

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
ENGENHARIA MECÂNICA

TIAGO EIJI HAYASHI

**PROTÓTIPO DE UM COLETOR DE AMOSTRAS PARA BAGAÇO DE
CANA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA

2021

TIAGO EIJI HAYASHI

**PROTÓTIPO DE UM COLETOR DE AMOSTRAS PARA BAGAÇO DE
CANA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, do Departamento de Engenharia Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Claudia Santos Fiuza Lima.

LONDRINA

2021



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina
Departamento de Engenharia Mecânica
Coordenação do curso de Engenharia Mecânica
Engenharia Mecânica



TERMO DE APROVAÇÃO

PROTÓTIPO DE UM COLETOR DE AMOSTRAS PARA BAGAÇO DE CANA

por

TIAGO EIJI HAYASHI

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 03 de dezembro de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof.^a Dr.^a Claudia Santos Fiuza Lima
Prof.(a) Orientador(a)

Prof.^a Dr.^a Janaina Fracaro De Souza Goncalves
Membro titular

Prof. Dr. Roger Nabeyama Michels
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedico este trabalho à minha família,
pelos momentos de ausência.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço a minha orientadora Prof. Claudia Santos Fiuza Lima, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

RESUMO

HAYASHI, Tiago Eiji. **Protótipo de um coletor de amostras para bagaço de cana.** 2021. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2021.

O presente trabalho teve por objetivo a elaboração de um protótipo coletor de amostras e agregou etapas para automatização do processo como um todo por meio da aplicação de elementos pneumáticos. A escolha do sistema pneumático foi feita pelo fato do custo benefício que ele oferece. A coleta de amostras para análise laboratorial é realizada por um operador de forma manual e em locais insalubres ou com risco de acidente. Assim foi evidenciada a oportunidade de realizar um estudo para adaptação do processo, melhorando assim as condições de trabalho e saúde do operador. Evidenciando esses fatos o trabalho foi desenvolvido buscando um dispositivo que reduzisse a exposição do operador ao risco e agregasse qualidade e eficiência ao processo. O coletor de amostra terá fins didáticos, visando demonstrar ao acadêmico de engenharia mecânica a importância da criação de protótipos que mostrem que a partir de pequenas automações tornam a indústria mais competitiva e preservando a integridade física do colaborador.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar. Indústria Sucroalcooleira. Cilindro dupla-ação. Compressores. Válvula direcional.

ABSTRACT

HAYASHI, Tiago Eiji. **Prototype of a sugarcane bagasse sampler**. 2021. 45 f. Completion of the Course work of Mechanical Engineering – Federal Technology University – Paraná. Londrina, 2021.

The present work had as objective the elaboration of a sample collector prototype and added steps for the automation of the process as a whole through the application of pneumatic elements. The choice of the pneumatic system was made due to its cost-effectiveness. The collection of samples for laboratory analysis is carried out by an operator manually and in unhealthy places or at risk of accident. Thus, the opportunity to carry out a study to adapt the process was highlighted, thus improving the operator's working conditions and health. Evidencing these facts, the work was developed looking for a device that would reduce the operator's exposure to risk and add quality and efficiency to the process. The sample collector will have didactic purposes, aiming to demonstrate to the mechanical engineering academic the importance of creating prototypes that show that, from small automations, they make the industry more competitive and preserve the employee's physical integrity.

Keywords: Sugarcane . Sugar and Alcohol Industry. Double-acting cylinder. Compressors. Directional valve.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Processos industriais da cana-de-açúcar | 16 |
| Figura 2- Setor da moenda..... | 17 |
| Figura 3-Comparativo da Cinza não moida e moida | 19 |
| Figura 4-Classificação dos Compressores | 21 |
| Figura 5 - Cilindro de Dupla Ação | 21 |
| Figura 6 - Válvula direcional 5/2 vias..... | 22 |
| Figura 7- Sonda horizontal | 22 |
| Figura 8-Sonda Obliqua | 23 |
| Figura 9- Coletor de amostra REMID | 23 |
| Figura 10- Coletor de amostra Ks/6 | 24 |
| Figura 11 - Fluxograma do projeto do protótipo | 26 |
| Figura 12-Braço Pneumático..... | 27 |
| Figura 13- Braço Pneumático CAD | 27 |
| Figura 14- Conjunto montado CAD | 29 |
| Figura 15-Conjunto Fabricado..... | 29 |
| Figura 16-Tubo de descarte do bagaço CAD | 30 |
| Figura 17-Tubo Fabricado..... | 30 |
| Figura 18-Recipiente de coleta CAD | 31 |
| Figura 19-Recipiente de coleta fabricado | 31 |
| Figura 20-Canaleta CAD | 31 |
| Figura 21-Canaleta..... | 32 |
| Figura 22-Conjunto recipiente e canaleta CAD | 32 |
| Figura 23-Conjunto recipiente e canaleta fabricado | 32 |
| Figura 24- Circuito Pneumático | 33 |
| Figura 25-Diagrama Trajeto-Passo | 34 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|------------------------------------|----|
| Tabela 1-Custo de fabricação | 34 |
|------------------------------------|----|

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|---|------------|
| C | Carbono |
| H | Hidrogênio |
| N | Nitrogênio |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|-----|----------------------------------|
| CAD | Desenho Assistido por computador |
| CLP | Controlador Lógico Programável |

LISTA DE SIMBOLOS

| | |
|----------------------|-------------------------------------|
| <i>P</i> | Pressão de Trabalho |
| <i>F</i> | Força aplicada(Kgf) |
| <i>A</i> | Área do êmbolo(cm) |
| <i>D</i> | Diâmetro do êmbolo(cm) |
| <i>Q</i> | Consumo de ar(N.dm ³ /s) |
| <i>T_c</i> | Taxa de compressão |
| <i>L</i> | Curso do cilindro(dm) |
| <i>t</i> | Tempo para realizar o curso(s) |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 OBJETIVOS | 14 |
| 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 14 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 14 |
| 3 JUSTIFICATIVA | 15 |
| 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 16 |
| 4.1 PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇUCAR NO BRASIL | 16 |
| 4.2 APLICAÇÕES DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇUCAR | 18 |
| 4.3 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL..... | 19 |
| 4.4 AUTOMAÇÃO PNEUMÁTICA | 20 |
| 4.5 MODELOS DE COLETORES DE AMOSTRAS | 22 |
| 4.6 PROJETOS DE MÁQUINAS..... | 24 |
| 4.7 METODOLOGIA DE PROJETOS | 24 |
| 5 METODOLOGIA | 26 |
| 5.1 FLUXOGRAMA DO PROJETO DO PROTÓTIPO | 26 |
| 5.2 REQUISITOS DO PROJETO..... | 26 |
| 5.3 FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO..... | 30 |
| 5.4 CUSTOS DE FABRICAÇÃO DO PROTÓTIPO | 34 |
| 6 RESULTADOS | 35 |
| 7 CONCLUSÃO | 36 |
| ADAPTAÇÕES FUTURAS | 37 |
| REFERÊNCIAS | 38 |
| APENDICE A – DESENHOS TÉCNICOS DO PROJETO | 41 |

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de cana de açúcar, sendo responsável pela geração etanol e açúcar para o mercado interno e externo. A produção de 2020/2021 foi de cerca de 654,5 milhões de toneladas de cana no qual foi possível produzir 41,2 milhões de toneladas de açúcar e 29,7 bilhões de litros de etanol (NACHILUK, 2021).

Os subprodutos gerados da produção de açúcar e etanol estão a cada dia ganhando importância comercial. Os subprodutos que se destacam são o bagaço, a vinhaça e a torta de filtro. Eles são utilizados como fertilizantes, para a alimentação animal, combustíveis para caldeira e até a produção de metano (ALCARDE, 2021)

Como o bagaço vem sendo largamente aplicado para a geração de energia, as indústrias necessitam realizar a análise em seus laboratórios com o objetivo de determinar as características químicas do bagaço. Nessa análise um fator importante presente no bagaço é a sua umidade. Ou seja, se o material tiver menos umidade o seu poder calorífico é maior e conseqüentemente a queima nas fornalhas da caldeiras é mais eficiente. A análise utilizada é geralmente a elementar, no qual é possível determinar os componentes químicos como C,H, N, S e O utilizando-se um analisador elementar. Sabendo-se os elementos consegue-se determinar através de cálculos o poder calorífico que é um importante indicador da eficiência do combustível (ARANTES, 2014).

Tendo em vista a importância da análise laboratorial no processo de geração de energia, esse trabalho tem como objetivo realizar um protótipo que automatiza o processo de coleta do bagaço de cana. Com essa automatização, traz o benefício de segurança na hora da realização da coleta.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal deste trabalho é realizar um protótipo pneumático de coletor de amostras para bagaço de cana aplicada no setor da moenda nas indústrias sucroalcooleiras.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Assim pode ser apontado alguns objetivos específicos:

- Automatizar o processo de coleta de amostra.
- Garantir a segurança do colaborador.
- Auxiliar por meio do protótipo o projeto Pisto Busão na divulgação do curso de Engenharia Mecânica nas escolas de Londrina.

3 JUSTIFICATIVA

O protótipo proposto, visa auxiliar a coleta do bagaço de cana-de-açúcar para a análise laboratorial com o intuito de obter informações sobre a qualidade que está sendo processada na indústria.

Pretende-se desenvolver este protótipo, por meio de um sistema pneumático com o auxílio de um cilindro de dupla ação. No avanço do cilindro, irá realizar a coleta do material e no retorno vai deslocar o material até um ponto seguro onde o colaborador não tenha riscos a sua integridade física.

Com essa automação, será possível que o colaborador realize a coleta em determinados períodos de tempo que desejar. Isso será possível, pelo fato do sistema possuir um botão de acionamento que controla o avanço e recuo do pistão. Sendo assim, ocorre o aumento da produtividade da coleta tornando o processo eficiente.

Vale ressaltar que esse sistema pode ser aplicado na coleta de outros materiais que são prejudiciais à saúde ou em lugares de difícil acesso para os colaboradores realizarem a coleta. Um exemplo dessa aplicação, consiste na coleta de grãos como soja ou milho no qual são analisados nas cooperativas esse material com objetivo de avaliar a qualidade do grão.

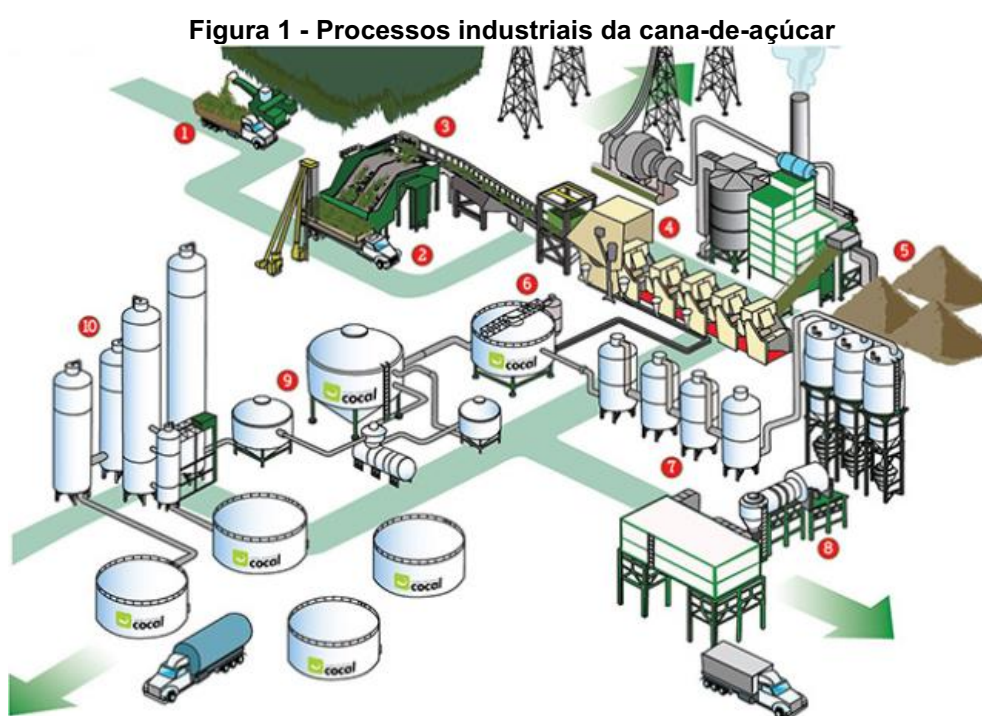
Por fim, esse protótipo será doado para a UTFPR- LD com o intuito de mostrar aos alunos que tem o interesse de ingressar no curso de Engenharia Mecânica um pouco do que o Engenheiro Mecânico pode realizar na sua formação.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL

O Brasil é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar do mundo. Sendo assim, o país se destaca pelo desenvolvimento tecnológico no processo de obtenção dos produtos gerados por meio dessa matéria-prima (NACHILUK, 2021).

Para a obtenção do açúcar e do álcool a cana-de-açúcar deve passar pelo processo industrial. A Figura 1 ilustra esse processo.



FONTE: COCAL (2021)

De acordo com a Figura 1, o processo compreende em 10 etapas sendo:

1. Colheita da cana-de-açúcar;
2. Transporte até a usina da cana-de-açúcar;
3. A cana-de-açúcar é encaminhado para o picador e desfibrador;
4. Extração do caldo por meio da moenda e separação do bagaço;
5. O bagaço é utilizado para alimentação de caldeiras para gerar vapor;
6. O caldo é tratado com objetivo de remover impurezas utilizando equipamentos que clarifica o caldo.

7. O caldo clarificado é aquecido formando um xarope. Desse xarope é realizado o aquecimento em tachos para a cristalização do açúcar.
8. Com o auxílio de uma centrífuga o cristal de açúcar é separado do melado. E posteriormente passa no secador para a retirada de umidades.
9. Uma parcela do caldo é tratada com leveduras no qual ocorre a fermentação que produz o álcool e gás carbônico. Ao fim da fermentação, é separada a levedura do vinho.
10. O vinho é encaminhado para aparelhos de destilação no qual produz o etanol hidratado e o etanol anidrido.

De acordo com o processo acima, o bagaço é gerado no setor da moenda das usinas. Nesse setor, é praticado a coleta do bagaço de cana-de-açúcar para a análise laboratorial. Na Figura 2, pode-se visualizar o setor da moenda.

Figura 2- Setor da moenda



Fonte: CASEQUIPAMENTOS (2021)

A análise da cana-de-açúcar é fundamental na indústria canavieira. Essa análise é utilizada para determinar teor de sacarose presente na cana-de-açúcar provenientes dos produtores. Com essa análise, é possível avaliar a qualidade da cana-de-açúcar que os produtores estão entregando. E assim, realizar o pagamento da matéria prima conforme resultados obtidos no laboratório (ORPLANA, 2013).

É realizado também, outra análise na cana-de-açúcar. Essa análise é feita no bagaço após o processo de moagem. De acordo com Payne (1989), o bagaço deve

possuir umidade de até 50 % para o processo de alimentação das caldeiras para geração de energia. Se a umidade for maior que os cinquenta por cento acaba se tornando prejudicial a caldeira.

Essa geração de energia, até os anos 90 era realizada para o consumo próprio das usinas. Sendo assim, havia um grande potencial de geração de energia que não era aproveitado na queima do bagaço. Com a implementação de caldeiras de alta pressão e turbinas de condensação foi possível gerar excedente de energia para a venda na rede nacional (MELLO, 2018, p16).

4.2 APLICAÇÕES DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇUCAR

O bagaço de cana-de-açúcar além de ser utilizado como combustível para as caldeiras, ele pode ser aplicado em outras funções, ou seja, consegue-se aproveitar esse subproduto gerando assim receita para as indústrias (VENCESLAU, 2018).

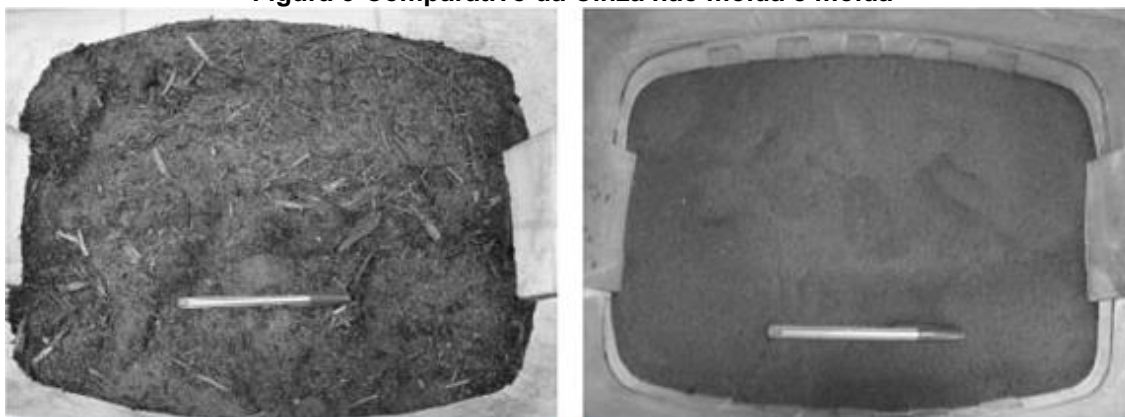
Uma das aplicações do bagaço, pode ser visualizado na produção de etanol de segunda geração. Esse etanol é obtido por meio da quebra de celulose de matérias primas lignocelulosicas (PITARELO et al., 2012; VERARDI, 2016).

Outra utilidade do bagaço, é para a fabricação de ração animal. O bagaço deve-se submeter a processos antes de ser ofertado ao animal pelo fato do material na sua forma natural conter compostos prejudiciais aos animais. Existem 2 processos, sendo eles: a aplicação de alta temperatura e pressão ou por tratamento químico. Dentre os 2 processos, o mais recomendado é se utilizar alta temperatura e pressão pelo fato do custo ser bem menos inferior comparado ao tratamento químico (ALVES, 2006).

Também pode-se visualizar a utilização das cinzas do bagaço produzido nas caldeiras na construção civil. Estudos mostram, que com as cinzas é possível substituir em torno de 30 a 50% a areia utilizada na mistura formada no concreto. Esse concreto misturado com as cinzas, tem um aumento de resistência em torno de 20% comparado com o concreto convencional (SALES, 2010).

Na Figura 3 do lado esquerdo representa a cinza não moída. A imagem do lado esquerdo, ilustra a cinza após a moagem que é aplicada na mistura do concreto.

Figura 3-Comparativo da Cinza não moida e moida



Fonte: LIMA (2011)

De acordo com o texto acima, é notório a importância do uso do bagaço em diversas aplicações diferentes. Sendo assim, novas pesquisas alinhados com tecnologias é possível cada vez mais obter avanços na sua utilização.

4.3 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A automação consiste na aplicabilidade de máquinas em serviços que humanos ou animais praticavam. Ou seja, essa operação é realizada de forma automática ou com pouca interferência da ação humana (RIBEIRO, 2001).

Com o uso da automação no meio fabril, observa-se a economia de energia e materiais envolvidos. Isso ocorre devido a característica do sistema ser de fácil mudança no sistema produtivo e também a redução do tempo de produção dos bens. Resultando assim, em queda no custo de produção (PRUDENTE, 2013).

Os sistemas de produção podem ser divididos em três tipos: em sistemas de trabalho manual, sistemas trabalhador-máquina e sistemas automatizados. Os sistemas manuais são aqueles que necessitam da participação efetiva dos colaboradores para desempenhar o serviço. No sistema manual somente é empregado ferramentas com nenhum tipo de mecanização tendo importância a habilidade do operador para a realização do trabalho. Já nos sistemas trabalhador-máquina, observa-se a combinação dos esforços humanos com o auxílio de máquinas mecanizadas. Os sistemas automatizados apresentam o uso das máquinas de forma autônoma sem a interferência do homem. Para que isso ocorra, programas para controlar o processo de forma eficiente (GROOVER, 2010).

4.4 AUTOMAÇÃO PNEUMÁTICA

A utilização da automação pneumática nas indústrias brasileiras vem ao longo dos anos ganhando mais espaço por ser fácil de implementação. Essa aplicabilidade, pode ser vista nas linhas de montagem e também em ferramentas manuais como parafusadeiras, furadeiras, martelos e entre outros (DUTRA, 2002).

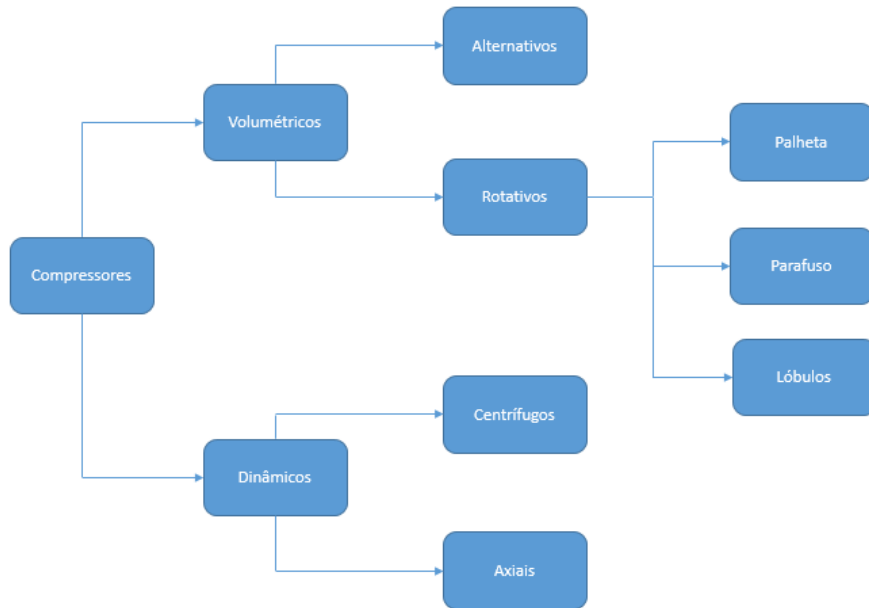
A automação pneumática utiliza-se de diversas tecnologias com o objetivo de ser aplicada nas linha de produção. Isso resulta em um aumento do volume de produção, melhoramento na qualidades dos produtos e conseqüentemente a redução de custos de produção (FIRMINO et. All, 2018).

Apesar da pneumática apresentar grandes benefícios para a sua utilização, como mostrado nos parágrafos acima ela apresenta alguns pontos para ser atentado antes de sua implementação. Como a necessidade da eliminar as impurezas e umidades contidas no ar. Isso pode ser resolvido com o auxílio de filtros para que o sistemas funcione de forma correta. Outro ponto que deve ser destacado também, é que sistemas pneumáticos apresentam uma limitação de força, ou seja, é necessário ficar atento na hora do projeto pois se o sistema exigir de mais força a saída pode ser pensar em outros sistemas como os hidráulicos (Fialho, 2011).

De acordo com Parker (2001), compressores são máquinas destinadas a elevar a pressão de um certo volume de ar, admitido nas condições atmosféricas, até uma determinada pressão, exigida na execução dos trabalhos realizados pelo ar comprimido.

Fialho (2011), diz que os compressores podem ser classificados de acordo com o jeito que é realizada a compressão. Na Figura 4, podemos verificar como é feita essa classificação.

Figura 4-Classificação dos Compressores



Fonte: Adaptado de Fialho (2011)

Além dos compressores, o sistema pneumático envolve outros dispositivos como válvulas, cilindros, botões, sensores e entre outros. Esses dispositivos tem a função de realizar o controle, a ação mecânica, o comando de acionamento e demais funções para que o sistema funcione de forma adequada.

Na Figura 5, pode-se visualizar um exemplo de cilindro de dupla ação.

Figura 5 - Cilindro de Dupla Ação



Fonte: Festo (2021)

Na Figura 6, pode-se visualizar uma válvula direcional 5/2 vias pilotada com retorno por mola.

Figura 6 - Válvula direcional 5/2 vias



Fonte: Festo (2021)

4.5 MODELOS DE COLETORES DE AMOSTRAS

Os coletores de amostras podem ser encontrados no mercado como sondas horizontais e sondas obliqua. Essa coleta é feita no momento em que o caminhão chega na usina. Na Figura 7 apresenta o modelo de sonda horizontal e a Figura 8 ilustra o modelo obliqua.

Figura 7- Sonda horizontal



Fonte: ORPLANA (2013)

A sonda horizontal mostrada na Figura 7, realiza a coleta de forma paralela a caçamba do caminhão.

Na Figura 8, é um exemplo de sonda oblíqua no qual realiza a coleta por cima da caçamba do caminhão.

Figura 8-Sonda Oblíqua



Fonte: ORPLANA (2013)

Os equipamentos presentes no mercado para coleta de pequenas amostras podem ser visualizados na Figura 9 e Figura 10.

Figura 9- Coletor de amostra REMID



Fonte: REMID (2021)

Figura 10- Coletor de amostra Ks/6



Fonte: ENGINSTREL ENGEMATIC (2021)

Nas Figura 9 e Figura 10, os coletores apresentam a característica de acionamento pneumático para a realização da coleta e um custo alto para a sua aquisição.

4.6 PROJETOS DE MÁQUINAS

O ato de projetar equivale a resolver um problema seguindo um plano. Se esse plano conseguir atender as necessidades de ser funcional, seguro, competitivo, o produto pode seguir para as etapas de fabricação e comercialização. (BUDYNAS; NISBETT, 2011).

Segundo Norton (2013), o projeto de máquina consiste na elaboração de uma máquina que funcione bem e apresenta segurança e confiabilidade. Para que o projeto atenda aos requisitos apresentados acima, o engenheiro responsável deve definir e calcular as forças e energias envolvidas e também realizar a escolha dos materiais adequados para o projeto.

4.7 METODOLOGIA DE PROJETOS

Existem diversas metodologias para a realização de projetos mecânicos. Segundo Norton (2013), a metodologia de projetos tem como função ajudar a organizar problemas não estruturados onde não se consegue identificar os problemas envolvidos de forma fácil e também em casos em que existem diversas soluções possíveis.

A metodologia adotada por Norton compõem em 10 etapas que será explicado a seguir.

Na etapa 1 de identificação da necessidade, é realizada uma pesquisa bem superficial sobre o problema com o objetivo de ter somente uma noção básica. Seguindo para a etapa 2, a pesquisa de suporte é onde ocorre uma pesquisa mais abrangente com o intuito de compreender completamente o problema. Entendido o problema como um todo, a etapa 3 consiste em definir os objetivos, ou seja, necessita-se ter uma escolha razoável e realista do problema proposto. A etapa 4, é feita a especificação de tarefas, é nessa parte que é idealizado o conjunto detalhado. Seguindo para a etapa de síntese, onde há uma busca de alternativas de projetos possíveis sem considerar preço ou qualidade. Com as diversas ideias retiradas na etapa de síntese o próximo passo é analisar e aprovar as ideias que mais se enquadram e posteriormente realizar a seleção da ideia mais adequada. Após a seleção da ideia adequada, ocorre a elaboração do projeto detalhado. No projeto detalhado é realizado os croquis necessários, a seleção de materiais, especificação de fabricação e etc. Com as informações do projeto detalhado é possível realizar a construção do protótipo para a realização de testes. Após o protótipo ser testado e aprovado, é realizada a etapa de produção em grandes quantidades (NORTON, 2013).

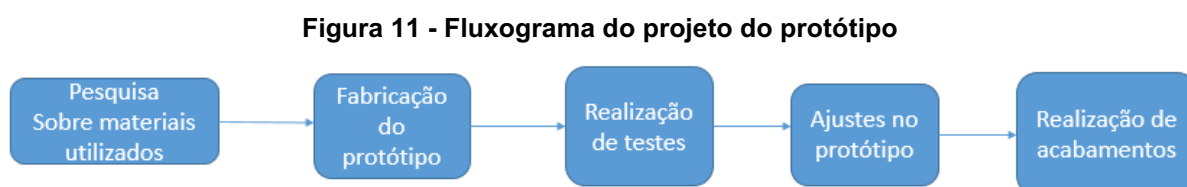
Apesar desse método ser explicado como um passo a passo para a elaboração de projeto, é necessário realizar interações. Ou seja, em muitas vezes é importante voltar duas etapas para trás para avançar três etapas para frente (NORTON, 2013).

5 METODOLOGIA

O projeto proposto foi implementado visando automatizar a coleta de amostras que geralmente é realizada manualmente em locais da indústria, de difícil acesso, insalubres ou que venham trazer riscos ao operador. Assim foi evidenciada e desenvolvida um protótipo que utiliza a automação pneumática para melhorar as condições de trabalho do operador. Uma aplicação deste tipo de dispositivo seria a coleta de amostra de bagaço de cana-de-açúcar no setor da moenda em uma usina de açúcar e álcool.

5.1 FLUXOGRAMA DO PROJETO DO PROTÓTIPO

A seguir na Figura 11, pode-se visualizar o fluxograma simplificado para a elaboração do protótipo. Primeiramente, foi levantado quais materiais serão utilizados. Posteriormente, foi realizado a confecção do protótipo para em seguida foi ocorrido os testes e ajustes necessários. Se aprovado nos testes o passo final é a finalização com os acabamentos necessários.



Fonte: Autoria Própria (2021)

5.2 REQUISITOS DO PROJETO

O projeto do protótipo pneumático do coletor de amostras, tem como objetivo simular de forma simples o processo industrial de forma mais didática possível. Os requisitos buscados no projeto são:

- Segurança para o operador
- Produtividade no processo
- Custo de implementação baixo
- Facilidade de acrescentar alterações com novas tecnologias

O protótipo simula o processo de coleta na indústria. Na Figura 12, pode-se visualizar o componente do braço pneumático do protótipo.

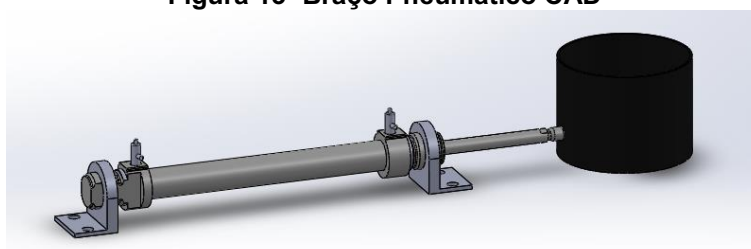
Figura 12-Braço Pneumático



Fonte: Aatoria Própria (2021)

Na Figura 13, pode-se visualizar o projeto do braço pneumático no formato CAD.

Figura 13- Braço Pneumático CAD



Fonte: Aatoria Própria (2021)

Esse braço pneumático, consiste em um cilindro pneumático de dupla ação com sua extremidade fixada em um recipiente que será realizada a coleta do material. No cilindro, foi instalado duas conexões reguladoras de fluxo com o objetivo de realizar o controle da velocidade de avanço e retorno do cilindro.

A força necessária para o processo de coleta pode ser determinada de acordo com a Equação 1 e 2.

$$F = p * A \quad (1)$$

$$A = \frac{D^2 * \pi}{4} \quad (2)$$

Onde:

F=Força(Kgf)

P = Pressão de trabalho(Kgf/cm²;bar)

A = Área do êmbolo(cm²)

D = Diâmetro do êmbolo(cm)

Considerando que a pressão de trabalho do protótipo seja de 6,12 Kgf/cm² e o diâmetro do cilindro 1,2 cm. Obtém-se assim, a área de 1,13 cm² e a força do cilindro de 6,92 Kgf.

Além da força, outro parâmetro analisado para o projeto é o consumo de ar do cilindro. Esse parâmetro pode ser obtido de acordo com as seguintes equações:

$$Q = V * A * T_c \quad (3)$$

Onde:

Q =Consumo de ar(N.dm³/s)

V = Velocidade de deslocamento(dm/s)

A = Área do êmbolo(dm²)

T_c = Taxa de compressão

$$T_c = \frac{1,013 + P}{1,03} \quad (4)$$

$$V = \frac{L}{t} \quad (5)$$

Onde:

L =Curso do cilindro(dm)

t = Tempo para realizar o curso(s)

Realizado os cálculos com as equações acima, obtém-se o valor do consumo de ar de 1,04 N.dm³/s.

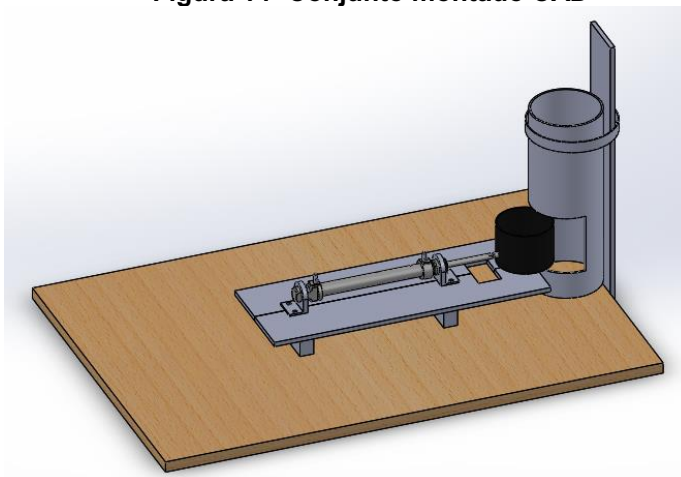
Obtido os valores de projeto, foi selecionado os seguintes materiais para a confecção do mesmo.

- 1 cilindro pneumático
- 1 botoeira
- Mangueiras pneumáticas
- Tubo de 3"

- Chapa de madeira
- Tampa de lata de Spray
- 2 Porcas
- Compressor
- Válvula 5/2 vias
- Abraçadeira de 3"

Com a seleção dos materiais presentes no mercado, foi utilizado o software Solidworks para a projeto CAD do protótipo. O conjunto montado em CAD pode ser visto na Figura 14.

Figura 14- Conjunto montado CAD



Fonte: Autoria Própria (2021)

Na Figura 15, pode-se visualizar o conjunto fabricado do protótipo.

Figura 15-Conjunto Fabricado

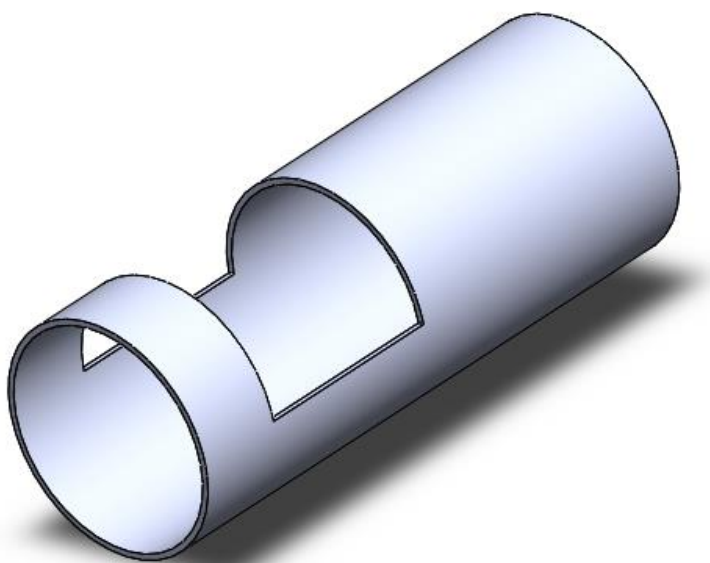


Fonte: Autoria Própria (2021)

5.3 FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO

O funcionamento do braço pneumático baseia-se no movimento de avanço e recuo no interior do tubo que é realizado o descarte do bagaço de cana-de-açúcar. Para isso, o tubo necessita ter um corte para que o recipiente de coleta consiga realizar o movimento. Esse corte pode ser visualizado nas Figura 16 no projeto CAD.

Figura 16-Tubo de descarte do bagaço CAD



Fonte: Aatoria Própria (2021)

Na Figura 17, pode-se visualizar o tubo fabricado com a presença do tubo.

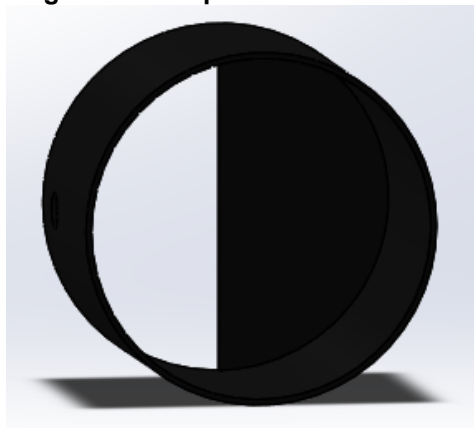
Figura 17-Tubo Fabricado



Fonte: Aatoria Própria (2021)

Para o recipiente de coleta, foi projetado um furo parcial com o objetivo que o material seja direcionado ao furo contido na canaleta de transporte. O furo no recipiente de coleta projetado no CAD pode ser visualizado na Figura 18.

Figura 18-Recipiente de coleta CAD



Fonte: Autoria Própria (2021)

Na Figura 19, pode-se visualizar o furo no realizado no protótipo.

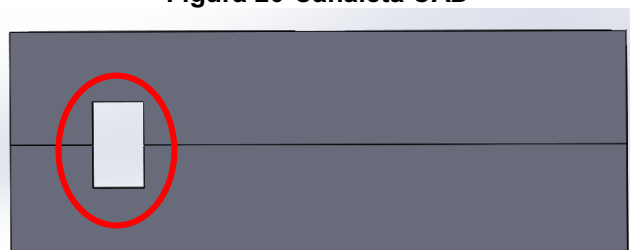
Figura 19-Recipiente de coleta fabricado



Fonte: Autoria Própria (2021)

O furo presente na canaleta foi projetado no modelo CAD conforme a Figura 20.

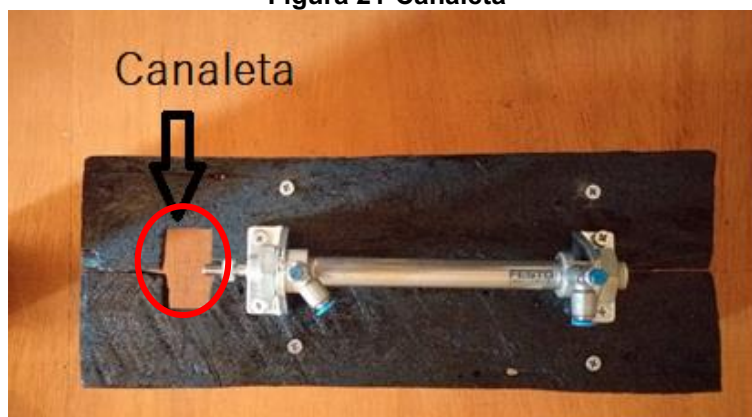
Figura 20-Canaleta CAD



Fonte: Autoria Própria (2021)

Na Figura 21, pode-se visualizar o furo na canaleta no protótipo.

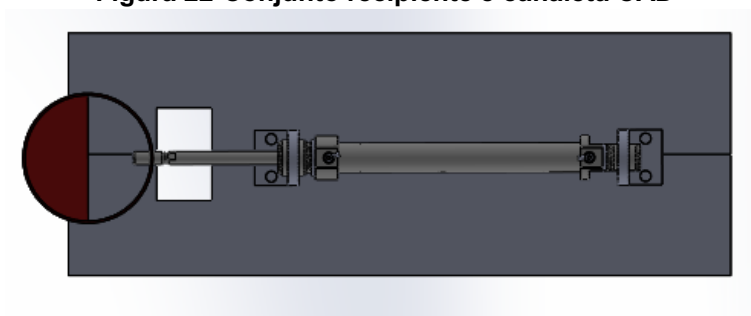
Figura 21-Canaleta



Fonte: Aatoria Própria (2021)

Pelas Figuras 18 a 21, pode-se visualizar que a medida que o cilindro recua até o seu final de curso o bagaço é direcionado ao furo contido na canaleta (destacado com o círculo vermelho) que é encaminhado a um recipiente que acumula o material para análise. Na Figura 22, pode-se visualizar o conjunto CAD.

Figura 22-Conjunto recipiente e canaleta CAD



Fonte: Aatoria Própria (2021)

Na Figura 23, pode-se visualizar o conjunto do braço pneumático fabricado.

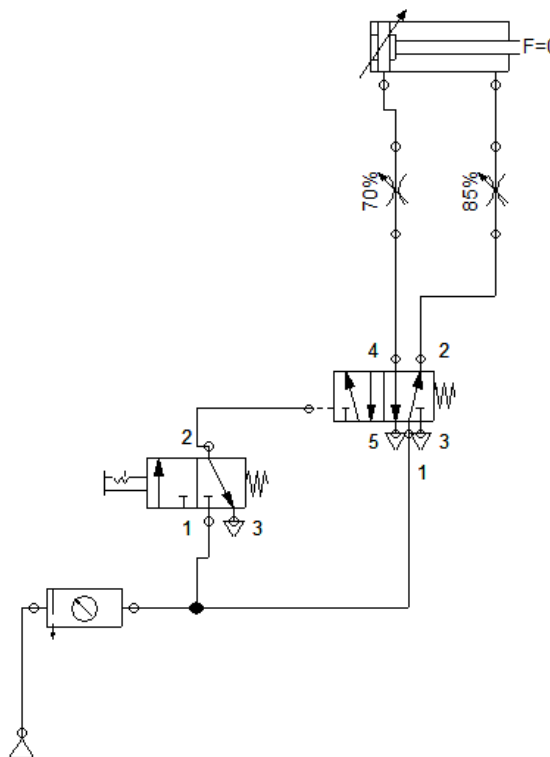
Figura 23-Conjunto recipiente e canaleta fabricado



Fonte: Aatoria Própria (2021)

Para o projeto pneumático, será feito um estudo com o auxílio do software “FluidSIM®” com o objetivo simular o processo. Na Figura 24, apresenta o circuito pneumático do sistema.

Figura 24- Circuito Pneumático



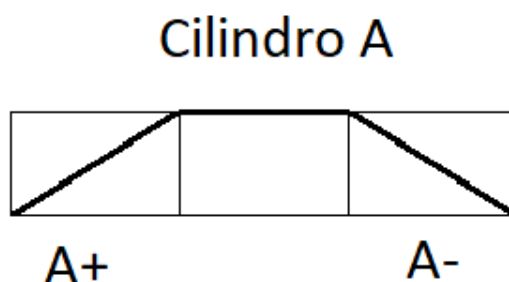
Fonte: Autoria Própria (2021)

De acordo com o circuito, nota-se que o acionamento é realizado por meio de um botão 3/2 vias e uma válvula direcional 5/2 vias pilotada de retorno por mola. Logo, quando é acionado o botão o cilindro irá avançar até o tubo(A+) e ficar aguardando por um determinado tempo. Após decorrido esse tempo, o seu retorno(A-) será automático direcionando o bagaço até o furo da canaleta.

As conexões reguladoras de fluxo, estão configuradas em 70% para o avanço e 85% para o movimento de retorno. Essa configuração tem como o objetivo o controle da velocidade do cilindro de maneira que o processo ocorra como desejado.

Esse movimento pode ser resumido no diagrama trajeto-passo mostrado na Figura 25.

Figura 25-Diagrama Trajeto-Passo



Fonte: Elaborado pelo Autor

5.4 CUSTOS DE FABRICAÇÃO DO PROTÓTIPO

Para a fabricação do protótipo, foram utilizados os seguintes equipamentos pneumáticos mostrados na Tabela 1. Foi realizado um orçamento dos equipamentos para obter o valor de gastos de fabricação do protótipo. Os valores pode-se visualizar na Tabela 1.

| Tabela 1-Custo de fabricação | |
|-------------------------------------|---------------------|
| Itens | Valor |
| Cilindro Festo DSNU-12-80-P-A | R\$ 291,89 |
| Botão 3/2 vias Festo | R\$ 400,00 |
| Compressor WIMPEL COMP-1 | R\$ 789,90 |
| Válvula 5/2 vias Festo | R\$ 58,90 |
| Usinagem e materiais | R\$ 70,00 |
| Total | R\$ 1.610,69 |

Fonte: Elaborado pelo Autor

Pelo valor total, nota-se ser um investimento considerável para a fabricação. No entanto, se realizar um comparativo dos investimentos que uma usina deve realizar ao longo do ano esse valor acaba se tornando insignificante. Sendo assim, é totalmente viável a confecção do protótipo pois os ganhos que ele pode proporcionar para as usinas sucroalcooleiras são enormes.

6 RESULTADOS

A partir dos testes realizados no protótipo, foi possível realizar adaptações até o modelo final. No decorrer dos testes, foi notado que o projeto inicial dos furos do recipiente de coleta e do furo do canal eram pequenos para que o bagaço escoe bem. Sendo assim, foi necessário aumentar os furos para resolver o problema.

Em relação aos restante dos componentes, foram seguidos de acordo com o projeto CAD sem a necessidade de adaptações.

No projeto pneumático, as ligações entre os componentes seguiram de acordo com o diagrama da Figura 24. No entanto, foi necessário realizar o ajuste das conexões reguladoras de fluxo conforme os testes foram sendo realizados. Por fim, foi determinado a regulagem de 70% para o avanço do cilindro e 85 % para o recuo do mesmo para que a coleta seja de forma eficiente.

Outro ponto importante que se destacou, foi em relação ao custo que o protótipo obteve. De acordo com o valor final de R\$ 1.610,69 isso representou um valor insignificante comparado ao investimento que as usinas dispõem para melhorias em seus sistemas. Sendo assim, o investimento no protótipo se torna totalmente viável a sua implementação.

A adaptação do braço pneumático apresentou ótimos resultados, no momento da coleta. Foi possível conversar com profissionais das usinas sucroalcooleiras sobre o protótipo. A maioria mostraram interesse no projeto por ser simples e de fácil implementação nas usinas. Outro ponto que chamou a atenção desses profissionais, foi a segurança que o equipamento dá na hora da coleta. Ou seja, não há a necessidade do colaborador se submeter a área de risco.

Além do benefício da segurança ao operador, o protótipo ajudou na melhoria da produtividade da coleta. Ou seja, não há a necessidade do operador ir até o local hostil fazer a amostragem. Com isso, o colaborador somente necessita acionar um botão reduzindo assim o tempo de coleta.

Logo, pode-se verificar que o protótipo mostrou ser uma ótima solução para a realização de coleta do bagaço de cana-de-açúcar de forma segura e eficiente.

7 CONCLUSÃO

No presente trabalho, foi realizado o protótipo de um coletor de amostras pneumático para bagaço de cana-de-açúcar. Esse coletor apresentou ser de grande utilidade nas indústrias. Pois em visitas técnicas realizadas, e em conversas com profissionais de usinas, em grande maioria é aplicado a coleta com um sistema pneumático. Além disso, é um sistema com custos barato de aquisição se comparado a outros sistemas como os hidráulicos.

Outro ponto importante desse protótipo é a automação da coleta. Ou seja, torna-se seguro o processo ao colaborador do laboratório que necessita fazer esse trabalho. Consequentemente, ganha-se em produtividade nas análises pelo fato do colaborador não necessitar estar acompanhando a coleta e realizando atividades mais produtivas.

Nos testes realizados, foi possível realizar alguns ajustes até o modelo final apresentado nas Figuras do trabalho. Foi notado que para o êxito do projeto em questão, foi necessário utilizar o conhecimento adquirido nas disciplinas do curso de Engenharia Mecânica como: Pneumática, Usinagem, Projetos, Desenho técnico, Metrologia e entre outros.

Por fim, esse protótipo será doado ao projeto da UTFPR Pisto Busão com o objetivo de auxiliá-los em suas atividades de incentivo ao interesse da comunidade ao curso de Engenharia Mecânica.

ADAPTAÇÕES FUTURAS

O protótipo elaborado neste trabalho atende as necessidades a ele designadas. No entanto, há a possibilidade de melhorias que podem ser realizadas com o objetivo de aperfeiçoar o projeto.

Dentre as melhorias, foi observado a possibilidade de automatizar a coleta em determinados períodos do dia. Isso funcionaria com o auxílio de um CLP, que será programado conforme a necessidade do laboratório de análises. Com isso, não necessitará que uma pessoa fique acionando o botão para realizar tal coleta. Sendo assim, pode-se utilizar esse colaborador para funções mais produtivas.

Outro ponto observado, é em relação ao material que é direcionado ao recipiente de coleta. Após a amostragem, é necessário que um colaborador se desloque para o envio ao laboratório. Esse deslocamento acaba tornando cansativo ao colaborador, pois geralmente é necessário realizar várias coletas durante o dia de trabalho. Para suprir essa necessidade, uma possibilidade seria a implementação de robôs que transportam cargas. Esses robôs podem ser visualizados nas indústrias que implementaram a tecnologia 4.0 para a logística interna.

Tendo em vista as sugestões acima, nota-se que é possível realizar melhorias no projeto. Vale ressaltar que esses foram alguns pontos identificados, sendo possível assim realizar outras melhorias com o auxílio de tecnologias futuras.

REFERÊNCIAS

NACHILUK, K. **Alta na Produção e Exportações de Açúcar Marcam a Safra 2020/21 de Cana. Análises e Indicadores do Agronegócio, São Paulo**, v. 16, n. 6, jun. 2021, p. 1-5. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=15925>. Acesso em: 30/08/21.

ALCARDE, André Ricardo. **Árvore do conhecimento Cana-de-açúcar**. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_108_22122006154841.html. Acesso em: 01/09/2021.

ARANTES, Danilo Campion. **Bagaço de cana-de-açúcar: Análise Térmica e Energética de Biomassa**. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14971/1/BagacoCanadeacucarAnalise.pdf>. Acesso em: 01/09/2021.

PITARELO, A. SILVA, T.A. et al **Effect of moisture in the steam treatment and enzymatic hydrolysis of sugarcane bagasse**. Química Nova, v. 35, n. 8, p. 1502-1509, 2012.

ALVES, R. S.; Oliveira, L. A.; Lopes, P. L. **Crédito De Carbono: O Mercado De Crédito De Carbono No Brasil. X Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**. Out. 2013, Rezende, RJ.

SALES, A. **Utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar na produção de artefatos para infraestrutura urbana: caracterização do resíduo e avaliação de argamassas e concretos** – nº 08/06486-4. Pesquisa FAPESP. 2010

LIMA, Sofia Araújo et al. **Concretos com cinza do bagaço da cana-de-açúcar: avaliação da durabilidade por meio de ensaios de carbonatação e abrasão. Ambiente Construído**. 2011, v. 11, n. 2 pp. 201-212. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1678-86212011000200014>>. Epub 18 Jul 2011. ISSN 1678-8621. Data de acesso: 30/08/21.

VENCESLAU, Hayssa Michely Barbosa de Barros. **Diversificação das aplicações do bagaço de cana de açúcar**. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/15998/1/HMBBV08102019.pdf>. Data de acesso: 01/09/21.

FESTO. **Válvula de Duplo Piloto 5/2 vias**. Disponível em: <https://www.festo-didactic.com/br-pt/sistemas-de-ensino/bancadas-de-treinamento/pneumatica/pneum>

atica/valvula-de-duplo-piloto-5-2-vias.htm?fbid=YnlucHQuNTM3LjIzLwMTgu NTI5OQ . Data de acesso: 03/09/2021.

MUNDO DA AUTOMAÇÃO. **Conceito de automação de moenda adotado na Usina Trapiche, com uso da velocidade linear.** Disponível em: <http://mundoautomacao.blogspot.com/2011/06/enc-artigo-tecnico-conceito-de.html>. Acessado em: 04/09/2021.

RURAL PECUARIA. **UNICA: Diversificação no uso do bagaço de cana.** Disponível em: <https://ruralpecuaria.com.br/tecnologia-e-manejo/cana-de-acucar/unica-diversificacao-no-uso-do-bagaco-de-cana.html>. Data de acesso: 06/09/21.

RE MID SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. **Coletor de amostra pneumático CAP100G em inox.** Disponível em: <https://remid.com.br/loja/coletor-de-amostra-pneumatico-cap100g/>. Data de acesso: 10/09/2021.

ENGINSTREL ENGEMATIC. **EEI Coletor de amostras.** Disponível em: <https://www.engematic.com.br/admin/public/img/eei-coletor-ks.pdf>. Data de acesso: 10/09/2021.

COCAL. **Fluxograma de Fabricação: Etanol, Açúcar e Energia.** Disponível em: <http://www.cocal.dominiotemporario.com/conteudo/21/3/fluxograma-defabricacao.html>. Data de acesso: 14/09/2021.

CASEQUIPAMENTOS. **Moenda de cana Industrial.** Disponível em: <https://www.casequipamentos.com.br/moenda-cana-industrial>. Data de acesso: 21/09/2021.

ORPLANA. **Procedimentos e normas para o acompanhamento de análise da qualidade da cana de açúcar.** Disponível em: http://www.cana.com.br/biblioteca/manual_consecana_2013.pdf. Data de acesso: 23/09/2021.

MELLO, Fernando Martins de. **Controle Nebuloso (“Fuzzy”) Aplicado À Combustão Em Caldeiras A Bagaço De Cana.** Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Química)- Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. p107. 2018.

FIRMINO, Edilson Aparecido; OLIVEIRA, Wellington Luis De; RAPANELLO, Rogerio Máximo Rapanello. **Automação Das Mesas Alimentadoras De Cana De Açúcar.** Disponível em:

<https://www.unifafibe.com.br/revistasonline/arquivos/revistaeletrica/sumario/69/06022019135822.pdf>. Data de acesso: 25/09/2021.

DUTRA, E. S. **Notas de aula: pneumática**. Caxias do Sul: SENAI, 2002.

FIALHO, Arivelto Bustamante. **Automação Pneumática: projetos, dimensionamento e análise de circuitos**. 7 ed. São Paulo: Érica, 2011.

PARKER HANNIFIN. **Tecnologia pneumática industrial**: apostila M1002-2 BR. Jacareí: Parker, 2001. Disponível em: http://www.eterfs.com.br/material/mecanica/Apostila_Eletropneumatica_Parker.pdf. Acesso em: 24 jun. 2021.

RIBEIRO, Marco A. **Automação Industrial**. 4 ed. Salvador: Tek Treinamento & Consultoria Ltda, 2001.

PRUDENTE, Francesco. **Automação Industrial: PLC: Teoria e Aplicações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2013. 533 p.

GROOVER, Mikell.P. **Automação industrial e processos de manufatura**. 3 ed. – São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

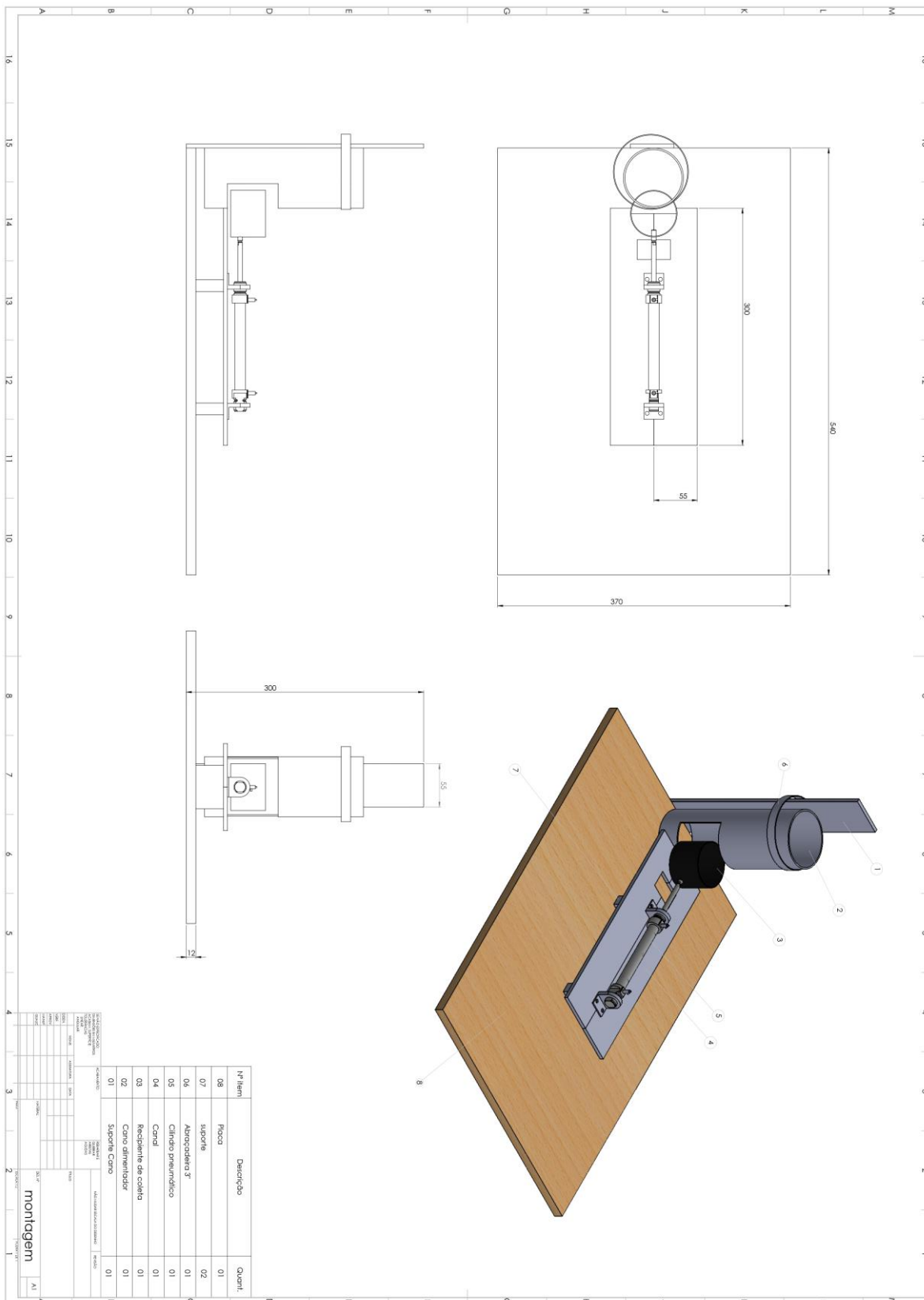
CROSER, P.; EBEL, Frank. **Pneumática: Nível Básico**. Festo DidacticTaC - Treinamento e Consultoria: 2002.

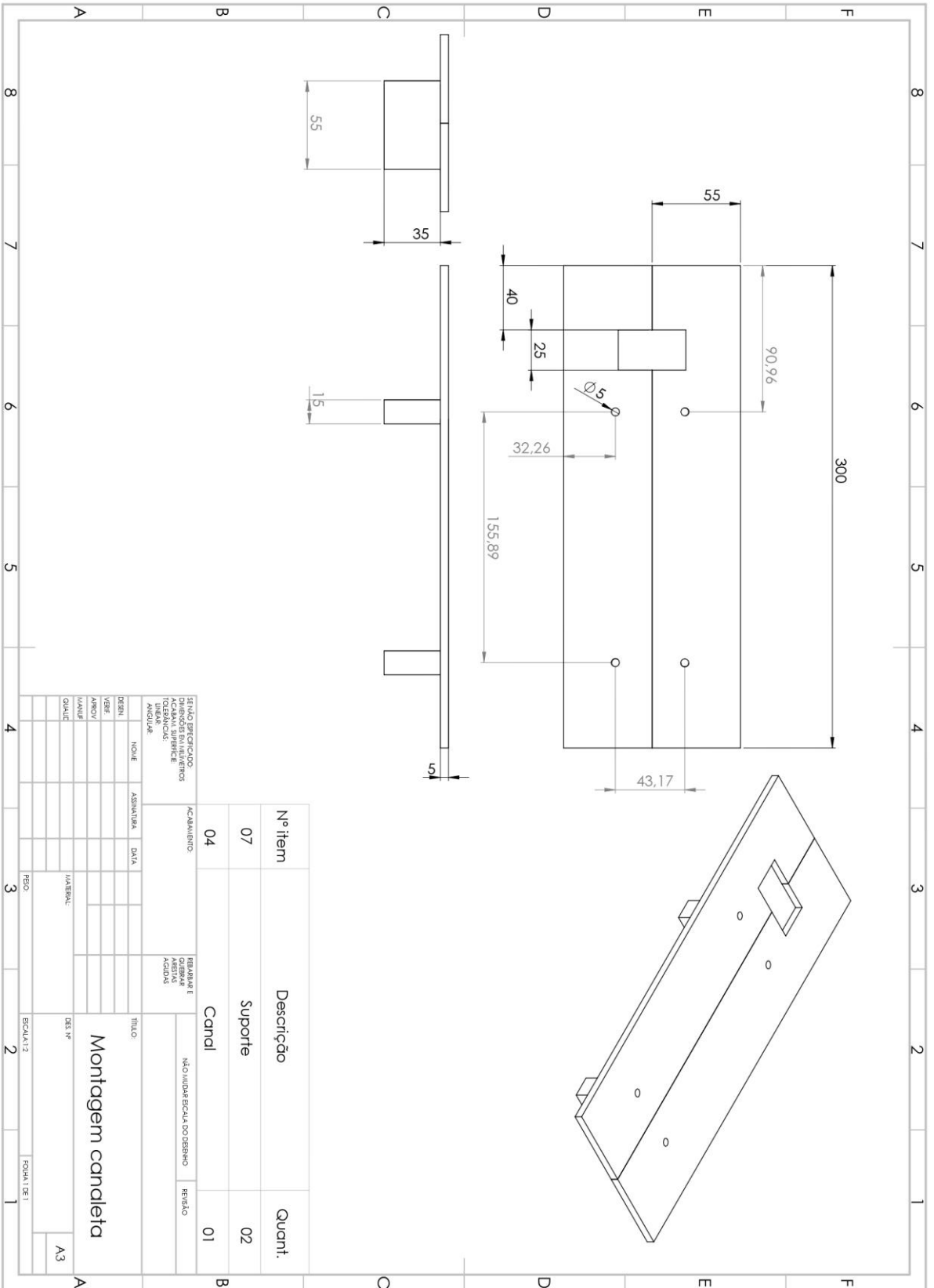
NORTON, Robert L. **Projeto de máquinas: Uma abordagem integrada**. 4. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2013.

LACERDA, LEONARDO. **Logística reversa: uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais**. Rio de Janeiro. Estudos em Logística-COPPEAD, p.3,2002.

BUDYNAS, R. G.; NISBETT, J. K. Elementos de Máquinas de Shigley: **Projeto de Engenharia Mecânica**. 8ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2011. 1084 p.

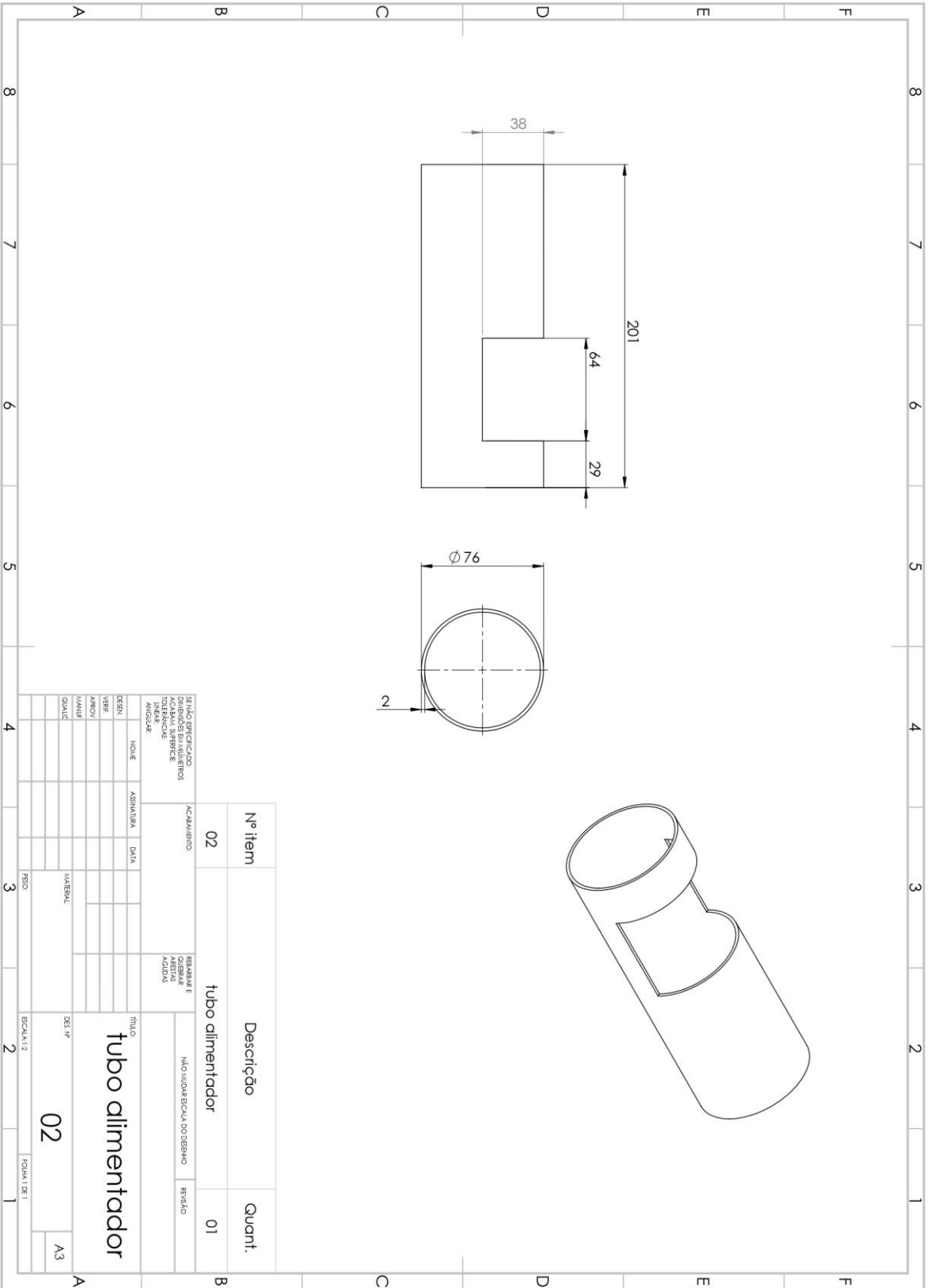
APENDICE A – DESENHOS TÉCNICOS DO PROJETO





| Nº Item | Descrição | Quant. |
|---------|-----------|--------|
| 07 | Suporte | 02 |
| 04 | Canal | 01 |

| SINALIZAÇÃO DE ACABAMENTO | | | | REBARBA E ABERTURAS ACIDAS | | NÃO MUDAR ESCALA OBRAS | | REVISÃO | |
|---------------------------|-------------|--------------|-----------|----------------------------|-------------------|------------------------|-------|---------|-------|
| DESENHADOR | VERIFICADOR | PROJETADEIRO | APROVADOR | DATA | TÍTULO | ESCALA | FECHA | FECHA | FECHA |
| | | | | | Montagem canaleta | A3 | | | |



| | | | | | |
|--|--|-----------------------|--|----------------------------------|--|
| Nº Item | | Descrição | | Quant. | |
| 02 | | tubo alimentador | | 01 | |
| SE NÃO ESPECIFICADO NUNCA SE USAR ACABAMENTO ACABADA SUPERFÍCIE TOLERÂNCIAS ANGULARES | | ACABAMENTO | | REBARBA E ABERTURA ACODADA | |
| NOME NBR NBR NBR QUANT. | | ASSINATURA DATA | | TÍTULO DES. Nº 02 | |
| FEBO | | MATERIAL INATERRAL | | ESCALA 1:2 FOLHA DE 1 | |