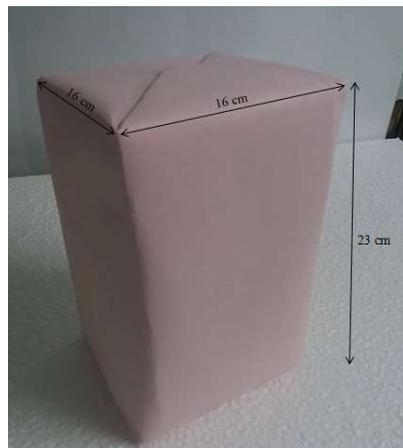


Figura 6: Dimensões da caixa utilizada nos testes.

Quando não havia passagem de caixa (figura 5A), a esteira mantinha-se em funcionamento, situação em que sensores *LDR* estavam sendo iluminado pelos *lasers*, de modo que a leitura informada em ambos era igual à 1. Assim, quando o laser superior (SUP) e inferior (INF) detectavam a luz emitida, obtinha-se a seguinte informação no display: INF=1 e SUP=1. Quando havia passagem da caixa na posição correta (figura 5B), ao atravessar o suporte de madeira, a caixa obstruía momentaneamente a passagem de luz até os sensores, desse modo a leitura dos dois sensores era igual a 0. O comando inserido no *Basic Step* para quando houvesse esse tipo de leitura era a realização da contagem (Contagem=1). E quando a caixa estava na posição irregular (figura 5C), a altura da mesma interrompia a passagem de luz para o sensor inferior, porém a luz emitida pelo *laser* superior continuava, assim havia mudança apenas na leitura do sensor inferior, logo a esteira desligava e o *display* mostrava a leitura dos sensores (INF=0 e SUP=1). Na Tabela 1 é indicado o comportamento da esteira em função da leitura dos sensores *LDR*'s.

Tabela 1: Tabela Verdade das possíveis respostas dos sensores de presença e saídas do Controlador.

Sensores		Saída do Controlador On-Off
Inferior	Superior	
0	0	Esteira ligada com passagem de embalagem em posição regular e contagem
0	1	Esteira desligada com presença de embalagem em posição irregular
1	0	Situação inexistente em condições naturais de funcionamento
1	1	Esteira ligada sem passagem de embalagem

Há uma situação naturalmente inexistente, qual seja, a leitura do sensor Inferior igual a 1 e a leitura do sensor superior igual a 0. Tal situação é impossível de ocorrer em condição normal de funcionamento, pois poderia ocorrer apenas se a embalagem flutuasse sobre a esteira de modo que o sensor inferior fosse iluminado pelo laser e o sensor superior não. Todos os componentes existentes no protótipo funcionaram como esperado, os dois sensores *LDR* detectaram a alternância da iluminação feita pelos *lasers*, o motor da esteira se comportou de maneira esperada e a chave interruptora destinada para o acionamento da esteira funcionou corretamente.

O LDR também obteve êxito em um sistema de detecção de movimento onde também foi utilizado como sensor. Com o objetivo de preservar a segurança domiciliar o sistema delimitou uma área específica, sendo acionado quando algum objeto ou ser vivo obstruísse a iluminação nos sensores feita por *laser*. O protótipo mostrou ser uma alternativa simples e de baixo custo, podendo ser aplicado a nível doméstico e industrial (RAI et al., 2019).

A ação de controle *on-off* foi eficiente para o acionamento e desligamento da esteira. Essa escolha também foi eficiente em estudo para controle de pressão no atuador da embreagem, descrito por (YU et al., 2019), controle de frequência secundária, relatado por Kasis et al. (2020) e para controle adaptativo de servo sistema a vácuo, conforme Yang et al. (2020). Isso mostra a ampla possibilidade de utilização da ação de controle on-off, visto que esse tipo de controle é de simples operação e de baixo custo.

CONCLUSÃO

O protótipo de esteira desenvolvido para realização da contagem e detecção de posicionamento incorreto de caixas apresentou o desempenho esperado durante a etapa de testes, exigindo conhecimentos básicos de microeletrônica para a sua construção. Sendo assim, trata-se de uma alternativa viável para ser aplicada em micro e pequenas indústrias, visto que é de simples operação, com a vantagem de ser construída com materiais recicláveis e de baixo custo de aquisição.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, C. M. D.. Automação de um processo alternativo da pasteurização do leite utilizando ação de controle on-off. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v.10, n.1, p.41-52, 2018.

BONNAUD, O.; FESQUET, L.; BSIESY, A.. Skilled manpower shortage in microelectronics: a challenge for the french education microelectronics network. INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGY BASED HIGHER EDUCATION AND TRAINING, 18. **Anais**. 2019

CAPELLI, A.. **Automação industrial**: controle do movimento e processos contínuos. 2 ed. São Paulo: Érica, 2006.

DAVOLI, F.; MONGELLI, M.. On-off dual channel coding as a team decision problem. EUROPEAN CONTROL CONFERENCE, 18. **Anais**. 2019

HU, X.; ZONG, M.. Fault Prediction Method of Belt Conveyor Based on Grey Least Square Support Vector Machine. INTERNATIONAL CONFERENCE ON MEASURING TECHNOLOGY AND MECHATRONICS AUTOMATION, 13. **Anais**. 2021.

KASIS, A.; MONSHIZADEH, N.; LESTAS, I.. Secondary frequency control with on-off load side participation in power networks. **Transactions on Control of Network Systems**, v.7, n.2, p.603-613, 2020.

NADELLA, H.. LDR Based Power Consumption of Vehicle Tracking System. INTERNATIONAL CONFERENCE ON WIRELESS COMMUNICATIONS. **Anais**. 2020.

NAIK, S. M.. Smart grid communication protocol test

automation along with protection test automation. INTERNATIONAL CONFERENCE ON TRENDS IN ELECTRONICS AND INFORMATICS. **Anais**. 2019.

PALMIERI, A. M.. Automated system for relative humidity and air temperature data acquisition. **Engenharia Agrícola**, v.34, n.4, p.636-648, 2014.

RAI, A.. Low Cost Laser Light Security System in Smart Home. INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE SUSTAINABLE COMPUTATIONAL TECHNOLOGIES. **Anais**. 2019.

SAGDATULLIN, A.. Improving Automation Control Systems and Advantages of the New Fuzzy Logic Approach to Object Real-Time Process Operation. INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONTROL SYSTEMS, MATHEMATICAL MODELLING, AUTOMATION AND ENERGY EFFICIENCY. **Anais**. 2019.

SANTOS, A. D. R.; MENEZES, I. B.; QUEIROZ, T. M.. Proposta de automação da produção de massa de queijo com controle de nível e de temperatura. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.3, p.458-468, 2020.

TZANOVA, S.. Microelectronics Skill Alliance-Need Analysis of Microelectronics Sector. NATIONAL CONFERENCE WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION, 12. **Anais**. 2021.

YANG, G.. Adaptive Backstepping Control of Vacuum Servo System Using High-Speed on-off Valves. **Ieee Access**, v.8, p.129799-129812, 2020.

YU, H.. Clutch pressure control based on PWM high speed

on-off valve. **Chinese Control Conference**, p.4308-4312, | 2019.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.