

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA ENSINO E APRENDIZAGEM DA AUTOMAÇÃO: PROJETO DE UM ELEVADOR DE CARGAS COM A UTILIZAÇÃO DE UM CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

Igor E. S. de Melo – igoreduardo_eng@hotmail.com
Lucas M. A. M. Correia – lucasalencar1000@hotmail.com
Lucas C. Machado – lucas.kawalcante@yahoo.com.br
Myllena O. Barros – myllenabarroseng@gmail.com
Francirley P. da Silva - francirley.silva@delmiro.ufal.br
Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão
Rodovia AL 145, Km 3, nº 3849.
Cidade Universitária 57480-000 – Delmiro Gouveia – Alagoas

Resumo: *Esse trabalho consiste em apresentar um protótipo didático de um elevador de carga industrial utilizando álgebra de Boole para o projeto e concepção de um sistema automático. No desenvolvimento do protótipo foram utilizados acionadores e mais alguns componentes reciclados, enfatizando a sustentabilidade e reutilização de materiais, sendo o projeto dividido em duas etapas, no qual a primeira etapa consistiu na elaboração e construção da estrutura física do protótipo, e a segunda etapa foi realizada a implantação da solução obtida no controlador lógico programável (CLP). Os resultados indicaram que o projeto didático atendeu aos requisitos da lógica de programação com um número de entradas e saídas otimizados permitindo o controle vertical inicial e final em um sistema de três paradas, as funções de acionamento e velocidade do equipamento funcionaram de acordo com a disposição das entradas e saídas do mesmo. O protótipo desenvolvido mostrou-se como uma alternativa na aplicação dos conhecimentos teóricos, sendo possível a utilização de metodologias semelhantes para ensino da automação.*

Palavras-chave: Automação. Ensino. CLP. Aprendizagem Baseada em Problemas.

1 INTRODUÇÃO

No mundo moderno, em que se procura rapidez e qualidade para a maioria dos processos industriais, a automação atua como um importante agente através da automação industrial. Esta procura oferecer um maior controle do processo produtivo instalado, proporcionando algumas vantagens, como citadas por Pessoa e Spinola (2014) e Lamb (2015), sendo alguns deles uma maior confiabilidade e agilidade. Parede, Gomes e Horta (2011) complementam, afirmando que a aplicação da automação não se resume somente a substituir o trabalho do homem em tarefas perigosas e exaustivas.

Por seu grau de importância e as inúmeras vantagens advindas com a aplicação e aprimoramento da automação dentro das indústrias, as disciplinas que trabalham com o tema são indispensáveis na formação de um Engenheiro de Produção, tendo o mesmo que conhecer como a automação está inserida no seu trabalho, como a mesma funciona, algumas de suas

aplicações no meio industrial, entre outros aspectos; assim como, deve aprender como desenvolver e aprimorar a mesma no seu ambiente de trabalho.

Portanto, o objetivo deste trabalho é o aprendizado dos discentes através da metodologia PBL, por meio do desenvolvimento de um protótipo, baseado em conceitos de automação (elétrica ou mecânica) com o apoio da linguagem de programação *ladder* ou C++. Assim como, devem ser utilizados no projeto um dos controladores disponíveis (CLP ou arduino), materiais reutilizados e o protótipo deve ser aplicado em um possível problema industrial/empresarial.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Automação e a engenharia de produção

A automação é um termo derivado do latim *automatus*, no qual significa mover-se por si (PESSÔA; SPINOLA, 2014). Lamb (2015) afirma que a automação utiliza-se de comandos lógicos programáveis e de equipamentos mecânicos, com a finalidade de substituir algumas tarefas humanas de tomada de decisão e comando. A mesma permite, através da conectividade com sistemas de supervisão e controle, uma coleta de dados importantes, sendo estes essenciais para uma tomada de decisão mais ágil e confiável (BORRACHA, 2012).

Processos contínuos e processos discretos podem ser automatizados a fim de controlá-los. Os processos contínuos são aqueles que ocorrem por longos ciclos e trabalham com grandezas como vazão e pressão; os processos discretos são os que utilizam variáveis que assumem estados do sistema, por exemplo: motor ligado ou desligado (PESSÔA; SPINOLA, 2014).

Pessoa e Spinola (2014) e Lamb (2015) evidenciam alguns aspectos vantajosos advindos com a automação, sendo o principal deles a otimização dos processos, trazendo consigo uma melhoria na qualidade na produção, uma maior velocidade e produtividade, a substituição da mão de obra, a diminuição de custos, entre outros.

O Controlador Lógico Programável (CLP) é um tipo de computador industrial que substituiu o controle através de relés, reduzindo a fiação necessária, controle de alta velocidade, alta confiabilidade, fácil instalação, entre outros. O aparelho contém múltiplas entradas e saídas, assim como imunidade a ruído na rede elétrica e resistência a vibrações e impactos (PETRUZELLA, 2014).

O CLP pode ser dividido em três partes básicas: entradas, unidade central de processamento e saídas. As entradas são conectadas ao CLP através de transdutores, a central de processamento analisa as informações de entrada e a lógica de programação instalada no processo pelo programador, acionando ou não a saída do aparelho. As saídas são conectadas a atuadores que interagem diretamente com o processo e tem como função controlá-los (ZACAN, 2010).

Os sensores são os componentes de entrada para um sistema automatizado, sendo os mesmos fornecedores de dados. Podem ser sensores discretos indicando a presença ou ausência de algum objeto, e sensores analógicos utilizados para detectar fenômenos físicos (LAMB, 2015). Os atuadores são dispositivos que recebem energia e fornecem a força, ou acionamento, necessário para o sistema funcionar (MANESIS; NIKOLAKOPOULOS, 2018); sendo saídas acionadas pelo CLP (PESSÔA; SPINOLA, 2014).

Dentre as atribuições de um engenheiro de produção, esta a capacidade de buscar a compreensão plena do princípio de funcionamento, de forma lógica e estruturada, dos diversos sistemas de produção que se utilizam de materiais, equipamentos, informações, energia e pessoas. Tais sistemas utilizam conhecimentos conjuntos de diversas áreas da

ciência; portanto, o profissional necessita saber o essencial de cada uma das áreas da engenharia, assim como analisar as relações existentes entre elas (BATALHA, 2008).

Entre tais engenharias encontra-se a de energia e automação, que está inserida dentro da graduação em engenharia de produção no âmbito da automação industrial, introduzindo os conceitos dentro da manufatura. O tema é estudado por disciplinas que divergem no nome, mas se assemelham no conteúdo, são elas: automação e controle, automação e produção, automação e processos de manufatura, automação da manufatura (BATALHA, 2008).

2.2 *Project based learning*

O PBL (*Project Based Learning*) é caracterizada por mesclar a teoria vivenciada durante as disciplinas com a utilização em problemas práticos que podem ser vivenciado na vida profissional. A utilização da mesma desperta o pensamento crítico aos discentes, assim como outras habilidades necessárias para o profissional em seu local de trabalho. (RIBEIRO, 2016).

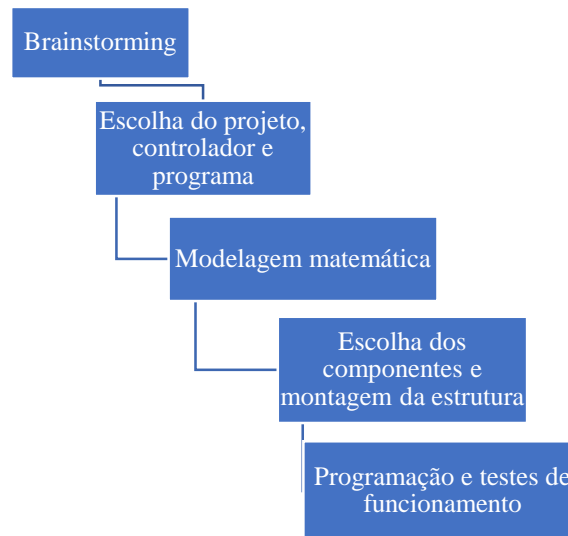
Reis (2005) evidencia os sete passos encontrados na literatura, no qual servem de base para o PBL:

1. Esclarecimento dos termos difíceis: elicitare os termos não compreendidos ou que geraram alguma dúvida, tentando saná-las. Caso não seja retirada a dúvida, um dos objetivos de aprendizado será compreender os termos;
2. Listagem dos problemas: identificação dos problemas a serem estudados, sem tentar estudar as causas e efeitos dos mesmos;
3. Análise dos problemas (“*brainstorming*”): debatem-se os problemas com base nos conhecimentos prévios e as informações relevantes para entendimento dos mesmos.
4. Preparação de resumo das etapas anteriores: resumir a discussão, lembrando os problemas listados, as hipóteses diagnósticas levantadas e as contribuições dos conhecimentos prévios, prós e contras;
5. Formulação dos objetivos do aprendizado: deve-se formular os objetivos baseado nos problemas, onde o grupo decide o que deve ser estudado;
6. Busca de informações: os estudos e buscas devem ser realizados individualmente, onde o professor indica uma bibliografia básica e os alunos podem se aprofundar em outras complementares, devendo-se compartilhar as informações com o grupo;
7. Retorno, integração das informações e resolução dos casos: a segunda reunião torna-se uma reunião de tutoria, sendo o professor responsável por esclarecer quaisquer pontos duvidosos e errados restantes.

3 MATERIAIS E FERRAMENTAS UTILIZADAS

Para o presente trabalho serão utilizados alguns dos passos citados por Reis (2005), sendo eles: listagem e análise dos problemas, busca de informações e retorno, integração das informações e resolução dos casos. Segue fluxograma, na Figura 1, com a representação gráfica das etapas utilizadas.

Figura 1 – Fluxograma com as etapas metodológicas utilizadas



Fonte: Autores (2019)

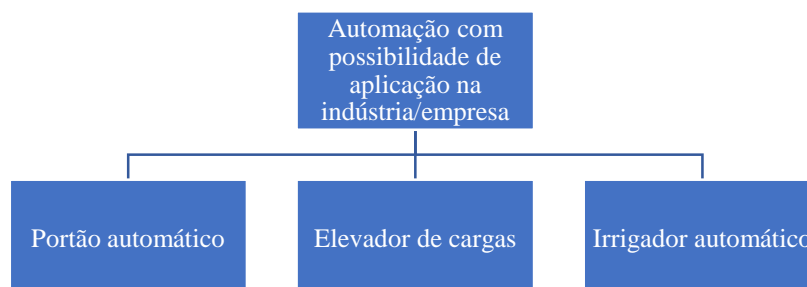
As duas primeiras partes se darão através do *brainstorming*, onde os responsáveis vão debater e escolher o projeto a ser trabalhado, sendo o objetivo do mesmo ser aplicável no meio industrial e utilizar princípios e elementos da automação. As outras etapas serão fragmentadas nos seguintes passos: escolha do controlador e programa de apoio para programação, modelagem matemática do protótipo, escolha dos componentes, montagem da parte física do projeto, programação e teste de funcionamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Escolha do projeto, controlador e programa

Os membros responsáveis pela idealização e execução do projeto reuniram-se e discutiram acerca de possíveis temas a serem trabalhados em uma seção de *brainstorming*, na qual foi pautada na premissa inicial de ser um protótipo automatizado. As ideias mencionadas seguem representadas na Figura 2.

Figura 2 – Ideias propostas na seção de *brainstorming*



Fonte: Autores (2019)

A ideia escolhida a ser trabalhada foi a da construção de um elevador de cargas, onde o propósito do mesmo é locomover-se entre pavimentos para carregamento de materiais em

geral, possibilitando uma melhora no tempo dentro de uma indústria ou empresa. O seu funcionamento também foi debatido e foi definido que o mesmo deve funcionar da seguinte forma: o elevador deverá iniciar o processo de locomoção sempre do térreo, percorrer os dois pavimentos superiores, permanecendo em cada um durante um período de tempo e, ao fim, deve retornar a posição inicial.

A disponibilidade de controladores existente eram o controlador lógico programável (CLP) e o arduino; devido a preferências do grupo, o escolhido foi o CLP SR2B121BD, este modelo possui uma tensão nominal de fornecimento de 24V em regime de corrente contínua, o mesmo possui quatro entradas analógicas e quatro relés de saída. Em seguida foi escolhido o programa a ser utilizado na construção da programação de funcionamento, este foi o Zelio Soft 2, um *software* que utiliza a linguagem de diagramas de blocos funcionais (FBD) e a *ladder* (linguagem de contatos), tal programa tem compatibilidade com o CLP escolhido anteriormente.

4.2 Escolha dos componentes

Após algumas pesquisas realizadas na internet e com a orientação do professor responsável, os componentes necessários para a elaboração do projeto foram listados, baseado no requisito de reutilizar alguns materiais, segue Quadro 1 com os componentes, suas respectivas funções e a forma que foram adquiridos.

Quadro 1 – Lista de componentes utilizados na montagem do protótipo

Parte	Componentes	Quantidade	Função	Aquisição
Estrutura	Chapa de madeira de 8mm	1	Suporte ao sistema elétrico	Reutilizado
Sistema de fixação	Pregos	-	Fixar a madeira e os outros componentes	Comprado
	Cola	1	Fixar a madeira e os outros componentes	Comprado
Sistema Elétrico	Trilho de ferro	1	Eixo responsável pela movimentação da cabine	Reutilizado
	Motor DC	1	Movimentar a cabine	Reutilizado
	Sensores de contato	2	Parar a cabine nos pavimentos superiores ao térreo	Reutilizado
	Liga plástica	1	Freio para o fim do processo de locomoção	Comprado
	Correia	1	Locomover a cabine	Reutilizado
	Fios	-	Conduzir eletricamente os comandos do sistema	Reutilizados

	CLP (SR2B121BD)	1	Processar os comandos do sistema	Não mensurado
	Botão de acionamento	1	Começa o processo de movimentação	Reutilizado
	Cabine de elevador	1	Aparato responsável por locomover-se entre os pavimentos	Reutilizado

Fonte: Autores (2019)

4.3 Modelagem matemática

Com as três entradas definidas na seção anterior (botão de acionamento e sensores de contato), assim como a roteirização de funcionamento do elevador definida a priori, foi possível desenvolver a equação matemática que rege o processo, com o auxílio da tabela verdade. Segue a Quadro 2 com a representação de todos os cenários elicitados.

Quadro 2 – Tabela verdade do elevador de cargas

A (Botão)	B (Sensor 1)	C (Sensor 2)	S1 (subir)	S2 (parar)	S3 (Descer)
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1
0	1	0	0	1	0
0	1	1	-	-	-
1	0	0	1	0	0
1	0	1	0	1	1
1	1	0	0	1	0
1	1	1	-	-	-

*Em negrito são as saídas que retornam ações no sistema

Fonte: Autores (2019)

O botão de acionamento é representado como a entrada A, sendo sua função dar início ao processo de movimentação das cargas entre os pavimentos, dando início a subida da cabine; mesmo que esse seja acionado enquanto as outras entradas também estão, o sistema não responderá com a subida da cabine. Os sensores de contato são representados pelas entradas B e C, tendo ambos a função parar o elevador nos pavimentos. O entrada C também possui a saída de retornar a cabine ao térreo, tornando possível o reinício do processo de subida.

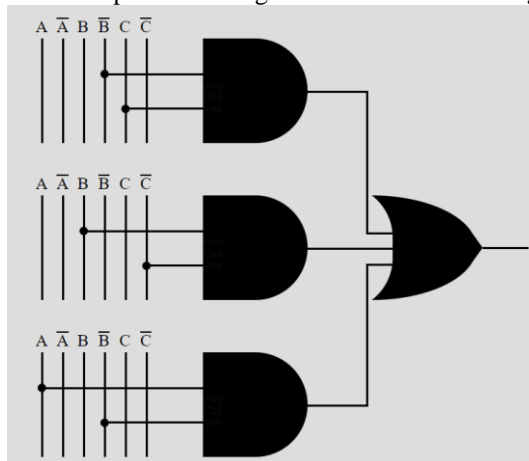
A equação de processamento do protótipo foi formulada a partir dos resultados da tabela verdade, sendo que na Equação (1) foi considerada apenas a saída S, sendo a mesma a soma das três saídas: S1, S2, S3.

$$S = \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}B\bar{C} + A\bar{B}\bar{C} + A\bar{B}C + AB\bar{C} \quad (1)$$

Realizando uma simplificação da Equação (1), foi possível obter a Equação (2) e o mapa de Karnaugh, presente na Figura 3.

$$S = A\bar{B} + \bar{B}C + B\bar{C} \quad (2)$$

Figura 3 – Mapa de Karnaugh das entradas e saída lógicas



Fonte: Autores (2019)

4.4 Montagem da estrutura

A montagem física do protótipo foi realizada por meio de alguns componentes listados na seção anterior, sendo reutilizadas chapas de madeira, assim como foram utilizados pregos e cola de madeira. O objetivo era desenvolver uma estrutura de três pavimentos, para que o térreo seja o local de origem e o ponto final de todos os percursos, o segundo e terceiro andar são os andares de parada temporária. Prosseguindo com a construção do protótipo, foram adicionados mais alguns componentes: o trilho, o motor DC, a correia e a cabine do elevador; todos os materiais comentados anteriormente foram reutilizados de uma impressora.

Com todo o arcabouço montado, os sensores mecânicos foram adicionados, um para o segundo pavimento e outro para o terceiro, com a finalidade de enviar sinais de acionamento para o controlador lógico programável, identificando a chegada da cabine nos referidos lugares. Por fim foram adicionados a liga plástica, como recurso de freio mecânico para o sistema, auxiliando no retorno para o térreo, e o botão de acionamento para iniciar o trajeto entre os pavimentos. Todos os componentes foram conectados ao circuito, sendo este conectado ao CLP, visto a utilização de três entradas: dois sensores, um botão e a uma alimentação de 24 V para o motor e para os sensores.

4.5 Programação e testes de funcionamento

Foram utilizadas três entradas (i1, i2 e i3) e duas saídas (q1 e q2), juntamente com três reles auxiliares (m1, m2 e m3) e um temporizador (t1). Segue, no Quadro 3, uma breve descrição de cada componente utilizado durante o processo de programação, no que tange as entradas e saídas do sistema; como também sua localização e sua sigla correspondente.

Quadro 3 – Tabela verdade do elevador de cargas

Sigla	Componente	Localização
I1	Botão de acionamento	Térreo
I2	Sensor mecânico	Segundo pavimento
I3		Terceiro pavimento
Q1	Motor – Subida (4V)	Térreo
Q2	Motor – Descida (2V)	

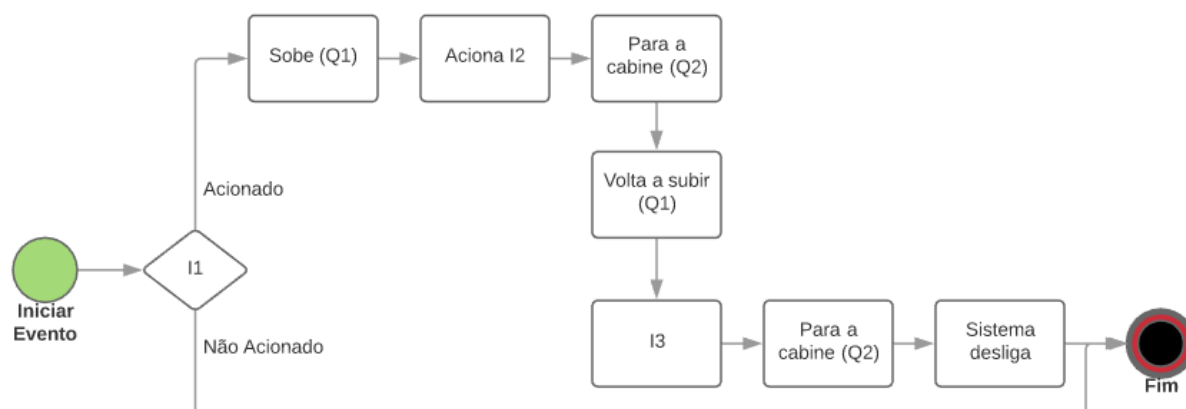
Fonte: Autores (2019)

O funcionamento lógico programado foi: os reles auxiliares m1 e m2 sempre irão acionar q1 e q2, ao apertar i1 o m1 será acionado e o elevador subirá para o segundo pavimento, ativando i2, acionando por sua m2 (fazendo o elevador parar), irá reiniciar m1 e ativar o temporizador t1.

Após o tempo de cinco segundos, t1 reiniciar m2 e ele próprio ativa m1 novamente, fazendo o elevador subir até o próximo andar. Chegando no terceiro pavimento, a cabine para de maneira semelhante ao que ocorre no segundo pavimento, entretanto dessa vez será acionado i3 para realizar a lógica. Em paralelo a ativação de i3 ocorre à ativação de m3 que desliga os sensores i2 e i3 e não permite o acionamento de m1, sendo m2 reiniciado o sistema desliga e o elevador desce. Por fim ao apertar novamente o botão i1, ele além de realizar a lógica anterior, também reinicia o m3, possibilitando um novo ciclo.

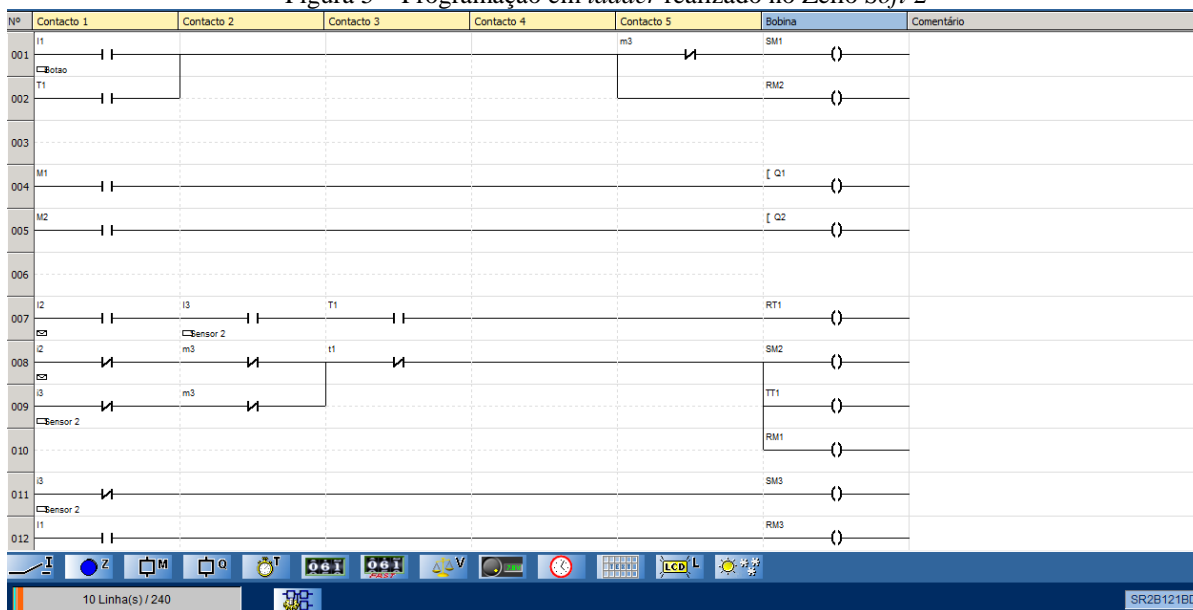
Segue as interações realizadas entre as entradas e saídas do sistema no fluxograma de funcionamento, Figura 4, e a programação em *ladder* realizada no *software* Zelio na Figura 5:

Figura 4 – Fluxograma representando a interação entre as entradas e saídas



Fonte: Autores (2019)

Figura 5 – Programação em *ladder* realizado no Zelio Soft 2



Fonte: Autores (2019)

No programa *Zelio Soft 2* foram utilizadas dez linhas de programação, assim como utilizados lógicas como o “e” e o “ou” para diminuir o tamanho da lógica *ladder* e suprir com as necessidade do elevador.

No funcionamento, tecnicamente, ao pressionar o botão, o CLP libera uma tensão de aproximadamente 4V, sendo o necessário para a cabine movimentar-se. Ao acionar os sensores mecânicos, o CLP diminui a diferença de potencial enviada ao motor, sendo esta agora 2V; desta forma a cabine não consegue mais se movimentar, permanecendo parada nos andares. No momento de retornar ao térreo, o sistema é desligado rapidamente, possibilitando a descida.

5 CONCLUSÃO

A automação industrial está inserida dentro das mais variadas indústrias possibilitando maior confiabilidade, agilidade, diminuição de custos, otimização de matéria-prima, entre outros fatores; assim como está, também inserida, no dia a dia do Engenheiro de Produção, auxiliando no processo produtivo. Por ser tão presente neste ambiente, o conhecimento e estudo acerca do assunto torna-se imprescindível para os profissionais e estudantes que atuam nesta área.

O estudo do tema pode ser realizado de diversas formas, este artigo propôs através da aplicação prática, sustentada por conceitos do PBL, tendo como premissa principal a utilização da automação em projetos que pudessem ser aplicados em problemas dentro de indústrias ou empresas.

O trabalho mostrou-se satisfatório, possibilitando a utilização de conceitos abordados em sala de aula para a construção do protótipo de elevador de cargas, despertando o interesse dos alunos acerca da área de atuação e possibilitando expandir os conhecimentos já existentes. Trabalhos futuros podem trabalhar com metodologias semelhantes, utilizando outros tipos de controladores, programas, entre outros; assim como podem propor projetos mais robustos para desafiar ainda mais os alunos.

O protótipo desenvolvido mostrou-se como uma poderosa ferramenta na aplicação dos conhecimentos teóricos, sendo possível a utilização de metodologias semelhantes para ensino da automação.

REFERÊNCIAS

BATALHA, Mário Otávio. **Introdução à engenharia de produção**. 7ª reimpressão, Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

BORRACHA, António Manuel Lira Gomes. **Laboratório Remoto de Automação Industrial (Lab-RAI)**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.

LAMB, Frank. **Automação industrial na prática [recurso eletrônico]**. Tradução de Márcio José da Cunha. Revisão técnica de Antonio Pertence Júnior. Porto Alegre: AMGH, 2015.

MANESIS, Stamatios; NIKOLAKOPOULOS, George. **Introduction to industrial automation**. Bacon Raton: Taylor & Francis Group, 2018.

PAREDE, Ismael Moura; GOMES, Luiz Eduardo Lemes; HORTA, Edson. **Eletrônica: automação industrial**. São Paulo: Fundação Padre Anchieta, 2011.

PESSÔA, Marcelo Schneck de Paula; SPINOLA, Mauro de Mesquita. **Introdução à automação: para cursos de engenharia e gestão**. 1ª edição, Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

PETRUZELLA, Frank D. **Controladores Lógicos Programáveis**. Tradução de Romeu Abdo. Revisão técnica de Antonio Pertence Júnior. 4ª edição, Porto Alegre: AMGH, 2014.

REIS, Fábio Augusto Gomes Vieira. **Aplicação da metodologia da problematização em Disciplinas de engenharia ambiental**. 2005. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2005.

RIBEIRO, Bruno Calafatti Dutra. **O método de ensino Project Based Learning e suas aplicações no curso de engenharia bioquímica da escola de engenharia de Lorena**. 2016. Monografia (Graduação) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2016.

Schneider Electric (2018). **Zelio Soft: software de configuração para Zelio Logic**. Recuperado em 4 de novembro de 2018, de https://www.se.com/br/pt/product-range-software_registration/542-zelio-soft/#tabs-top

ZANCAN, Marcos Daniel. **Controladores programáveis**. 3ª edição, Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2010.

DEVELOPMENT OF A PROTOTYP FOR AUTOMATION TEACHING AND LEARNING: DESIGN OF A LOAD LIFT WITH THE USE OF A PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER

Abstract: *This work consists of presenting a didactic prototype of an industrial load elevator using Boolean algebra for the design and design of an automatic system. In the development of the prototype were used triggers and some recycled components, emphasizing the sustainability and reuse of materials, the project being divided in two stages, in which the first stage consisted of the elaboration and construction of the physical structure of the prototype, and the second step was implemented the solution obtained in the programmable logic controller (PLC). The results indicated that the didactic project met the requirements of the programming logic with a number of optimized inputs and outputs allowing the initial and final vertical control in a three stop system, the functions of drive and speed of the equipment worked according to the layout of the inputs and outputs of the same. The developed prototype proved to be an alternative in the application of theoretical knowledge, being possible the use of similar methodologies for teaching automation.*

Keywords: *Automation; Teaching; CLP; Project Based Learning.*