



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
CAMPUS SERTÃO
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

IGOR EDUARDO SANTOS DE MELO

**EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA: ENSINO DA AUTOMAÇÃO POR MEIO DO
DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DIDÁTICO**

Delmiro Gouveia/AL
2019



IGOR EDUARDO SANTOS DE MELO

**EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA: ENSINO DA AUTOMAÇÃO POR MEIO DO
DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DIDÁTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia de Produção da Universidade
Federal de Alagoas – Campus Sertão para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof. Ma. Alline Thamyres Claudino
da Silva

Delmiro Gouveia/AL
2019

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Sede Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4/2209

M528e Melo, Igor Eduardo Santos de

Educação e tecnologia: ensino da automação por meio do desenvolvimento de um protótipo didático / Igor Eduardo Santos de Melo. - 2019.

39 f. : il.

Orientação: Prof. Ma. Alline Thamyres Claudino da Silva.

Artigo Monográfico (Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia de Produção. Delmiro Gouveia, 2019.

1, Engenharia de produção. 2. Automação. 3. Protótipo. 4. Gerenciamento de processos. 5. Ensino e aprendizagem. I. Silva, Alline Thamyres Claudino da. II. Universidade Federal de Alagoas. III. Título.

CDU: 658.512.2

Folha de Aprovação

IGOR EDUARDO SANTOS DE MELO

**EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA: ENSINO DA AUTOMAÇÃO POR MEIO
DO DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DIDÁTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao corpo docente do Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Alagoas – Campus Sertão e aprovado em 17 de dezembro de 2019.

Aline Thamyres Claudino da Silva

Profª. Msc. Aline Thamyres Claudino da Silva, UFAL – Campus do Sertão
(Orientadora)

Banca Examinadora:

Aline Thamyres Claudino da Silva

Profª. Msc. Aline Thamyres Claudino da Silva, UFAL – Campus do Sertão

Jonhatan Magno Norte da Silva

Profª. Msc. Jonhatan Magno Norte da Silva, UFAL – Campus do Sertão

Klivia Feitosa Rêgo

Profª. MSc. Klivia Feitosa Rêgo, UFAL – Campus do Sertão

Dedico este trabalho aos meus pais,
irmão, familiares e amigos(as) que
sempre me sustentaram nessa
caminhada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente meus agradecimentos são direcionados a Deus, que sempre esteve ao meu lado, tanto nos momentos de alegria como nos momentos de aflição. Essa conquista tem participação gigantesca do mesmo, que sempre me proporcionou as forças necessárias e me direcionou pelos caminhos corretos nessa jornada. Portanto imensa gratidão a ti meu Senhor, sem ti nada sou e nada serei.

Tenho enorme gratidão, também, ao meu pai Carlos Alberto, minha mãe Rosana Líbia, meu irmão Kelvin Everton, que me apoiaram diretamente durante todo o meu período de graduação, me proporcionando tudo o que eu precisei: amor, carinho, atenção, apoio, estímulo e suporte. Queria deixar, ainda aqui, meus agradecimentos aos meus familiares que me apoiaram diretamente e indiretamente para esse momento estar acontecendo.

Tenho que agradecer também a todos os professores nos quais eu tive, desde minha iniciação na educação básica. Mas, em especial, gostaria de salientar a importância daqueles que fizeram parte da minha graduação, que me proporcionaram todo o conhecimento que hoje possuo, além de proporcionar ensinamentos pessoais que levarei comigo. Tenho imensa admiração e respeito a todos, entretanto gostaria de agradecer em especial a Alline Thamyres, Jonhatan Magno, Everton Coelho, Francirley Paz, Victor Carvalho, Robério José e Lígia Lobo. Não posso esquecer dos técnicos dos laboratórios, esses profissionais acima da média foram essenciais para o desenvolvimento de várias atividades durante o curso, então muito obrigado Eduardo, Paul, Adeilton e Arnon.

Minha gratidão também esta direcionada a minha galera, que denominamos internamente de sobreviventes, Carla Mirela, Lucas Alencar, Lucas Cavalcante e Maria Sonaira. Com os meninos tenho vários momentos de companheirismo, preocupações, gaitadas e conquistas, são os meus irmãos da UFAL e agora da UFPE também; já com as meninas também tenho vários desses momentos de companheirismo e conselhos, enorme respeito e admiração pelos profissionais que vocês estão se tornando a cada dia.

Também gostaria de agradecer as entidades que me envolvi durante toda a graduação, as mesmas me fizeram amadurecer exponencialmente dentro da universidade e me mostraram diversas possibilidades. Primeiramente agradeço a gestão do CAEP 2017-2018, a todos os envolvidos eu agradeço por todo o empenho e suporte prestado. Imensamente grato a I9 Engenharia Jr. pela oportunidade a mim dada de fazer parte, por um determinado período de

tempo, da linda história que essa empresa escreve; fui empresário júnior com muito orgulho e vários ensinamentos a mim dados pelo Movimento Empresa Júnior (MEJ) levo comigo para toda vida, acredito que todo futuro profissional deveria vivenciar essa experiência única e inexplicável. Ao Programa Especial de Capacitação Discente (PEC) meu muito obrigado por ter me proporcionado a dádiva de participar desse grupo sensacional, que me fez mergulhar profundamente na área acadêmica.

Não poderia esquecer de agradecer a minha segunda família durante a graduação, para mim uma segunda casa, para os outros o SEBRAE - Escritório Regional de Delmiro Gouveia. Não tenho palavras suficientes para demonstrar o quão imensa é minha gratidão por toda a equipe que a compôs e a que ainda compõe, foi lá que aprendi tantas coisas que nem sei como seria meu eu atual sem ter vivenciado tudo que esse estágio me proporcionou, então meu muito obrigado para: Vitor Pereira, Zélia Azevedo, Flávia Regina, Taisa, Benício, Seu Miguel, Seu Luciano, Lidiane, Samuel, Ewerson e aos que foram meus coleguinhos e amigos estagiários Lucas Cavalcante, Lucas Araújo, Myllena, Jaime, Lara Karine e Mirela. Também meu muito obrigado a minha maravilhosa tutora Danubia Dantas, poderia escrever milhares de coisas aqui sobre como ela é uma pessoa incrível e o quão generosa ela sempre foi comigo, sempre me fazendo superar e melhorar como pessoa e profissional; poderia também falar o quão o jeito dela sempre acolhedor e alegre com todos me ajudou a superar vários desafios, tenho muito orgulho de ter tido a oportunidade de ser um estagiário sobre a sua supervisão e muito me alegra poder ser um amigo da mesma, muito respeito e admiração por ti minha querida.

Por fim gostaria de agradecer a própria Universidade Federal de Alagoas (UFAL) que me proporcionou todos os momentos singulares na minha vida e supracitados no texto.

Tudo posso naquele que me fortalece.
Filipenses 4:13.

RESUMO

O ensino da automação para o engenheiro de produção, profissional que pode trabalhar diretamente com o gerenciamento de processos, é relevante nas instituições de ensino superior para que seja possível o controle dos setores produtivos presentes na indústria. Pensando em discutir diferentes maneiras de abordar a automação durante a graduação do discente, o presente trabalho tem por objetivo estimular a aprendizagem dos conceitos desta área, por meio da prática proporcionada pelo desenvolvimento de um protótipo automático. Para tanto, na concepção e construção do protótipo automático, foi utilizada como metodologia de ensino a *Project Based Learning* (PBL), conseguindo aprofundar os conhecimentos acerca de automação e circuitos lógicos, como também praticar habilidades pessoais e atitudes comportamentais. Portanto, a aplicação da metodologia se mostrou como satisfatória, possibilitando trabalhar o projeto desde sua parte conceitual até a execução e finalização do mesmo; além de enriquecer a aprendizagem do tema dos discentes envolvidos.

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

ABSTRACT

The teaching of automation for the production engineer, a professional who can work directly with process management, is relevant in higher education institutions so that it is possible to control the productive sectors present in the industry. Thinking about discussing different ways to approach automation during the undergraduate degree, the present work aims to stimulate the learning of the concepts of this area, through the practice provided by the development of an automatic prototype. For this, in the conception and construction of the automatic prototype, Project Based Learning (PBL) was used as teaching methodology, being able to deepen the knowledge about automation and logic circuits, as well as to practice personal skills and behavioral attitudes. Therefore, the application of the methodology proved to be satisfactory, making it possible to work on the project from its conceptual part to its execution and completion; besides enriching the learning of the theme of the students involved.

Keywords: *Automation. Teaching. Problem-Based Learning.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Fluxograma com as etapas metodológicas utilizadas.....	25
Figura 02 – Mapa de Karnaugh das entradas e saída lógicas.....	31
Figura 03 – Fluxograma representando a interação entre as entradas e saídas.....	33
Figura 04 – Programação em ladder realizado no <i>Zelio Soft 2</i>	33
Figura 05 – Estrutura pré finalizada do protótipo.....	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Descrições e detalhamento das etapas que compõe o PBL.....	24
Quadro 02 – Lista de componentes utilizados na montagem do protótipo.....	29
Quadro 03 – Tabela verdade do elevador de cargas.....	30
Quadro 04 – Descrição dos componentes do sistema e suas respectivas localizações.....	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CBC	Congresso Brasileiro de Custos
COBENGE	Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia
ENEGEP	Encontro Nacional de Engenharia de Produção
EPBEP	Encontro Paraibano de Engenharia de Produção
GEDAI	<i>Group of Engineering Of Decision and Artificial Intelligence</i>
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
MG	Minas Gerais
PBL	<i>Problem-Based Learning</i>
PIBITI	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação
SIMEP	Simpósio de Engenharia de Produção
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA	17
1.3.1. Objetivo Geral.....	17
1.3.2. Objetivos Específicos.....	17
2. APRESENTAÇÃO DO ARTIGO NA INTEGRA	18
3. CONCLUSÃO.....	39

1. INTRODUÇÃO

O curso de Engenharia de Produção, ofertado em território nacional pela Universidade Federal de Alagoas e outras instituições de ensino superior, é responsável por formar profissionais capazes de gerenciar e aprimorar sistemas produtivos diversos. É notório que estes sistemas passam por constantes evoluções, uma das agregações significativas foi à aplicação da automação, que proporciona maior agilidade e qualidade aos processos.

Em virtude disso, a temática é de relevância para os futuros profissionais, que poderão atuar diretamente com a mesma para melhorar o desempenho de diversos processos produtivos; este fato torna importante a presença na grade curricular dos cursos de bacharel em Engenharia de Produção a disciplina de automação, que sofre de variação linguística a depender da instituição.

Pela sua importância, se faz necessário debater sobre como essa disciplina pode ser ensinada aos discentes, de forma que eles consigam compreender os assuntos abordados. Essa foi a premissa para a elaboração do artigo intitulado “Desenvolvimento de um protótipo para ensino e aprendizagem da automação: projeto de um elevador de cargas com a utilização de um controlador lógico programável”, abordando uma metodologia intitulada *Problem-Based Learning* (PBL) para construção de um protótipo automático.

Este artigo foi submetido e aceito para publicação nos anais do XLVII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE) e 2º Simpósio Internacional de Educação em Engenharia da ABENGE. Com esse trabalho se buscou estimular a aprendizagem dos alunos, colocando em prática os conceitos expostos em sala de aula, assim como extraclasse, para resolução de um problema pré-definido.

Desse modo, faz necessário fazer uma retrospectiva acerca dos trabalhos acadêmicos desenvolvidas pelo discente do início da graduação até o desenvolvimento desse artigo e o aproveitamento desse como trabalho de conclusão de curso. O primeiro trabalho desenvolvido pelo discente foi um artigo para a disciplina de Engenharia Econômica no período 2016.2 intitulado de “Aplicação de conhecimentos econômicos dentro do jogo porto rico” que veio a ser publicado e apresentado no segundo Encontro Paraibano de Engenharia de Produção - II EPBEP em Sumé na Paraíba.

Logo após, em 2017 o discente ingressou no grupo de pesquisa *Group of Engineering Of Decision and Artificial Intelligence* (GEDAI) vinculado a um projeto de pesquisa de

desenvolvimento Tecnológico e Inovação PIBITI, cujo tema de pesquisa era “Caracterização e Análise de Rotas Tecnológicas de Purificação do Biogás para Geração de Energia Elétrica” orientado pelo professor Francirley Paz da Silva. Um dos resultados da pesquisa desenvolvida foi uma patente com o título “Sistema modular de purificação inteligente de biogás para aproveitamento energético com otimização parametrizada” e essa foi depositada no Instituto Nacional de Propriedade Industrial – INPI.

A posteriori foram desenvolvidos trabalhos no semestre de 2018.1 nas disciplinas de Automação com o título de “Desenvolvimento de produto baseado em ferramentas da qualidade e conceitos de automação: protótipo de um elevador de cargas”; de eletrotécnica com o trabalho intitulado de “Dimensionamento de um sistema fotovoltaico para uma habitação de interesse social no alto sertão alagoano” e em planejamento empresarial com o título “*Business model canvas* como ferramenta de planejamento: um estudo de caso em uma pizzaria no alto sertão alagoano”. Vale destacar que os três trabalhos foram submetidos, aprovados, apresentados e publicados nos anais do sétimo Simpósio de Engenharia de Produção - SIMEP em Montes Claros - MG.

Outros trabalhos foram desenvolvidos no semestre de 2018.2 nas disciplinas Gerenciamento de Projetos, Automação, Planejamento Empresarial, Engenharia de Produto 2, e outros trabalhos a parte sem ligação com as disciplinas do período cursado, tendo um sido publicado no Congresso Brasileiro de Custos (CBC), com o título: “Minimização dos custos de compras para o micro empreendedor individual utilizando a programação linear: um estudo de caso em um empreendimento de geleias caseiras”.

Além disso, no mesmo período, foram submetidos, aprovados e publicados nos anais três artigos no XLVII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE) e 2º Simpósio Internacional de Educação em Engenharia da ABENGE com os seguintes temas: “Relato dos resultados alcançados através de uma exposição educacional empreendedora focada na atuação de empresas juniores”; “Análise e teste para o desempenho dos alunos de Engenharia de Produção e Engenharia Civil na disciplina de Engenharia Econômica” e “Desenvolvimento de um protótipo para ensino e aprendizagem da automação: projeto de um elevador de cargas com a utilização de um controlador lógico programável”.

Ainda no semestre de 2018.2 foram submetidos e aprovados dois artigos no XXXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), intitulados de “Teste de hipóteses para média: verificando a superioridade dos resultados de indicadores financeiros para

distribuidoras de energia elétrica privatizadas” e “Utilização de ferramentas da qualidade para o desenvolvimento de um produto automático e sustentável: luminária”.

No semestre 2019.1, foi publicado o artigo de tema “Análise e teste para o desempenho dos alunos de engenharia de produção e engenharia civil na disciplina de engenharia econômica” na revista *Brazilian Journal of Development*. No semestre posterior, na mesma revista, foi publicado o artigo “Educação e tecnologia: ensino da automação por meio do desenvolvimento de um protótipo didático” através de um convite dos editores da revista, o qual será detalhado no tópico da Apresentação do artigo a seguir.

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.2.1. Objetivo Geral

Este trabalho possui como objetivo geral estimular a aprendizagem da automação por meio do desenvolvimento de um protótipo automático; apoiado, para tanto, na aplicação da metodologia Project Based Learning (PBL) e utilizando como situação problema um caso de movimentação de cargas.

1.2.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- Descrever o processo de análise do problema até a escolha do projeto por meio da metodologia PBL;
- Construir e programar um protótipo automático apoiado nos conhecimentos obtidos;
- Testar o protótipo desenvolvido;

2. APRESENTAÇÃO DO ARTIGO NA INTEGRA

Com a disponibilização do professor e dos discentes envolvidos com o projeto do protótipo, foi possível aplicar a metodologia uma adaptação da metodologia PBL para elaboração do artigo. Ao fim da elaboração do mesmo, foi submetido e publicado nos anais do COBENGE. Posterior a isso, a revista *Brazilian Journal of Development* convidou o autor para publicar o artigo na sua revista.

Brazilian Journal of Development**Educação e tecnologia: ensino da automação por meio do desenvolvimento de um protótipo didático****Education and technology: teaching automation through the development of a teaching prototype**

DOI:10.34117/bjdv5n12-196

Recebimento dos originais: 10/11/2019

Aceitação para publicação: 13/12/2019

Igor Eduardo Santos de Melo

Graduando em Engenharia da Produção pela Universidade Federal de Alagoas

Instituição: Universidade Federal de Alagoas

Endereço: Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão Rodovia AL 145, Km 3, nº

3849. Cidade Universitária 57480-000 – Delmiro Gouveia – Alagoas

E-mail: igoreduardo_eng@hotmail.com

Lucas Miguel Alencar de Moraes Correia

Graduando em Engenharia da Produção pela Universidade Federal de Alagoas

Instituição: Universidade Federal de Alagoas

Endereço: Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão Rodovia AL 145, Km 3, nº

3849. Cidade Universitária 57480-000 – Delmiro Gouveia – Alagoas

E-mail: lucasalencar1000@hotmail.com

Lucas Cavalcante Machado

Graduando em Engenharia da Produção pela Universidade Federal de Alagoas

Instituição: Universidade Federal de Alagoas

Endereço: Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão Rodovia AL 145, Km 3, nº

3849. Cidade Universitária 57480-000 – Delmiro Gouveia – Alagoas

E-mail: lucas.kawalcante@yahoo.com.br

Myllena de Oliveira Barros

Graduada em Engenharia da Produção pela Universidade Federal de Alagoas

Instituição: Universidade Federal de Alagoas

Endereço: Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão Rodovia AL 145, Km 3, nº

3849. Cidade Universitária 57480-000 – Delmiro Gouveia – Alagoas

E-mail: myllenabarroseng@gmail.com

Kelvin Everton Santos de Melo

Graduado em Engenharia da Produção pela Universidade Federal de Alagoas

Instituição: Universidade Federal de Alagoas

Endereço: Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão Rodovia AL 145, Km 3, nº

3849. Cidade Universitária 57480-000 – Delmiro Gouveia – Alagoas

E-mail: kelvinevertonmelo@hotmail.com

Francirley Paz da Silva

Mestre em Energia da Biomassa pela Universidade Federal de Alagoas

Instituição: Universidade Federal de Alagoas

Brazilian Journal of Development

Endereço: Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão Rodovia AL 145, Km 3, nº 3849. Cidade Universitária 57480-000 – Delmiro Gouveia – Alagoas
E-mail: francirley.silva@delmiro.ufal.br

Alline Thamyres Claudino da Silva

Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal da Paraíba
Instituição: Universidade Federal de Alagoas

Endereço: Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão Rodovia AL 145, Km 3, nº 3849. Cidade Universitária 57480-000 – Delmiro Gouveia – Alagoas
E-mail: alline.silva@delmiro.ufal.br

RESUMO

O ensino da automação para o engenheiro de produção, profissional que pode trabalhar diretamente com o gerenciamento de processos, é relevante nas instituições de ensino superior para que seja possível o controle dos setores produtivos presentes na indústria. Pensando em discutir diferentes maneiras de abordar a automação durante a graduação do discente, o presente trabalho tem por objetivo estimular a aprendizagem dos conceitos desta área, por meio da prática proporcionada pelo desenvolvimento de um protótipo automático. Para tanto, na concepção e construção do protótipo automático, foi utilizada como metodologia de ensino a Project Based Learning (PBL), conseguindo aprofundar os conhecimentos acerca de automação e circuitos lógicos, como também praticar habilidades pessoais e atitudes comportamentais. Portanto, a aplicação da metodologia se mostrou como satisfatória, possibilitando trabalhar o projeto desde sua parte conceitual até a execução e finalização do mesmo; além de enriquecer a aprendizagem do tema dos discentes envolvidos.

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

ABSTRACT

The teaching of automation for the production engineer, a professional who can work directly with process management, is relevant in higher education institutions so that it is possible to control the productive sectors present in the industry. Thinking about discussing different ways to approach automation during the undergraduate degree, the present work aims to stimulate the learning of the concepts of this area, through the practice provided by the development of an automatic prototype. For this, in the conception and construction of the automatic prototype, Project Based Learning (PBL) was used as teaching methodology, being able to deepen the knowledge about automation and logic circuits, as well as to practice personal skills and behavioral attitudes. Therefore, the application of the methodology proved to be satisfactory, making it possible to work on the project from its conceptual part to its execution and completion; besides enriching the learning of the theme of the students involved.

Keywords: Automation. Teaching. Problem-Based Learning

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais a automação vem se destacando no meio industrial com a finalidade de oferecer maior agilidade e qualidade aos processos produtivos. Vale ressaltar, que a automação inserida nas indústrias, intitulada como automação industrial, não se limita a substituir o trabalho humano, pois trás diversos benefícios, além dos já citados, como por exemplo: maior controle dos processos produtivos instalados na fábrica, maior confiabilidade, otimização dos espaços, entre outros (LAMB, 2015; PESSÔA; SPINOLA, 2014).

Com inúmeras vantagens advindas com a aplicação da automação no meio industrial, a área foi ganhando seu grau de importância com o passar dos anos, sendo hoje essencial na formação de alguns profissionais da Engenharia, principalmente para um Engenheiro de Produção. Isto fica mais evidente com a obrigatoriedade de disciplinas desse viés em alguns cursos de Engenharia, por parte do Conselho Nacional de Educação/Câmara de Educação Superior (CNE/CES) na resolução nº 11, de 11 de março de 2002, que estipula alguns dos conteúdos profissionalizantes, como por exemplo: controle de sistemas dinâmicos, matemática discreta, entre outras.

Devido ao grande número de aplicações em que a automação pode ser aplicada, o profissional que atua nesta vertente pode encontrar diversos tipos de equipamentos, de sensores a interfaces de máquinas, de controladores, entre outros; sendo de relevante importância da prática a fim de melhorar as habilidades sobre o tema e ser capaz de desenvolver e melhorar o ambiente de trabalho por meio de aplicações da automação, não se limitando somente a teoria em salas de aula (ALVES; BRANDÃO; OLIVEIRA, 2018). Vale ressaltar ainda que, com o passar dos anos, o desafio de sustentabilidade se torna mais evidente para a humanidade, tornando necessário que os engenheiros também repensem sua atuação de forma sustentável e traga soluções que incorporem essa temática (LOUREIRO; PEREIRA; PACHECO JUNIOR, 2016).

Baseado na relevância do estudo e da prática da automação para os estudantes do curso de graduação em engenharia de produção, o presente trabalho se propõe a aplicar a metodologia *Project Based Learning* (PBL) na disciplina de automação da produção com o objetivo de estimular a aprendizagem dos conceitos desta área, por meio da prática proporcionada pelo desenvolvimento de um protótipo automático. Este protótipo em questão deverá ser uma solução viável a um problema de movimentação de cargas, e também deverá adicionar em sua concepção a temática de sustentabilidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A automação é um termo derivado do latim *automatus*, no qual significa movimentação autônoma (PESSÔA; SPINOLA, 2014). Ela emprega componentes elétricos e/ou mecânicos, apoiados por uma programação de comandos lógicos, com o intuito de realizar atividades humanas, desde simples comandos e tarefas, até a tomada de decisão baseada em informações processadas, graças à conectividade de sistemas de supervisão e controle (LAMB, 2015).

A flexibilidade da automação permite que a sua aplicação seja ampla, podendo atuar em processos de caráter discreto, aqueles que trabalham com variáveis limitadas a determinados estados de sistema (interruptor ligado ou desligado), ou de caráter contínuo, aqueles que lidam com variáveis que podem assumir valores entre determinados intervalos, como também ocorrem por longos ciclos. Isto trás vantagens para o processo, seja no âmbito da produtividade, proporcionando um processo mais veloz, ou seja, no âmbito da qualidade, uma vez que padroniza o processo, diminui custos, entre outros aspectos (LAMB, 2015; PESSÔA; SPINOLA, 2014).

Para a aplicação da mesma dentro da indústria, é importante se conhecer o processo produtivo como um todo, assim como os componentes necessários e que podem ser utilizados para automatizar as linhas produtivas (MANESIS; NIKOLAKOPOULOS, 2018). Dentre os potenciais componentes, o principal dele é o controlador do sistema, podendo ser destacado o Controlador Lógico Programável (CLP), que se trata de um computador que substituiu o controle através de relés, proporcionando um controle de alta velocidade, alta confiabilidade, fácil instalação, entre outros (PETRUZELLA, 2014).

O CLP possui como componentes básicos: entradas, processamento e saídas. Uma das vantagens dele é a multiplicidade de entradas e saídas, assim como imunidade a ruído na rede elétrica e resistência a vibrações e impactos (PETRUZELLA, 2014). Seu funcionamento começa pelo envio de informações para a entrada do controlador por meio de sensores (discretos ou analógicos), onde na central de processamento será realizada uma análise dos dados e a programação pré-definida no aparelho, acionando ou não a sua saída, sendo estas conectadas aos atuadores, que recebem energia e acionam o sistema, interagindo diretamente com o processo produtivo, a fim de controlá-lo (MANESIS; NIKOLAKOPOULOS, 2018; LAMB, 2015).

Quando se fala sobre processos produtivos e o controle e gestão dos mesmos, logo é possível associar ao papel do Engenheiro de Produção. Segundo Batalha (2008), este profissional necessita ter a capacidade de compreender os princípios de funcionamento dos

Brazilian Journal of Development

sistemas produtivos, nos quais se utilizam de matéria-prima, equipamentos, dados e informações, energia elétrica e mão de obra para a obtenção de um produto final.

A aplicação da automação nas indústrias é estudada no curso de Engenharia de Produção por disciplinas com nomes diferentes, mas com conceitos de aprendizagem semelhantes, sendo elas: automação e controle, automação e produção, automação e processos de manufatura e automação da manufatura (BATALHA, 2008). Além disso, pode ser chamada de automação industrial – como intitulado na Universidade Federal de São Carlos e na Universidade Federal do Ceará – e automação da produção – como intitulado pela Universidade Federal Fluminense e pela Universidade Federal de Alagoas.

Outro tema relevante para ser abordado é a formação dos futuros profissionais com um viés sustentável, por meio da intitulada Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS). Esse tema é importante na engenharia para proporcionar o pensamento em soluções sustentáveis e viáveis para os problemas reais, na tentativa de minimizar o impacto causado, muitas vezes, pela atividade desses profissionais na qualidade de vida das pessoas, de outros seres vivos e na própria natureza (LOUREIRO; PEREIRA; PACHECO JUNIOR, 2016).

O ensino destes conceitos pode ocorrer com um *crossing* entre a teoria e a prática, por meio de metodologia de aplicação teórica. Como metodologia que viabiliza essa interação entre prática e teoria, pode-se citar a *Project Based Learning* (PBL), na qual viabiliza isto por meio da resolução de problemáticas reais que podem ser encontradas dentro das organizações. A sua aplicação desperta o senso crítico nos discentes envolvidos, uma das habilidades básicas necessárias para a sua formação; como também, habilidades pessoais e atitudes comportamentais, tais como o trabalho em grupo (RIBEIRO, 2016).

Por ser uma metodologia interdisciplinar, a PBL é aplicada em diversos contextos a fim de instigar a didática; entretanto isto acaba por flexibilizar a forma de aplicação da mesma. Características comuns, da maioria das aplicações, são: projetos abertos e realistas, grupo de alunos responsáveis por realizar e gerenciar os projetos, o esforço é direcionado para produção de algum item, por exemplo, um protótipo (ALVES et al., 2012).

Reis (2005) destaca setes etapas propostos na literatura para a aplicação do PBL, começando pelos esclarecimentos de terminologias e o problema central a ser trabalhado, passando pela análise e objetivos de aprendizagens, terminando com a coleta e integrações de dados e informações para resolver o caso proposto. Todas as etapas, e descrição das mesmas, encontram-se dispostas no Quadro 01.

Quadro 01 – Descrições e detalhamento das etapas que compõe o PBL

Etapas	Descrição	Detalhamento
1	Esclarecimento dos termos difíceis	Verificar os termos não compreendidos ou que geraram compreensão dúbia, tentando esclarecer os mesmos. Caso não seja retirada a dúvida, um dos objetivos de aprendizado será compreendê-los, através de pesquisas ou orientação do professor responsável.
2	Listagem dos problemas	Identificação e conceituação dos problemas a serem estudados, sem tentar analisar as causas e efeitos dos mesmos, devendo limitar-se a compreender qual é a problemática central.
3	Análise dos problemas	Debatem-se os problemas com base nos conhecimentos prévios e as informações relevantes devem ser compartilhadas entre o grupo, para um maior entendimento do problema a ser trabalhado.
4	Preparação de resumo das etapas anteriores	Sintetizar os pontos abordados na reunião, no qual deve conter: os problemas listados e debatidos, as ações sugeridas e as contribuições e limitações dos conhecimentos prévios da equipe.
5	Formulação dos objetivos do aprendizado	Devem-se formular os objetivos baseado nos problemas, a fim de estudar os assuntos relevantes para solucionar os mesmos.
6	Busca de informações	A procura de dados e informações acerca do tema abordado no problema deve ser realizada individualmente por cada membro. Esta atividade pode ser realizada na bibliografia base, indicada pelo professor, ou em outras complementares. Por fim, devem-se compartilhar as informações obtidas com o restante do grupo.
7	Retorno, integração das informações e resolução dos casos	A segunda reunião torna-se uma reunião de tutoria, sendo necessária para integrar todas as informações coletadas pelos membros para resolver o problema. O professor a frente da atividade ficará responsável por esclarecer quaisquer pontos duvidosos e errados que ainda permanecerem.

Fonte: Adaptado de Reis (2005)

Além das metodologias aplicadas no ensino da automação, podem-se destacar as ferramentas utilizadas para resolução dos problemas desta área. A tabela verdade é uma dessas ferramentas que podem ser utilizadas para facilitar o entendimento acerca do funcionamento de uma lógica de funcionamento; para tanto a tabela se baseia no sistema binário/booleano na qual o sistema assume dois estados definidos como 0 (desligado) e 1 (ligado) (LAMB, 2015). Outra ferramenta é o mapa de Karnaugh, que auxilia na simplificação das funções algébricas

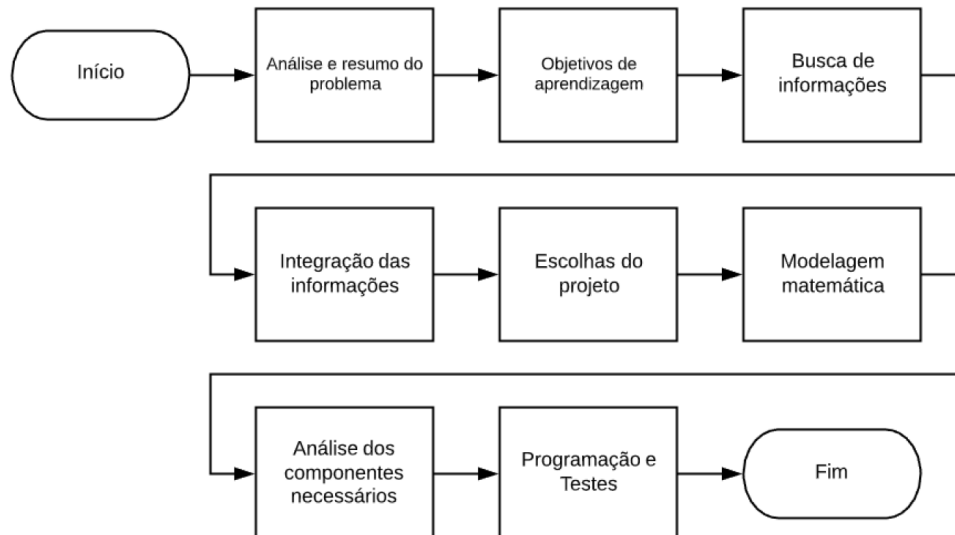
derivadas da lógica booleana, tornando a equação resultante mais acessível e intuitiva (AQUINO FILHO; SCHIMIGUEL; AMARAL, 2016).

3 MATERIAIS E FERRAMENTAS UTILIZADAS

O presente trabalho, segundo Gil (2002), é de caráter exploratório por proporcionar maior familiaridade com problemas, neste caso uma problemática de automação, tendo por propósito melhorar as ideias que cercam a situação e estimular a compreensão da mesma. O caso real disposto neste trabalho será de movimentação de materiais, sendo necessário um fluxo de insumos entre um prédio de três pavimentos, no qual possui somente escadas para tal transporte; os insumos devem ser transportados do térreo para os demais pavimentos.

Para nortear as ações, o trabalho será baseado na metodologia PBL, com a utilização de alguns dos passos descritos por Reis (2005), sendo eles todos os descritos no Quadro 01, com exceção da primeira e segunda etapa, uma vez que os termos que cercam o problema a ser estudado já são de conhecimento da equipe, assim como a problemática. O fluxograma que direcionará o trabalho se encontra na Figura 01, com todas as etapas a serem tomadas para atingir os objetivos propostos.

Figura 01 – Fluxograma com as etapas metodológicas utilizadas



Fonte: Autores (2019)

Brazilian Journal of Development

As duas primeiras atividades se darão através em uma reunião inicial, na qual será disposta a problemática a ser trabalhada, descrita anteriormente nesta seção. Os integrantes precisarão entender bem o estudo de caso, para que possam identificar os pontos que devem buscar mais informações, a fim de solucionar a problemática inicial. Ao final do processo de análise, será elaborado um pequeno resumo acerca dos assuntos debatidos na reunião; e os objetivos de aprendizagem elicitados serão estudados pelos integrantes, por meio de uma busca de informações em publicações técnicas e científicas, sendo necessário coletar todos os dados julgados como importantes para uma posterior integração dos mesmos.

Numa segunda reunião se dará a exposição de todas as informações recolhidas, de forma que se tenha um momento de *brainstorming*, com diversas ideias de como resolver o problema proposto. As escolhas do projeto se darão com uma filtragem de todas as alternativas expostas, sendo que neste momento deve ser escolhido como funcionará o projeto de intervenção, de maneira geral, de acordo com as preferências dos responsáveis. A modelagem matemática e a escolha dos componentes se baseará no que foi definido na etapa de escolhas e a programação e testes será a finalização do projeto, sendo nesse momento apresentado a solução final, em funcionamento, para o problema.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE E RESUMO DO PROBLEMA

A análise do problema ocorreu na primeira reunião realizada em grupo, tendo em vista a seguinte problemática: movimentação de materiais diversos entre pavimentos de um prédio. Em indústrias/empresas instaladas em prédios este problema potencialmente pode ocorrer, sendo que são diversos os possíveis tipos de materiais a serem movimentados, e a depender de quais serão, é necessário um cuidado especial com o seu manuseio. Tendo em vista este contexto, a hipótese a ser trabalhada no desenvolvimento do projeto considera que os materiais a serem transportados não precisam de cuidados com impacto, como também não apresentam nenhum tipo de risco à contaminação.

A elaboração do produto final possui uma quantidade considerável de possibilidades, a utilização da automação é uma delas. Porém, mesmo focando a solução em projetos automáticos, ainda é possível visualizar diversos protótipos a serem desenvolvidos; tornando, assim, necessário procurar informações sobre equipamentos e meios de movimentar cargas.

4.2 OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

O objetivo geral é desenvolver um protótipo que seja capaz de solucionar a problemática apresentada sobre movimentação de materiais. Já os objetivos de aprendizagem se alinham para alcançar o objetivo geral, e foram elencados na mesma reunião de análise e resumo do problema, sendo estes: entender o funcionamento de equipamentos de transporte de materiais, conhecer os tipos de sensores que podem ser utilizados em projetos de automação.

4.3 BUSCA DE INFORMAÇÕES

A busca por informações ocorreu nas bases de pesquisa eletrônica Periódicos CAPES e Google *Scholar*, selecionando artigos e livros que pudessem agregar o conhecimento necessário para o problema. Devido a grande quantidade de informações que se encontram alocadas nestes repositórios científicos, e com a finalidade de não estender demais o tempo de procura, foram escolhidos dois tipos de equipamentos, os elevadores de carga e as escadas/esteiras rolantes. Todos os trabalhos relacionados e utilizados estão devidamente citados na introdução, referencial teórico e/ou nesta seção, assim como referenciados ao final deste trabalho.

4.4 INTEGRAÇÃO DAS INFORMAÇÕES

Informações acerca do funcionamento de elevadores foram retiradas das Normas Técnicas: NBR 5665 (cálculo de tráfego nos elevadores – procedimentos), NBR 5666 (elevadores elétricos – terminologias), NBR 14712 (elevadores de carga, monta-cargas e elevadores de maca – requisitos de segurança para projeto, fabricação e instalação). De forma semelhante para as esteiras, utilizando-se a NBR 10147 (escadas rolantes e esteiras rolantes – inspeções e ensaios de aceitação, periódicos e de rotina), NBR 16734 (escadas rolantes e esteiras rolantes – construção e instalação – requisitos de segurança).

Das informações necessárias acerca dos tipos de sensores, na literatura foram encontrados diversos tipos de sensores, sendo eles divididos em dois grandes grupos nomeados de sensores analógicos e sensores digitais (MANESIS; NIKOLAKOPOULOS, 2018; LAMB, 2015). Entre os pesquisados, podendo-se destacar os seguintes tipos: botões, chaves, temperatura, presença, contato, entre outros.

4.5 ESCOLHAS DO PROJETO

A primeira decisão foi escolher entre os dois potenciais projetos a serem executados; a esteira rolante pode realizar a função de transporte de cargas entre manuseio, entretanto necessita de um espaço físico relativamente grande para sua instalação, uma vez que liga os pavimentos por meio de um ângulo raso. Já o elevador de cargas precisa de um espaço menor, pois consegue realizar a movimentação por meio de um ângulo reto de 90°; por este motivo o projeto escolhido para ser desenvolvido foi o elevador de cargas.

A próxima decisão estava relacionada ao tipo de funcionamento do elevador, sendo que o mesmo deveria percorrer os dois pavimentos, como mencionado anteriormente. Para tanto foram discutidas duas formas de operacionalização, a primeira propõe que a cabine percorra todos os pavimentos somente na subida, parando nos pavimentos superiores por um determinado período de tempo e retornando ao térreo, sem parar em qualquer andar, ao fim deste período do último andar. A segunda alternativa é semelhante à primeira, entretanto inclui a parada no primeiro pavimento durante a descida.

Para essa decisão foi levado em consideração dois fatores, o primeiro se refere à utilidade do protótipo, sendo que este deve conseguir realizar a operação de forma eficiente; o segundo se refere à simplicidade da movimentação, desta forma é preferível uma solução viável e mais simples possível para a movimentação do protótipo. Sendo assim, a sequência de comandos selecionada para funcionamento foi à primeira.

A escolha do controlador se baseou em quesitos técnicos dos aparelhos, uma vez que comparando as finalidades dos controladores não haveria uma distinção para tomada de decisão. Analisando questões como suportabilidade ao ambiente, resistência a vibrações, facilidade em programação e números de entradas existentes, a escolha realizada foi por adotar como controlador o CLP, mais especificamente o CLP SR2B121BD. Este modelo consegue trabalhar com uma tensão de fornecimento de 24V, tendo em sua saída em corrente contínua. Possui ainda quatro entradas e quatro relés de saída, com portabilidade para utilização de programação com diagrama *ladder*, por meio do Zelio Soft 2.

4.6 ESCOLHA DOS COMPONENTES

Após algumas pesquisas realizadas, auxiliado por conhecimentos da NBR 5666, os componentes necessários para a elaboração do projeto foram listados, baseado no requisito de reutilizar alguns materiais. No Quadro 02 é possível visualizar quais os componentes foram

listados como necessários para o protótipo, suas respectivas funções no mesmo e de qual forma foram adquiridos.

Quadro 02 – 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	Variável	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	Variável	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)

4.7 MODELAGEM MATEMÁTICA

Com a operacionalização do elevador definida, nas etapas anteriores, foi possível escolher as entradas do sistema automático (botão de acionamento e sensores de contato) e roteirizar o equipamento, tendo como resultado a construção da tabela verdade, representada na Tabela 03.

Tabela 03 – Tabela verdade do elevador de cargas

Botão acionador (I1)	Sensor de contato (I2)	Sensor de contato (I3)	Subida (S1)	Parada (S2)	Descida (S3)
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

*A - Botão acionador; B e C - Sensores de Contato; S1, S2 e S3 - Saídas do sistema

Fonte: Autores (2019)

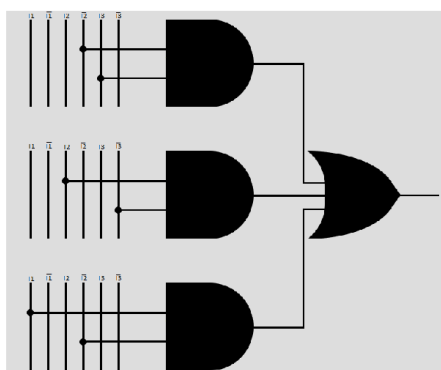
O botão de acionamento do sistema é representado na tabela verdade como a entrada I1, sendo sua função dar início ao processo de movimentação das cargas entre os pavimentos, dando início a subida da cabine; mesmo que esse seja acionado enquanto as outras entradas também estão, o sistema não responderá com a subida da cabine. Os sensores de contato são representados pelas entradas I2 e I3, o sensor I2 encontrasse localizado no segundo pavimento e o I3 encontrasse no terceiro pavimento; ambos possuem a função de parar o elevador nos pavimentos, porém a entrada C também possui como comando de saída o retorno da cabine ao térreo, tornando possível reiniciar o 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 e S3.

$$S = \bar{I1}\bar{I2}I3 + \bar{I1}I2\bar{I3} + I1\bar{I2}\bar{I3} + I1\bar{I2}I3 + I1I2\bar{I3} \quad (1)$$

Realizando uma simplificação da Equação (1), foi possível obter o mapa de Karnaugh, presente na Figura 02; como também a equação reduzida representada na Equação (2).

Figura 02 – Mapa de Karnaugh das entradas e saída lógicas



Fonte: Autores (2019)

$$S = I1\bar{I}2 + \bar{I}2I3 + I2\bar{I}3 \quad (2)$$

4.8 MONTAGEM DA ESTRUTURA

A montagem da estrutura física do protótipo foi realizada com a utilização dos itens listados no Quadro 02, sendo o objetivo desenvolver uma base de três pavimentos, para que o térreo seja o local de origem e o ponto final de todos os percursos, o segundo e terceiro pavimentos são os andares de parada temporária. Prosseguindo com a construção do protótipo, foram adicionados alguns componentes do sistema elétrico do protótipo: o trilho, o motor DC, a correia e a cabine do elevador; sendo que todos estes materiais comentados anteriormente foram reutilizados de uma impressora já obsoleta e sem uso.

Com toda a estrutura inicial montada, os sensores mecânicos foram fixados em seus devidos lugares, um para o segundo pavimento e outro para o terceiro, com a finalidade de enviar sinais para o controlador lógico programável, identificando a chegada da cabine nos lugares pré-estabelecidos. Finalizando a montagem, foram adicionados ao protótipo a liga plástica e o botão de acionamento; sendo que o primeiro é utilizado como um recurso de freio mecânico e o segundo utilizado para iniciar o trajeto entre os pavimentos. Todos os componentes de entrada e saída do sistema foram conectados 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.

4.9 PROGRAMAÇÃO E TESTES DE FUNCIONAMENTO

Foram utilizadas três entradas (i1, i2 e i3) e duas saídas (q1 e q2), juntamente com três relés auxiliares (m1, m2 e m3) e um temporizador (t1). Segue, no Quadro 04, 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 04 – Descrição dos componentes do sistema e suas respectivas localizações

Sigla	Tipo de componente	Descrição do componente	Localização
i1	Físico	Botão de acionamento	Térreo
i2		Sensor mecânico	Segundo pavimento
i3			Terceiro pavimento
q1		Motor – Subida (4V)	Térreo
q2		Motor – Descida (2V)	
m1	Virtual	Relés Auxiliares	-
m2			
m3			
t1		Temporizador	

Fonte: Autores (2019)

A lógica de programação funciona através dos relés auxiliares m1 e m2, cuja função é acionar as saídas q1 e q2. A ativação de m1 ocorre quando o sensor i1 é acionado pelo usuário do sistema, a resposta do mesmo é iniciar o processo de movimentação, subindo em direção ao próximo pavimento. Na chegada ao segundo pavimento, o sensor i2 é acionado pela cabine, que automaticamente reinicia o relé auxiliar m1, ativa o relé auxiliar m2 fazendo a cabine parar e aciona o temporizador.

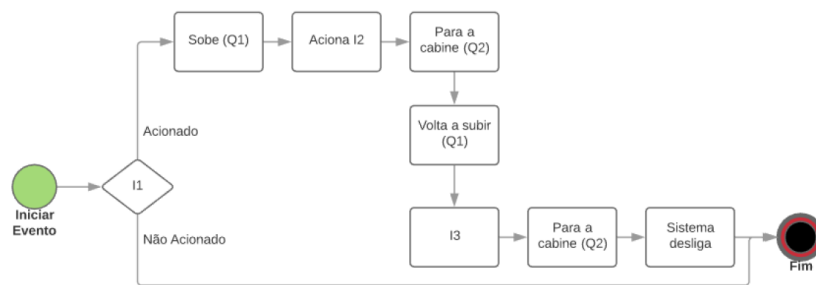
Na prática de funcionamento o sistema quando iniciado, por meio do botão de acionamento, o CLP fornece aproximadamente uma tensão de 4V para o motor do protótipo, essa tensão é suficiente para que o mesmo comece a se movimentar entre os pavimentos. Com o acionamento dos sensores localizados nos pavimentos 2 e 3 respectivamente, o CLP passa a fornecer ao sistema uma tensão de 2V, a quantidade necessária para que o motor estacione a cabine no determinado local onde se encontra.

Após o tempo de cinco segundos, estipulado para os testes realizados, o temporizador reinicia o relé auxiliar m2 e aciona novamente o relé auxiliar m1. O elevador começa

novamente a subir, acionando posteriormente o sensor i3 e, consequentemente, o relé auxiliar m3. A ativação deste relé reinicia o relé m1 e ativa o relé m2 fazendo a cabine parar, aciona o temporizador e desliga os sensores i1 e i2. Ao fim do tempo de cinco segundos, o relé m2 é reiniciado, o relé m1 não é acionado e o sistema é desligado, possibilitando o retorno ao térreo. Para reiniciar o sistema basta acionar novamente o sensor i1, que reinicia o relé m3 e possibilita um novo ciclo lógico do protótipo.

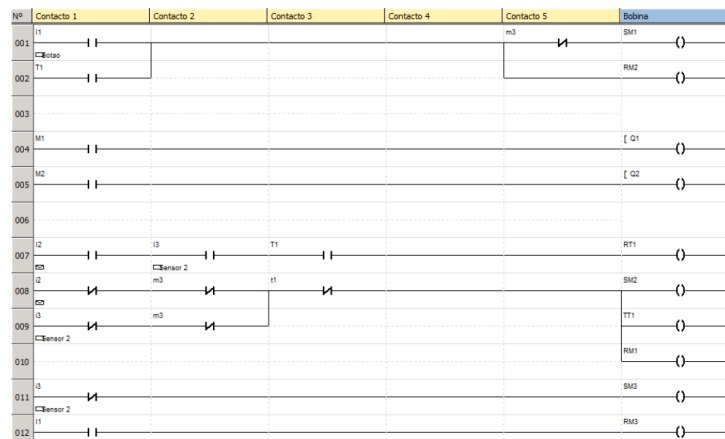
Segue as interações realizadas entre as entradas e saídas do sistema no fluxograma de funcionamento, Figura 03, e a programação em *ladder* realizada no *Zelio Soft 2* na Figura 04.

Figura 03 – Fluxograma representando a interação entre as entradas e saídas



Fonte: Autores (2019)

Figura 04 – Programação em *ladder* realizado no *Zelio Soft 2*



Fonte: Autores (2019)

4.10 DISCUSSÃO DOS PRINCIPAIS RESULTADOS

O protótipo elaborado conseguiu cumprir com os requisitos propostos inicialmente, tendo aproximadamente 66% de todo o seu material de montagem reutilizado de sucata, como anteriormente citado, foi utilizado uma impressora que serviu para reaproveitamento do carro de impressão como trilho e cabine do protótipo, sendo este um exemplo de reutilização de material inserido no protótipo.

A metodologia aplicada permitiu, aos discentes envolvidos, um aprofundamento nos assuntos pertinentes para o desenvolvimento do protótipo; como também a prática de habilidades necessárias para o trabalho em grupo.

A modelagem matemática, facilitada pela utilização da tabela verdade e mapa de Karnaugh, foi de grande relevância para compreender como seria a interação do controlador do sistema com os seus componentes, tornando a etapa de programação e teste de funcionamento mais objetiva.

Nas Figuras 05 (a) e (b) é possível visualizar como os componentes ficaram dispostos no protótipo, em diferentes perspectivas, sendo fácil discriminar a parte estrutural composta pela madeira reutilizada, o trilho e a cabine do elevador, o botão de acionamento do sistema, como também outros componentes; faltando somente conectar todos estes ao controlador lógico programável.

Figura 05 – Estrutura pré finalizada do protótipo



(a) Vista diagonal

(b) Vista frontal

Fonte: Os autores (2019)

5 CONCLUSÃO

A formação de um engenheiro de produção percorre diversas áreas do conhecimento, para que o mesmo tenha capacidade de controlar e gerenciar os processos nos quais estará diretamente envolvido na execução da sua profissão. Discutir e aplicar estratégias para o ensino e aplicação dos conhecimentos apresentados em aula é relevante para enriquecer as possibilidades da educação na engenharia.

Neste contexto, o presente trabalho buscou contribuir com o ensino e aprendizagem na engenharia, mais especificamente na engenharia de produção, por meio da aplicação da metodologia PBL. Demonstrou-se que a aplicação da metodologia, com foco no ensino e aplicação da automação, alcançou resultados satisfatórios com a construção do protótipo de um elevador de cargas, assim com uma abordagem diferente em comparação a projetos semelhantes desenvolvidos nos trabalhos de Weiss, Gasparin e Schling (2011) e Paula (2014).

As etapas iniciais do projeto, que abrange o entendimento do problema até a escolha de uma das suas potenciais soluções e seus componentes, conseguiram estruturar o conhecimento acerca da situação apresentada e coletar informações das intervenções que poderiam ser propostas pela equipe; além de tornar possível a aplicação do senso crítico sobre

Brazilian Journal of Development

as informações apresentadas e o desenvolvimento da oralidade entre os integrantes durante as reuniões; como também, uma convergência de opiniões dos integrantes, no momento da decisão.

Desta forma, com estas etapas preliminares, os responsáveis foram capazes de realizar uma das fases mais delicadas do desenvolvimento de um protótipo, a escolha do projeto; são decisões dessa natureza, ou de tantas outras, que se fazem rotineiras no exercício da profissão. O restante do procedimento metodológico focou no funcionamento e construção do protótipo, colocando em prática os conhecimentos prévios, assim como, os adquiridos pela equipe em etapas anteriores. Logo, a aplicação da metodologia permitiu trabalhar toda a parte conceitual do projeto até a sua execução, possibilitando um enriquecimento na aprendizagem dos envolvidos.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. C.; MOREIRA, F.; LIMA, R.; SOUSA, R.; DINIS-CARVALHO, J.; MESQUITA, D.; FERNANDES, S.; HATTUM-JANSSEN, N. V. Project based learning in first year, first semester of industrial engineering and management: some results. In: International Mechanical Engineering Congress and Exposition (ASME), 2012.

AQUINO FILHO, G. F.; SCHIMIGUEL, J.; AMARAL, L. H. Ambientes colaborativos para ensino de eletrônica e lógica de programação. **REnCiMa – Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 7, n. 5, p. 31-39, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5665: Cálculo de tráfego nos elevadores: Procedimentos**. Rio de Janeiro. 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5666: Elevadores elétricos: Terminologias**. Rio de Janeiro. 1977.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10147: Escadas rolantes e esteiras rolantes: Inspeções e ensaios de aceitação, periódicos e de rotina**. Rio de Janeiro. 2016.

Brazilian Journal of Development

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14712: Elevadores de carga, monta-cargas e elevadores de maca: Requisitos de segurança para projeto, fabricação e instalação.** Rio de Janeiro. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16734: Escadas rolantes e esteiras rolantes: Construção e instalação: requisitos de segurança.** Rio de Janeiro. 2019.

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

BRASIL, Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação Câmara de Educação Básica. **Resolução nº 11, de 11 de março de 2002.** Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>. Acesso em 01 de novembro de 2019.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos De Pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

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

LOUREIRO, S. M.; PEREIRA, V. L. D. V. ; PACHECO JUNIOR, W. A sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável na educação em engenharia. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n.1, p. 306-324, 2016.

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

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.

Brazilian Journal of Development

PAULA, Paulo Marcelo de. **Protótipo de elevador didático utilizando controlador programável com PIC16F877A**. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Automação Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 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

WEISS, Charles; GASPARIN, Deizi Daiane; SCHLING, Eder Perin. **Automação de um protótipo de elevador industrial didático**. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Manutenção Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2011.

3. CONCLUSÃO

A aplicação de metodologias que possibilitam novas formas para o ensino de disciplinas é, de maneira geral, muito pertinente para o campo da educação. Neste contexto, o presente trabalho buscou aplicar uma adaptação da metodologia PBL para proporcionar a um grupo de alunos envolvidos na disciplina de automação da produção uma aprendizagem dos conceitos da área por meio da aplicação dos mesmos para a resolução de um problema pré-determinado de movimentação de cargas.

As etapas iniciais da metodologia aplicada, abrangendo a primeira etapa até a escolha da potencial solução, serviram como etapas de apoio. Graças a elas foi possível reunir todo o conhecimento necessário para a resolução do problema, assim como trabalhar habilidades importantes para problemática abordadas em equipe, por exemplo: o senso crítico e a oralidade.

As demais etapas metodológicas foram responsáveis pela concepção do protótipo escolhido, desde a elaboração do seu funcionamento até a construção física do mesmo. Dessa forma foi possível trabalhar todos os conceitos que a equipe possuía acerca da automação, os prévios e os adquiridos por meio de pesquisa, tornando a aprendizagem mais rica.

Sendo assim, este trabalho mostrou que a aplicação da metodologia, com foco do ensino da automação por meio da resolução de problema, se mostrou satisfatória e se caracteriza como uma potencial abordagem a ser utilizada por professores.