

e-TEC

Revista de
Tecnologia e
Ciência

Primeira mostra de resultados "Jornadas de aprendizagem"

Editora: Faculdade da Indústria Senai Londrina

Edição V4 - ano 2020 - Londrina Paraná

Corpo Editorial

Editor Chefe - Edição V4-2020
Prof. Dr. Vicente de Lima Gongora

Comitê Executivo

Prof.^a Adriana G. Carvalho
Prof.^a Dra. Camila F. de Oliveira
Prof. Fábio R. Milanez
Prof. MSc. Renato Kazuo Myiamoto
Prof. Dr. Rodolfo A. Hildebrandt
Prof. Dr. Vicente de Lima Gongora
Prof. Wesley Candido da Silva

Editora: Faculdade de Tecnologia Senai Londrina
ISSN: 2358-5528

Direitos reservados

Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina
Rua Belém, 844 - Londrina PR.

43 - 3294-5100 - faculdade.londrina@sistemafiep.org.br

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida sem a
autorização prévia e escrita da Editora Faculdade da Indústria SENAI Londrina.

Este periódico publica nomes individuais, comerciais, marcas registradas e produtos pertencentes a diversas
companhias. O Editor utiliza-se destes nomes somente para fins editoriais e em benefício dos proprietários
dos nomes e marcas, sem intenção de atingir seus direitos.

Observa-se ainda que os dados contidos nos artigos são de responsabilidade dos próprios autores.

e-TEC

Revista de
Tecnologia e
Ciência

Sumário

Capítulo I – Primeira mostra de Resultados - Jornadas de Aprendizagem Metodologia ativa do Ensino Superior para o Desenvolvimento de hard e Softskills.....	4
Na Fig.02, também fica evidenciado a participação com grande engajamento nas atividades desenvolvidas nas jornadas de aprendizagem pelas equipes de alunos das diversas turmas	8
.....	9
Capítulo II – Automação de Um Processo de Apontamento de Produção em Uma Linha de Produção de Empacotamento de Uma Indústria.....	0
Capítulo III – Modelagem Matemática da Irradiação de Lâmpadas para Geração de Energia Fotovoltaica.....	21
Capítulo IV – Uma Proposta de Medição de Nível de combustíveis em Reservatórios Comerciais	43

Capítulo I – Primeira mostra de Resultados - Jornadas de Aprendizagem Metodologia ativa do Ensino Superior para o Desenvolvimento de hard e Softskills

Prof. Vicente de Lima Gongora¹

Prof.a. Adriana Gisele Carvalho²

Prof. Aparecido Serapião dos Santos³

Prof. Fábio Rodrigo Milanez⁴

Prof. Wesley Candido da Silva⁵

RESUMO

A disciplina Jornada de Aprendizagem objetiva proporcionar relações interdisciplinares entre os temas teóricos e práticos abordados nas demais disciplinas do período e ao longo de todo o curso do acadêmico da Faculdade da Indústria SENAI Londrina. Trata-se de um instrumento de integração entre o ensino e prática profissional na medida equilibrada em que desenvolve, de forma simultânea, as habilidades e competências exigidas em um mercado cada vez mais competitivo e tecnológico. Este trabalho tem como principal objetivo elucidar como as jornadas proporcionam contato com as demandas do mercado, contribuindo e desenvolvendo valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a valorização do meio ambiente. Os temas escolhidos para a Jornada envolvem a área de atuação do curso específico, conduzindo e complementando o perfil do egresso de uma forma diferenciada e criativa na realização do percurso acadêmico.

Palavras-chave: Jornada de Aprendizagem. Metodologia ativa. Perfil do egresso.

¹ Docente da Faculdade da Indústria SENAI Londrina. e-mail: vicente.gongora@sistemafiep.org.br.

² Docente da Faculdade da Indústria SENAI Londrina. e-mail: adriana.carvalho@sistemafiep.org.br.

³ Docente da Faculdade da Indústria SENAI Londrina e-mail: renato.miyamoto@sistemafiep.org.br

⁴ Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina. e-mail: fabio.milanez@sistemafiep.org.br

⁵ Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina. e-mail: wesley.candido@sistemafiep.org.br

1. INTRODUÇÃO

Nas Jornadas de Aprendizagem, da Faculdade da Indústria SENAI Londrina, as atividades são desenvolvidas em equipe e possuem dois objetivos principais:

- Acompanhar e avaliar os acadêmicos em todas as atividades programadas pelos docentes, em todas as disciplinas do semestre, nas atividades de estudos dirigidos e em trabalhos de iniciação científica.
- Orientar, acompanhar e avaliar o acadêmico na resolução do desafio proposto no início do período letivo, desenvolvendo as entregas estipuladas ao final do semestre, de forma que relacione os conhecimentos das demais disciplinas do período, trazendo significado para o aprendizado.

Assim sendo, a metodologia ativa “Jornadas de aprendizagem” constitui em uma forma diferenciada, criativa e eficiente da realização do percurso acadêmico quando comparada com outras metodologias tradicionais, vindo de encontro ao estabelecido para as novas diretrizes curriculares nacionais (DCN’s), para os cursos de Engenharia no Brasil. Facilitando inclusive, alcançar a missão e visão institucional que se apresenta a seguir:

Missão: Promover a formação de cidadãos e profissionais críticos e humanizados, comprometidos com a inovação e a ética para o desenvolvimento social e sustentável.

Visão: Ser referência no desenvolvimento de talentos, contribuindo para elevar a competitividade da indústria paranaense.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A estratégia Jornadas de aprendizagem tiveram início em agosto de 2020, após longos estudos do corpo docente, mais especificamente do núcleo docente estruturante (NDE) das Faculdades da Indústria do estado do Paraná, protagonizado pela Mantenedora das Faculdades da Indústria SENAI; gerenciada pela Federação das Indústrias do Estado do Paraná, que se constitui no “Sistema Fiep” da qual a Faculdade da Indústria SENAI Londrina faz parte.

Os conteúdos abordados durante os cursos permeiam as competências e habilidades necessárias para um profissional lidar com o desenvolvimento tecnológico atrelado a competitividade industrial; de modo que este profissional possa contribuir com o controle e processos industriais. Assim, além da interdisciplinaridade, da transversalidade e da extensão, o percurso acadêmico está organizado por áreas do conhecimento, nas quais as competências e habilidades convergem para o desenvolvimento das aprendizagens esperadas. Nesse sentido, as Faculdades da Indústria pautam-se nos conceitos de competências e habilidades

que, segundo Perrenoud (2008), mobiliza o conjunto de capacidades, informações e os saberes que podem solucionar uma série de desafios estipulados.

Estipulou-se então para cada curso de graduação da Faculdade da Indústria SENAI Londrina um conjunto de competências vinculadas as habilidades necessárias para cumprir o perfil profissional do determinado curso de graduação, evidenciado pelo projeto pedagógico de cada curso.

3. METODOLOGIA

A agenda da Primeira mostra de resultados da Faculdade da Indústria SENAI Londrina envolveu toda a comunidade acadêmica e teve como atividades coordenadas, pelos docentes, o que segue:

Dia 09/11 - 19h00 - Painel: Inovação e novos negócios 1ª SEPEAG Digital - Semana Paranaense de Engenharia, Agronomia e Geociências.

20h10 - Fundamentos, fronteiras e aplicações em sistemas computacionais inteligentes, especialmente em robótica – Prof. Dr. Márcio Mendonça

Link de transmissão:

https://www.youtube.com/watch?v=OhHAcps7V00&feature=youtu.be&ab_channel=SenaiLondrina

Dia 11/11- 19h10 às 20h10 - Apresentação: Jornada de Aprendizagem “Mobilidade Urbana”

Turmas: 6º Manutenção Industrial e 6º Fabricação Mecânica

Link de transmissão: <https://www.youtube.com/watch>

Dia 11/11- 20h10 - Banca de avaliação dos trabalhos apresentados – Composta pelos professores; Adriana Gisele; Antônio Carlos; Edgard Menezes; Rodolfo Hildebrandt e Vicente Gongora.

Dia 12/11 - 19h10 às 20h10

Apresentação: Jornada de Aprendizagem “Modernização de um dispositivo hidráulico”

Turma: 4º Manutenção Industrial e 3º Automação Industrial

Link de transmissão:

https://www.youtube.com/watch?v=4tHsAfKCYz0&feature=youtu.be&ab_channel=SenaiLondrina

Dia 12/11- 20h10 - Banca de avaliação dos trabalhos apresentados – Composta pelos professores; Adriana Gisele (apresentadora); Antônio Carlos; Marco Arbex; Rodolfo Hildebrandt e Vicente Gongora.

Dia 13/11 - 19h10 às 21h10 - Apresentação: Jornada de Aprendizagem “Kit solar noturno”

Turmas: 2º Automação Industrial, 2º Engenharia Mecânica, 2º Engenharia Elétrica e 4º Engenharia Elétrica. Link de transmissão:

https://www.youtube.com/watch?v=xFJN_3hrhWg&feature=youtu.be&ab_channel=SenaiLondrina

Dia 13/11- 20h10 - Banca de avaliação dos trabalhos apresentados – Composta pelos professores; Aparecido Serapião; Camila Fogaça; Adriana Gisele; Rodolfo Hildebrandt; Fabio Milanez e Vicente Gongora.

A estrutura de tópicos apresentada pelos alunos foi avaliada pelo seguinte conjunto (Objetivos, fundamentação teórica, metodologia, análise e solução do problema de pesquisa proposto).

Pontuação	Trabalhos teóricos	Trabalhos experimentais
50	Estrutura de apresentação apresenta objetivos estabelecidos, com muito potencial para melhorar na metodologia de pesquisa, resultados próprios (teóricos e/ou simulados e/ou experimentais).	Montagem iniciada, contemplando objetivos estabelecidos pela equipe.
70	Estrutura de apresentação apresenta objetivos estabelecidos, com metodologia definida e apresenta resultados parciais	Montagem iniciada, contemplando objetivos estabelecidos e metodologia definida pela equipe.

	próprios (teóricos e/ou simulados e/ou experimentais).	
85	Estrutura de apresentação apresenta objetivos estabelecidos, com metodologia definida, compara soluções de outros autores e apresenta resultados próprios (teóricos e/ou simulados e/ou experimentais).	Montagem iniciada, contemplando objetivos estabelecidos, metodologia definida pela equipe e resultados próprios (teóricos e/ou simulados e/ou experimentais).
100	Estrutura de apresentação apresenta objetivos estabelecidos, com estudo bibliográfico, metodologia definida, apresenta resultados próprios (teóricos e/ou simulados e/ou experimentais) e compara sua solução com a de outros autores.	Montagem concluída ou parcialmente concluída, contemplando objetivos estabelecidos, estudo bibliográfico, metodologia definida pela equipe e resultados próprios (teóricos e/ou simulados e/ou experimentais).
NOTA = Final		

4. OPERACIONALIZAÇÃO E RESULTADOS

Como exemplo de operacionalização, mostra-se na Fig.1, algumas fases da desafiadora jornada de projetos propostos, na Faculdade da indústria SENAI Londrina, no segundo semestre de 2020.

Fig.1 Preparativos para apresentação dos trabalhos



Fonte: Faculdade da Indústria SENAI Londrina, 2020

Na Fig.02, também fica evidenciado a participação com grande engajamento nas atividades desenvolvidas nas jornadas de aprendizagem pelas equipes de alunos das diversas turmas

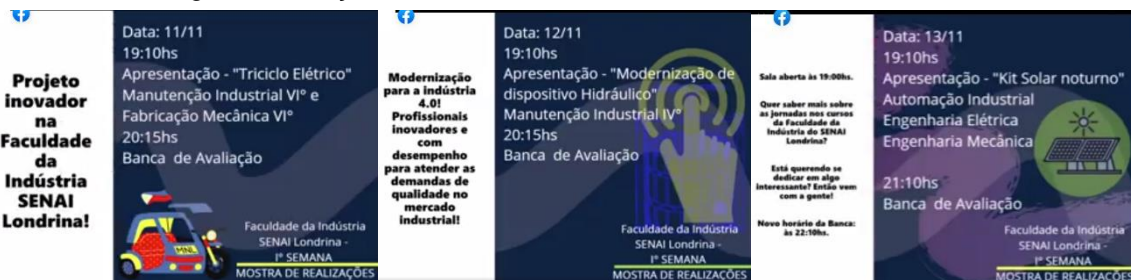
Fig.2 Engajamento motivador.



Fonte: Faculdade da Indústria SENAI Londrina, 2020.

Na Fig. 03, mostra-se uma das publicações executadas na página do Facebook da Faculdade da Indústria SENAI Londrina. Como forma de incentivar a comunidade acadêmica na divulgação das ações e metodologia de aprendizagem utilizada em nossa Instituição.

Fig. 3, Publicações no Facebook da Faculdade da Indústria SENAI Londrina.



Fonte: <https://www.facebook.com/faculdaadesenailondrina/videos/302872690700660>, 2020.

A primeira mostra de resultados, precisou ser apresentada de forma remota; mas, independente do momento de excepcionalidade ; foi um sucesso , com um excelente e participativo público, durante a transmissão do evento. Na Fig. 4 mostra-se alguns detalhes que se encontram no link: https://www.youtube.com/watch?v=xFJN_3hrhWg.

Fig. 4, Detalhes do primeiro dia da mostra de resultados, Faculdade da Indústria SENAI Londrina.



Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=xFJN_3hrhWg, 2020.

5. Discussão de resultados

Foram unânimes as positivas avaliações, após longas discussões, das equipes

de professores constituintes dos colegiados dos cursos de Tecnologia em Automação Industrial, Tecnologia em Manutenção Industrial e de Engenharias Elétrica e Engenharia Mecânica juntamente com o respectivo Núcleo docente estruturante de cada curso da Faculdade da Indústria SENAI Londrina; apesar de todas as restrições impostas pelo momento.

Buscando fazer um diagnóstico sobre a participação e o aproveitamento das aulas remotas, foi realizado um período de sensibilização on line para os acadêmicos, professores e coordenadores. Com vistas a resguardar a saúde coletiva foram tomadas várias decisões que impactaram em todas as atividades da IES. Ressalta-se que CPA da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina pautou-se em todas as bases legais nas duas decisões no cenário da Pandemia e nas diversas formas de adaptações. (CPA, 2020).

O fato de os alunos terem entregues, com ótimo desempenho os desafios, teóricos e práticos nada simples e que exigiu, grande empenho e determinação das equipes tanto na absorção, entendimento e por fim, o engajamento ao projeto; mostrou que sim, foi possível a execução deles com sucesso, mesmo neste período de exceções.

As respostas dos alunos quando perguntados sobre qual a sua avaliação sobre o seu uso de diferentes estratégias de aula remota (expositiva, pesquisa, estudo de caso, experimentos, trabalhos em grupo, desafios, apresentações para a turma, entre outros)?

Responderam conforme segue em tabela dos cursos de Tecnologia (Fonte: CPA, 2020).

<u>Opções</u>	<u>2º AI</u>	<u>3º AI</u>	<u>6º FM</u>	<u>4º MI</u>	<u>6º MI</u>
<u>A - Ruim</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>
<u>B - Fraca</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>
<u>C - Regular</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>
<u>D - Boa</u>	<u>67%</u>	<u>50%</u>	<u>33%</u>	<u>33%</u>	<u>0%</u>
<u>E - Excelente</u>	<u>33%</u>	<u>50%</u>	<u>67%</u>	<u>67%</u>	<u>100%</u>

Onde a totalidade dos que responderam classificaram de boa a excelente o próprio uso das diferentes formas de tecnologia utilizadas.

Na mesma avaliação, também responderam de forma muito positiva, quando perguntados sobre o desenvolvimento geral das atividades remotas e qual a avaliação da turma:

<u>-Opções</u>	<u>2º AI</u>	<u>3º AI</u>	<u>6º FM</u>	<u>4º MI</u>	<u>6º MI</u>
<u>-A - Ruim</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>
<u>-B - Fraca</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>
<u>-C - Regular</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>67%</u>	<u>0%</u>
<u>-D - Boa</u>	<u>100%</u>	<u>100%</u>	<u>33%</u>	<u>33%</u>	<u>0%</u>
<u>-E - Excelente</u>	<u>0%</u>	<u>0%</u>	<u>67%</u>	<u>0%</u>	<u>100%</u>

Apenas uma das turmas pontuou, como sendo de regular a bom o desenvolvimento de atividades remotas. O que motivou professores a se aterem ao fato; uma das soluções foi implementar uma maior atenção à turma, o que foi prontamente atendido pelos professores do período, culminando em uma boa performance desta turma na apresentação do dispositivo hidráulico que foi implementado sob a orientação principal do prof. Antônio Carlos Rodrigues e apoiado pelos demais professores.

Capítulo II – Automação de Um Processo de Apontamento de Produção em Uma Linha de Produção de Empacotamento de Uma Indústria

André Luis Coudeiro⁶

Prof. MS.c. Renato Kazuo Miyamoto⁷

Prof. Fábio Rodrigo Milanez⁸

Prof. Wesley Candido da Silva⁹

RESUMO

Com um mercado cada vez mais exigente, para sobreviver, é imprescindível que as empresas possam se tornar cada vez mais eficientes e rentáveis. O presente trabalho apresenta uma solução de coleta de dados industriais, através do uso da automação industrial em uma indústria de alimentos. Para isto foram implementados sensores de barreira com o objetivo de apontar a produção e determinar com exatidão o desperdício de embalagem e matéria prima. A coleta desses dados permite gravar o histórico da produção e gerar estatísticas, que são usadas pelos gestores da empresa para acompanhamento da produção. Deste modo, torna-se possível encontrar desperdícios com maior facilidade e rapidez, e assim eliminá-los por meio do emprego destas informações para tomada de decisões estratégicas. Com isto há uma redução dos custos de produção atendendo as exigências do mercado.

Palavras-chave: Sensor, processos, automação, produção, custos, redução.

AUTOMATION OF A PRODUCTION POINTING PROCESS IN A PACKAGING LINE OF AN INDUSTRY

ABSTRACT

With an increasingly demanding market to survive, it is imperative that companies become more efficient and profitable. The present work presents a solution of industrial data collection, using industrial automation in a food industry. To this end, barrier sensors were implemented with the aim of pinpointing production and accurately determining the waste of packaging and

⁶ Pós-graduado em Engenharia de Automação Industrial. e-mail: andre@slpart.com.br.

⁷ Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina. e-mail: renato.miyamoto@sistemafiep.org.br

⁸ Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina. e-mail: fabio.milanez@sistemafiep.org.br

⁹ Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina. e-mail: wesley.candido@sistemafiep.org.br

raw material. Collecting these data allows you to record production history and generate statistics, which are used by company managers to monitor production. In this way, it becomes possible to find wastes more easily and quickly, and thus eliminate them using this information for strategic decision making. With this there is a reduction of the costs of production meeting the requirements of the market.

Keywords: Sensor, processes, automation, production, costs, reduction.

1. INTRODUÇÃO

As empresas buscam melhores níveis de produção para adquirir maior competitividade no mercado. A identificação dos desperdícios e a sua eliminação pode ser uma estratégia que propicia para a empresa um menor custo e conseqüentemente ganhos competitivos. Para isso é necessário entender completamente seus processos produtivos tornando assim possível realizar a sua racionalização (CERYNO, POSSAMAI, 2008).

De acordo com Amorim e Rocha (2012), as empresas devem dedicar-se ao aprimoramento de processos, que podem resultar em melhorias que contribuem com a sua permanência no mercado. O aprimoramento de processos também é um dos fatores que implicam nos lucros da empresa, pois auxilia em uma redução dos desperdícios ao longo do processo ou no produto final.

Em um processo de empacotamento de cereais de inverno, há uma linha de produção composta pela i) empacotadora: responsável por inserir o produto produzido no saco de 250gr;

ii) encartuchadora, responsável por colocar o saco de 250gr com produto dentro da caixa;

iii) impressora de data de validade, responsável por imprimir o prazo de validade dos produtos na caixa, iv) balança dinâmica (*checkweigher*): responsável por pesar as caixas, as caixas que estiverem fora do peso estipulado no setup da máquina são desviados para serem embalados novamente e v) detector de metal, verifica cada uma das caixas que passam pela esteira, se for detectado material metálico a caixa é descartada.

O processo de fabricação é automatizado, não tendo a necessidade de contato do operador para ser realizado. Porém, durante o processo de fabricação, o operador necessita realizar apontamento da produção, ou seja, informar o que foi produzido por hora e o que foi

rejeitado pela balança dinâmica e detector de metais. Atualmente este processo é manual, moroso e muitas vezes falho, pois necessita da interação humana para tal coleta.

O presente trabalho apresenta uma solução para otimização desse processo, que ocorre em uma indústria de alimentos, verificando a possibilidade da utilização de sensores e PLC's (*Programmable Logic Computers*) para identificar a passagem do produto, contribuindo para uma maior confiabilidade dos dados e a eliminação da necessidade de interação por parte do operador no processo.

Para a implementação deste trabalho, foram utilizados 3 sensores capacitivos para realizar a contagem dos cartuchos que passarem pelos três pontos de coleta que são: descarte na checagem do peso, descarte no detector de metais e apontamento da quantidade de cartuchos produzidos. Esses dados serão transmitidos para um PLC que será conectado a uma rede Ethernet. Os dados serão gravados em uma base de dados que ficará disponível para relatórios futuros.

Deste modo, busca-se uma contribuição em pesquisas na área de automação industrial, de modo a aplicar conceitos de automação em um sistema para realizar a contagem de cartuchos com maior precisão e menor tempo, reduzindo custos, erros humanos de leitura e proporcionando uma otimização no processo produtivo fabril. Assim, para a realização deste projeto foram utilizados conceitos de processo e qualidade visando a otimização em linhas de produção. Tais aspectos serão abordados a seguir.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Progresso da indústria

A Revolução industrial foi o movimento que deu origem à automação industrial e às demais áreas tecnológicas, se caracterizando como um dos mais importantes acontecimentos da história. Teve início no século XVIII, na Inglaterra, com a mecanização dos sistemas de produção (NETTO; TAVARES, 2006).

A burguesia industrial, ávida por maiores lucros, menores custos e produção acelerada, buscou alternativas para melhorar a produção de mercadorias. Aliado a este fato, o crescimento populacional gerou maior demanda de produtos e mercadorias (NETTO; TAVARES, 2006).

O século XVIII foi marcado pelo grande salto tecnológico nos transportes e máquinas. As máquinas a vapor, principalmente os gigantes teares, revolucionaram o modo de produzir. Se por um lado a máquina substituiu o homem, gerando milhares de desempregados, por outro baixou o preço de mercadorias e acelerou o ritmo de produção. Na área de transportes, podemos destacar a invenção das locomotivas (Stephenson/1814) e os barcos a vapor (Robert Fulton/1807).

Não estamos mais a caminho de uma sociedade voltada ao conhecimento, pois já estamos nela de fato. Não há dúvida de que todas essas mudanças tecnológicas desenvolveram novas formas de trabalho, e que trouxeram novas exigências de qualificação e perfil do trabalhador.

Para Kaplan & Norton (1997, p. 4)

[...] Agora, os funcionários devem agregar valor pelo que sabem, e pelas informações que podem fornecer. Investir, gerenciar e explorar o conhecimento de cada funcionário passou a ser fator crítico de sucesso para as empresas na era da informação.

2.1.1. Expansão da Produção

De acordo com Chivenato (2003), Henry Ford foi um dos grandes percursores da nova escola de administração científica. Foi ele quem gerou a maior inovação nos sistemas produtivos: a produção em massa, que necessita de 3 aspectos para ocorrer: i) a evolução do produto na linha de produção é planejada, organizada e contínua; ii) o trabalhador recebe o trabalho, não tendo a necessidade de ter que ir buscá-lo e iii) as operações são estudadas em seus elementos constituintes.

Os métodos desenvolvidos por Ford levaram à redução dos custos e um aumento da qualidade dos produtos. O novo sistema de produção em massa proposto por Ford, em que as máquinas realizavam somente um tipo de tarefa por vez, fez também com que os tempos de preparação diminuíssem drasticamente gerando bons resultados para as empresas (SOUZA, 2010).

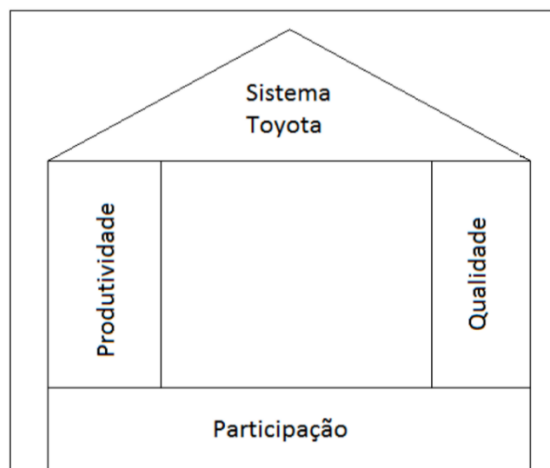
2.1.2. Sistema Toyota de Produção

Segundo Moreira (2011) o Sistema Toyota de Produção é considerado uma invenção de Taiichi Ohno. No ano de 1973 os custos de produção para empresas japonesas que competiam no cenário internacional, aumentaram radicalmente devido a crise do petróleo. Conforme afirma Gomes (2001), dentro deste cenário surgiu o Sistema Toyota de Produção que buscava adequar-se às novas regras impostas pelo mercado mundial, em conjunto com a redução dos custos e uma produção flexível.

De acordo com Ohno (1997), tanto o Sistema Toyota como sistema Ford é fundamentado em fluxo de trabalho. Tem-se, entretanto, como principal diferença o fato de o sistema Ford realizar o armazenamento de peças, enquanto o sistema Toyota busca reduzir ao máximo seus estoques, priorizando a melhoria dos seus processos.

Para Maximiano (2011), a eliminação de desperdício e a fabricação com alta qualidade são os conceitos mais importantes do Sistema Toyota. É necessário que exista o envolvimento de todos os funcionários para que esses conceitos venham a funcionar da maneira mais correta possível, devido a base para sustentação do sistema Toyota ser uma administração participativa. A Figura 1 ilustra uma proposta gráfica adaptada de Maximiano (2011) para o Sistema Ford.

Figura 1: Elementos do Sistema Toyota de Produção.



Fonte: Adaptado de Maximiano (2011).

O Sistema Toyota busca diferenciar-se do modelo de Ford reduzindo os desperdícios de recursos que nele se encontravam, sendo eles: materiais, espaço, tempo e esforço humano (MAXIMINIANO, 2011).

Segundo Lutosa *et al.* (2008), são identificados dentro do Sistema Toyota de Produção, sete tipos de desperdícios que devem ser controlados, conforme observados no Quadro 1.

Quadro 1: Os sete tipos de desperdícios

Tipos	Definição
Superprodução	Consiste em produzir além do que se necessita ou muito cedo.
Espera	O tempo que máquinas e/ou pessoas ficam paradas.
Transporte excessivo	Caracterizado pelo desperdício gerado pela movimentação de peças, componentes, matéria-prima ou produtos acabados dentro da fábrica ou entre fábricas.
Processos inadequados	São os procedimentos que devem ser feitos ao longo do processo, e que poderiam ser mudados para simplificá-lo.
Estoque desnecessário	Deve ser eliminado, porém para que isso seja feito deve se identificar suas causas.
Movimentação desnecessária	É a movimentação dos operadores quando não estão em atividades que agregam valor para o produto, ou seja, atividades em que a matéria-prima não está sendo transformada em produto acabado.
Produtos defeituosos	Caracterizados por produtos com baixa qualidade.

Fonte: Adaptado de Lutosa *et al.* (2008).

De acordo com Gomes (2001), o sistema Toyota de Produção é utilizado para melhorar os sistemas de produção de uma empresa, não sendo capaz de solucionar todos os problemas que nela são encontrados.

2.2. Processos

Os processos em uma organização são muito importantes, pois são eles que produzem o produto ou serviço que vai ao cliente, e a partir destes as empresas criam diferenciais competitivos. Os processos demonstram como a organização funciona, e criam valor na perspectiva do cliente.

De acordo com Davenport (1994) e Moura *et al* (2014), o processo nada mais é que uma estrutura bem definida para produção de bens ou serviços, ou seja, possui início, meio e fim, possuindo entradas de insumos e saídas de produto manufaturado.

Segundo Martins e Laugeni (2002), processo pode ser determinado como o caminho percorrido por um material desde a sua chegada na organização até sua transformação e saída da organização para o cliente.

2.2.1. Mapeamento de processos

Para Scucuglia (2007), o mapeamento de processos é uma atividade que objetiva demonstrar fielmente como ocorrem as operações internas, de tal modo a informar quais seus pontos fortes, onde ocorrem as não conformidades, como é o fluxo de informações entre diferentes processos e principalmente detalhar quais são de fato as entregas que cada cliente interno deve realizar no objetivo de construir um produto.

Para Paladini *et al* (2012), o mapeamento de processos é uma atividade muito importante pois permite a organização conhecer de forma detalhada todas as operações realizadas para a produção de determinados produtos e serviços. O mapeamento de processos possibilita a descoberta de possíveis falhas e quais suas fontes originadoras, propiciando assim a busca por ações de contenção ou eliminação de falhas.

Mapear processos significa entender como está sendo desenvolvido o fluxo de atividades fins para a realização de determinado produto, de tal forma a perceber se há ou não oportunidades de melhorias bem como eliminação de falhas através do redesenho de processo; ou até mesmo redução de processos que não estão agregando valor.

2.2.2. Análise de processo

Segundo Corrêa e Corrêa (2012), a análise de processos é uma ferramenta para avaliar as operações de forma ampla, cada sequência de atividades pode ser verificada, desde os recursos de entrada até saídas com objetivo de definir ou melhorar o processo.

Após o mapeamento de processos é necessário analisar as informações coletadas, diante disso é fundamental a realização de uma boa dos processos, sendo a partir desse momento possível detectar atividades que poderão ser melhoradas, para tanto é imprescindível a construção de planos de ação, acompanhamento e controle de processos.

2.2.3. Controle de processo

Para Davis, Aquilano e Chase (2001), o controle de processos relaciona-se ao monitoramento da qualidade durante a fabricação do produto ou realização do serviço, tendo

como objetivo informar se os processos estão atendendo as especificações do projeto ou sinalizar variações que poderão resultar em produtos fora de níveis de qualidade exigidos pelos clientes.

Controlar processos significa afirmar que cada atividade será executada em conformidade ao desenho inicial do processo ou assegurar a realização em acordo as necessidades de melhorias diagnosticadas frente ao mapeamento e análise de processos efetuados anteriormente, garantindo a qualidade dos produtos ou serviços.

2.2.4. Tipos de processos

Segundo Maximiano (2004), existem 3 tipos principais de processos: produção em massa, produção por processo contínuo e produção unitária em pequenos lotes.

A produção em massa é a produção de grandes quantidades de bens ou serviços idênticos, como por exemplo parafusos, refeições rápidas e automóveis. A produção por processos contínuos funciona como equipamentos que operam de forma ininterrupta. Já a produção unitária em pequenos lotes diz respeito a produção realizada sob encomenda independente de sua complexidade.

2.2.5. Qualidade

Para (HOROVITZ, 1993, p. 21), a qualidade é

[...] o nível de excelência que a empresa escolhe alcançar para satisfazer à sua clientela-alvo. É ao mesmo tempo, a medida com que ela se conforma e esse nível.”

Segundo Crosby (1999), assegurar a qualidade é induzir as pessoas a fazer tudo aquilo que devem fazer desde o nível estratégico até o nível operacional da organização.

A qualidade dos produtos e serviços não é definida ou determinada pelas empresas produtoras, ela é determinada pelos clientes. A qualidade de um produto ou serviço é a percepção do cliente do grau que o produto ou serviço atende a suas expectativas (GAITHER, FRAZIER, 2002, p. 489)

De acordo com Martins e Laugeni (2002), em 1970, junto com o renascimento da indústria japonesa, o termo qualidade surgiu de maneira bem intensa, tornando-se uma arma para a vantagem competitiva. Em 1980 os fabricantes de veículos japoneses se tornaram extremamente competitivos no mercado, antes vistos com pouco caso pelos fabricantes americanos.

“O primeiro passo é considerar a qualidade como um conjunto de atributos ou elementos que compõem o produto ou serviço.” (PALADI, 2009, p. 30)

Para Slack et. al (2009) e Veiga e Braga (2014) a qualidade diz respeito a entrega do produto ao cliente atendendo suas expectativas. Assim, oferecer um produto ou serviço com qualidade demonstra a preocupação e o comprometimento da organização com seus clientes, buscando que a satisfação dos consumidores vá além de sua expectativa inicial.

E para garantia a qualidade dos seus produtos a empresa implementou uma série de medias automatizadas, demonstradas no tópico Metodologia.

3. METODOLOGIA

Para a realização desse trabalho, foram feitos levantamentos de dados por meio de entrevistas com gestores da área de produção e coordenação de desempenho e produtividade. Nessa entrevista foi solicitado problemas reais na linha de empacotamento, e que poderiam ser solucionados através da automação onde a coleta e o armazenamento de dados para pesquisas futuras fossem fundamentais.

No levantamento de dados foi identificado os seguintes apontamentos: a contagem dos produtos que passaram pelo detector de metal e que foram considerados produtos livres de corpo metálico; a contagem dos cartuchos que estavam com o peso fora dos padrões estabelecidos e a contagem dos cartuchos que estavam em perfeitas condições e poderiam ser considerados produção.

Assim, todos esses apontamentos eram feitos manualmente, acarretando um processo de apontamento lento e impreciso, uma vez que o operador pode errar na contagem e no preenchimento da ficha de apontamento de produção aliado ao fato de possíveis problemas de interpretação. Os problemas de interpretação acarretam retrabalho, uma vez

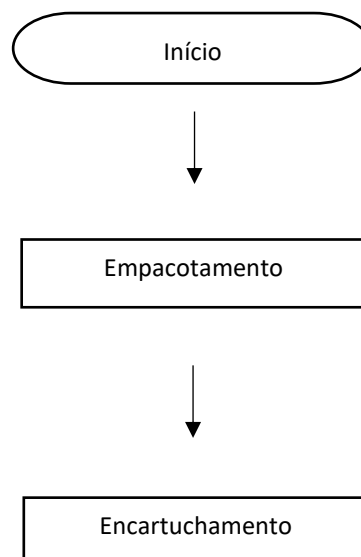
que o colaborador precisa conferir as informações do formulário que foi preenchido por outro colaborador no turno anterior.

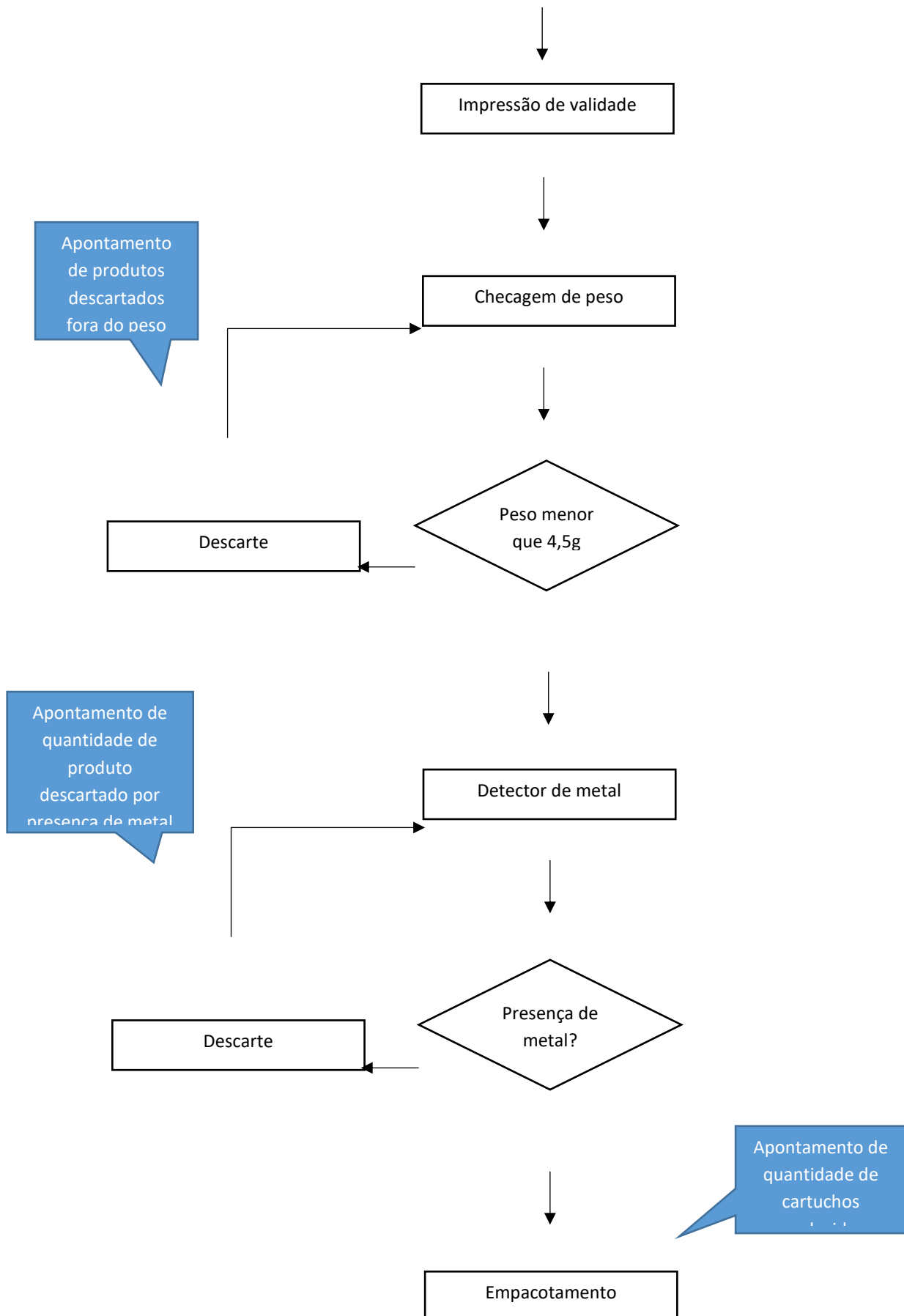
Havia também uma necessidade de melhorar os apontamentos de produção e da contagem das perdas por parte do departamento de desempenho e produtividade. Esse departamento realiza as estatísticas de produção, apura as perdas e aponta onde estão as falhas no processo quando as perdas ultrapassam valores aceitáveis. A automação desse processo resulta em rapidez e confiabilidade no apontamento da produção.

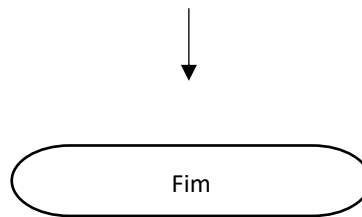
O processo de empacotamento inicia quando o produto a granel chega na máquina de empacotamento. Nesse momento a máquina enche um saquinho de 250 gramas com o produto. Nesta fase o produto já passou por um detector de metais colocado na linha de produção cuja função é identificar metais que possam ter sido inseridos nos pontos de coletas de amostras na linha de produção como ilustra a Figura 2.

Em seguida, os saquinhos passam pela encartuchadeira que tem a função de colocar o saquinho com o produto dentro de uma caixinha de papelão também chamada de cartucho. Como essa máquina sofre constantes manutenções, e durante essas manutenções pode ocorrer a queda acidental de pequenas peças, parafusos e demais objetos metálicos, a empresa optou por implementar um segundo detector de metais no final da linha, garantindo que todos os cartuchos que passassem para a área de embalagem nas caixas master, estivessem livres de corpos metálicos.

Figura 2 – Fluxo do processo produtivo da SL Alimentos







Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Depois que o produto é colocado no cartucho, ele passa por uma balança. Se o peso do cartucho estiver fora dos parâmetros estabelecidos, um braço pneumático separa esse produto para reembalagem. Neste ponto, a contagem dos produtos descartados foi automatizada através da implementação de um sensor fotoelétrico que detecta a presença do cartucho e aciona um contador. Sua função será contar todas as caixas que forem descartadas por estarem com peso errado. O contador do sensor está conectado ao PLC que por sua vez envia as informações de contagem para um sistema supervisor.

Os cartuchos que estiverem com o peso correto, passarão pelo detector de metais. Neste ponto, foi implementado 2 sensores fotoelétricos: um sensor tem a função de contar quantos cartuchos foram descartados por causa da presença de metais; o outro sensor identifica a quantidade de cartuchos que estão prontos para serem embalados na caixa master. O resultado dessa contagem é a quantidade total produzida.

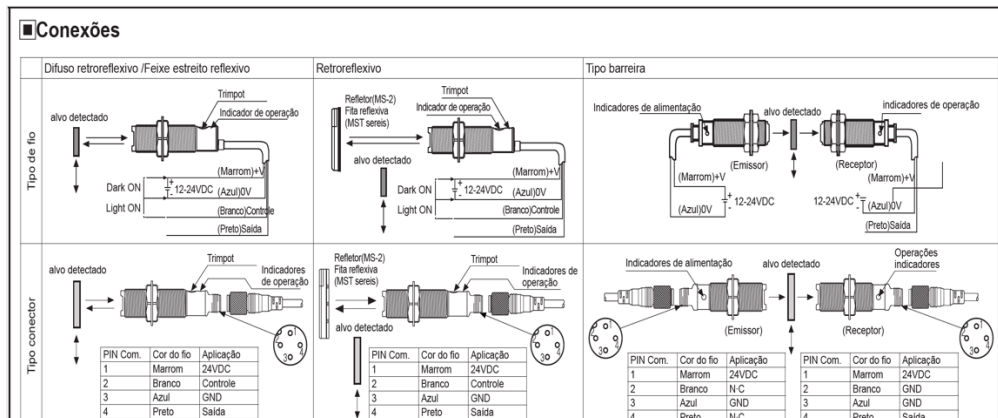
O sensor utilizado neste trabalho foi o sensor fotoelétrico modelo BR20m-TDTL-P, do tipo barreira. O referido sensor detecta objetos a uma distância de até 20 metros, com uma velocidade de resposta de 1ms, também possui maior resistência a ruídos com processamento de sinal digital e proteção contra curto-circuito na saída e inversão de polaridade. Este sensor está representado na Figura 3 e a Figura 4 apresenta as características do sensor BR20M TDTL-P.

Figura 3 – Sensor Fotoelétrico BR20M TDTL-P – tipo barreira



Fonte: Smartec Automação (2017).

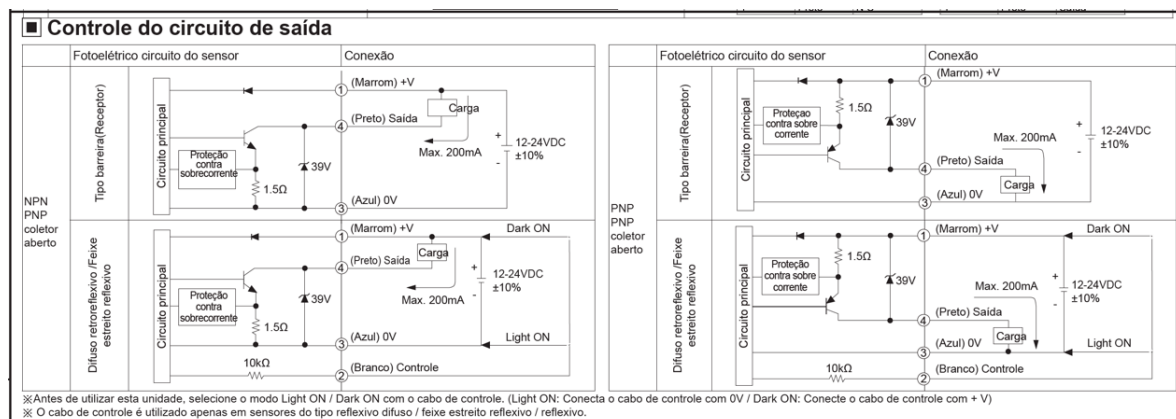
Figura 4 – Características do sensor BR20M TDTL-P



Fonte: Smartec Automação (2017).

A Figura 5 representa o projeto elétrico do sensor.

Figura 5 – Projeto elétrico do sensor BR20M TDTL-P



Fonte: Smartec Automação (2017).

Os objetivos esperados foram alcançados, e serão descritos no tópico 4 apresentação e discussão dos resultados.

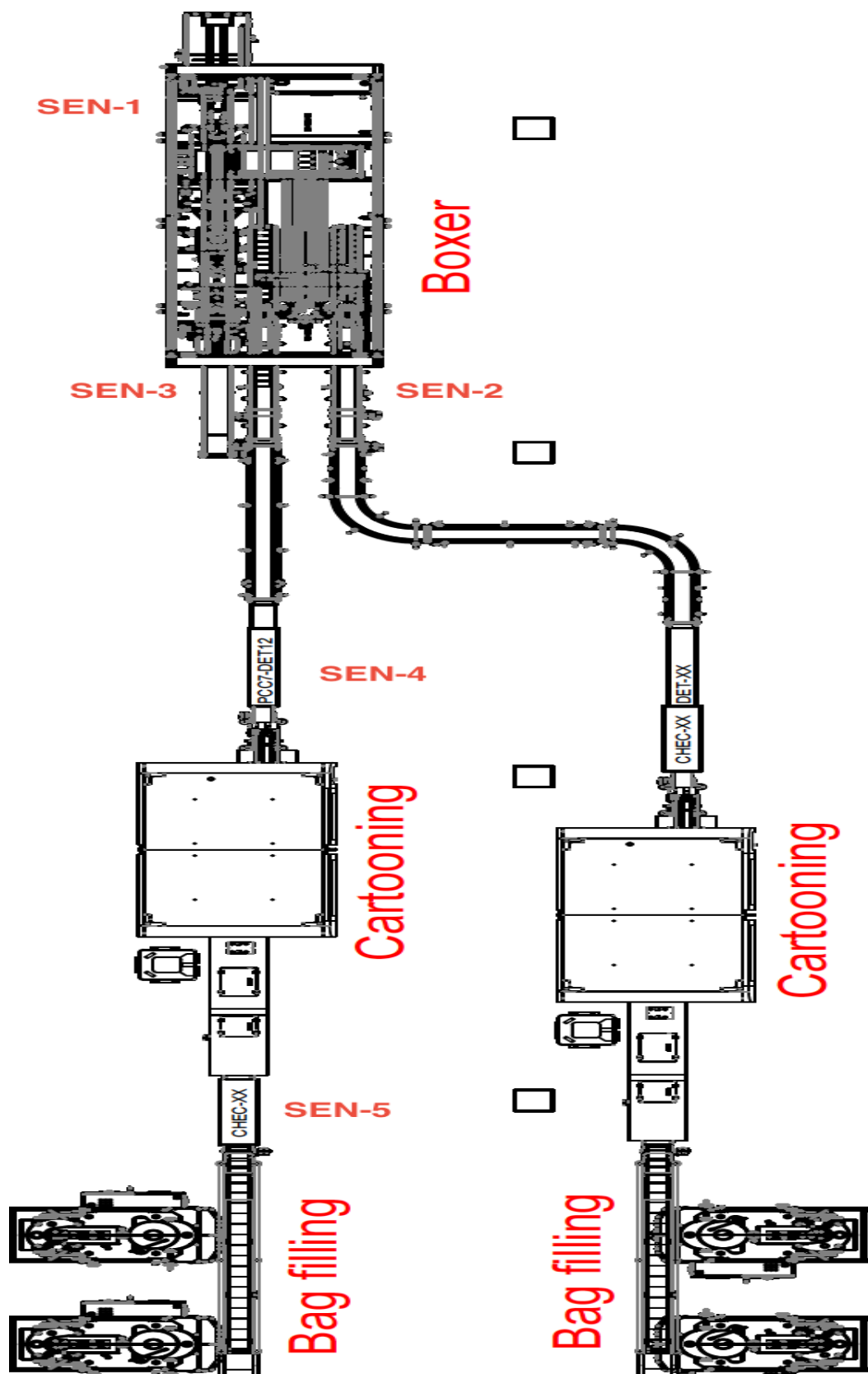
4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A empresa que se realizou o estudo produz produtos integrais a base de aveia. A definição de qual processo e qual linha seriam automatizados, foram definidas a partir de informações coletadas por meio de entrevistas com os gestores.

Após a análise do processo produtivo, compreendeu-se que no processo de empacotamento, na linha 3 – Raumak, estavam as melhores oportunidades, visto que os apontamentos feitos até o momento eram feitos de forma manual. Com base no histórico dos dados coletados serão gerados relatórios estatísticos para a análise dos gestores.

A Figura 6 apresenta o *layout* da linha 3 e 4, e demonstra a posição dos sensores utilizados na coleta. Na sequência, a Figura 7 apresenta o resultado da coleta dos sensores SEN-1. Este sensor registra a quantidade de cartuchos produzidos na Linha 3, o SEN-2 registra a produção dos cartuchos produzidos na linha 4 e SEM-3, que registra a quantidade de caixas com 28 cartuchos produzidos.

Figura 6: Layout da Linha de Empacotamento



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

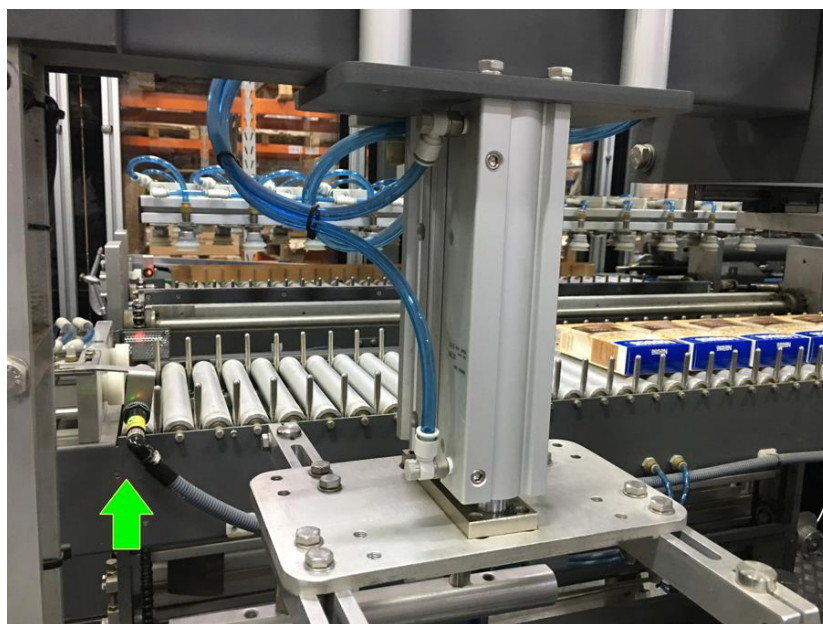
Figura 7: Tabela de banco de dados de Produção

	id	EquipmentId	name	Alias	DbCheck	processId	name	Shift	ItemCode	value	Createdate
1	2	18	SEN-1	RAUMAK L3	0	5	Empacotamento	1	FF1048	12.000000	2019-03-20 13:19:38.467
2	3	18	SEN-1	RAUMAK L3	0	5	Empacotamento	1	FF1048	12.000000	2019-03-20 13:20:34.773
3	7	20	SEN-3	BOX RAUMAK (L3+L4)	1	5	Empacotamento	1	FF1048	28.000000	2019-03-20 13:37:26.827
4	8	19	SEN-2	RAUMAK L4	0	5	Empacotamento	1	FL5037	12.000000	2019-03-20 13:38:43.013
5	9	19	SEN-2	RAUMAK L4	0	5	Empacotamento	1	FL5037	12.000000	2019-03-20 13:38:44.117
6	10	20	SEN-3	BOX RAUMAK (L3+L4)	1	5	Empacotamento	1	FL5037	28.000000	2019-03-20 13:39:05.580
7	11	18	SEN-1	RAUMAK L3	0	5	Empacotamento	1	FL6531	12.000000	2019-03-20 15:11:16.257
8	12	18	SEN-1	RAUMAK L3	0	5	Empacotamento	1	FL6531	12.000000	2019-03-20 15:11:17.467
9	13	20	SEN-3	BOX RAUMAK (L3+L4)	1	5	Empacotamento	1	FL6531	28.000000	2019-03-20 15:11:36.900
10	14	19	SEN-2	RAUMAK L4	0	5	Empacotamento	1	FL5037	12.000000	2019-03-20 15:18:11.373
11	15	19	SEN-2	RAUMAK L4	0	5	Empacotamento	1	FL5037	12.000000	2019-03-20 15:18:12.743
12	16	20	SEN-3	BOX RAUMAK (L3+L4)	1	5	Empacotamento	1	FL5037	28.000000	2019-03-20 15:18:35.600
13	17	20	SEN-3	BOX RAUMAK (L3+L4)	1	5	Empacotamento	1	FL5037	28.000000	2019-03-20 15:19:47.057
14	18	19	SEN-2	RAUMAK L4	0	5	Empacotamento	1	FL5037	12.000000	2019-03-20 15:20:02.653
15	19	19	SEN-2	RAUMAK L4	0	5	Empacotamento	1	FL5037	12.000000	2019-03-20 15:20:03.327
16	20	18	SEN-1	RAUMAK L3	0	5	Empacotamento	1	FL6531	12.000000	2019-03-20 15:20:24.880
17	21	18	SEN-1	RAUMAK L3	0	5	Empacotamento	1	FL6531	12.000000	2019-03-20 15:20:25.640
18	22	20	SEN-3	BOX RAUMAK (L3+L4)	1	5	Empacotamento	1	FL6531	28.000000	2019-03-20 15:20:39.403
19	23	20	SEN-3	BOX RAUMAK (L3+L4)	1	5	Empacotamento	1	FL6531	28.000000	2019-03-20 15:20:48.493
20	24	18	SEN-1	RAUMAK L3	0	5	Empacotamento	1	FL6531	12.000000	2019-03-20 15:21:05.747
21	25	18	SEN-1	RAUMAK L3	0	5	Empacotamento	1	FL6531	12.000000	2019-03-20 15:21:06.233
22	26	18	SEN-1	RAUMAK L3	0	5	Empacotamento	1	FF1048	12.000000	2019-03-20 15:21:26.090
23	27	18	SEN-1	RAUMAK L3	0	5	Empacotamento	1	FF1048	12.000000	2019-03-20 15:21:26.673
24	28	20	SEN-3	BOX RAUMAK (L3+L4)	1	5	Empacotamento	1	FF1048	28.000000	2019-03-20 15:21:39.937
25	29	20	SEN-3	BOX RAUMAK (L3+L4)	1	5	Empacotamento	1	FF1048	28.000000	2019-03-20 15:21:42.547
26	30	18	SEN-1	RAUMAK L3	0	5	Empacotamento	1	FF1048	12.000000	2019-03-20 15:21:55.363
27	31	18	SEN-1	RAUMAK L3	0	5	Empacotamento	1	FF1048	12.000000	2019-03-20 15:21:55.847

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Para cada acionamento do sensor SEN-1 na Boxer Raumak, são contados 12 cartuchos, como ilustra a Figura 8.

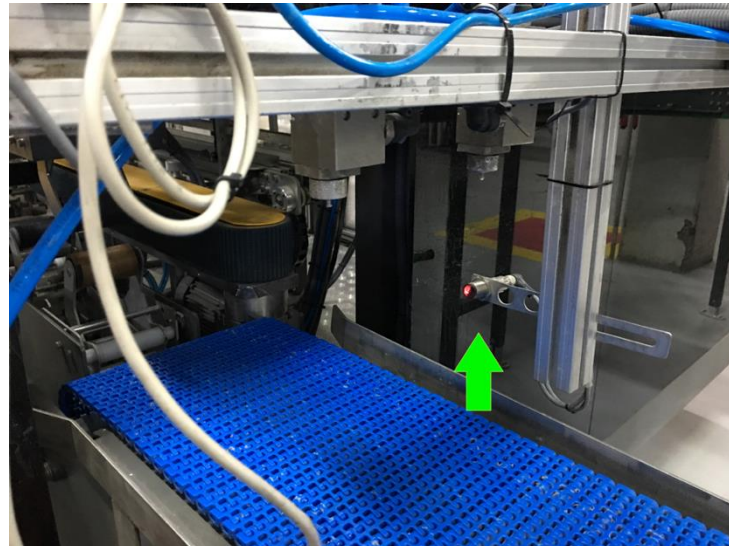
Figura 8: Boxer Raumak - sensor SEN-1



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Para cada acionamento do sensor SEN-3 na Boxer Raumak, são contados uma caixa com 28 cartuchos, como ilustra a Figura 9.

Figura 9: Boxer Raumak - sensor SEM-3



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

A Figura 10 apresenta o resultado da coleta do sensor SEN-4. Esse sensor registra a quantidade de cartuchos descartados por presença de material metálico. O sensor SEM-5 registra a quantidade de cartuchos que foram descartados por peso errado.

Figura 10: Tabela de banco de dados de perdas

	Id	EquipmentId	Sensor	Alias	DbCheck	processId	name	Shift	itemCode	value	Createdate
1	52	21	SEN-4	Detector de Metal - RAUMAK - L3+L4	0	5	Empacotamento	1	FL6531	1.000000	2019-03-21 16:58:13.950
2	53	21	SEN-4	Detector de Metal - RAUMAK - L3+L4	0	5	Empacotamento	1	FL6531	1.000000	2019-03-21 16:58:14.843
3	54	21	SEN-4	Detector de Metal - RAUMAK - L3+L4	0	5	Empacotamento	1	FF1048	1.000000	2019-03-21 16:58:28.033
4	55	21	SEN-4	Detector de Metal - RAUMAK - L3+L4	0	5	Empacotamento	1	FF1048	1.000000	2019-03-21 16:58:28.593
5	56	22	SEN-5	CheckWeigher - RAUMAK L3+L4	0	5	Empacotamento	1	FF1048	1.000000	2019-03-21 16:58:50.483
6	57	22	SEN-5	CheckWeigher - RAUMAK L3+L4	0	5	Empacotamento	1	FF1048	1.000000	2019-03-21 16:58:50.890
7	58	22	SEN-5	CheckWeigher - RAUMAK L3+L4	0	5	Empacotamento	1	FF1048	1.000000	2019-03-21 16:58:51.410
8	59	22	SEN-5	CheckWeigher - RAUMAK L3+L4	0	5	Empacotamento	1	FF1048	1.000000	2019-03-21 16:58:51.790
9	60	22	SEN-5	CheckWeigher - RAUMAK L3+L4	0	5	Empacotamento	1	FF1048	1.000000	2019-03-21 16:58:52.370
10	61	22	SEN-5	CheckWeigher - RAUMAK L3+L4	0	5	Empacotamento	1	FL6531	1.000000	2019-03-21 16:59:04.570
11	62	22	SEN-5	CheckWeigher - RAUMAK L3+L4	0	5	Empacotamento	1	FL6531	1.000000	2019-03-21 16:59:04.977
12	63	22	SEN-5	CheckWeigher - RAUMAK L3+L4	0	5	Empacotamento	1	FL6531	1.000000	2019-03-21 16:59:05.347

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Quando o sensor SEN-4 é acionado, uma válvula pneumática também é acionada, liberando um jato de ar que desloca o cartucho para a caixa de descarte, como mostra a Figura 11.

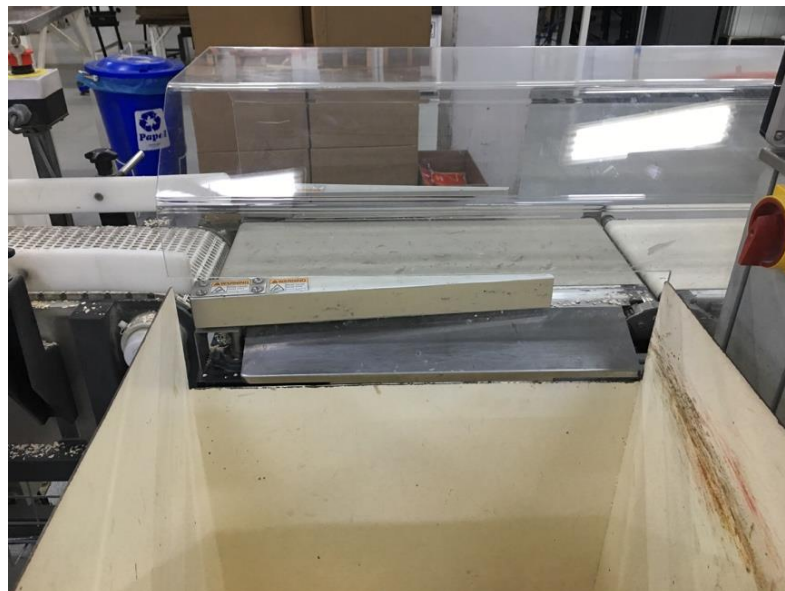
Figura 11: Foto Descarte por presença de metal



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Quando o sensor SEN-5 é acionado por detectar peso errado do cartucho, o braço separador desvia o cartucho para a caixa de descarte, conforme Figura 12.

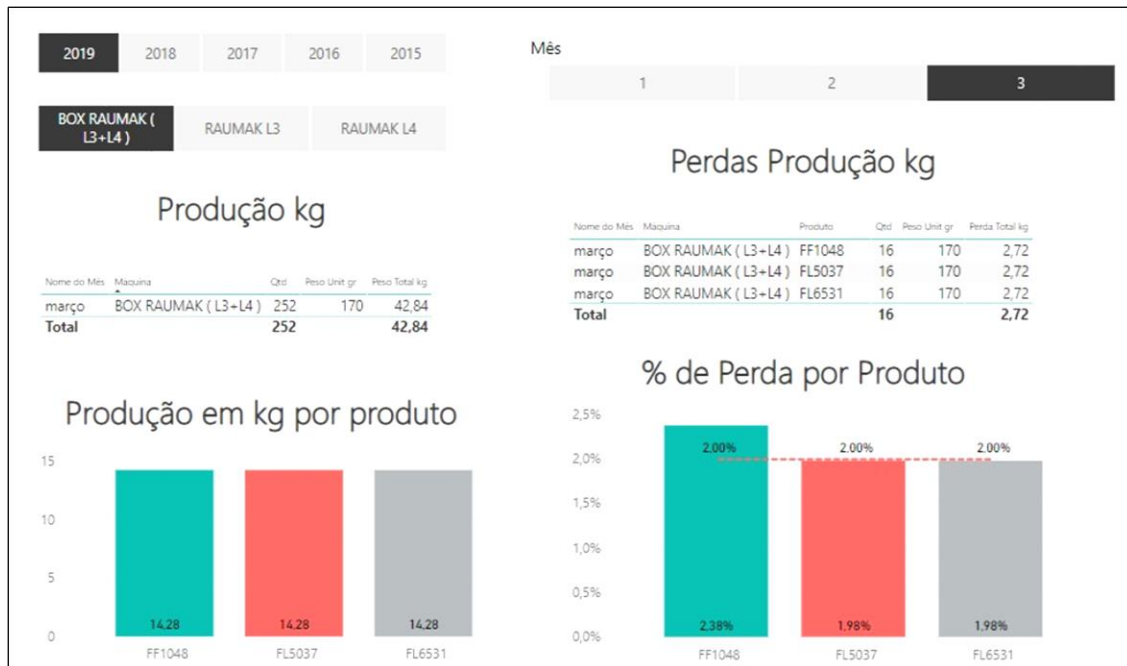
Figura 12: Foto ChecWeigher, checadora de peso



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Utilizando uma ferramenta de BI, o Microsoft Power BI, foi elaborado um relatório e gráficos, demonstrando o resultado dos apontamentos da produção e suas perdas, para a análise dos gestores da produção, conforme a Figura 13.

Figura 13: Relatório de Produção



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para cumprir as exigências do mercado, as empresas precisam ser cada vez mais competitivas, e para atingir esse objetivo é necessário ter o controle total do processo produtivo, identificar e eliminar desperdícios, obtendo como resultado a diminuição dos custos e conseqüentemente aumentar ganhos competitivos.

Com a implementação sugerida neste trabalho, os resultados foram satisfatórios e os objetivos estabelecidos foram alcançados, que eram, através de um sistema de aquisição de dados, coletar informações estatísticas dos processos em tempo real, a análise dos dados coletados que acrescentam várias vantagens ao processo como um todo. Tais vantagens podem ser notadas como: um menor desperdício de matéria prima e embalagem, análise estatística da produção, maior capacidade produtiva, monitoramento online, entre outros.

Este estudo evidencia oportunidades de melhorias futuras relacionadas a ampliação de pontos de coleta, tais como: registro das temperaturas durante as etapas do processo, registrar o peso da matéria prima na entrada dos silos da fábrica para apurar o rendimento, que é um indicador muito importante de produtividade,

resultando em controle de custos através da gestão do rendimento da matéria prima, já a implementação da tecnologia IOT, permitirá a conexão sem fio entre os sensores e o PLC, como resultado do uso dessa tecnologia, a empresa poderá eliminar a necessidade de cabeamento entre o sensor e o PLC, isso irá reduzir a complexidade e os custos de manutenção e instalação de novos sensores na fabrica.

Desta maneira a Indústria SL Alimentos poderá trabalhar um plano de ação para cada uma dessas sugestões buscando maior efetividade em suas atividades, podendo utilizar ferramentas de qualidade como análise de causa raiz para minimizar ou até eliminar problemas no processo produtivo.

REFERÊNCIAS

AMORIM, M. B.; ROCHA, A. C. B. Ferramentas de Engenharia de Produção para redução de desperdícios em cozinhas industriais. In: **XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (Enegep)** – Bento Gonçalves, 2012.

CAPELLI, A. **Eletrônica para Automação**. Rio de Janeiro: Antenna, 2004.

CERYNO, P.; POSSAMAI, O. Como considerar os princípios do Lean Manufacturing no processo de desenvolvimento de produtos. **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, (Enegep)** – Rio de Janeiro, 2008.

CHIAVENATO, I. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. São Paulo: Atlas, 2012.

CROSBY, P. B. **Qualidade é investimento**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1999.

DAVENPORT, T. H. Reengenharia de processos. Como inovar na empresa através da tecnologia da informação. Rio de Janeiro, RJ: Campus. ISBN 85-7001-874-6

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos da Administração da Produção**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

FRAZIER, G.; GAITHER, N. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Thomson Learning, 2002.

GOMES, L. C. Avaliação da Contribuição das Técnicas do Sistema Toyota de Produção para os Objetivos Estratégicos das Empresas. **Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 2001.

HOBBSAWM, E. J. **A era das revoluções**. São Paulo: Paz e Terra, 2010.

- HOROVITZ, J. **Qualidade de Serviço** – a batalha pela conquista do cliente. São Paulo: Nobel, 1993.
- KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **Estratégia em ação**: Balanced Scorecards. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- LUTOSA, L. et al. **Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. 6ª ed. São Paulo: Saraiva, 2002.
- MAXIMIANO, A. C. **Teoria geral da administração**. São Paulo: Atlas, 2011.
- MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.
- NETTO, A. A. O.; TAVARES, W. R. **Introdução à Engenharia de Produção**. Florianópolis: Visual Books, 2006.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção**: Além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade**: teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2009.
- SCUCUGLIA, R. **Como mapear seus processos**, 2009 [online]. Disponível em: https://gaussconsulting.com.br/wp-content/uploads/2013/05/artigo_como_mapear_seus_processos.pdf. Acesso em: 05 de mar de 2019.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- SOUZA, M. R. Considerações sobre a Implementação de Princípios de Construção Enxuta em Construtoras de Médio Porte. **Monografia (Especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais**, 2010. Disponível em: <http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg2/66.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2019.
- SOUZA, R.; ABIKO, A. Metodologia para Desenvolvimento e Implantação de Sistemas de Gestão da Qualidade em Empresas Construtoras de Pequeno e Médio Porte. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo: EPUSP, 1997.
- VEIGA, S. A. M.; BRAGA, W. L. M. Mapeamento de processo como ferramenta de auxílio na implantação do tqm: aplicação em uma empresa fabricante de materiais esportivos. Bauru – SP: Unesp, XXIII SIMPEP, 2014 [online] [Acesso em 10 de set de 2015] http://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=9

Capítulo III – Modelagem Matemática da Irradiação de Lâmpadas para Geração de Energia Fotovoltaica

Luis Gustavo Ferrareto Espontão¹⁰
Prof.^a Dra. Camila Fogaça de Oliveira¹¹

RESUMO

O presente artigo faz parte de um projeto desenvolvido na Faculdade de Tecnologia Senai Londrina que tem por objetivo desenvolver um kit didático solar para o aprendizado no período noturno de futuros profissionais da área de energias renováveis. Neste artigo em especial, serão feitas simulações com o módulo fotovoltaico disponível por meio de um software para observar o seu comportamento e, a fim de validar as simulações, um experimento em bancada será realizado. Os resultados visam a construção do kit didático solar noturno para compor aulas, o manuseio dos equipamentos e instrumentos de medições das grandezas elétricas que compõem o sistema.

Palavras-chave: Kit didático. Irradiação. Energias renováveis. Modelagem Matemática.

¹⁰ Graduando em Engenharia Elétrica. E-mail: luis.espontao@sesisenaipr.org.br

¹¹ Docente da Faculdade da Indústria Senai Londrina. E-mail: camila.oliveira@sistemafiep.org.br

MATHEMATICAL MODELING OF LAMP IRRADIATION FOR PHOTOVOLTAIC POWER GENERATION

ABSTRACT

The present article is part of a project developed at the Faculdade de Tecnologia Senai Londrina that aims to develop a solar didactic kit for nighttime learning for future professionals in the area of renewable energy. In this article in particular, simulations will be made with the photovoltaic module available through software to observe its behavior and, in order to validate the simulations, a bench experiment will be performed. The results aim at the construction of the night solar didactic kit to compose classes, the handling of the equipment and instruments for measuring the electrical quantities that compose the system.

Key-words: Teaching kit. Irradiation. Renewable energy. Mathematical model

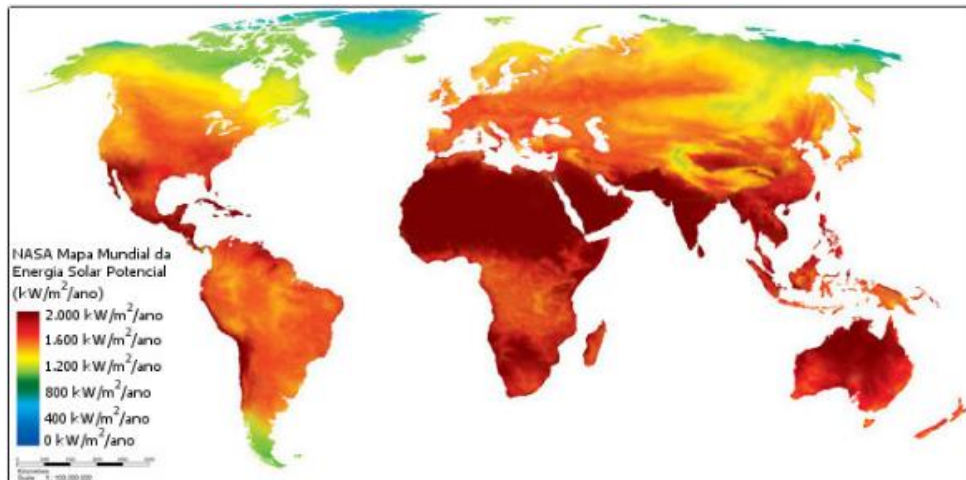
1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta um potencial muito grande em geração de energias renováveis, devido a abundância de diversos recursos naturais capazes de serem utilizados na geração de energias, tais como, recursos hídricos, ventos e irradiação solar, os quais, não foram muito explorados, abrindo espaço para as empresas brasileiras investirem em fontes renováveis (TRANNIN, 2016).

Nos últimos anos, a energia fotovoltaica no Brasil apresentou grandes crescimentos no mercado. Em 2019, foram instalados mais de 110 mil sistemas fotovoltaicos de mini e microgeração, correspondendo a 4,8 bilhões de reais e cerca de 15 mil profissionais trabalhando na área (DADOS, 2019).

Por ser um país com elevado índices de irradiação, pode-se esperar um desempenho considerável das usinas fotovoltaicas através dos fatores climáticos de exposição a energia solar, como ilustrado na Fig. 1.1, pois, dependendo da região da instalação da usina fotovoltaica, a eficiência pode ser muito satisfatória.

Figura 1.1 – Potencial de Energia Solar mundial



Fonte: NASA, 2020.

Como tem aumentado a demanda de mercado para profissionais capacitados para atuar em instalações de sistemas fotovoltaicos, a Faculdade de Tecnologia Senai Londrina se propôs, em conjunto com os alunos dos cursos de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica a desenvolver um kit didático solar fotovoltaico noturno, propiciando aplicar os conhecimentos teóricos ao mesmo tempo vivenciá-los na prática.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 IRRADIAÇÃO SOLAR

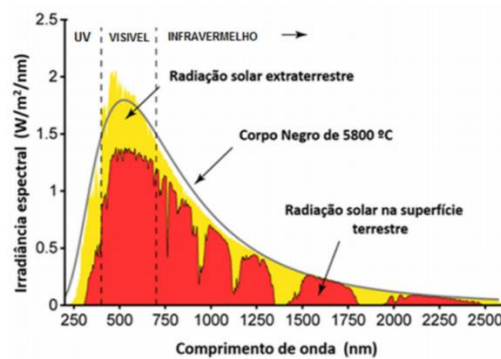
O Sol emite três tipos diferentes de radiações em formas de ondas eletromagnéticas, cada uma com seu respectivo comprimento de onda (Fig. 2.1). Segundo a International Organization for Standardization (2007, p. 6) podem ser denominados como:

- *Ultravioleta (UV)* com comprimento de onda entre 100nm e 400nm, onde grande parte é absorvida pela atmosfera terrestre. Ultravioleta A (UV-A) e ultravioleta B (UV-B) são parte de uma classe que ultrapassa a atmosfera terrestre, na faixa de entre 280nm e 315nm e são parcialmente absorvidos pela camada de ozônio, especialmente o UV-B.

- *Luz Visível (VIS)* é referente a forma de onda que nossos globos oculares captam em forma de cores. Seu espectro é formado do comprimento de 400nm até 700nm, onde dentro deste intervalo, estão todas as cores que conhecemos.
- *Infravermelho* são os comprimentos de onda acima de 760nm até 1mm, responsáveis por carregarem energia em forma de calor e dissipá-lo em nosso planeta.

Na Fig. 2.1 também é possível vislumbrar a comparação entre o espectro extraterrestre e a superfície terrestre (PASIN, 2019).

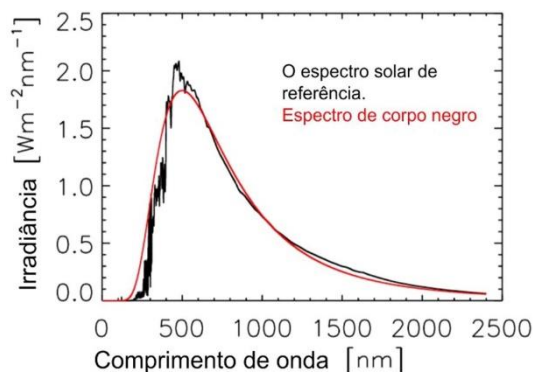
Figura 2.1 – Espectro de Irradiação Solar



Fonte: Física clássica (tradução nossa).

O Sol emite uma radiação térmica, no entanto seu espectro de radiação depende da composição deste corpo. Existem corpos que emitem espectros de radiações térmicas de forma universal, denominados como corpos negros, determinada por sua temperatura e comprimento de onda, conforme a lei de Planck. O espectro solar é um exemplo de corpo negro, devido a sua distribuição espectral, a uma temperatura de 5800 K, conforme é ilustrado na Figura 2.2, onde é realizada a aproximação da curva de radiação de referência a um espectro de corpo negro. (RODRÍGUEZ GÓMEZ, 2018).

Figura 2.2 – Radiação Solar de corpo negro



Fonte: Rodríguez Gómez (2018).

A energia eletromagnética emitida pelo Sol está em uma faixa de 200nm até cerca de 2500nm, compondo todo o espectro de irradiação solar discutido anteriormente. Como indica a Fig. 2.1, o comprimento de onda ultravioleta representa 8% do espectro solar, a luz visível representa cerca de 47% do espectro solar e o espectro infravermelho representa cerca de 45% do espectro solar.

Na próxima seção analisaremos a sensibilidade espectral das células fotovoltaicas tendo como intuito realizar simulações com o módulo fotovoltaico disponível.

2.2 CÉLULAS DE SILÍCIO

Células de silício em geral apresentam uma maior eficiência dentre os outros tipos comercializados mundialmente, possuindo eficiência em torno de 25% para células monocristalinas de silício e 20% para as células policristalinas de silício (pSi). Essa porcentagem é relativamente reduzida quando analisada nos módulos fotovoltaicos, cerca de 23% e 19%, respectivamente, devido a perdas internas do sistema (NEVES, 2016).

As células fotovoltaicas disponíveis são de silício policristalino (pSi), compostas por silício e algumas impurezas, são menos eficientes que as células monocristalinas, porém permitem um grau de impureza maior e com custo menor de produção.

A Fig. 2.3 ilustra um esquema das camadas de silício e outros materiais presentes na célula fotovoltaica. A Fig. 2.4 ilustra a sensibilidade dos espectros em comprimento de onda para vários tipos de células, em especial, para as células de silício.

Figura 2.3 – Esquema de uma célula de cristalina de silício

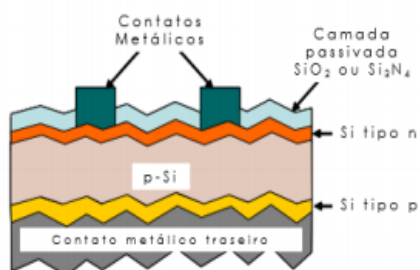
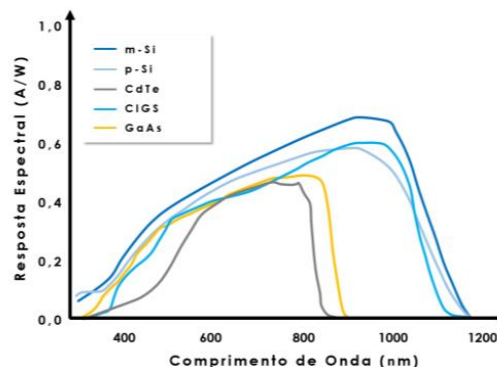


Figura 2.4 – Sensibilidade espectral de tecnologias fotovoltaicas

Fonte: Neves (2016).

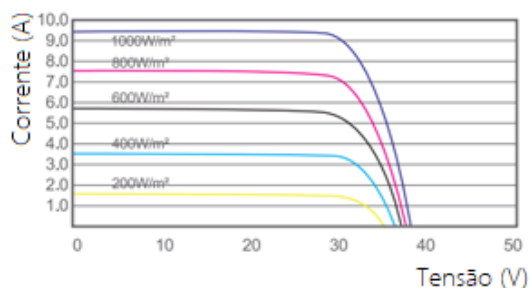


Fonte: Neves (2016).

De acordo com a Fig. 2.4 podemos analisar que as células policristalinas de silício (pSi) operam na faixa de 400nm até cerca de 1200nm, tendo a máxima operação entre 800nm e 1000nm. A partir destes aspectos é possível realizar um estudo para o modelo de iluminação artificial que propicie o melhor comprimento de onda em forma de irradiação que seja compatível com a sensibilidade do módulo fotovoltaico.

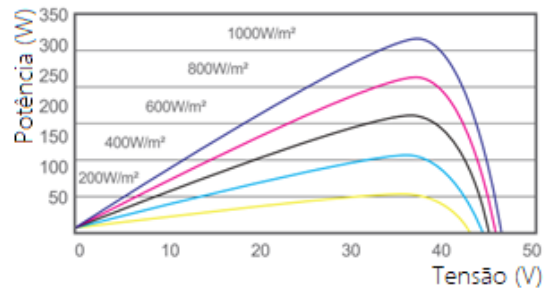
Assim será conduzida uma pesquisa relacionando a potência de saída no módulo, obtendo os dados através de um microcontrolador, gerando um gráfico de corrente por tensão ($I \times V$) e potência por tensão ($P \times V$) (Fig. 2.5 e Fig. 2.6).

Figura 2.5 – Exemplo de curva $I \times V$



Fonte: Adaptado de DAH Solar (Anexo A).

Figura 2.6 – Exemplo de curva $P \times V$



Fonte: Adaptado de DAH Solar (Anexo A).

As Figuras 2.5 e 2.6 foram retiradas diretamente das informações da folha de dados do fabricante e utilizaremos como modelo para nossa plotagem de dados para comparar a metodologia aplicada para a coleta e análise de dados.

3 METODOLOGIA

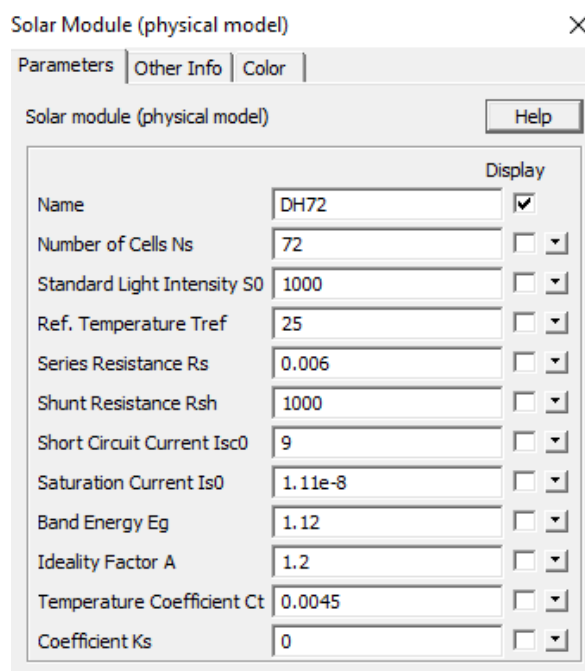
3.1 Coleta de dados utilizando o simulador PSIM

O módulo fotovoltaico que temos disponível é o modelo DHP72-315W (Anexo A) do fabricante DAH Solar, constituído de células policristalinas de silício (pSi). Conhecendo as características do fabricante desse modelo, temos os dados da potência de geração testados em laboratório com diferentes situações de irradiações:

- STC (Standard Test Conditions), espectro padrão utilizado para testes laboratoriais com a irradiância de 1000 W/ m^2 , temperatura de 25° C , espectro AM1.5G;
- Noct (Normal Operating Cell Temperature) realizado com a operação do módulo em circuito aberto, temperatura de 20° e com a irradiância de 800 W/ m^2 .

Para validação dos dados coletados foi utilizado o software de circuitos PSIM, que possibilita a simulação de curvas dos módulos fotovoltaicos utilizando parâmetros reais. Utilizando o espectro padrão com a irradiância de 1000 W/ m^2 e temperatura de 25° C , o software retorna os valores calculados de potência, tensão e corrente e as respectivas curvas, conforme indica a Fig. 3.1.

Figura 3.1 – Parâmetros de Simulação utilizando software PSIM

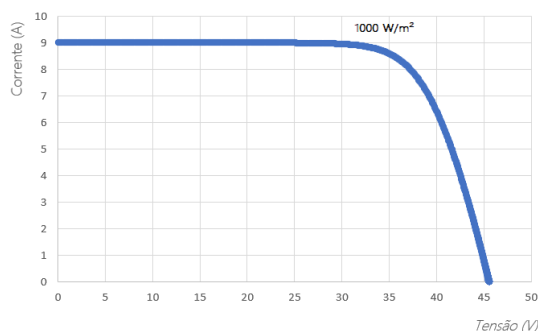


Fonte: Dos Autores.

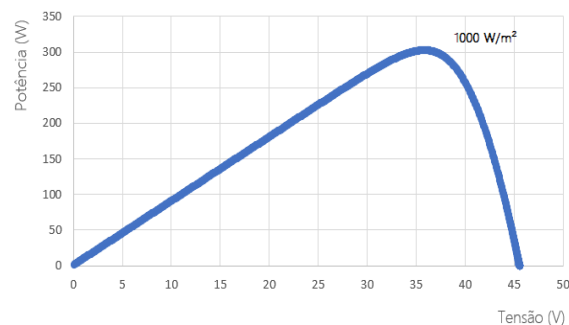
Os dados obtidos pelo software PSIM foram exportados para o software Excel. Ao plotarmos as curvas de (i) corrente e tensão e (ii) potência e tensão, por meio destes pontos coletados, temos os modelos representados pela Fig. 3.2 e Fig. 3.3.

Figura 3.2 – Curva I x V

Figura 3.3 – Curva P x V



Fonte: Dos Autores.



Fonte: Dos Autores.

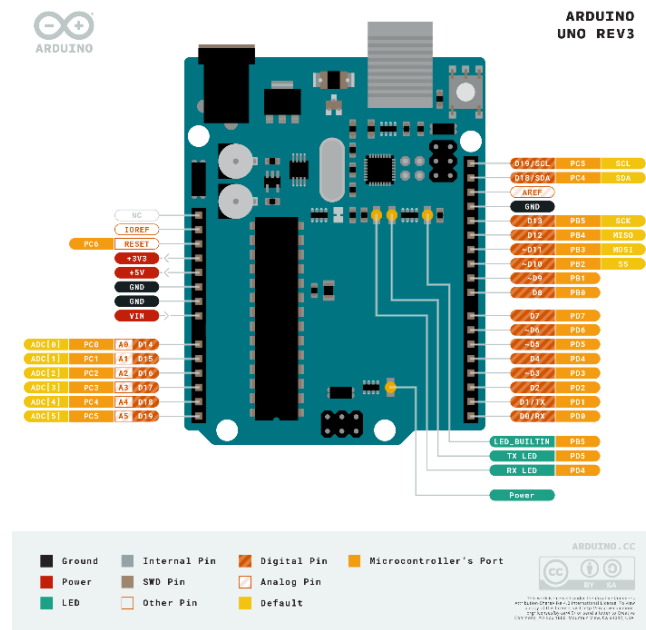
Obtidos os dados simulados, foi possível comparar com os dados que o fabricante fornece em sua folha de dados. Nota-se que as curvas simuladas (Fig. 3.2 e Fig. 3.3) se assemelham às curvas que o fabricante fornece (Fig. 2.5 e Fig. 2.6).

No caso da simulação utilizando o software PSIM são desconsiderados fatores físicos do ambiente, o que leva a essa diferença de valores, principalmente ao ponto de potência máxima da curva. Dessa forma o resultado da simulação se torna satisfatório para nossa comparação com os dados de laboratório, a fim de definir a potência e irradiação incidente da geração forçada.

3.2 Coleta de dados utilizando Arduino

Para a coleta dos dados de geração forçada foi utilizada a plataforma de desenvolvimento Arduino (Fig. 3.4), que possui um microcontrolador embarcado, constituído de entradas e saídas digitais e analógicas. O Arduino é uma plataforma de prototipagem de sistemas de controle e será utilizado para realizar a coleta de dados de tensão e corrente do módulo fotovoltaico.

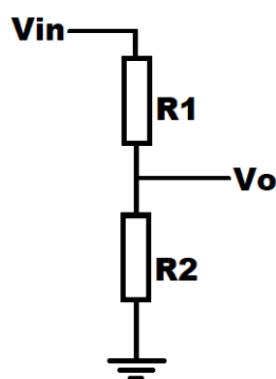
Figura 3.4 – Diagrama Arduino UNO



Fonte: Arduino Uno (2020).

Os dados serão coletados por meio de circuitos projetados estrategicamente para enviar o sinal necessário para o algoritmo do hardware compreender e retornar o valor desejado. O circuito responsável pela coleta do sinal referente a tensão elétrica (V) é constituído de um divisor de tensão (Fig. 3.5), constituído de dois resistores com uma queda de tensão estratégica para que a divisão entre eles resulte na tensão desejada.

Figura 3.5 – Divisor de Tensão



Fonte: Dos Autores.

O divisor de tensão é expresso pelas equações (1), (2) e (3), onde V_{in} é a tensão do módulo (V), V_o é a tensão lida pelo Arduino (V), R1 e R2 são os valores dos resistores (Ω):

$$V_o = V_{in} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

$$R_2 = V_{ou} \times \frac{R_1}{V_{in} - V_o} \quad (2)$$

$$V_{in} = V_o \times \frac{(R_1 + R_2)}{R_2} \quad (3)$$

Por meio da equação (2) podemos calcular o valor de R2, arbitrando um valor bem alto para R1 para não haver uma corrente elevada circulando no circuito, para se adequar a potência nominal dos resistores e para não danificar o Arduino. Dessa forma o microcontrolador irá ler a tensão Vo do divisor, respeitando o máximo de tensão que a porta analógica do Arduino suporta e irá relacionar utilizando a equação (3) para calcular a tensão de entrada.

O circuito para a coleta de corrente elétrica é composto por um Shunt resistor, de forma que é ligado em série com a carga para a terra. Assim, se não houver carga acoplada, o Shunt não irá conduzir corrente elétrica.

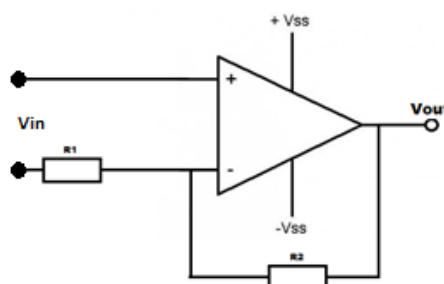
O Shunt é dimensionado com uma queda de tensão estratégica para ser relacionada na lei de Ohm. Nesse caso foi escolhido um resistor de 0.1Ω com potência de 5W para suportar a corrente máxima do módulo e estima-se que a cada 100 mV de queda no resistor, temos 1A de corrente na carga, conforme expressado pela equação (4):

$$I = \frac{V}{R} \quad (4)$$

onde V é a tensão (V), R é a resistência (Ω) e I a corrente (A).

Para o microcontrolador realizar uma leitura mais precisa da tensão e estimar a corrente, é necessário um circuito de amplificação desta tensão para um nível analógico de até 5V. Será utilizado um amplificador-operacional como um circuito de conversão de corrente para tensão, seguindo a topologia ilustrada na Fig. 3.6.

Figura 3.6 – Divisor de Tensão



Fonte: Dos Autores.

Nesta topologia o amplificador atua como um não inversor, onde o ganho de tensão é expresso pela equação (5):

$$V_{out} = \frac{R2}{R1} \times V_{in} \quad (5)$$

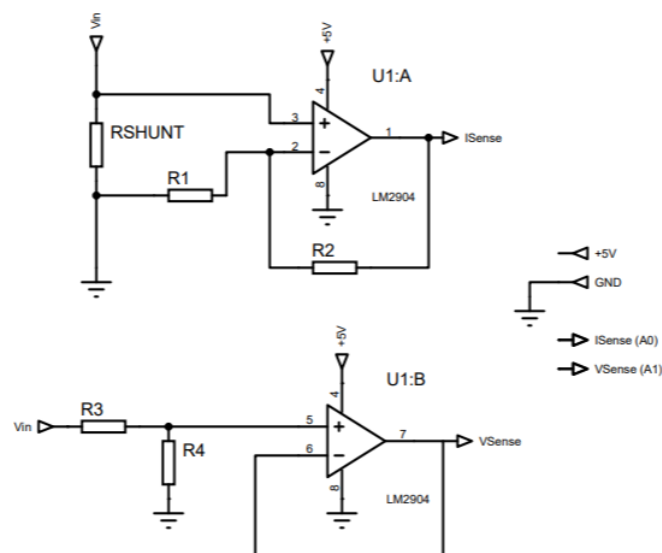
$$R2 = \frac{R1}{V_{in}} \times V_{out} \quad (6)$$

$$V_{in} = \frac{R1}{R2} \times V_{out} \quad (7)$$

onde V_{out} é a tensão de saída do amplificador (V), V_{in} é a tensão de entrada (V) e $R1$ e $R2$ são os valores de resistores (Ω). Da mesma forma que o divisor de tensão podemos calcular o valor de $R2$ utilizando a equação (6), definindo um valor para $R1$, geralmente na ordem de $k\Omega$.

A Fig. 3.7 ilustra o diagrama do circuito, onde o amplificador operacional U1:B foi inserido no circuito de aquisição de tensão com a aplicação de buffer com o objetivo de garantir uma maior segurança e não gerar danos a entrada analógica do Arduino, devido ao isolamento ocasionado pela alta impedância de entrada do amplificador operacional.

Figura 3.7 – Sensores de corrente e tensão

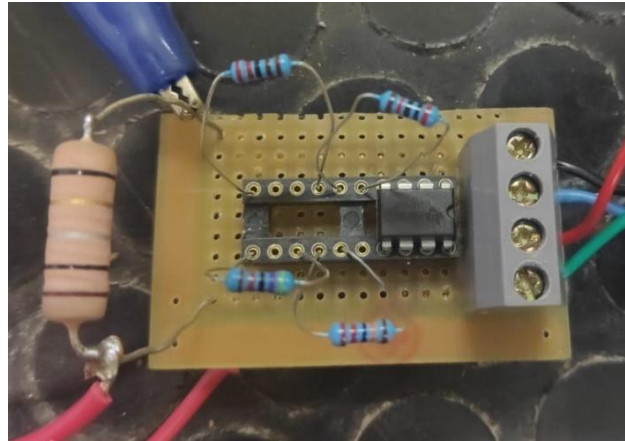


Fonte: Dos Autores.

A partir do esquema da Fig. 3.7 foi montado um protótipo para a coleta de dados em uma placa de circuitos universal (Fig. 3.8), utilizando o amplificador operacional

LM2904 com dois amplificadores operacionais internos, o que permite a montagem do circuito de forma bem compacta.

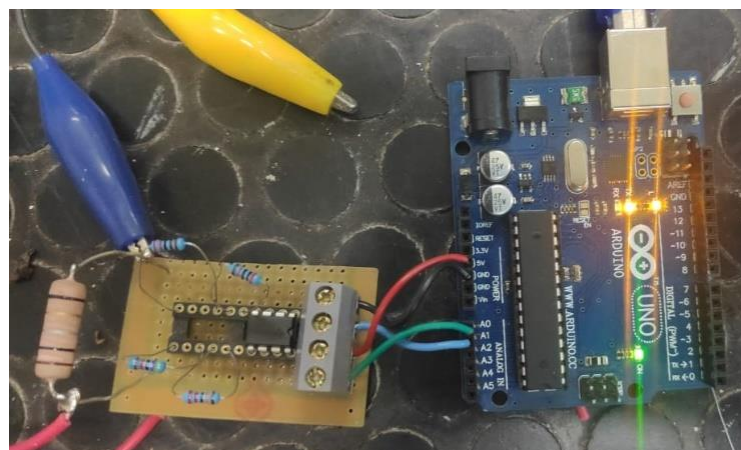
Figura 3.8 – Protótipo de coleta de dados



Fonte: Dos Autores.

Na montagem do protótipo foram inseridos conectores do tipo borne com quatro terminais, sendo dois terminais conectados para a alimentação do circuito, utilizando a própria fonte de alimentação do Arduino, e os outros dois terminais para os sinais de tensão e corrente que irão para as entradas analógicas do Arduino (Fig. 3.9).

Figura 3.9 – Montagem com Arduino



Fonte: Dos Autores.

Para realizar a leitura dos sinais de tensão e corrente foram utilizadas as portas analógicas A0 e A1 do Arduino para retornar valores entre 0 e 255 bits, em função da tensão das portas analógicas.

Por meio da equação (8) foi possível obter a tensão de entrada das portas analógicas e aplicar o resultado nas equações (3), (6) e (4) para obter a tensão e corrente de entrada do sensor:

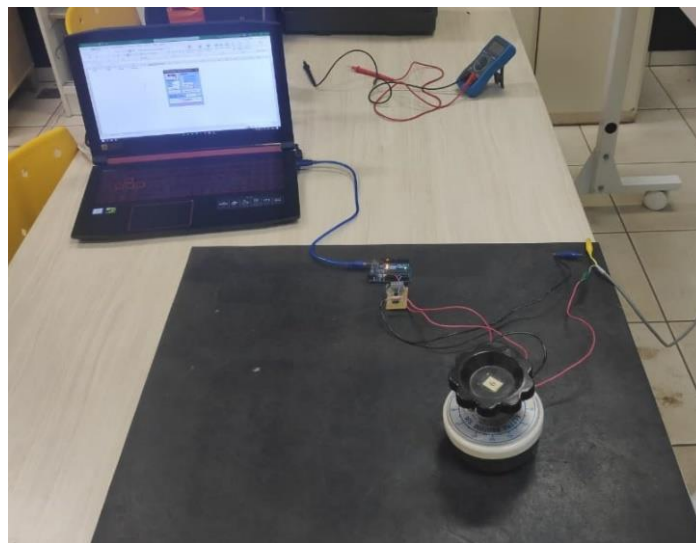
$$V_{analog} = \frac{AnalogRead \times 5}{1023} \quad (8)$$

onde V_{analog} é o valor de tensão (V) lido na entrada analógica do Arduino, AnalogRead é o valor em bits de 0 a 255.

Utilizando as equações (3), (7) e (8), foi realizado a programação do microcontrolador, utilizando a interface de programação em C++ do Arduino.

Para coletar diferentes níveis de potência que o módulo fornece, foi utilizado um Reostato de 100 Ω e 250 W, pois assim podemos variar a resistência de carga do módulo fotovoltaico (Fig. 3.10).

Figura 3.10 – Montagem completa da coleta de dados



Fonte: Dos Autores.

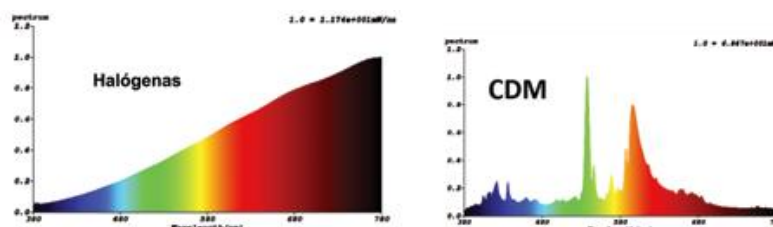
Além disso foi utilizado o software PLX DAQ, que permite realizar uma comunicação serial para inserir os dados de forma automática na planilha Excel.

3.3 Geração Forçada

Após estudar a sensibilidade espectral do módulo e a potência máxima, e compreender os espectros de emissão de irradiação, se torna necessário escolher as lâmpadas mais promissoras para geração forçada.

Procurando pelos equipamentos na instituição, foi encontrado dois tipos de lâmpadas: halógena e vapor metálico. Sendo assim, foi pesquisado que tipo de espectros essas lâmpadas emitem, conforme ilustrado na Fig. 3.11.

Figura 3.11 – Emissão espectral das lâmpadas Halógenas e Vapor Metálico (CDM)



Fonte: Adaptado de SCOPACASA (2018).

Se compararmos estas curvas descritas na Fig. 3.11 com a da Fig. 2.4 referentes a sensibilidade espectral das tecnologias fotovoltaicas, podemos concluir que as lâmpadas halógenas tem um grande potencial como fonte de luz, apresentando um espectro favorável a sensibilidade do nosso módulo, diferentemente das lâmpadas de vapor metálico, que apenas apresentam picos em pontos específicos.

A fim de comprovar esse resultado, as lâmpadas de vapor metálico foram testadas da mesma forma que as halógenas: as lâmpadas foram montadas em uma bancada a 50cm de distância do módulo fotovoltaico, onde foram ligadas três lâmpadas de cada modelo, para ser possível alternar a fonte de geração luminosa.

Figura 3.12 – Montagem das lâmpadas



Fonte: Dos Autores.

Após montar toda a estrutura para a coleta de dados, cada conjunto de lâmpadas foi ligado separadamente e, em tempo real, os dados de tensão e corrente foram enviados ao Excel por meio do software PLX DAQ (Fig. 3.13).

Figura 3.13 – Montagem das lâmpadas com coleta de dados



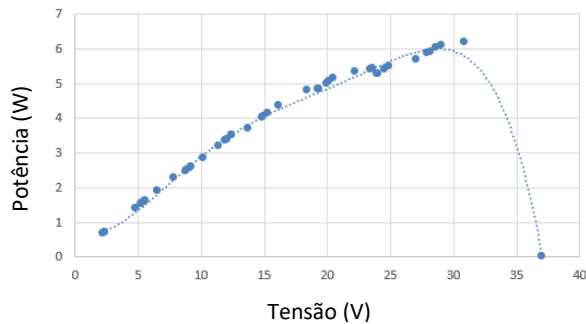
Fonte: Dos Autores

Após o término da coleta de dados, foi realizada uma análise matemática das curvas geradas com os valores coletados, por meio do uso do próprio Excel e outros softwares matemáticos como o GeoGebra, para obter uma conclusão sobre o experimento.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

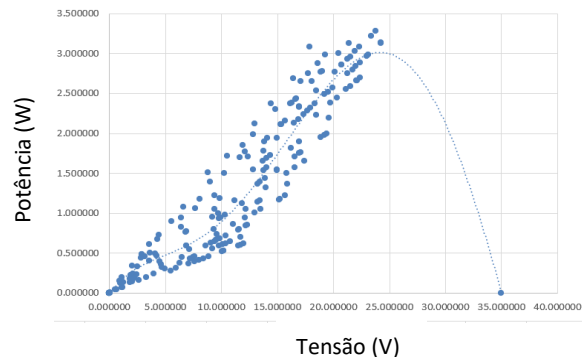
Utilizando a metodologia descrita na seção anterior foram obtidas as curvas de potência de geração por meio da luminosidade aplicada no módulo (Fig. 4.1 e Fig. 4.2). Será realizada apenas a análise das curvas de potência (W) por tensão (V) das lâmpadas halógenas e vapor metálico. Essa análise elimina a necessidade de realizarmos o estudo da curva de corrente (A) e tensão (V), pois os valores de corrente podem ser extraídos do modelo matemático da potência.

Figura 4.1 – Curva P x V Lâmpadas Halógenas



Fonte: Dos Autores.

Figura 4.2 – Curva P x V Lâmpadas CDM



Fonte: Dos Autores.

As linhas de tendência presentes na Fig. 4.1 e na Fig 4.2 são referentes a uma função polinomial de 5º grau e indicam quão bem essas funções se ajustam ao conjunto de dados. O modelo matemático (9) se refere a Fig. 4.1 e o modelo matemático (10) se refere a Fig. 4.2.

$$H(x) = -0.000003147480x^5 + 0.000257537709x^4 - 0.007716148839x^3 + 0.098024143089x^2 - 0.231260880270x + 0.860026917210 \quad (9)$$

$$V(x) = 0.000001239566x^5 - 0.000117191745x^4 + 0.003400553792x^3 - 0.034262994598x^2 + 0.198788568601x - 0.017646736981 \quad (10)$$

A partir dos modelos matemáticos (9) e (10) será possível obter o ponto de máxima potência, máxima tensão e máxima corrente gerada no módulo fotovoltaico, tanto para as lâmpadas halógenas quanto para as lâmpadas de vapor metálico. Além disso, será possível comparar com os dados simulados a fim de chegar em uma aproximação de valor que irradiação que o conjunto de lâmpadas emitiu nos testes de laboratório.

As funções (11) e (12) indicam a primeira derivada das funções (9) e (10):

$$H'(x) = -0.0000157374 x^4 + 0.001030150836 x^3 - 0.023148446517 x^2 + 0.196048286178x - 0.23126088027 \quad (11)$$

$$V'(x) = -0.0000157374 x^4 + 0.001030150836 x^3 - 0.023148446517 x^2 + 0.196048286178x - 0.23126088027 \quad (12)$$

Para determinar as raízes da primeira derivada das funções, foi utilizado o método de Newton–Raphson (13), sendo x_n um valor inicial aproximado para a raiz da função:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)} \quad (13)$$

Neste caso, adotaremos os valores mínimos e máximos obtidos através das curvas (Fig. 4.1 e 4.2) para utilizar o método de aproximação, onde neste caso, $x_0 = 0$ para calcular a primeira raiz, $x_0 = 37$ para calcular a segunda raiz e $f'(x_n)$ será a segunda derivada das funções (11) e (12):

$$H''(x) = -0.0000629496 x^3 + 0.003090452508 x^2 - 0.046296893034 x + 0.196048286178 \quad (14)$$

$$V''(x) = 0.00002479132x^3 - 0.00140630094x^2 + 0.020403322752x - 0.068525989196 \quad (15)$$

As raízes das funções (11) e (12) estão descritas na Tabela 1 (Anexo B).

Tabela 1 – Raízes das funções $H'(x)$ e $V'(x)$

Raiz de $H'(x)$	Raiz de $V'(x)$
$x^1 = 1.39561195$	$x^1 = 24.1373139839$
$x^2 = 28.7481403923$	$x^2 = 42.8073127027$

Fonte: Dos autores.

Substituindo o valor destas raízes nas funções (9) e (10), obtemos que o ponto de potência máxima para a função $H(x)$ é de 5,998 W, fornecendo cerca de 28,74 V e aproximadamente de 208 mA. Para a função $V(x)$ o ponto de máxima potência foi de 3,016 W, fornecendo cerca de 24,14 V e aproximadamente 125,14 mA.

Obtendo estes dados é possível afirmar o ponto de máxima de potência, e realizar o rastreamento do ponto de máxima potência.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

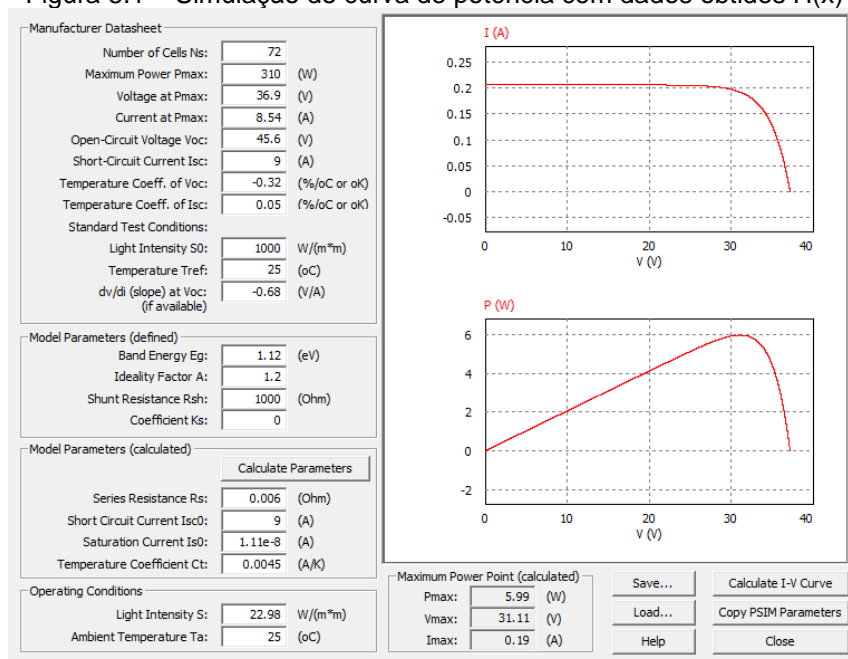
Por meio da análise dos resultados obtidos pode-se concluir que existe uma relação intrínseca entre o comprimento de onda e potência gerada em um módulo

fotovoltaico. Dessa forma, é possível analisar formas de se extrair a melhor potência possível de uma geração, o que é muito buscado atualmente por conta dos baixos índices de eficiência de usinas fotovoltaicas.

É possível relacionar os resultados da simulação para obter o valor de irradiação gerado pelas lâmpadas, que posteriormente se transforma em potência elétrica. Desta forma, pode-se validar que o espectro de luz que a lâmpada incide no módulo está diretamente ligado a potência que o mesmo é capaz de gerar, como segue os resultados da simulação utilizando os valores obtidos pelos métodos demonstrados neste trabalho.

Na Fig. 5.1 está o resultado da simulação com os dados do módulo fotovoltaico e com os dados obtidos para a modelagem das lâmpadas halógenas, onde P_{max} é o valor de potência máxima calculado e o valor de *Ligh Intensity* é referente a irradiação incidente no módulo para gerar este nível de potência, ao qual podemos relacionar diretamente a irradiação gerada pelas lâmpadas halógenas, onde neste conjunto obtivemos cerca de 22.98 W/mm².

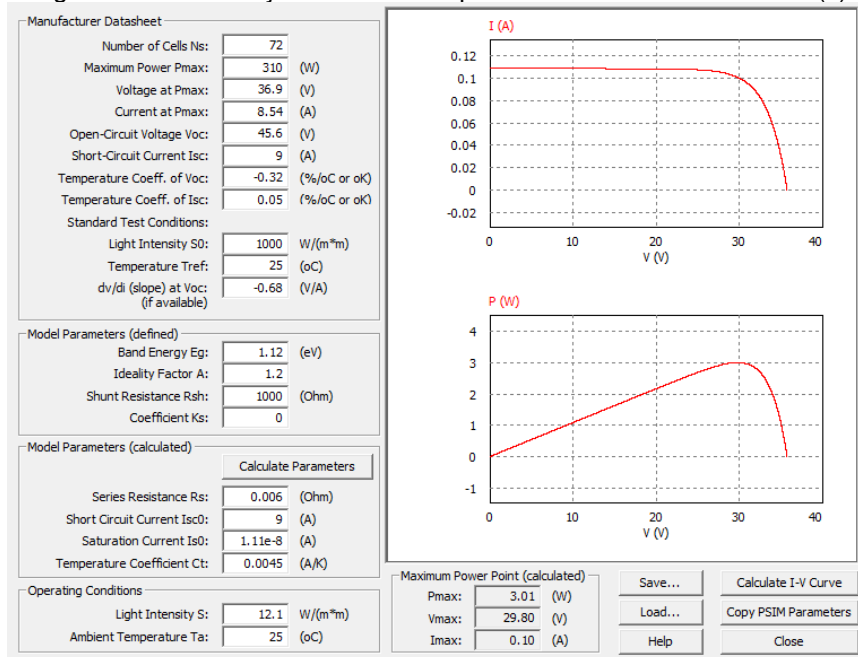
Figura 5.1 – Simulação de curva de potência com dados obtidos H(x)



Fonte: Dos autores.

Na Fig. 5.2 vemos o mesmo modelo de simulação, com os valores obtidos da modelagem das lâmpadas vapor metálico.

Figura 5.2 – Simulação de curva de potência com dados obtidos V(x)



Fonte: Dos autores.

É possível notar que o valor de *Light Intensity* é quase a metade do valor obtido com a lâmpada halógena, o que comprova a fundamentação da emissão espectral destes tipos de lâmpadas ao analisar a Fig. 3.11. Outro detalhe também a ser notado, está relacionado ao valor *Pmax* ser a metade do que obtido pela lâmpada halógena, o que leva a conclusão de que o valor de irradiação é proporcional ao valor de potência que é gerado pelo módulo.

Sendo assim, ao aplicar esta modelagem em um sistema embarcado, é possível realizar o rastreamento da curva de máxima potência de geração, buscando sempre manter a entrega da potência máxima a carga. Método que, em teoria, eleva a eficiência da geração, pois sempre estará sendo entregue 100% da energia disponível convertida pelo módulo fotovoltaico.

Devido a diferença entre as tecnologias disponíveis das células fotovoltaicas, onde cada uma apresenta uma diferença na sensibilidade espectral, é notório que cada tecnologia irá apresentar uma curva característica diferente da outra, se relacionado a sua sensibilidade espectral.

Neste caso os resultados foram satisfatórios para a determinação de qual será a melhor opção de geração de luz forçada para utilizar no projeto, que será as lâmpadas halógenas, por gerarem cerca do dobro de potência em relação as lâmpadas de vapor metálico.

REFERÊNCIAS

ARDUINO Uno. **Arduino**, 2020. Disponível em: <https://www.arduino.cc>. Acesso em: 25 ago. 2020.

DADOS do Mercado de Energia Solar no Brasil. **Portal Solar**, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/mercado-de-energia-solar-no-brasil.html>. Acesso em: 25 ago. 2020.

FÍSICA CLASSICA. *In*: Wikipedia: L'enciclopedia libera. Disponível em: https://it.wikipedia.org/wiki/Fisica_classica. Acesso em: 25 ago. 2020.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 21348**: Space environment (natural and artificial): process for determining solar irradiances. 2007.

NASA. Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço. Disponível em: <https://www.nasa.gov>. Acesso em: 25 ago. 2020.

NEVES, G. M. **Influência do espectro da radiação solar em módulos fotovoltaicos**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores) — Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2016. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3LKTTU8>. Acesso em: 30 ago. 2020.

PASIN, D. G. **Resposta espectral e caracterização elétrica de célula solar de tripla junção**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores) — Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2019. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34R/3TAC9DL>. Acesso em: 30 ago. 2020.

RODRÍGUEZ GÓMEZ, J. M. *et al.* A irradiância solar: conceitos básicos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São José dos Campos, v. 40, n. 3, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0342>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/DfZGpdWH53yHvvj9kwjMqqt/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 ago. 2020.

SCOPACASA, V. Qualidade de luz: estão os Leds prontos para substituir as fontes de luz tradicionais? **O setor elétrico**, 2018. Disponível em: <https://www.osetoreletrico.com.br/qualidade-de-luz>. Acesso em: 21 out. 2020.

TRANNIN, M. T. Desafios e oportunidades para a geração de energia elétrica por fontes renováveis no Brasil: estudo de caso sobre a Usina híbrida de Tacaratu (PE). **FGV Energia: caderno opinião**, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10438/19210>. Acesso em: 21 out. 2020.

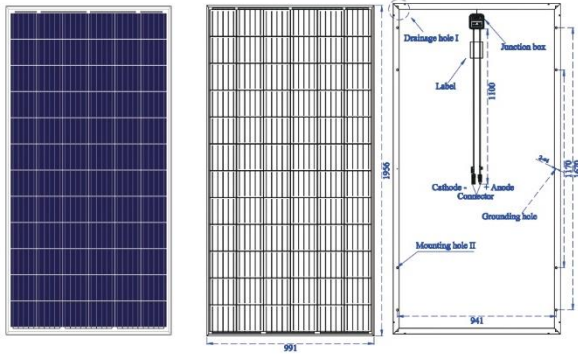
ANEXO A – DATASHEET MÓDULO FOTOVOLTAICO DAH SOLAR

Less area covering

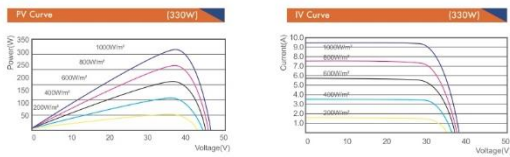
DAH Solar
Smart PV Module Pioneer, Transform More Sunlight Into Energy.

DHP72 ^{SBB} 315W-330W

Poly crystalline PV Module



Function parameter



Mechanical Specification

Cells Type	Poly 156.75×156.75mm		
Weight	22.5kg		
Dimension (L×W×T)	1956×991×40mm		
Output Cables	TUV, Length 900mm, 4.0mm ²		
No. of Cells	72 (6×12)		
Front Glass	3.2mm High Transmission, Low Iron Tempered Glass		
Frame	Anodised Aluminium		
Junction box	IP67, 3 Bypass Diodes		
Connector	MC4 or MC4 Compatible		

Packing Configuration

Container	20GP	40GP	40HC
PCS per pallet	27	27	27
PLT per container	10	24	24
PCS per container	270	648	696

Operating Parameters

Maximum system voltage	DC1000V
Operating Temperature [°C]	-40 ~ +85 °C
Maximum series fuse rating	15A
Snow load, frontside	5400Pa
Wind load, backside	2400Pa
Nominal operating cell temperature [NOCT]	45 °C ±2 °C
Application level	Class A

Electrical Characteristics (Standard Test Conditions)

Module Type	DHP72-315	DHP72-320	DHP72-325	DHP72-330
Maximum Power (Pmax)	315W	320W	325W	330W
Open-circuit Voltage (Voc)	45.6V	45.8V	45.9V	46.1V
Maximum Power Voltage (Vmp)	36.9V	37.1V	37.2V	37.3V
Short-circuit Current (Isc)	9.00A	9.10A	9.25A	9.38A
Maximum Power Current (Imp)	8.54A	8.63A	8.76A	8.85A
Module Efficiency (%)	16.25%	16.51%	16.77%	17.02%
Power Tolerance	0 ~ +5W			
Temperature Coefficient of Isc	0.05%/°C			
Temperature Coefficient of Voc	-0.32%/°C			
Temperature Coefficient of Pmax	-0.41%/°C			
Standard Test Environment	Irradiance 1000w/m ² , Ambient temperature 25 °C, Spectrum AM1.5			

Electrical Characteristics (Noct)

Module Type	DHP72-315	DHP72-320	DHP72-325	DHP72-330
Maximum Power (Pmax)	234W	238W	242W	246W
Open-circuit Voltage (Voc)	42.4V	42.5V	42.6V	42.7V
Maximum Power Voltage (Vmp)	34.3V	34.4V	34.5V	34.6V
Short-circuit Current (Isc)	7.25A	7.35A	7.47A	7.57A
Maximum Power Current (Imp)	6.82A	6.92A	7.02A	7.11A
Standard Test Environment	Irradiance 800w/m ² , Ambient temperature 20 °C, Spectrum AM1.5, Wind speed 1m/s			

ANEXO B – CÁLCULO NEWTON-RAPHSON

- **Lâmpadas Halógenas**

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f'(x)}{f''(x)}$$

Ponto de menor valor: $x_0 = 0$

Ponto de maior valor: $x_0 = 37$

$$x_{n+1} = x_0 - \frac{-0.0000157374 x^4 + 0.001030150836 x^3 - 0.023148446517 x^2 + 0.196048286178 x - 0.23126088027}{(-0.0000629496 x^3 + 0.003090452508 x^2 - 0.046296893034 x + 0.196048286178)}$$

$$x_4 = 1.39561195, \text{ com } x_0 = 0$$

$$x_6 = 28.7481403923, \text{ com } x_0 = 37$$

- **Lâmpadas CDM (Vapor Metálico)**

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f'(x)}{f''(x)}$$

Ponto de menor valor: $x_0 = 0$

Ponto de maior valor: $x_0 = 35$

$$x_{n+1} = x_0 - \frac{(0.00000619783x^4 - 0.00046876698x^3 + 0.010201661376x^2 - 0.068525989196x + 0.198788568601)}{(0.00002479132x^3 - 0.00140630094x^2 + 0.020403322752x - 0.068525989196)}$$

$$x_{49} = 42.8073127027, \text{ com } x_0 = 0$$

$$x_{39} = 24.1373139839, \text{ com } x_0 = 35$$

Capítulo IV – Uma Proposta de Medição de Nível de combustíveis em Reservatórios Comerciais

Márcio Barbosa de Lima¹²
Prof. MS.c Renato Kazuo Miyamoto¹³
Prof. Fabio Rodrigo Milanez¹⁴
Prof. Wesley Candido da Silva¹⁵

RESUMO

Os sistemas de medição de nível para tanque jaquetados submersos de combustível em postos de gasolina, geralmente utilizam uma central cujo custo de aquisição é elevado, devido aos equipamentos que são utilizados em sua construção. Este trabalho propõe a implementação de um protótipo para medição de nível desenvolvido com equipamentos de baixo custo, podendo reduzir os valores na instalação do sistema. Além disso, o protótipo tem a capacidade de coletar e armazenar os dados no ThingSpeak (nuvem) e conexão com o aplicativo Android. O protótipo conseguiu resultados satisfatórios, realizando a coleta de dados do reservatório e enviando para o ThingSpeak, gerando gráficos em tempo real de nível e porcentagem, além de ser monitorado através de um aplicativo Android.

Palavras-chave: Nível, Nuvem, Sistema IoT, Raspberry Pi.

¹² Pós-graduando em Automação Industrial E-mail: tecmicro2014@gmail.com

¹³ Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina.. E-mail: renato.miyamoto@sistemafiep.org.br

¹⁴ Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina.. E-mail: fabio.milanez@sistemafiep.org.br

¹⁵ Docente Faculdade da Indústria SENAI Londrina. e-mail: wesley.candido@sistemafiep.org.br

A Proposal for Measuring Fuel Levels in Reservoirs commercials

ABSTRACT

The metering central system of the fuel tank level has a much high value, because of the equipments used in its construction. The prototype of this metering level were developed with low costs equipments, allowing to lower values in the system instalation, even if the prototype has the capacity of collect and storing datas inside the ThingSpeak and has a conection with an Android App, will reduce its value. This prototype succeeded collecting the reservoir data and send it to ThingSpeak, generating a graphic indicating the quantity and percentage, other than being monitorated by and Android App.

Key-words: Level, Cloud, IoT System, Raspberry pi.

3. INTRODUÇÃO

O termo precisão de medidas é um fator importante para atender as necessidades de qualidade da instrumentação industrial. Tal termo está relacionado a diversos setores como farmacêutico, químico, alimentício, minerações e bebidas (LUIS, 2016).

Na história, grandes nomes marcaram suas contribuições. Em 1502 Leonardo da Vinci observou que a quantidade de água por unidade de tempo que escoava em um rio era a mesma em qualquer parte, independente da largura, profundidade e inclinação. Mas o desenvolvimento de dispositivos práticos só foi possível com o surgimento da era industrial e o trabalho de pesquisadores como Bernoulli, Pitot e outros (CASSIOLATA; ALVES, 2006).

A medição de fluidos está presente no dia a dia de muitas pessoas. Por exemplo no hidrômetro de uma residência, no marcador de uma bomba de combustível nos veículos, ou no medidor de níveis de tanques. A medição de nível de um tanque em um posto de combustíveis, por exemplo, consiste em um vaso jaquetado que possui sondas de nível e comunicação serial a uma central para a transmissão dos dados de leitura.

A automação industrial juntamente com a instrumentação está crescendo rapidamente devido ao aprimoramento das tecnologias, à necessidade de trabalho e a adaptação dos funcionários. Com isso, há a melhoria dos resultados de qualidade e eficiência, aliado a redução do tempo de processo.

A automação de tanques de combustíveis para a medição de nível tem grande importância em um processo, pois a precisão em medidas aliada a correta calibração acarreta em um rápido tempo de resposta, otimizando o processo produtivo, e assim resultando em melhorias ao consumidor e ao proprietário do posto.

Os sistemas automatizados são frequentemente encontrados nos ramos industriais, desde simples a complexos controles automatizados. Esses são baseados em uma interação entre software e hardware. Podemos citar softwares como os ambientes de desenvolvimento de programação tais como RSLogix 5000 e a IDE RaspBerry e softwares para a criação de interface Homem-Máquina, tal como o Visual Basic C#. Para os hardwares pode-se citar os microcontroladores, controladores e os circuitos integrados (CIs).

Em Weissmann, Douglas, et al, (2012), o autor utiliza três computadores, um HUB, um potenciômetro para calibração no monitoramento de nível. O projeto realiza a leitura de três tanques de combustível com sensores ultrassônicos e enviam dados para três IHMs (Computadores). Por meio da internet os dados são compartilhados com o cliente e com um servidor Web.

Em Luis, (2016) o autor realiza a medição de nível de líquido utilizando um microcontrolador Arduino, por meio de um sensor ultrassônico para monitorar o nível de combustível. O projeto teve as expectativas bem-sucedidas conseguindo verificar a medição e vazão de combustíveis com sucesso, porém não remetem às aplicações industriais.

Atualmente, os equipamentos que realizam medição dos tanques de combustíveis possuem uma central não automatizada que usando processo manual para impressão dos dados do tanque, acarretando em dependência de um colaborador para execução da impressão do histórico, controle e tomada de decisões.

Já existem centrais automatizadas que realizam a leitura e comunicação com um aplicativo de celular por meio da conexão com a internet podendo ter o controle em tempo real. Porém, o elevado custo destas centrais se torna um ponto negativo.

Este trabalho tem como objetivo implementar um controle automatizado de nível em postos de combustível por meio do microcomputador Raspberry. O projeto oferece opção de baixo custo quando comparado a soluções existentes no mercado, e poderá ser acessado em tempo real por meio de um controle supervisionado. Para criação do Protótipo foram usados os conceitos de microcontroladores, microcomputadores e sensores como veremos a partir do tópico 2.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nos postos de combustíveis é utilizado sistemas de medição de nível como o sistema da Excelbr que tem o ELS que monitora os tanques com sondas e são capazes de perceber a inclinação de um tanque e mandar os dados online a quantidade de combustível exata usando assim utilizando o conceito IoT (Internet das Coisas). Disponível em: < <http://excelbr.com.br/medicao-de-tanque-e-monitoramento-ambiental/>>

Um outro sistema que é utilizado no mercado é o da OPW Console SiteSentinel Nano que traz uma tela interativa e conexão com a internet mostrando o monitoramento em tempo real.

Disponível em: < <http://www.opwbrasil.com.br/produto/console-sitesentinel-nano/> >

A grande dificuldade dos comerciantes de combustíveis na implantação desse sistema de monitoramento é o custo. Assim, a criação do protótipo que será apresentada nos próximos tópicos, tem um custo mais reduzido.

2.1 SISTEMAS EMBARCADOS

Sistemas embarcados são dispositivos que podem ser encontrados em qualquer lugar, de aplicações residenciais a controladores de processos críticos como aviação ou equipamentos médicos.

Almeida, Rodrigo Maximiano et al. (2016) afirma que: “Outro grande motivador é o advento da internet das coisas, plataformas embarcadas que possuem acesso à internet, várias empresas multinacionais vêm investindo nesta área (Intel, Oracle, Advantech, Dell) e as universidades começam a perceber a escassez de mão de obra no mercado”. O sistema embarcado utilizado nos microcontroladores podem substituir as centras de medição existentes com o mesmo desempenho e menor custo.

2.2.1 Microcontroladores e circuito de prototipagem

Os microcontroladores são circuitos integrados programáveis, que podem ser conectados a sensores, atuadores em seus pinos de entrada e saída. Segundo Pietro (2004, cp.1 pág. 15), um microcontrolador é um CI capaz de efetuar processos lógicos com extrema rapidez e precisão. A grande vantagem deste CI é a sua possibilidade de programação, o que o torna adaptável à finalidade desejada, e que possibilita seu ajuste de acordo com a tarefa que deverá executar.

O Arduino é um circuito que foi desenvolvido com o objetivo de ajudar estudantes e pesquisadores na prototipagem de *software*, podendo ser usado em projetos. Se trata de uma plataforma aberta com grande possibilidade de comunicação entre Shields e sensores. Neste projeto, utiliza-se o Arduino como interface de

conversor A/D cujo objetivo é realizar a leitura do sensor e trocar dados com o Raspberry Pi. A placa Arduino UNO está ilustrada na Figura 1.

Figura 1: Plataforma Arduino UNO



Fonte: Autoria própria (2019)

A Tabela 1 apresenta as características e especificações da plataforma Arduino UNO.

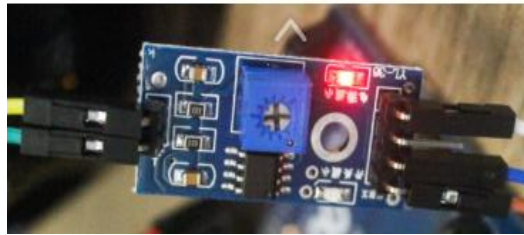
Tabela 1: Características do Arduino UNO

Corrente de entrada	5v
Corrente de saída	3.3 – 5v
Microcontrolador	Atmel
Entrada/Saída Digital	14
Entrada/Saída Analógica	5

2.2.1 Sensores

Em sistemas de controle de variáveis de processo, se faz necessário a utilização de sensores para aquisição dos sinais da variável controlada. Assim, para esta pesquisa foram utilizadas um módulo de sensor de umidade e uma boia de nível resistiva. Assim, o sensor de modelo LM393 utilizado nesta pesquisa está ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Módulo Sensor de Umidade do Solo.



Fonte: Autoria própria (2019)

O referido sensor possui uma saída digital (D0), e uma saída analógica (A0). O sinal digital é ajustado através de um potenciômetro presente na placa comparadora. A Tabela 2 informa as especificações do sensor.

Tabela 2: Características do módulo LM393

Tensão	3.3 – 5v
Sensibilidade	Ajustável via potenciômetro
Saída	TTL (DO) e analógica (AO)
Dimensões	30mm x 16mm
GND	GND

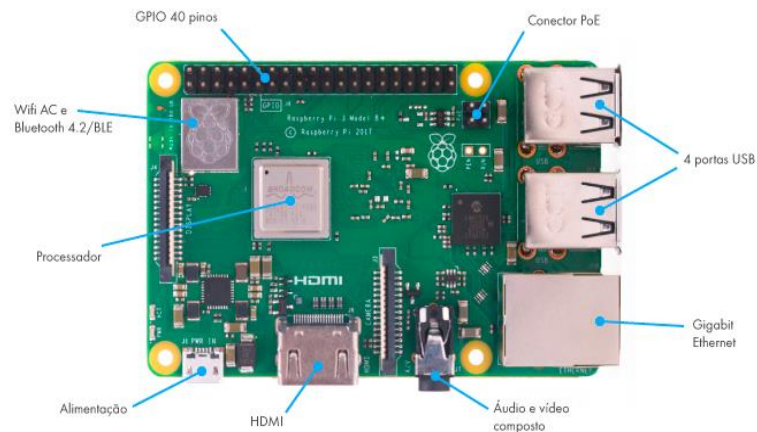
Fonte: Baú da Eletrônica

2.4 Microcomputador Raspberry Pi 3

Com os avanços na tecnologia na área de *hardware*, os dados que antes eram transmitidos por computadores *desktops* hoje podem ser facilmente tratados por computadores que cabem na palma da mão, resultando em espaço e mobilidade ao controlar circuitos em pequenos espaços físicos.

A Raspberry Pi Foundation (Fundação Raspberry Pi), criou o microcomputador no ano de 2009 e tendo uma evolução contínua sua última versão é o Raspberry Pi 3B+ que suporta sistemas operacionais e traz a IDE para programação em Python e com um *hardware* capaz de processar e armazenar dados de forma eficiente uma grande vantagem é seu tamanho físico que facilita a instalação em pequenos ambientes como ilustra a Figura 3.

Figura 3: Microcomputador Raspberry PI 3



Fonte: Filiflop

Podemos verificar as especificações técnicas do Raspberry Pi 3 na Tabela 3.

Tabela 3: Características do Microcomputador

Entrada de Fonte DC micro USB	5v/2.5A
Processador Broadcom	BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1.4GHz
Rede	wireless LAN(RJ45), Bluetooth
USB	4 Portas
GPIO	40 PINOS
CONECTOR CSI/DSI	Câmera/display capacitivo
Saída de vídeo/áudio	Plug P4
Slot cartão micro SD	Para carregamento do OS e armazenamento de arquivos
Transmissão de Vídeo	HDMI

Disponível em: <<https://blog.fazedores.com/nova-raspberry-pi-3-b-plus/>>

2.5 SISTEMA IoT

O sistema IoT (*Internet of Things*) possibilitou o controle dos equipamentos através da internet, podendo efetuar ações e monitoramento por meio de smartphones, tablet, notebook e computadores. Com o auxílio de aplicativos, é possível efetuar acionamento de sistema de irrigação em jardins de residências e bem como monitorar o nível de um tanque de combustível em um posto.

“...O sistema IoT segundo Ashton, (1999) Se tivéssemos computadores que soubessem tudo sobre as coisas em geral - usando dados que coletassem sem a nossa ajuda - seríamos capazes de rastrear e contar tudo, e reduzir bastante o desperdício, a perda e os custos. Nós saberíamos quando é necessário substituir, reparar ou fazer um recall de um produto, e se estão

novos ou ultrapassados. Precisamos capacitar os computadores com seus próprios meios de coletar informações, para que possam ver, ouvir e cheirar o mundo sozinhos, com toda a sua glória aleatória. O RFID e a tecnologia de sensores capacitam os computadores a observar, identificar e entender o mundo sem as limitações dos dados inseridos pelos humanos.”

2.5.1 Web Server

Usando o Aplicativo que foi desenvolvido para plataforma Android podemos fazer com que o cliente acesse os seus dados com mobilidade através do Aplicativo criado para esse objetivo, podemos observar as telas do Aplicativo, na Figura 4.

Figura 4: Aplicativo para Smartphone



Elaborado pelo Autor (2019)

Dessa forma pode-se visualizar o nível do tanque de forma rápida e de onde o cliente estiver.

2.5.2 Nuvem da internet

Com a chegada da tecnologia na área de automação industrial, a quantidade de transmissão e recepção de dados tem aumentado continuamente no processo de produção. A definição de nuvem é uma estrutura de computadores que proporciona serviços aos seus usuários através da Internet.

Como a necessidade de armazenamento em um Big Data várias empresas surgiram oferecendo o serviço em Nuvem (Cloud) como por exemplo: Dropbox,

Google Drive e ThingSpeak da Matlab. A metodologia empregada na coleta de dados e no desenvolvimento deste projeto será relatado no Capítulo 3.

3 METODOLOGIA

Este estudo é quantitativo, pois serão coletados dados do nível de combustível de um tanque, onde serão enviados a nuvem para geração de gráficos para monitoramento. Os testes foram realizados em um protótipo experimental.

3.1 Montagem do Protótipo

Para a montagem do protótipo foi conectado da porta USB do Arduino com a porta R232 do Raspberry. O Arduino foi conectado com o módulo sensor de umidade (PCB) através da porta de Entrada Analógica A0 e conexão de tensão 3.3v e GND.

O Raspberry pi 3 foi usado como Mestre e o Arduino Uno como escravo. Assim, o arduino possui como função receber o sinal do sensor de umidade conectado aos sinais da boia enviando para o Raspberry pi 3 conforme (Apêndice A). Com os sinais coletado a traves de código o Raspberry pi 3 faz o tratamento dos sinais e envia para o ThingSpeak (Nuvem) conforme (Apêndice B).

3.3 Programação de monitoramento via WiFi

Por meio do Raspberry pi 3 com a wi-fi on-board é feita a comunicação de monitoramento dos dados coletados que são armazenados no Web Service. Foi criado Web Server, com código fonte desenvolvido na IDE Spring Tools Suíte na linguagem Java. O Web Server foi hospedado na plataforma FireBase, para a conexão com o ThingSpeak (Conforme Apêndice D).

Para execução do monitoramento do nível de líquido do reservatório foi utilizado um raspberry como mestre e um microcontrolador Arduino UNO como escravo. Foi utilizado um módulo de umidade e um sensor resistivo de nível de veículo Monza 87. No Microcontrolador Arduino UNO foi desenvolvido um código para receber o sinal enviado pelo sensor de umidade que está conectado ao sensor (boia).

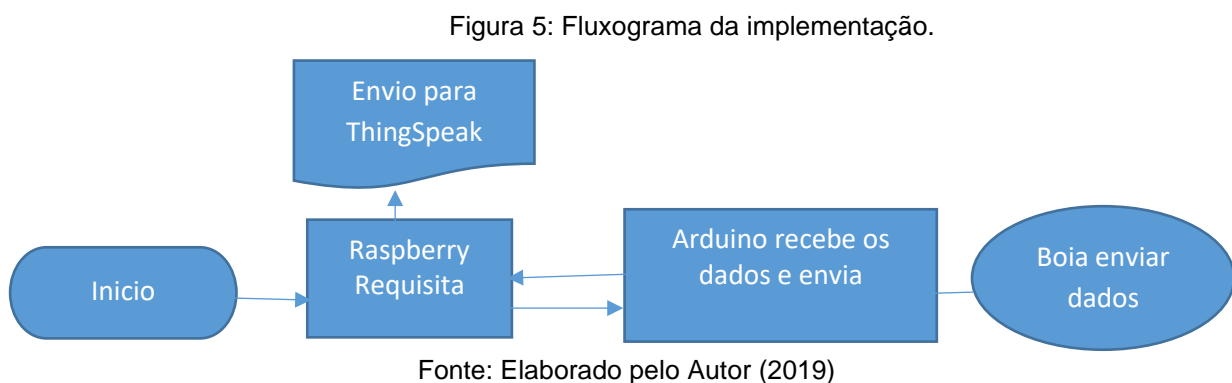
(Conforme Apêndice D). Para o envio de dados a nuvem, foi criado um código fonte de rotina para efetuar a conexão com a cloud da ThingSpeak.

Na comunicação com ThingSpeak foi implementado, um código de programação responsável por fazer a aquisição dos valores em litros e o percentual do reservatório. Foi necessário a implementação de comando para possibilitar o envio de dados a nuvem e gerar gráficos.

3.3.2 Nuvem ThingSpeak

Foi usada uma nuvem para gerar gráficos e armazenar os dados. A nuvem é da empresa Matlab e foi necessário a criação de uma conta para acesso. Após a confirmação da conta, foi criado 1 canal e 2 campos para a geração dos gráficos de litro e porcentagem. Cada canal é identificado por uma numeração e possui chaves escritas para a sua identificação. Esses dados são inseridos no código fonte para efetuar a comunicação com a nuvem.

Para armazenar os dados coletados à nuvem, são exportados manualmente em formato de arquivo JSON, XML, orCSVdata para uma região de armazenamento conforme ilustra o diagrama da Figura 5.



4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste tópico são apresentados, os resultados do envio de dados monitorados a nuvem, obtidos com os testes aplicados no protótipo apresentado neste trabalho.

4.1 Monitoramento do Nível

A comunicação do Raspberry, com a rede de WiFi, não ocorreu nenhum tipo de ruído, para a verificação foi usado o software para requisição dos dados IDE Python como mostrado na Figura 6, código conforme (Apêndice D).

Figura 6: Dados requisitados e enviados por código python

```
import serial
import time
import http.client as httpplib, urllib
```

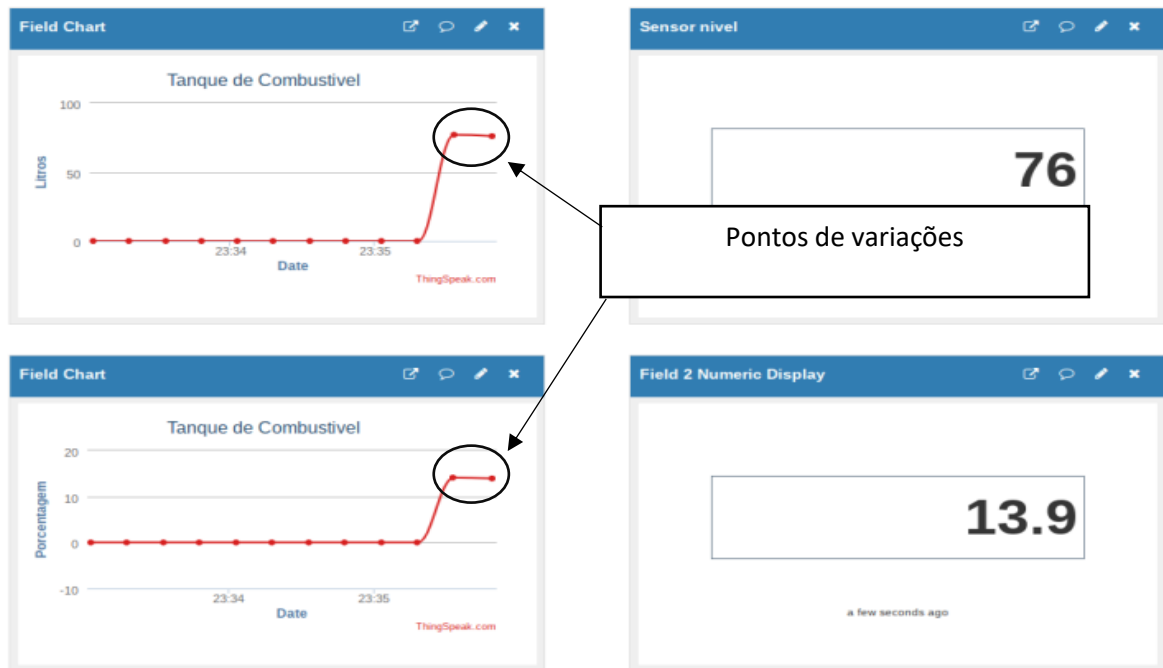
```
32
33 headers = {"Content-type": "application/x-www-form-urlencoded", "Accept": "text/plain"}
34
35 conn = httpplib.HTTPConnection("api.thingspeak.com:80")
36 conn.request("POST", "/update", params, headers)
37
```

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

Onde o parâmetro Headers é responsável do tipo do conteúdo que será utilizado e Conn request = especifica o método http, caminho, parâmetros e cabeçalho.

O Shell do Python gerou informações necessárias para enviar para o ThingSpeak e assim podendo monitorar o nível do tanque. Os sinais aqusitados em tempo real são ilustrados na Figura 7.

Figura 7: Gráfico da quantidade de Litros no recipiente



Fonte:Elaborado pelo Autor (2019)

Assim a Figura 7 ilustra a aplicação no Smartphone com o Web Server e com o ThingSpeak (Nuvem) trazendo os dados em tempo real e com a possibilidade de retirada de relatório mostrando os valores mensurados: litros, porcentagem, data e hora.

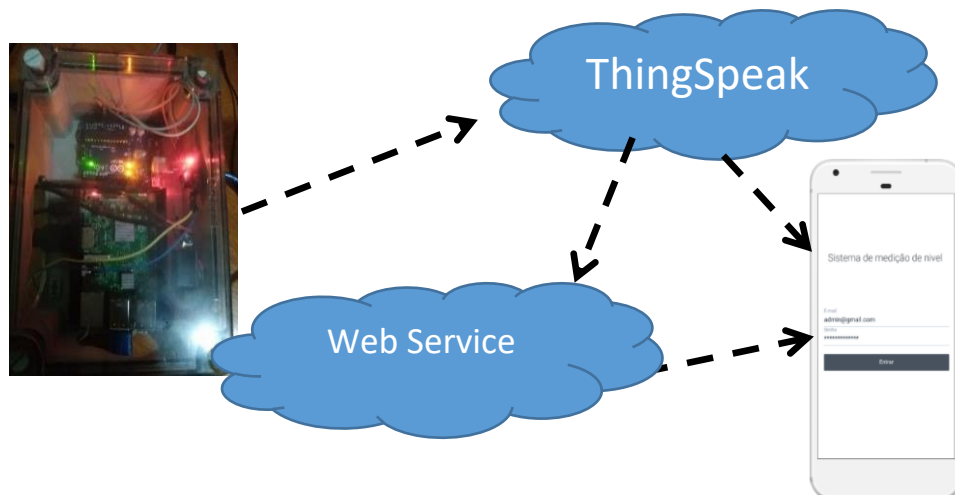
4.2 Monitoramento e aquisição de dados

Os dados coletados pelo protótipo de monitoramento foram enviados a nuvem e gerados os gráficos de litros consumido e porcentagem em tempo real, onde também foi utilizado um alicate amperímetro para comparação dos dados coletados.

Os dados coletados na quantidade de litros, são relatados conforme o horário de acionamento. Deste modo, percebe-se na Figura 7, que as 23:35pm, o valor em Litros era de 76. Observa-se uma leve variação que foi causada pelo sensor (boia) utilizada, houve várias tentativas de calibragem do sinal porem não foi corrigido a variação. Assim, a Figura 8 ilustra a metodologia de conexão entre os dispositivos e o banco de dados.

Figura 8: Conexão entre os dispositivos e o banco de dados

Protótipo



Elaborado pelo Autor (2019)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Protótipo teve uma conexão estável dos dispositivos e em sua montagem o Raspberry se comunicou sem problemas com o Arduino, que coletou os dados do sensor (boia), através do modulo de comparador de tensão. O referido modulo realiza a leitura da tensão enviada pelo sensor (boia). Com o ciclo do processo completo foi feito um tratamento dos dados através de programação Python.

A comunicação do código fonte com ThingSpeak foi automática apresentando gráficos a cada mudança de nível do reservatório, com os dados na nuvem foi realizado uma comunicação com o Firebase (Banco de Dados).

O aplicativo criado para comunicação remota inicialmente funcionou normalmente, mas ao longo dos dias com o dispositivo ligado e enviando dados para o banco de dados, pode-se perceber o travamento do app e pelo fato da conta criada no FiriBase (Banco de Dados) ser gratuita a quantidade de Armazenamento era limitada.

No entanto ouve muito ruído no sensor utilizado (boia automotiva) podendo ser melhorado com a mudança do sensor que não foi utilizado nesse projeto pelo custo, o uso do microcontrolado SP32.

REFERÊNCIAS

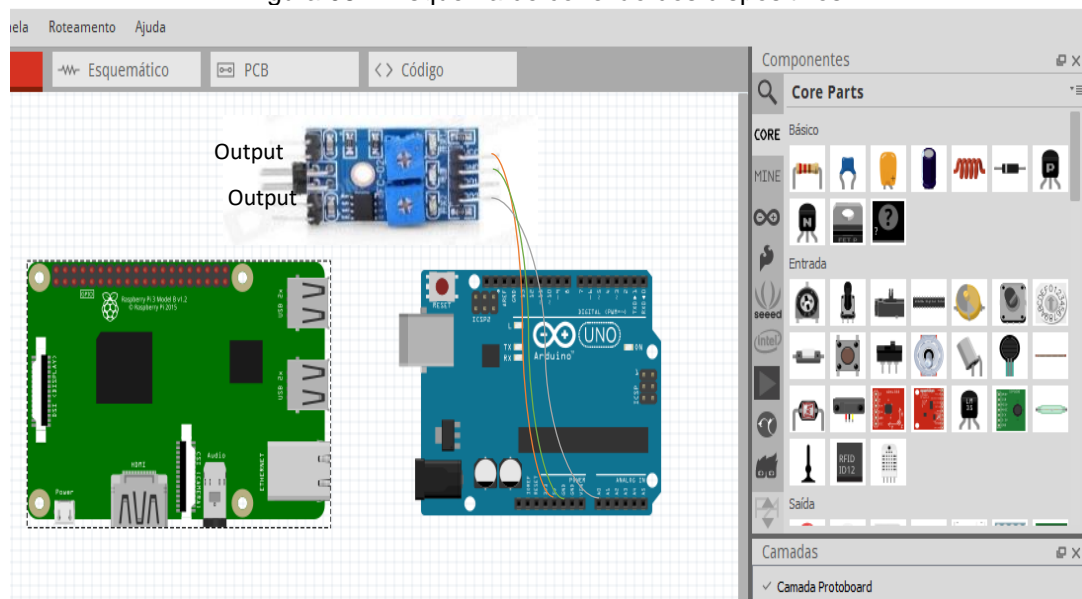
- ASHTON K. **A Coisa da Internet das Coisas**. Disponível em: <https://www.cisco.com/c/dam/global/pt_br/assets/brand/iot/iot/pdfs/lopez_research_an_introduction_to_iiot_102413_final_portuguese.pdf>, Acesso em: 14/03/2019.
- ALMEIDA, R. et al. **Programação de Sistemas Embarcados**. São Paulo: Elsevier, 2016.
- CASSIOLATO, C.; ALVES, E. **Mecatrônica Atual**. 5ed. São Paulo: Ed Saber, 2012.
- DIOVANE P. **MICROCONTROLADOR** 01-12-2004 Disponível em: < http://www.unipac.br/site/bb/bb_tcc_res.php?id=352> Acesso em 14/03/2019.
- LUIS, D. Sistema de Controle de Medição de Vazão para Bombas Peristálticas. **Monografia - Universidade Federal Ouro Preto**, 2016.
- LEAL, F. **O que é a Nuvem**. _____ Disponível em: < <https://www.fabricadejogos.net/posts/artigo-o-que-e-nuvem/>> Acesso em: 14/03/2019
- WEISSMANN D. et al, Sistema de Monitoração Remoto do Volume de Combustível em Tanques de Posto de Abastecimento. **Monografia - Universidade de Taubaté**, 2012.

APÊNDICES

Apêndice A

A Figura 08A apresenta a montagem do Protótipo.

Figura 08A: Esquema de conexão dos dispositivos.



Elaborado pelo Autor (2019)

Apêndice B

A Figura 09B apresenta o canal criado no ThingSpeak para apresentação dos dados.

Figura 09B: Informações do canal

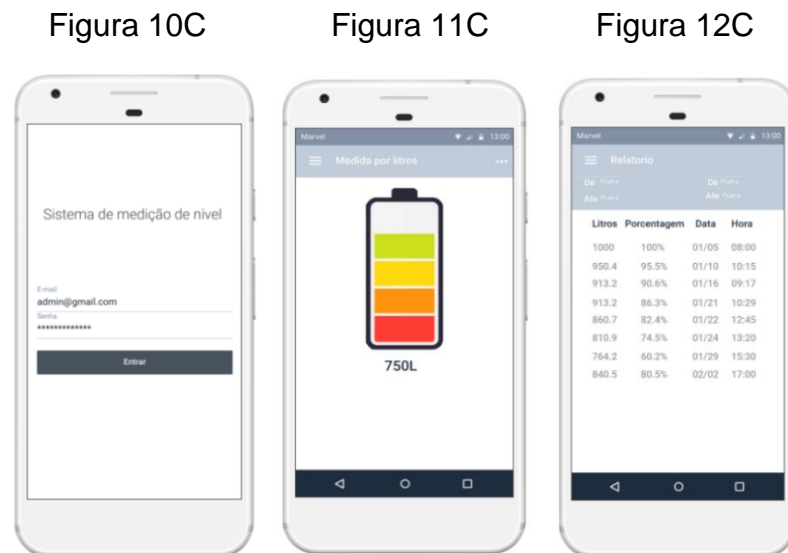
Nome	Criada em	Updated
Tanque de Combustível	2019-03-05	2019-03-16 18:22

Private Públicos Settings Sharing API Keys Data Import / Export

Elaborado pelo Autor (2019)

Apêndice C

As Figuras 10C, 11C e 12C mostram o aplicativo de monitoramento, apresenta a tela de log (Figura 10C), a tela ilustrativa da quantidade de combustível (Figura 11C) e a tela de relatório (Figura 12C).



Elaborado pelo Autor (2019)

Apêndice D

A Figura 13E apresenta o código que foi implementado para comunicação com sensor.

Figura 13E: Código Fonte para leitura de dados do se

```

nive_arduino | Arduino 1.8.8
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
nive_arduino
#define pinBoia A0

int valor;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  Serial.println(analogRead(pinBoia));

  valor = analogRead(pinBoia);
  valor = map(valor, 500, 0, 0, 100);
  Serial.print(valor);
  delay(5000);
}
Carregado.

```

Elaborado pelo Autor (2019)

Apêndice D

O Código de comunicação do Raspberry com o Arduino e com o ThingSpeak apresentado na Figura 14D

Figura 14D: Código Fonte Python

```
1 import serial
2 import time
3 import http.client as httpLib, urllib
4
5 comunicacaoSerial = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600)
6
7 apiKey = "K27DMMNC5XY9R47G"
8
9 def p(porcentoal):
10     valorAtual = int(porcentoal)
11     valorMax = 500
12
13     if valorAtual <= valorMax:
14         return (valorAtual*100)/valorMax
15     elif valorAtual > valorMax:
16         return (valorMax*100)/valorMax
17
18 while True:
19     valor = comunicacaoSerial.readline()
20     #print(valor.decode("utf-8"))
21     litros = float(valor.decode("utf-8"))
22     porcento = float(valor.decode("utf-8"))
23
24     .
25
26     n = p(porcento)
27
28     print(litros)
29     print(n, "%")
30
31
32     params = urllib.parse.urlencode({'field1': litros, 'field2': n, 'key': apiKey})
33
34     headers = {"Content-type": "application/x-www-form-urlencoded", "Accept": "text/plain"}
35
36     conn = httpLib.HTTPConnection("api.thingspeak.com:80")
37     conn.request("POST", "/update", params, headers)
38
39     response = conn.getresponse()
40
41     print(response.status, response.reason)
42     print("")
43
44     conn.close()
45
46     time.sleep(0.5)
47
```

Elaborado pelo Autor (2019)

e-TEC

Revista de
Tecnologia e
Ciência -
V4-2020