

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS - *CAMPUS AVANÇADO*
ARCOS BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

André Luís dos Santos Brito

**PROJETO CONCEITUAL DE DISPOSITIVO SEMIAUTOMÁTICO PARA
ROSQUEAMENTO DE RETROVISORES**

Arcos
2022

ANDRÉ LUÍS DOS SANTOS BRITO

**PROJETO CONCEITUAL DE DISPOSITIVO SEMIAUTOMÁTICO PARA
ROSQUEAMENTO DE RETROVISORES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Arcos
2022

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - *Campus Avançado Arcos*

B862p
2022

Brito, André Luís dos Santos.
Projeto conceitual de dispositivo
semiautomático para rosqueamento de
retrovisores. / André Luís dos Santos Brito. -
Arcos, 2022.
48 f. : il. color.

Orientador: Marcos Paulo Gonçalves Pedroso.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação
em Engenharia Mecânica) - Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais –
Campus Avançado Arcos.

1. Automação. I. Pedroso, Marcos Paulo
Gonçalves (orientador). II. Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais –
Campus Avançado Arcos. III. Título.

CDD: 629.89

Elaborada por Meriely Ferreira de Almeida- CRB-6/2960



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS

Campus Avançado Arcos

Diretoria de Ensino

Docentes Área Técnica

Av. Juscelino Kubitschek, 485 - Bairro Brasília - CEP 35588000 - Arcos - MG
3733515173 - www.ifmg.edu.br

Ata de Avaliação de Defesa de TCC

Aos quinze dias do mês de junho de dois mil e vinte e dois, às quatorze horas, se reuniu a banca composta pelo **Prof. Dr. Marcos Paulo Gonçalves Pedroso** (orientador), Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Avançado Arcos; **Prof. Me. Maurício Lourenço Jorge**, Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Avançado Arcos; **Prof. Dr. Marcos Gonçalves Júnior**, Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Avançado Arcos; para avaliar o trabalho intitulado “**PROJETO CONCEITUAL DE DISPOSITIVO SEMIAUTOMÁTICO PARA ROSQUEAMENTO DE RETROVISORES**”, apresentado pelo aluno **André Luís dos Santos Brito**, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Engenheiro Mecânico. Após apresentação e arguição, emitiu-se o parecer “**APROVADO**”, sendo a verificação das modificações sugeridas de responsabilidade do orientador. Para fins de registro na disciplina Trabalho Acadêmico Integrador X, a banca avaliadora emite, em consenso, o conceito final 60. Nada mais havendo a tratar a defesa foi encerrada às quinze horas e quinze minutos e eu, Marcos Paulo Gonçalves Pedroso, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada, foi assinada por todos os avaliadores.

Arcos, 30 de junho de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Marcos Paulo Gonçalves Pedroso, Professor**, em 30/06/2022, às 15:48, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Mauricio Lourenco Jorge, Professor**, em 01/07/2022, às 09:22, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Marcos Gonçalves Junior, Professor Substituto**, em 01/07/2022, às 10:45, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **1238976** e o código CRC **CDA8D77D**.

23808.000660/2022-14

1238976v1

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar condições de buscar os meus objetivos e por sempre me acompanhar nessa caminhada que chamamos de vida.

A minha mãe, por me guiar em toda a minha trajetória, pelo carinho e apoio em todas as fases que passamos juntos, por nunca desistir de me fazer uma pessoa melhor e de não medir esforços, para que hoje eu pudesse chegar nesta etapa de minha vida.

A minha irmã, por sempre me lembrar que sou amado e me mostrar o mundo da forma que uma criança é capaz de enxergar.

A minha namora, Luísa e sua mãe Laurinda, que nos momentos difíceis me confortaram com todo apoio, carinho e dedicação, me dando forças para continuar.

Aos meus amigos, Jhonata Igor e Gabriel Sander, que certamente, levarei da graduação para a vida, por todo auxílio, ideias, críticas, cobranças e companheirismo.

Por último, mas não menos importantes, todos que diretamente ou indiretamente contribuiu para minha evolução pessoal.

*"Os outros sonham com coisas que foram,
e se perguntam "Por quê? ". Eu sonho com coisas
que nunca foram, e me pergunto "Por que não? ".*

Cardeal Sain-Saens

RESUMO

A expansão da automação e o desenvolvimento de novas tecnologias e métodos contribuem também para uma produção rentável, eficiente e de qualidade, além de incrementar os projetos de engenharia, tornando-os mais sofisticados e adequados para suas respectivas funções. Este trabalho tem o objetivo de apresentar um projeto conceitual de um dispositivo que poderá atuar no processo de montagem de retrovisores para motocicletas, através da conceituação do dispositivo, modelagem 3D, montagem do circuito de automação e uma estimativa de seu desempenho em condições ideais. Neste momento, no interior de São Paulo uma montadora de motocicletas terceiriza parte da montagem de seus retrovisores, onde o serviço fornecido é inserir uma polaina, e em seguida rosquear uma porca na haste dos retrovisores, caracterizando assim uma peça produzida ao fim desta etapa. Atualmente, o prestador do serviço executa essa função de forma totalmente manual com o auxílio de mais pessoas, e sua produção é de no mínimo 10.000 peças ao dia. Dessa forma, este projeto propõe conceituar as partes mecânicas e de automação, de um dispositivo para auxiliar o prestador do serviço, na etapa de inserção das borrachas protetoras (polainas) e suas respectivas porcas, na haste do retrovisor, estimando uma redução do tempo de 2,88 segundos para 1,67 segundos a cada haste montada.

Palavras-chave: Projeto conceitual, automação, dispositivo, processo de produção.

ABSTRACT

The expansion of automation and the development of new technologies and methods also contribute to profitable, efficient and quality production, in addition to increasing engineering projects, making them more sophisticated and suitable for their respective functions. This work aims to present a conceptual design of a device that can act in the process of assembling mirrors for motorcycles, through the conceptualization of the device, 3D modeling, assembly of the automation circuit and an estimate of its performance under ideal conditions. At this moment, in the interior of São Paulo, a motorcycle manufacturer outsources part of the assembly of its mirrors, where the service provided is to insert a gaiter, and then screw a nut on the rod of the mirrors, thus characterizing a part produced at the end of this stage. Currently, the service provider performs this function completely manually with the help of more people, and its production is at least 10,000 pieces per day. In this way, this project proposes to conceptualize the mechanical and automation parts of a device to assist the service provider, in the step of inserting the protective rubbers (gaiters) and their respective nuts, on the mirror rod, estimating a reduction in the time of 2.88 seconds to 1.67 seconds per rod mounted.

Keywords: Conceptual design, automation, device, production process.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Retrovisor modelo deste projeto.....	14
Figura 2 – Componentes de trabalho.....	15
Figura 3 – Mecanismo de regulagem do fluxo de vapor.....	17
Figura 4 – Microcontrolador.....	19
Figura 5 – Motores de passo.....	20
Figura 6 – Sensor de aproximação.....	21
Figura 7 – Vista superior do tambor.....	22
Figura 8 – Etapas da Produção.....	24
Figura 9 – Peças Montadas.....	25
Figura 10 – Dimensões dos componentes de Trabalho.....	26
Figura 11 – Esboço do projeto.....	26
Figura 12 – Desenho Técnico.....	27
Figura 13 – Modelagem do Equipamento.....	28
Figura 14 – Sensor I8 1 DNA - K8.....	30
Figura 15 – Motor WS23-0150-30-4.....	30
Figura 16 – Circuito.....	31
Figura 17 – Fluxograma do Script.....	32
Figura 18 – Modelo representativo do dispositivo.....	33
Figura 19 – Dispositivo Impresso.....	35
Figura 20 – Ilustração do Circuito da Automação.....	36
Figura 21 – Relação de torque e velocidade do motor de passo.....	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Justificativa.....	13
1.2	Objetivos.....	14
1.2.1	<i>Objetivo Geral.....</i>	<i>14</i>
1.2.2	<i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>14</i>
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1	Automação.....	16
2.2	Projeto de Máquinas.....	17
2.3	Máquinas de Automação.....	18
2.3.1	<i>Microcontroladores.....</i>	<i>19</i>
2.3.2	<i>Motores de passo.....</i>	<i>20</i>
2.3.3	<i>Sensores.....</i>	<i>21</i>
2.4	Alimentadores vibratórios.....	22
2.5	Cronoanálise.....	24
3	METODOLOGIA.....	25
3.1	Conceito.....	26
3.2	Modelagem 3D.....	29
3.3	Alimentação e rosqueamento por automação.....	30
3.3.1	<i>Seleção dos componentes para Automação.....</i>	<i>30</i>
3.3.2	<i>Circuito.....</i>	<i>32</i>
3.3.3	<i>Código.....</i>	<i>33</i>
3.4	Tempo Estimado do Processo Manual.....	34
4	RESULTADOS.....	37
4.1	Impressão do Dispositivo e Representação do Circuito de Automação.....	37
4.2	Tempo Estimado da Operação Manual.....	38
4.3	Tempo Estimado da Operação Automática.....	39
4.4	Análise Estimada de Desempenho do Dispositivo.....	42
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
	APÊNDICE ASCRIP DA AUTOMAÇÃO.....	46
	APÊNDICE DESENHO TÉCNICO.....	48

1 INTRODUÇÃO

O processo de produção de um produto consiste em uma sequência conjunta de pequenas etapas que buscam atender as especificações do projeto, por meio de estratégias para otimização do processo em questão e do auxílio da tecnologia. O desenvolvimento de produtos pode ser considerado um processo crítico que alimenta a competitividade das empresas, e com isso, demandas de novos produtos que surgem e são desenvolvidos para atender os segmentos específicos de mercado, e deste, nasce a necessidade de incorporar tecnologias diversas e eficientes, para que os produtos possam se perpetuarem no mercado cada vez mais seletivo (AMARAL et al., 2017).

Para AMARAL et al. (2017), é por meio dos vários processos que envolvem a produção, que a empresa pode desenvolver novos produtos mais competitivos e em menos tempo para atender à constante evolução do mercado. Esse ambiente de competição estimula o processo de desenvolvimento de produtos e traz consigo a necessidade de estar apto, e se dispor de habilidades e competências, para atuar com dinamismo e flexibilidade.

No intuito de suprir essa necessidade de avanço tecnológico, pra melhoria dos maquinários e dos processos em que eles atuam, surgiram as primeiras formas de automação, inicialmente, para o desenvolvimento de equipamentos de controle e de medição elétrica e pneumática (ROSÁRIO, 2009).

Atualmente, com a evolução e o desenvolvimento de novas tecnologias, métodos e aplicações, a engenharia recebe estímulos para o desenvolvimento de novos projetos cada vez melhores e adequados para as mais diversas situações. E com isso também, tornando os processos de produção ainda mais completos, eficientes e de qualidade. Por essa razão, um prestador de serviço terceirizado que atua na montagem de hastes de retrovisores para uma montadora de motocicletas, situada no interior de São Paulo, requisitou a conceituação de um projeto para melhorar sua produção atual.

Sua produção é baseada em montar retrovisores (Figura 1) para esta montadora de motocicletas, seu processo é simples, porém desgastante e totalmente manual. A cada montagem o operador precisa pegar uma haste, inserir uma borracha protetora (polaina) e finalizar rosqueando com uma porca. Esse processo é feito por três funcionários totalizando em média 10.000 repetições ao dia.

Neste contexto, o prestador busca investir em um dispositivo que possa auxiliá-lo a melhorar seu processo de produção com a redução de operadores e/ou aumentando sua capacidade de produção diária, visto que seu ganho é dado por cada peça montada.

Figura 1 – Retrovisor modelo deste projeto



Fonte: Próprio autor (2022).

1.1 Justificativa

Um produto acabado e de ótima qualidade, é fruto de um processo de produção eficaz, bem estruturado e focado em atender as demandas e necessidades atuais dos clientes sem prejudicar a qualidade do produto. E para acompanhar esse crescimento em larga escala, a utilização de máquinas que suportam a demanda de utilização e requisitos do projeto é de extrema importância. Empresas como, por exemplo, as montadoras de motocicletas, assim como qualquer outra, buscam os melhores meios e mais eficientes para alavancar sua produção. Entretanto, no ambiente cuja mão de obra necessária é excessiva e desgastante, o serviço tende a ser terceirizado, seja, contratando empresas especializadas no ramo ou buscando por trabalhadores autônomos, capazes de prestar o serviço em questão.

Pensando nisso, este trabalho se justifica como a proposta de disponibilizar um projeto conceitual visando otimizar o tempo de produção do processo de montagem dos componentes de trabalho (Figura 2), que atualmente

está sendo feito por mão de obra terceirizada, contratada por uma montadora situada no interior de São Paulo. O requisitante deste projeto é o próprio prestador de serviço, que pretende diminuir o custo com mão de obra e/ou aumentar a quantidade de produtos entregues à montadora.

Este trabalho também é uma opção para os empreendedores que pretendem entrar no ramo da prestação de serviço terceirizado com atuação na montagem de hastes de retrovisores de motocicletas ou para as próprias montadoras, visto que a proposta pretende automatizar o processo e reduzir a mão de obra empregada no serviço.

Figura 2 – Componentes de trabalho



Fonte: Próprio autor (2022).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um projeto conceitual de um dispositivo capaz de automatizar parte do processo de montagem de retrovisores para motocicletas, acoplando a borracha protetora (polaina) e rosqueando a porca de fixação.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Conceituar o projeto;
- Realizar o modelo 3D do dispositivo;

- Esquematizar o processo de automação do dispositivo;
- Estimar o tempo de produção com o auxílio do dispositivo, em condições ideais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este projeto conceitual irá abordar os conceitos de projeto de máquinas, máquinas de automação, automação e seus componentes necessários e cronoanálise para difundir a ideia que será aplicada ao projeto futuro, onde este projeto deverá ser capaz de auxiliar um prestador de serviço às suas funções de montagem de retrovisores de motocicletas para uma montadora situada no interior de São Paulo.

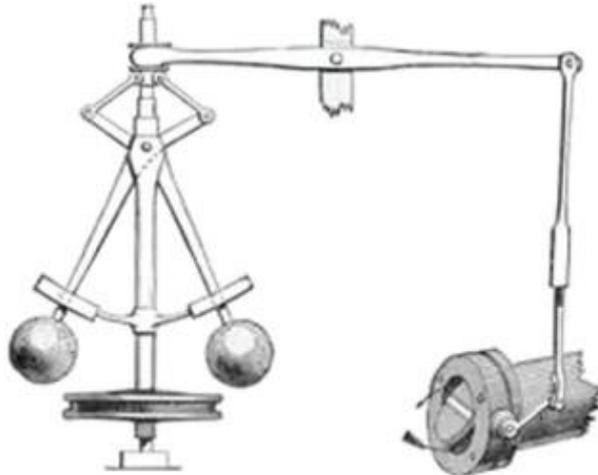
Neste contexto, os conceitos de automação e máquinas de automação e seus componentes serão de extrema importância para um melhor entendimento durante a elaboração do circuito e a escolha de seus componentes, que será sugerida durante a metodologia deste trabalho, assim como a importância deste tema para o embasamento e desenvolvimento do dispositivo, visto que este dispositivo é um projeto único e não foi encontrado semelhante no mercado, até o momento. No entanto, o conceito de projeto de máquinas e suas etapas se fazem importantes para o entendimento do escopo deste trabalho e para a estruturação dos métodos que serão aplicados. Também será tratado os conceitos básicos de cronoanálise, para auxílio do estudo de movimentos e tempo de operação, no processo de montagem dos dispositivos. Embora não faça parte do escopo desse projeto, será introduzido neste tópico as funcionalidades de um alimentador vibratório, visto que este será o responsável de alimentar o dispositivo e garantir o posicionamento correto da polaina e da porca na saída da alimentação.

2.1 Automação

Há tempos que o homem vem se esforçando para mecanizar atividades manuais e repetitivas. Invenções como a roda, o moinho movido por vento ou a ideia de usar a força animal são exemplos disso. Porém, a automação só ganhou destaque na sociedade, no período da revolução industrial, a partir da segunda metade do século XVIII, com o desenvolvimento de um mecanismo de regulação do fluxo de vapor em máquinas, por James Watt. Os sistemas inteiramente automáticos surgiram no início do século XX. Entretanto, bem antes disso, foram inventados dispositivos simples e semiautomáticos, assim como o mecanismo de regulação mencionado acima e representado na Figura 3 (BAYER; ECKHARDT; MACHADO,

2011).

Figura 3 – Mecanismo de regulagem do fluxo de vapor



Fonte: Bayer, Eckhardt e Machado (2011)

A automação pode ser caracterizada como uma tecnologia voltada a sistemas de computadores ou componentes eletromecânicos, para fornecer o controle de operação de determinadas funções, e pode ser utilizada no intuito de dispensar processos manuais que podem demandar tempo ou mão de obra excessiva (ZACCHARIAS; ROCHA, 2016).

Embora possa parecer se tratar do mesmo assunto, a automação se difere do conceito de mecanização. A mecanização se trata do uso de máquinas para realização de trabalhos, projetada para a substituição do esforço físico. No entanto, a automação viabiliza o trabalho por meio de máquinas controladas automaticamente, capazes de se reajustarem em tempo real (COELHO, 1974).

A evolução da automação está diretamente relacionada ao aumento do escopo das atividades. É possível dizer que a automação elevou os limites que havia no setor “chão de fábrica” e buscou fronteiras mais amplas, abrangendo o conceito da automação do negócio, ao invés da simples automação dos processos e equipamentos, abrindo novas perspectivas para os provedores de engenharia com novos projetos para diversos tipos de máquinas e produtos (FILHO, 2000).

2.2 Projeto de Máquinas

Para Norton (2013), o projeto de máquinas está relacionado a dimensionar, dar forma às peças (elementos de máquinas) e escolher dentre os materiais e os processos de manufatura possíveis, o mais apropriado, de modo que o projeto possa atuar na função desejada sem falhar. Para isso é necessário que o engenheiro esteja apto a calcular e prever situações e condições de falha para cada elemento da máquina e, então, realizar o projeto para evitar tais falhas.

Se o projeto em questão não necessitar peças móveis, seu desenvolvimento torna-se simples. Entretanto, uma máquina que não possui peças móveis, não se trata exatamente de uma máquina, e sim, de uma estrutura (NORTON, 2013).

A metodologia utilizada em projetos é necessariamente um exercício da criatividade aplicada de quem o executa. Dentre as várias metodologias de projetos que foram criadas a fim de ajudar o engenheiro a se planejar e enfrentar o problema, algumas contêm somente poucas etapas, e outras, uma lista detalhada de vinte e cinco etapas, tudo com o intuito de auxiliar nos casos em que a definição do problema é vaga ou com poucas soluções possíveis existentes.

Neste contexto, uma dessas etapas se trata do projeto conceitual que é onde ocorre a concepção do produto, por meio do entendimento, elaboração, representação e seleção de uma possível solução. Esta é a fase com maior potencial de otimização de retorno do investimento, representando baixo custo e alto benefício (MOTA et al., 2019).

O objetivo principal desta fase é gerar soluções capazes de satisfazer as necessidades dos clientes e proporcionar base para o projeto detalhado do produto através das respostas às questões do tipo por que, onde, quando e como atingir estas necessidades (MOTA et al., 2019).

2.3 Máquinas de Automação

A utilização dos conceitos de automação empregados a máquinas trouxe consigo uma nova era, onde as empresas são levadas a se aprimorar em busca do destaque em meio aos concorrentes. Com isso, novas pesquisas e projetos surgem nas mais diversas áreas e setores de produção, beneficiando as empresas com os avanços e possibilidade de novas perspectivas e horizontes para seus negócios.

Dentre os vários exemplos, é possível citar a automação de uma fresadora CNC que pode ser controlada por microcontrolador, assim como Fernandes, Castanho e Gomes (2017) propuseram em seu trabalho, automação do controle da quantidade de defensores agrícolas, pulverizados nas plantações, para otimização do processo de plantio (MENEZES et al., 2012), ou até mesmo, a proposta de automação industrial por meio de controladores programáveis no setor de fabricação de borrachas escolares, executado por Silva et al. (2018).

Para o bom funcionamento das máquinas de automação, é necessário um circuito composto de peças eletromecânicas, que através de uma lógica programada terão suas funções determinadas. Essas funções se baseiam em entrada e saída, onde os componentes de entrada são aqueles que irão alimentar com informações o controlador, como exemplo, os sensores e os de saída, aqueles que irão executar uma função, assim como os motores de passos. Os controladores são as peças principais do sistema e são os responsáveis de repassar a lógica programada para garantir o funcionamento da operação, tendo como modelo os microcontroladores.

2.3.1 Microcontroladores

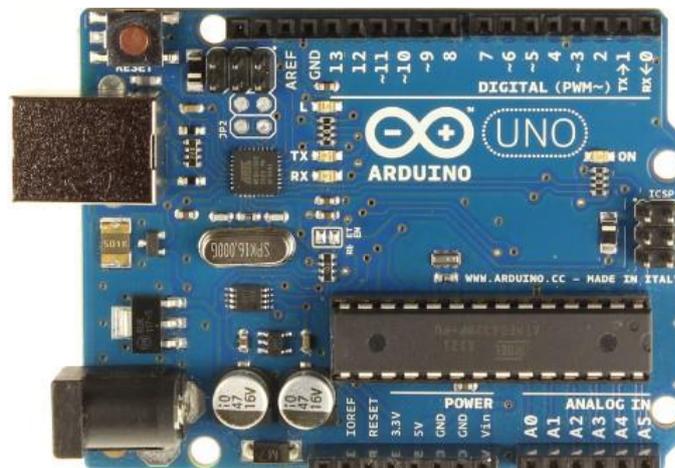
A evolução demasiada da eletrônica, iniciada na segunda metade do século XX, como já mencionado, vem provocando mudanças perceptíveis no homem moderno. É possível perceber essa evolução quando se compara as simples calculadoras de válvulas, da década de 40 com os supercomputadores dos dias de hoje, para isso, um longo caminho foi percorrido. No meio deste caminho, no início da década de 70, surgiram os microprocessadores e os computadores pessoais (ZELENOVSKY; ESPE, 2005).

Com o surgimento de novos componentes por meio da viabilização dos custos e o surgimento de microprocessadores (CPUs) mais poderosos, começaram a ser utilizadas as CPUs mais simples para programar tarefas dedicadas, tais como controle de impressora, reguladores de velocidade, acionadores de motores de passo, etc. Entretanto, a implementação implicará em circuitos complexos e extensos, que na maioria das vezes aumentavam o custo do controlador. Os custos dessas aplicações variavam de acordo com o preço da CPU, dos periféricos, da quantidade de conexões e do tamanho da placa. E para reduzir o valor agregado do circuito, surgiu a ideia de colocar todos estes periféricos dentro do chip da CPU. Em

consequência disto, houve uma viabilização do preço, diminuição do tamanho do circuito e aumento da confiabilidade, somado ao fato de que uma CPU dedicada a um determinado controle, não precisa ser muito rápida nem tampouco ter um conjunto de instruções extenso e poderoso. E assim surgiram os microcontroladores, que são simples, baratos e eficientes (ZELENOVSKY; ESPE, 2005).

Os microcontroladores possuem uma série de recursos incorporados dentro de um único componente integrado, que vem aumentando cada vez mais com a evolução da eletrônica. Com isto, é possível o desenvolvimento de projetos mais simples. Sua utilidade é específica para controle, não apresenta grande capacidade de processamento e por isso não é comum um computador pessoal cuja CPU seja um microcontrolador. Isto não exclui o fato de eles poderem estar presentes em um computador, porém restritos ao uso de controlar periféricos. Usa-se o nome de microcontrolador para designar dispositivos de uso genérico, mas existem vários modelos e tipos que têm aplicações específicas (ZELENOVSKY; ESPE, 2005). A Figura 4 mostra um destes vários microcontroladores disponíveis atualmente.

Figura 4 – Microcontrolador



Fonte: Zaccharias e Rocha (2016)

2.3.2 Motores de passo

Motores de Passo (Figura 5) são componentes eletromecânicos, utilizados como periféricos em um circuito. Esses dispositivos convertem pulsos

elétricos em pequenos movimentos mecânicos, promovendo uma variação angular mínima onde o eixo do motor é rotacionado em pequenos incrementos, que são chamados de “passos”. Esses passos ocorrem quando pulsos elétricos são aplicados em uma determinada sequência nos terminais do motor. A sequência na qual os pulsos são aplicados irá influenciar a direção em que o motor gira. Sendo assim, a velocidade que o rotor exerce é dada pela frequência recebida pelos pulsos e o ângulo rotacionado está diretamente relacionado com o número de pulsos aplicados (SANTOS; BRITES, 2008).

De acordo com Santos e Brites (2008), um motor de passo é uma das melhores opções sempre em que é exigido movimento preciso e controle de fatores como ângulo de rotação, velocidade, posição e sincronismo. Também é muito utilizado devido à sua capacidade de funcionamento nos dois sentidos de rotação, executar paradas prolongadas sem danos, ausência de escovas para prolongamento da vida útil e custo inferior a motores que exercem a mesma função, tais como servomotores. Entretanto, não é um motor para aplicação de torque elevado, tampouco para desenvolver altas velocidades. Contudo, é amplamente utilizado em impressoras, scanners, robôs, automação industrial entre outros dispositivos eletrônicos que requerem precisão (CONSTANDINOU, 2005).

Figura 5 – Motores de passo



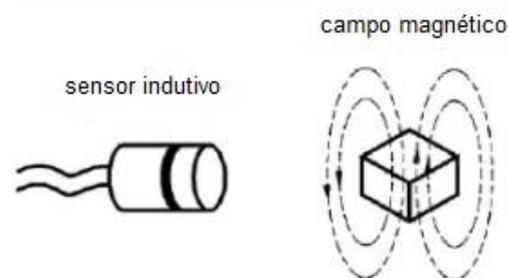
Fonte: Constandinou (2005)

2.3.3 Sensores

Muitos dispositivos eletrônicos que necessitam de uma interação com o mundo exterior, utilizam sensores para medir variáveis do ambiente. De acordo com COELHO (1974), é possível dizer que em todos os sistemas que necessitam controlar algo, se torna indispensável a presença de sensores, para fornecer informações ao controle. Sensores são dispositivos eletrônicos que possuem a função de transformar uma grandeza física, como umidade de temperatura em um sinal elétrico equivalente, podendo essa grandeza também ser, variação de resistência, diferença de potencial, luz, calor, som, pressão e entre outros. Eles podem ser classificados conforme a grandeza medida, o tipo de saída e ainda apresentam características que influenciam sua aplicação como a amplitude e a precisão (JÚNIOR, 2013).

Sensores também podem ser do tipo analógico ou digital. Um sensor analógico produz uma saída proporcional ao valor medido para uma determinada grandeza. Os sensores digitais fornecem como saída um conjunto de bits que podem ser interpretados como um valor decimal inteiro ou racional correspondente a medida da grandeza, sua resolução é determinada pela amplitude do sensor e da quantidade de bits gerados (COELHO, 1974). Como exemplo dos vários tipos de sensores, para as variadas situações está o sensor de aproximação (Figura 6), onde este utiliza das leis de indução eletromagnética de cargas para determinar a presença de objetos.

Figura 6 – Sensor de aproximação



Fonte: Adaptado de COELHO (1974)

2.4 Alimentadores vibratórios

O alimentador vibratório é um equipamento muito utilizado na indústria, quando é necessário receber peças a granel de forma consistente, ou seja, sempre na mesma posição e com igual orientação. As peças que irão alimentar a próxima etapa não precisam ser adicionadas ao alimentador em uma orientação comum, apenas são depositadas no tambor, que logo em seguida, por meio da vibração, serão reorientadas e fornecidas em posição adequada para serem manipuladas pelo próximo processo do sistema, seja ele, automático, ou mesmo manuais. (ABREU, 2002).

Um alimentador vibratório pode ser dividido, fundamentalmente, em duas partes. A primeira, um tambor composto por um caminho disposto em espiral. E a segunda, uma base onde ficará acoplado o sistema vibratório. No momento em que é iniciada a vibração, as peças que se encontram no fundo do alimentador são forçadas a subir ao longo da pista interior até ao local de saída existente no topo do tambor (ABREU, 2002).

O processo de alimentação tem início durante o percurso de subida das peças por meio da vibração (Figura 7); durante o caminho as peças encontram obstáculos, minuciosamente projetados de forma a orientá-las e prepará-las para que estejam na posição ideal para a continuidade do processo na produção. Esses obstáculos também visam redirecionar peças que não se adequaram na posição ideal para o fundo do tambor, de forma que não ocorra engarrafamento entre as peças (ABREU, 2002).

As peças que saem do alimentador vibratório são direcionadas, geralmente por meio da gravidade, para um espaço aonde irão se manter em posição e orientação constantes. É comum que esse local seja isolado do alimentador vibratório. (ABREU, 2002).

Figura 7 – Vista superior do tambor



Fonte: Felizola (2012)

2.5 Cronoanálise

O estudo de tempos, movimentos e métodos refere-se às técnicas que analisam as operações de uma tarefa, objetivando a eliminação de qualquer processo ou parte dele, desnecessária à operação e determinar a melhor forma de executá-la. Basicamente, o estudo de tempos é feito através da medição destes tempos em um cronômetro e do tempo gasto para realização de uma tarefa. No Brasil utiliza-se o termo “cronoanálise” para definir o processo de estudo, medição e determinação dos tempos padrão em uma organização (PEINADO; GRAEML, 2007).

Para Fonseca (2015), cronoanálise é uma técnica de avaliação dos tempos através da cronometragem dos processos, que tem por finalidade, obter o aperfeiçoamento do método de trabalho. A cronoanálise é um método criativo, lógico e requer certo conhecimento em organizações e seus métodos, pois, o aplicador terá que ter raciocínio rápido e lógico, confiança e segurança, senso analítico e decisões sensatas. Já a cronometragem, é a técnica de tomadas de tempo, em números variáveis dos elementos de trabalho, a qual pode ser facilmente ensinada.

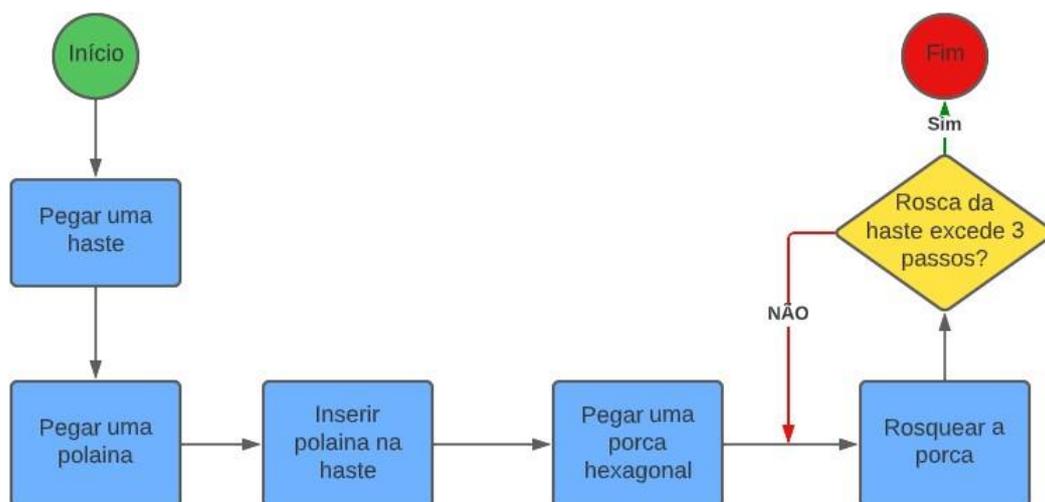
De acordo com Façanha, Araujo e Campos (2018), a cronoanálise não é uma ferramenta apenas para se definir o tempo padrão, mas é também a ferramenta que define e documenta o processo, e acompanha a evolução contínua do documento e pode ser implantada da seguinte forma: após a obtenção do número de cronometragens válidas, realiza-se uma média dos valores obtidos, encontrando assim o tempo médio (t_m). A partir desse valor, calcula-se o tempo normal (TN) através da multiplicação do tempo médio pelo percentual de velocidade do operador, conhecido como fator de ritmo (FR). Por fim, calcula-se o tempo padrão (TP), multiplicando-se o tempo normal pelo fator de tolerância.

3 METODOLOGIA

A concepção do dispositivo será dividida em etapas que irão auxiliar no desenvolvimento e entendimento do serviço prestado. Na primeira etapa será desenvolvido o conceito da parte mecânica do dispositivo, por meio do entendimento do processo a ser executado com o esboço do projeto, o desenho e seu respectivo modelo em 3D. Na segunda etapa, será elaborada a automação da parte mecânica, passando pela montagem do circuito, sugestão dos componentes eletromecânicos e da programação que será consolidada para o controle deles.

O projeto será feito de acordo com a necessidade de um empresário, que atualmente exerce sua função no ramo da prestação de serviços terceirizado à montadora de motocicletas, mais especificamente, na área de montagem de retrovisores. Atualmente, esse processo é feito de forma totalmente manual e é executado por três operadores ao longo de um turno de trabalho de 8 horas por dia. Os operadores conseguem montar 10.000 hastes ao dia. Durante o processo de montagem da haste o operador precisa, pegar a haste inserir a polaina e em seguida rosquear a porca, assim como mostrado no fluxograma da Figura 8.

Figura 8 – Etapas da Produção



Fonte: Próprio autor (2022).

A porca nesse caso não é rosqueada para promover o aperto e nem precisa chegar ao fim do curso de rosca da haste, ela apenas precisa ser rosqueada

até que percorra o suficiente a deixar três passos da rosca excedente (Figura 9), sendo essa uma recomendação da montadora para evitar que a porca saia da haste durante o transporte das peças montadas até a montadora.

Figura 9 – Peças Montadas



Fonte: Próprio autor (2022).

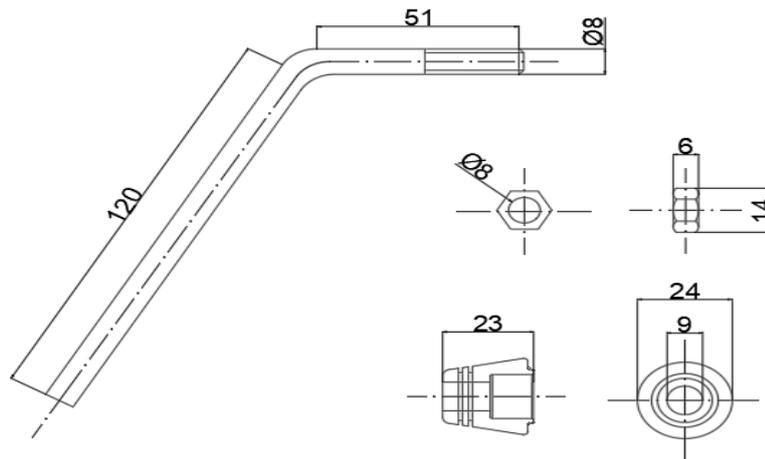
Estas foram as únicas informações fornecidas pelo prestador do serviço para que fosse elaborado um dispositivo capaz de prestar auxílio ao seu processo de produção. Foi requisitado pelo empresário, que o dispositivo diminua a mão de obra sem prejudicar a quantidade produzida atualmente e/ou aumente sua produção e preferencialmente seja de baixo custo para aquisição. Diante disso, se propôs apresentar uma ideia ao trabalhador terceirizado para melhorar seu processo de produção, que se for aceita e atender aos objetivos dele, deverá ser iniciado o projeto completo, visto que essa forma é uma das etapas de projeto de máquinas que apresenta maior potencial de otimização de retorno do investimento.

3.1 Conceito

O desenho nesta etapa tem por objetivo a transmissão do conceito e ideias que pertencem ao projeto (FERREIRA; FALEIRO; SOUZA, 2008). Sendo assim, o desenho foi elaborado no software AutoCad Mechanical com licença acadêmica para estudantes, para ilustração e delimitação das dimensões do

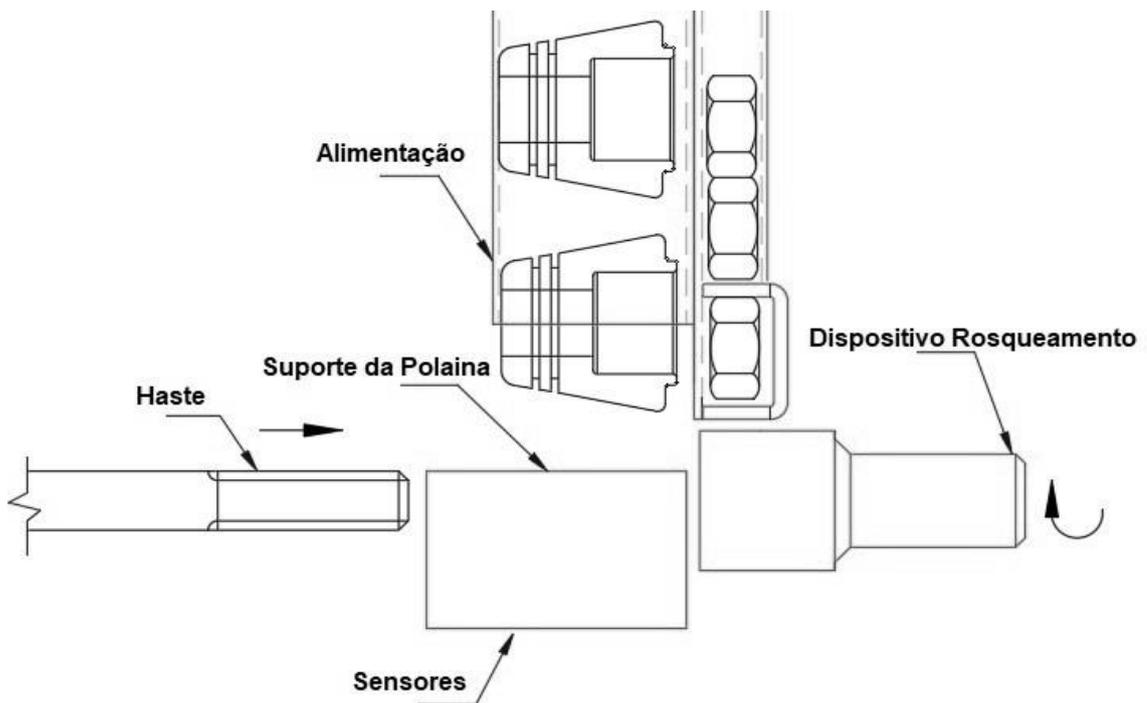
equipamento, respeitando as dimensões dos componentes de trabalho, porca, haste e polaina, exibido na Figura 10. A Figura 11 mostra o esboço do projeto.

Figura 10 – Dimensões dos componentes de Trabalho



Fonte: Próprio autor (2022).

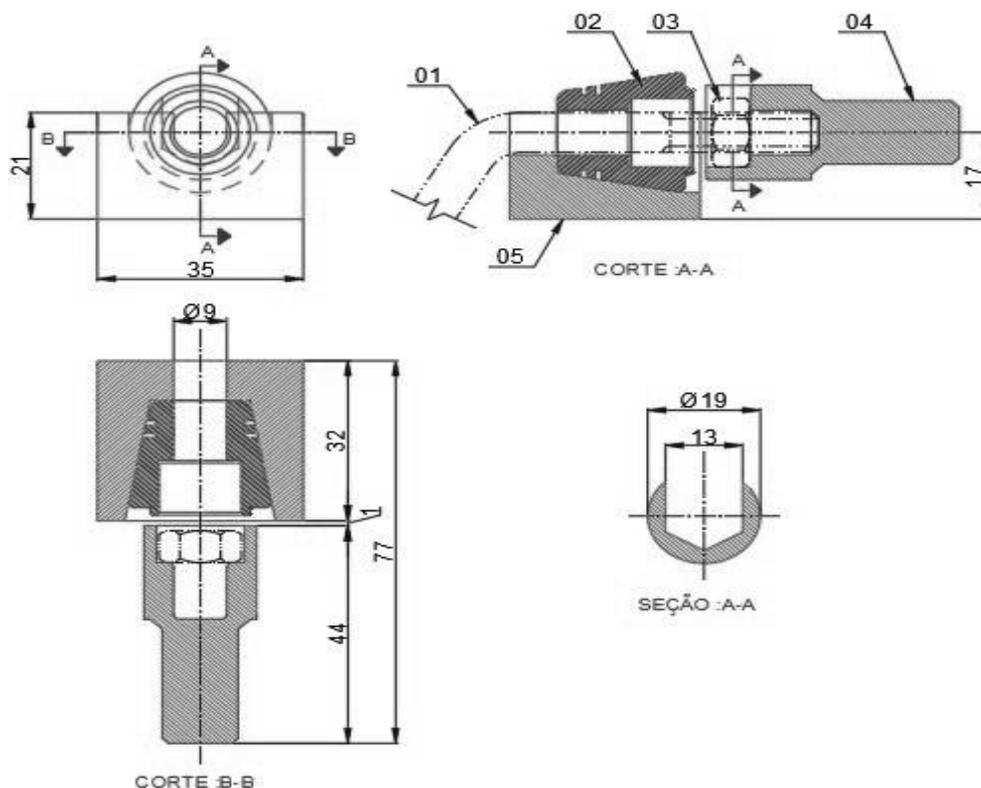
Figura 11 – Esboço do projeto



Fonte: Próprio autor (2022).

Após a definição do esboço e dos objetos de trabalho, foi possível elaborar o desenho do projeto conceitual descrito até aqui. A Figura 12 mostra o desenho em sua vista frontal, superior e lateral, dimensionadas de forma a adequar, exclusivamente, às principais dimensões dos componentes de trabalho, devendo ser revista nas próximas etapas de projeto, caso em algum momento seja constatado inviabilidade do uso do dispositivo. Devido a essas dimensões muito pequenas, pensadas até o momento para apenas se adequarem aos componentes de trabalho, visto que não há informações de como os operadores devem atuar no dia a dia com o dispositivo. Pois, hoje estes trabalhadores atuam em pé e de frente a uma bancada com todas as peças espalhadas, e eles devem selecionar, recolher e inserir as peças manualmente. Por isso será de extrema importância que o projeto busque por mais informações da operação atual e aborde formas de trabalhos mais adequadas e ergonômicas, antes de definir as dimensões do dispositivo. Os detalhes do desenho se encontram na folha do projeto (APÊNDICE B).

Figura 12 – Desenho Técnico

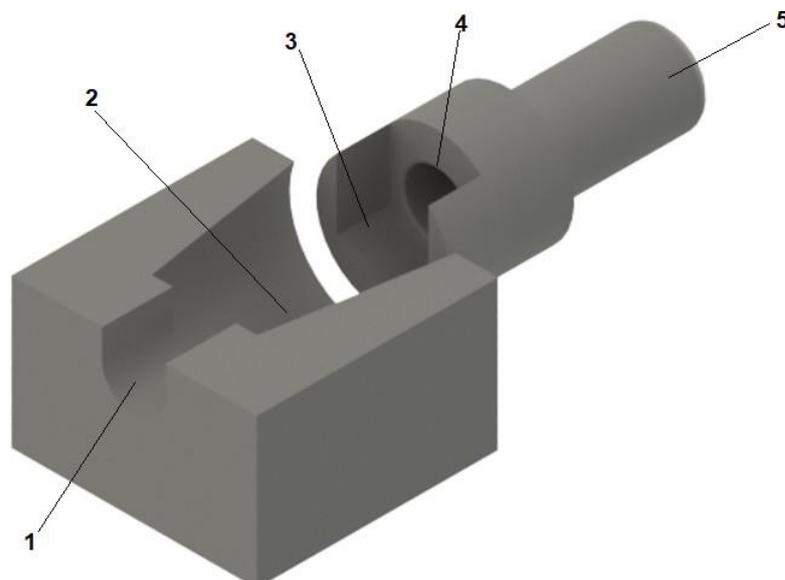


3.2 Modelagem 3D

A execução do modelo do equipamento foi realizada no Autodesk Inventor com licença acadêmica para estudantes, no intuito de obter melhor visualização dos componentes do projeto, visto que o dispositivo está sendo projetado para uma demanda específica. O modelo também serve como um protótipo virtual, visto que o software traz ferramentas de análise e modelagem. Com a modelagem foi possível chegar ao protótipo virtual que é esperado atender as especificações do projeto. A Figura 13 mostra os componentes do projeto e sua respectiva localização.

O ponto 1 mostra o local por onde será inserido a haste. Este funciona como um guia feito para auxiliar o operador a direcionar a ponta da haste para que passe pelo diâmetro da polaina durante o movimento, sem que haja colisão dos componentes. Caso isso aconteça certamente tiraria a polaina de posição. Após saírem do alimentador, a polaina chegará no ponto 2 e a porca no ponto 3 e permanecerão no local até que seja inserida a haste pelo ponto 1, em seguida a parte 5 que estará acoplada a um motor e esta livre para o movimento giratório, poderá iniciar o rosqueamento. O ponto 4 é o canal por onde a ponta da haste entrará quando ela passar do limite da espessura da porca, para garantir que haja, pelo menos, três passos de rosca excedentes, assim como é pedido pelo tomador do serviço.

Figura 13 – Modelagem do Equipamento



Fonte: Próprio autor (2022).

3.3 Alimentação e rosqueamento por automação

O componente responsável pela alimentação do dispositivo não será abordado nesse trabalho, devido o alimentador poder ser escolhido em catálogos de fornecedores de alimentadores vibratórios ou solicitar um projeto deste equipamento a estes mesmos fornecedores. Sua função durante a operação será posicionar e fornecer as porcas e polainas ao local apropriado, para que posteriormente o operador possa fixar a haste por intermédio de um guia e, finalmente, retirar a haste com os componentes acoplados.

Para o controle da quantidade de peças junto ao equipamento, que deverá ser exclusivamente uma unidade da polaina e outra da porca por vez foi utilizado o microcontrolador Arduíno Uno R3. Sua programação foi baseada para cumprir a etapa de impedimento da sobrecarga de peças no cilindro de trabalho, garantindo que quando houver uma peça de cada, deverá haver a interrupção da alimentação com o acionamento do motor CC, baseado na leitura de um sensor de presença posicionado à frente do local de recepção da porca e da polaina.

O segundo processo feito por automação foi o acionamento do motor para rosqueamento da porca à haste, que foi elaborado para que reconheça a inserção da haste no equipamento e posteriormente acione o motor de passo para que ocorra o processo de fixação. No entanto, este processo depende que o operador efetue uma força na direção do motor, para que durante a rotação, em momento apropriado, ocorra a fixação da porca.

3.3.1 Seleção dos componentes para Automação

Para selecionar os componentes úteis ao projeto, será necessário recorrer a ficha técnica deles para identificação de variáveis como dimensões reduzidas e precisão dos sensores, velocidade dos motores e custo desses componentes para assegurar a viabilidade de aquisição do produto, por parte de um prestador de serviços terceirizado.

Na escolha do microcontrolador foram levados em consideração a facilidade de aquisição, custo e por apresentar interface de programação consolidada e de código aberto. Por isso, foi definido o microcontrolador Arduíno Uno R3 (Figura 4).

Para selecionar os sensores foi preciso procurar por dimensões reduzidas e elevada capacidade de sensoriamento devido às dimensões do projeto. Como o canal que irá guiar a haste no seu percurso apresenta comprimento reduzido até o encontro com a polaina, o sensor que ficará acoplado deverá possuir um diâmetro inferior ao canal.

Sendo assim, foi escolhido o sensor indutivo do fabricante Metaltex, I8 1 DNA - K8. Este sensor possui diâmetro de 8 mm, distância sensora de 1 mm e LED para indicação da operação, auxiliando o operador durante as etapas do processo. A Figura 14 mostra o desenho do componente eletrônico em questão.

Figura 14 – Sensor I8 1 DNA - K8



Fonte: (METALTEX, 2020)

Por fim, foi necessário escolher o motor de passo que atendesse ao conceito desse projeto, pois será preciso rotacionar determinadas vezes e manter estacionado sempre na mesma posição para receber a porca, sem que haja transtornos no processo de alimentação dessa peça. Portanto, foi determinado o motor WS23-0150-30-4, do fabricante Wotion (Figura 15). Este motor foi escolhido devido ao fato de conseguir entregar até 800 rpm, e ser compatível com a tensão fornecida pelo microcontrolador.

Figura 15 – Motor WS23-0150-30-4



Fonte: Wotion (2018)

3.3.2 Circuito

Após a seleção dos componentes foi possível então montar o circuito e promover a ligação dos componentes eletromecânicos no microcontrolador. É válido lembrar que a montagem de um circuito de automação pode ser feita de várias maneiras, pois o importante nessa etapa é a programação do microcontrolador estar de acordo com as portas lógicas escolhidas durante a montagem, para que haja o funcionamento correto dos componentes.

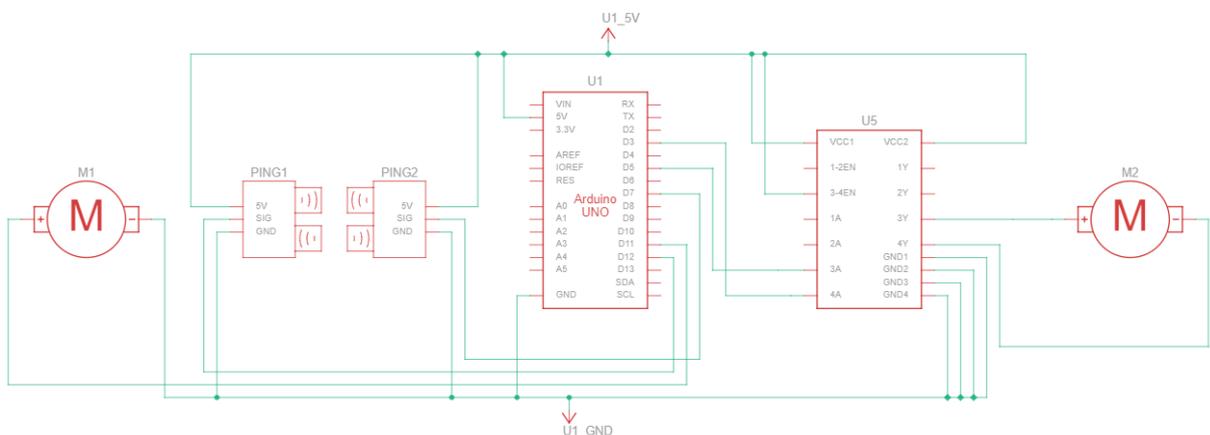
O circuito foi elaborado virtualmente no software de modelagem e simulação de projetos, Tinkercad. A Tabela 1 mostra os componentes que serão utilizados para automatizar o processo e os seus respectivos nomes e quantidades utilizadas. No entanto, a Figura 16 mostra a vista esquemática do circuito onde os componentes estão representados de acordo com os nomes descritos na Tabela 1 e as linhas representam as ligações do circuito, direcionando para a porta alta (alimentação elétrica de 5V), baixa (GRD) ou lógica do microcontrolador.

Tabela 1 – Componentes da Automação

Nome	Qtd.	Componente
U1	1	Arduíno Uno R3
PING	2	Sensor Indutivo
M	1	Motor de Passo
U5	1	Ponte H
M2	1	Motor CC

Fonte: Próprio autor (2022).

Figura 16 – Circuito



Fonte: Próprio autor (2022)

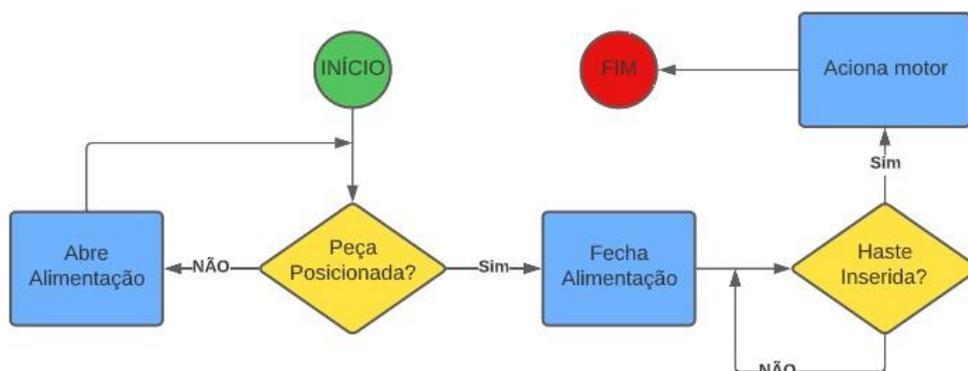
3.3.3 Código

O código, ou script, foi estruturado por uma forma de programação, chamada programação em bloco, disponibilizada pelo Tinkercad. O objetivo da programação em bloco é facilitar a construção da lógica programada e o entendimento, por parte de terceiros. Em seguida, a estrutura de blocos pode ser convertida em um código escrito, traduzindo cada etapa na linguagem de programação aceita pelo microcontrolador Arduino (APÊNDICE A).

Nesse contexto, a Figura 17, mostra o fluxograma elaborado para melhor entendimento das etapas da programação, que garante que os alimentadores forneçam apenas uma polaina e uma rosca para a operação. Este controle é feito por meio dos sensores de indução que identificam a presença dos objetos dentro do equipamento de operação. Quando não identificada a presença destes objetos, o motor de corrente contínua (CC) acoplado na saída dos alimentadores é acionado, desobstruindo a passagem para a realimentação da operação.

O reconhecimento da inserção da haste é feito com outro sensor de presença acoplado internamente ao equipamento, fazendo com que a presença ative o motor que irá realizar o rosqueamento da porca à haste.

Figura 17 – Fluxograma do Script



Fonte: Próprio autor (2022).

É válido lembrar que, para o funcionamento completo da operação, o operador deve inserir a haste manualmente, e após isto, inicia-se o processo de rosquear a porca à haste.

3.4 Tempo Estimado do Processo Manual

A elaboração do projeto levou em consideração até o momento os aspectos do processo que será automatizado com a implementação do dispositivo, entretanto para o funcionamento completo da operação, precisa-se de uma etapa que ainda continuará sendo feita de forma manual, a inserção da haste no dispositivo.

Para mensurar o tempo de produção com o auxílio do dispositivo, é necessário compor o tempo que o operador leva para inserir e retirar a haste. Por ser uma etapa manual e não haver informações de ritmo de trabalho ou do tempo padrão das etapas de produção, visto que a empresa é de pequeno porte e não faz esse tipo de análise, será necessário então, estimar um tempo que possa representar essa grandeza e compor o cálculo da produção estimada.

Será utilizado o método da cronoanálise para calcular o tempo padrão (TP), através do tempo normal (TN) gerado pelos ensaios com um modelo representativo do dispositivo (Figura 18), do fator de tolerância (FT) de 20% baseado no estudo de Peinado e Graeml (2007), onde eles relatam que nas empresas brasileiras é constatada uma tolerância entre 15% e 20% do tempo, para trabalhos normais, em condições normais no ambiente e pelo fator de ritmo (FR) reduzido baseado na forma que o ensaiado executou a operação, visto que durante os ensaios houve falhas catastróficas do tipo, errar o local de inserir a haste e que os ensaiados não são pessoas que estão habituadas a esse tipo de trabalho com esforço repetitivo, além das condições em que foram feitas essa simulação, tentando aproximar das condições do local onde ocorrerá o processo.

Figura 18 – Modelo representativo do dispositivo



Fonte: Próprio autor (2022).

Então, foi cronometrado o tempo necessário para pegar a haste na mesa,

inserir no modelo e em seguida retirá-la. A tarefa foi executada por três voluntários para representar os três operadores no local de trabalho. Para cada pessoa cronometrou-se seis vezes o movimento. Cada registro de tempo se encontra na Tabela 2.

A média (t_m) dos registros da Tabela 2, aplicada ao fator de ritmo (FR), representa o tempo normal (TN), o que torna possível estimar o tempo padrão (TP) de cada voluntário medido em segundos, aplicando em seguida o fator de tolerância:

$$TP = t_m \cdot FR \cdot \quad (3.1)$$

Os fatores de ritmo dos voluntários foram estimados pela forma que cada pessoa conduziu a operação. O método da cronoanálise sugere a estimativa do fator de ritmo, de acordo com alguns fatores da execução da operação. Sendo entre eles, motivação, destreza na execução e percepção do analista se a tarefa esta sendo manipulada para realização mais rápida do que o habitual. Nesse contexto, o voluntário 1 apresentou mais facilidade e não errou os movimentos durante a operação, no entanto os voluntários 2 e 3, apresentaram falhas catastróficas, como deixar a haste cair e/ou errar o movimento de inserir a haste colidindo com o modelo algumas vezes, sendo o ensaiado 2 com mais dificuldades que o 3.

Tabela 2 – Tempo registrado na simulação da peração manual.

Voluntário	Tempo (s)	Operador	Tempo (s)
1	1,43	2	1,73
1	1,20	2	1,55
1	1,30	2	1,74
1	1,07	3	1,57
1	1,05	3	1,64
1	1,13	3	1,43
2	1,18	3	1,14
2	1,60	3	1,06
2	1,90	3	1,25

Sendo assim, foi atribuído fatores de ritmos diferentes para cada ensaiado, onde o voluntário 1 recebeu um FR de 80% e o segundo e terceiro voluntário receberam 60% e 70%, respectivamente.

Neste contexto, o tempo de descanso total durante o turno de trabalho pode ser determinado através do FT de 20% estipulado anteriormente, visto que esse fator esta em função do tempo de permissão (p), observado na Equação 3.2. Onde p esta em função do tempo de descanso em relação ao turno de trabalho (FONSECA, 2015).

$$FT = \frac{1}{1 - p}$$

(3.2)

4 RESULTADOS

4.1 Impressão do Dispositivo e Representação do Circuito de Automação

Após a elaboração do projeto e concluídas as etapas da metodologia, foi elaborada a representação de atuação dos componentes eletromecânicos e a impressão 3D do modelo criado para o dispositivo. A impressão tem como objetivo demonstrar fisicamente o conceito desenvolvido, a fim de solucionar a demanda de produção do requisitante deste projeto conceitual. Espera-se uma produção de no mínimo 10.000 peças ao dia, com a utilização de apenas um operador. A Figura 19 mostra o dispositivo impresso em uma impressora 3D.

Figura 19 – Dispositivo Impresso



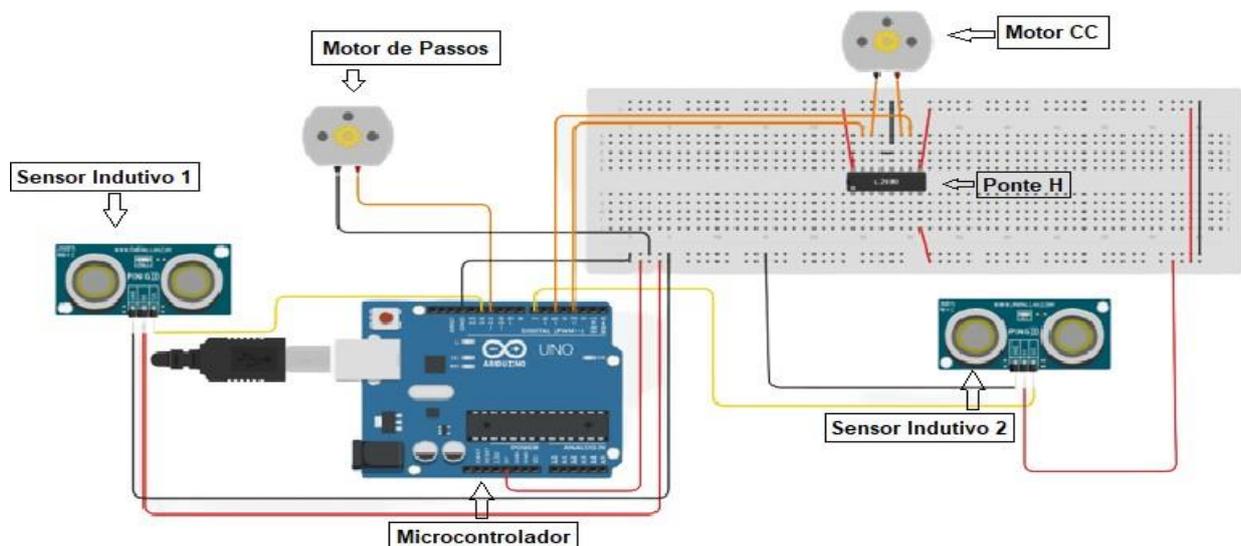
Fonte: Próprio autor (2022).

Para demonstrar o circuito mostrado acima na Figura 16, foi elaborado uma visualização mais realista e didática dos componentes, no software Tinkercad. Devido à limitação de componentes disponíveis no software, os componentes utilizados neste visual, foram os que mais se aproximam das funções necessárias citadas na metodologia, para que o dispositivo exerça sua função (Figura 20). O funcionamento é baseado na programação realizada na metodologia deste trabalho.

O segundo sensor indutivo é o responsável de reconhecer o posicionamento da polaina e da porca e informar ao microcontrolador se deve acionar o motor cc, de forma a abrir ou fechar o canal do alimentador. O controle para inverter a rotação do motor cc para abrir ou fechar a alimentação é fornecido pelo microcontrolador à ponte H, onde ela direciona a corrente fornecida pela porta lógica do microcontrolador para o motor. No entanto, o primeiro sensor é responsável por acionar ou não o motor de passo. Esta etapa ocorre em função da primeira, ou seja, caso não haja peças posicionadas, mesmo que seja inserida a

haste, o motor de passo não será acionado. Este controle é preciso para evitar a danificação do dispositivo ou da haste com a rotação do motor sem porca acoplada, ou como forma de aviso ao operador caso uma das peças não esteja no local necessário, sendo necessária assim, uma intervenção do operador para ajustar os componentes e continuar com a produção.

Figura 20 – Ilustração do Circuito da Automação



Fonte: Próprio autor (2022).

4.2 Tempo Estimado da Operação Manual

Com a cronoanálise aplicada a simulação da operação de inserção e retirada da haste, executada na metodologia e com todas as considerações feitas, será possível determinar o tempo estimado da operação manual, após a implementação do dispositivo. Ainda com essas suposições, é fato que para a implantação do projeto completo e para resultados reais, é necessário aplicar novamente o método da cronoanálise durante a operação no local do prestador do serviço e com os operadores propriamente ditos, pra que o estudo possa ser mais completo e com dados reais, visto que esse método é mais abrangente e pode melhorar através de seus estudos, os movimentos e tempos de cada operação.

A Tabela 3 mostra as considerações e resultados, em relação ao turno de trabalho, período de descanso, tempo de permissão e fator de tolerância ao longo do turno de 8 horas.

Tabela 3 – Considerações e resultados em relação ao turno de trabalho

Grandeza/Fatores	Valor	Grandeza/Fatores	Valor
Turno (minutos)	480	Descanso (minutos)	80
Turno (segundos)	28800	Descanso (segundos)	4800
p	0,167	FT	1,2

Fonte: Próprio autor (2022).

Por fim, a Tabela 4 apresenta os resultados estimados encontrados por meio da cronoanálise, na simulação da operação manual durante a atuação do dispositivo para cada voluntário ensaiado. Nela contém, o tempo médio (tm), o fator de ritmo (FR), tempo normal (TN) e o tempo padrão (TP).

Tabela 4 – Tempo padrão estimado de operação manual com a implementação do dispositivo

Voluntário	Tempo Médio (s)	FR	TN	TP
1	1,197	0,8	0,957	1,15
2	1,617	0,6	0,970	1,16
2	1,348	0,7	0,944	1,13

Fonte: Próprio autor (2022).

Aplicando a média aos tempos padrões encontrados, obtém-se um tempo padrão médio (TP_m) de operação, em segundos de:

$$TP_m = 1,15 \quad (4.1)$$

4.3 Tempo Estimado da Operação Automática

A análise do dispositivo foi feita com base nas especificações do projeto determinadas pelo prestador de serviço, a fim de atender suas demandas. Assim como já mencionado, o serviço consiste em acoplar a uma haste de retrovisor, uma polaina, juntamente com a porca rosqueada. Este trabalho, atualmente, é feito de forma manual, por aproximadamente 10 mil vezes diárias, por 3 operadores. Com essa informação é possível estimar o tempo médio (t) em segundos para montar uma haste, visto que eles trabalham em um turno de 8 horas.

$$t = \frac{8.60 .60}{10.000} = 2,88 \quad (4.2)$$

Para estimar o tempo que o dispositivo leva para produzir uma peça, primeiro é preciso definir o número de revoluções necessário para rosquear uma peça, o número de revoluções que o motor é capaz de fornecer por um período de tempo e, por fim, o tempo necessário para rosquear. Como mencionado anteriormente, na requisição do tomador do serviço, é estabelecido que cada peça montada tenha no mínimo três passos de rosca excedentes, após a conclusão do rosqueamento da porca.

Sabendo que as porcas encontradas no mercado são padronizadas de forma a garantir a intercambiabilidade desses componentes, onde elas possuem um código padrão que informa o diâmetro da rosca e o passo.

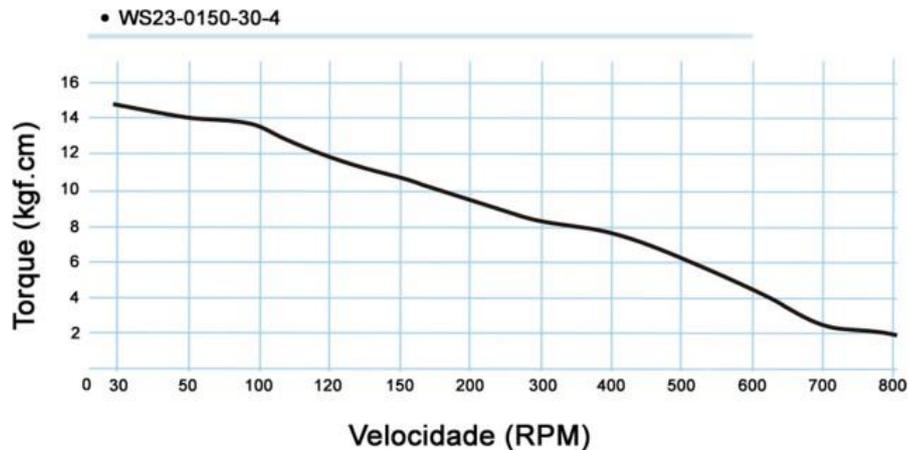
Sendo assim, de acordo com as informações fornecidas pelo prestador do serviço, o dispositivo deverá trabalhar com porcas M8 x 1,25, que possuem 8 mm de diâmetro, 1,25 mm para o passo (p) e 6 mm de largura (l). Considerando que uma revolução avança o equivalente a um passo da rosca durante o rosqueamento, é possível determinar o número mínimo de revoluções, através do seguinte cálculo:

$$rev = \frac{l}{p} + 3 \quad (4.3)$$

Onde l representa a largura da rosca, p o passo e a constante 3 devido ao requisito de haver 3 passos excedentes. Logo, o número de revoluções mínimas deverá ser 7.

Analisando a folha de dados do motor de passo selecionado, é possível encontrar uma relação do torque com o número de revoluções do eixo do motor, sendo a rotação máxima de 800 rpm quando o torque é de 2 kgf.cm (Figura 21). Conhecendo essa velocidade e raio do eixo do motor de 4 mm é possível determinar sua aceleração angular de 28,3 rads/s², instantes antes de atingir a velocidade constante.

Figura 21 – Relação de torque e velocidade do motor de passo



Fonte: Wotion (2018)

Para assegurar que o dispositivo atuará em velocidade máxima, foi calculado o torque, porém como esse projeto se trata de um conceito, não será definido um material específico para fabricação das peças, dificultando a determinação da massa do componente preso ao eixo. No entanto, para garantir que o motor rotacionará em sua velocidade máxima foi testado durante a modelagem um material de densidade $7,8 \text{ g/cm}^3$, encontrando uma massa de aproximadamente $0,2 \text{ kg}$. Considerando esse valor de massa, o eixo do motor uma barra delgada e o corpo rígido anexado à ponta do eixo um cilindro com raio de 19 mm , é possível determinar o torque, através da seguinte equação (HIBBELER, 2011):

$$T = I \cdot \alpha \quad (4.4)$$

Onde I representa o momento de inércia de massa do componente preso ao eixo e α a aceleração angular do mesmo componente. Nesse caso o momento de inércia do eixo foi desconsiderado, pois de acordo com Hibbeler (2011), barras delgadas em que o eixo de rotação está na mesma direção do comprimento da barra, o momento de inércia dessa barra será nulo. Sendo assim, o torque T é de $0,0104 \text{ kgf.cm}$. Como o torque é menor que 2 kgf.cm , é possível dizer que o motor rotacionará em velocidade máxima. Devido ao fato do motor poder atuar com até 15 kgf.cm e considerando que os componentes de trabalho chegam até o prestador de serviço em ótimas condições de uso, essa análise não levará em conta possíveis

imperfeições na rosca dos componentes, pois caso haja alguma, acredita-se que o torque fornecido pelo motor é suficiente para vencer a imperfeição. Logo, o tempo estimado em segundos (t_c) para rosquear a porca com 7 revoluções a 800 rpm é de:

$$t_c = \frac{7 \cdot 60}{800} = 0,52 \quad (4.5)$$

4.4 Análise Estimada de Desempenho do Dispositivo

Sabe-se que a requisição para este conceito é baseada na redução do tempo de montagem das peças e/ou na redução da mão de obra, envolvida no serviço prestado, no qual, atualmente, o tempo padrão de produção é de 2,88 segundos com três operadores atuando. Sendo assim, é importante estimar o desempenho do dispositivo, de acordo com as informações passadas para concepção deste projeto.

O intuito desta análise não é comparar o processo atual com o que esta sendo proposto, mas sim levantar dados, mesmo que ainda estimados, para analisar se a ideia é pertinente para a operação e está próximo ou de acordo com o que foi requisitado no projeto conceitual. Visto que, no contexto de comparação não seria possível, pois não se tem informações suficientes para analisar a compatibilidade dos parâmetros reais da operação com o que esta sendo estimado.

O tempo de produção padrão do dispositivo é composto pelo tempo da operação manual e do tempo da operação automática. Logo, o TP de montagens de retrovisores, em segundos, de um operador com o auxílio do dispositivo é estimado no valor de:

$$TP = 0,52 + 1,15 = 1,67 \quad (4.6)$$

Isto representa uma produção estimada de até 17.245 montagens ao dia. Caso a estimativa do TP esteja muito fora do real, há uma margem de mais de 200 minutos em um turno de 480, encontrado através da diferença da produção atual com a estimada, que poderia ser utilizado para aumentar o FT, o tempo de descanso, o FR ou o TP; e que mesmo assim, estaria dentro do esperado pelo requisitante do projeto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que há possibilidade do dispositivo suprir as necessidades do requisitante. Apesar da simplicidade do produto proposto, se for implantado, ele poderá atingir o objetivo de reduzir a mão de obra necessária e o tempo de produção, além da possibilidade de aumentar a quantidade de peças produzidas. De qualquer forma, considera-se que o objetivo principal deste trabalho foi atingido, uma vez que a partir dos métodos empregados, foi possível propor um projeto conceitual para a inserção de polainas e fixação de porcas às hastes de retrovisores de motocicletas, que dará fundamento para busca, criação, representação e seleção de novas, e talvez melhores, soluções para o problema de projeto apresentado.

Contudo, o aceite deste conceito, por parte do requisitante, será o primeiro passo para iniciar a elaboração de um projeto completo do dispositivo, considerando as dimensões do local e que melhor auxiliarão durante a utilização do dispositivo, desde que não altere as principais, a elaboração de uma bancada de trabalho ergonômica, planejamento pra manutenção dos componentes, determinação de vida útil, definição do melhor material considerando peso, valor de mercado e facilidade de produção, orçamento e o memorial de cálculo. Outro ponto que deve ser observado é a importância de solicitar o registro de propriedade industrial do produto, pois o desenvolvimento do dispositivo pode ser uma oportunidade de negócio real.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, P. **Robótica industrial**. Porto: Universidade do Porto, 2002.

AMARAL, D.; ALLIPRANDINI, D.; FORCELLINI, F.; TOLEDO, J. D.; SILVA, S. D.; SCALICE, R.; ROZENFELD, H. **GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS**. Saraiva Educação S.A., 2017. ISBN 9788502112094. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=JyprDwAAQBAJ>>.

BAYER, F. M.; ECKHARDT, M.; MACHADO, R. **Automação de sistemas**. Santa Maria-RS: Rede E-tec Brasil, 2011.

COELHO, M. S. **Introdução a Automação Industrial**. 3. ed. [S.l.: s.n.], 1974.

CONSTANDINOU, T. G. **Tudo sobre motores de passo**. Santa Maria: Ufsm, 2005.

FAÇANHA, A. A.; ARAUJO, T. do N.; CAMPOS, P. S. **CRONOANALISE DO PROCESSO DE PINAGEM DE CAIXARIAS NO CENTRO LOGÍSTICO DE UMA EMPRESA DE VAREJO**. 2018.

FELIZOLA, M. A. **Modelagem de um alimentador industrial vibratório e validação experimental**. Universidade de Taubaté, 2012.

FERNANDES, F. D. d. S.; CASTANHO, G. M.; GOMES, L. d. O. **Fresa CNC controlada por microcontrolador**. Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

FERREIRA, R. d. C.; FALEIRO, H. T.; SOUZA, R. F. d. **Desenho técnico**. Apostila de circulação interna da Escola de Agronomia e Eng. de Alimentos da Universidade Federal de Goiás. Goiânia: UFG, 2008.

FILHO, C. S. **A automação nos anos 2000: uma análise das novas fronteiras da automação**. In: Conai 2000-9º Congresso e Exposição Internacional de Automação, Anais. São Paulo, SP. [S.l.: s.n.], 2000.

FONSECA, Á. J. d. O. **Estudo da cronoanálise em uma empresa de recapagem de pneus para otimização da produção**. 2015.

HIBBELER, R. **Dinâmica: mecânica para engenharia**. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2011. ISBN 9788576058144.

JÚNIOR, H. S. da S. **Sensores digitais e analógicos: pesquisa, avaliação e documentação**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA. [S.l.: s.n.], 2013.

MENEZES, D. et al. **Automação e controle de pulverização em máquinas agrícolas**. Revista Eletrônica eF@ tec, v. 2, n. 1, p. 14–14, 2012.

METALTEX. **Sensores Capacitativos Cilíndricos**. [S.l.], 2020. I8 2 DNA K8.

MOTA, R. M. B.; FERNANDES, C. H. de A.; SANTOS, A. A. R.; SANTOS, P. V. S. O **Projeto Conceitual de um Produto Sustentável: Experiência Prática**. Revista de Empreendedorismo e Inovação Sustentáveis, v. 4, n. 3, p. 62–74, 2019.

NORTON, R. L. **Projeto de máquinas**. Porto Alegre: Bookman editora, 2013.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção**. Operações industriais e de serviços. Unicenp, 2007.

ROSÁRIO, J. **Automação industrial**. [s.n.], 2009. ISBN 9788579230004. Disponível em:<<https://books.google.com.br/books?id=YsUHLcHdbh4C>>.

SANTOS, V. P. d. A.; BRITES, F. G. **Motor de Passo**. Universidade Federal Fluminense, 2008.

SILVA, A. L. E.; SILVEIRA, T. da; MORAES, J. A. R.; BRUM, T. M. M. **Proposta de automação industrial em uma empresa fabricante de borrachas escolares**. REVISTA GEINTEC-GESTAO INOVACAO E TECNOLOGIAS, v. 8, n. 1, p. 4159–4172, 2018.

WOTION. **Stepper Motor**. [S.l.], 2018.

ZACCHARIAS, R. L.; ROCHA, R. V. da. **Automação dos processos de produção e controle para aumento de produtividade e redução de desperdícios na piscicultura**. Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar, v. 2, n. 2, p. 52–67, 2016.

ZELENOVSKY, R.; ESPE, A. T. **MICRO CONTROLADORES**. Editora MZ, 2005.

APÊNDICE A – Script da Automação

```

1 // C++ code
2
3 //configuracao para leitura do sensor
4 long readUltrasonicDistance(int triggerPin , int echoPin)
5 {
6   pinMode(triggerPin , OUTPUT);
7   digitalWrite(triggerPin , LOW);
8   delayMicroseconds(2);
9   // ajustando leitura para cada 10 milisegundos
10  digitalWrite(triggerPin , HIGH);
11  delayMicroseconds(10);
12  digitalWrite(triggerPin , LOW);
13  pinMode(echoPin , INPUT);
14  // ajustando leitura para cada 10 milisegundos
15  return pulseIn(echoPin , HIGH);
16 }
17 //definindo os pinos de saida para os motores
18 void setup ()
19 {
20   pinMode(11 , OUTPUT);
21   pinMode(3 , OUTPUT);
22   pinMode(5 , OUTPUT);
23 }
24 //Inicio do processo de automacao
25 void loop()
26 {
27   if ( readUltrasonicDistance(7 , 7) < 3) {
28     if ( readUltrasonicDistance(12 , 12) < 3) {
29       digitalWrite(11 , HIGH);
30       delay(2000); // espera por 2000 milisegundos
31       digitalWrite(11 , LOW);
32     } else {
33       digitalWrite(11 , LOW);
34     }
35     digitalWrite(3 , HIGH);
36     digitalWrite(5 , LOW);
37     delay(1000); // espera por 1000 milisegundos
38     while ( readUltrasonicDistance(7 , 7) < 30) {
39       digitalWrite(3 , LOW);

```

```
40     digitalWrite(5, LOW);
41     if ( readUltrasonicDistance(12, 12) < 30) {
42         digitalWrite(11, HIGH);
43         delay(2000); // espera por 2000 segundos
44         digitalWrite(11, LOW);
45     } else {
46         digitalWrite(11, LOW);
47     }
48 }
49 } else {
50     digitalWrite(3, LOW);
51     digitalWrite(5, HIGH);
52     delay(1000); // espera por 1000 segundos
53     while ( readUltrasonicDistance(7, 7) > 30) {
54         digitalWrite(3, LOW);
55         digitalWrite(5, LOW);
56         if (0.01723 * readUltrasonicDistance(12, 12) < 30) {
57             digitalWrite(11, HIGH);
58             delay(2000); // espera por 2000 segundos
59             digitalWrite(11, LOW);
60         } else {
61             digitalWrite(11, LOW);
62         }
63     }
64 }
65
66
67 }
```

APÊNDICE B – Desenho Técnico

