

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SANTO ANDRÉ

FATEC SANTO ANDRÉ

Mecatrônica Industrial

Alexandre Rocha Oliveira

Gustavo Sasaki Rodrigues

Raphael de Oliveira Chiavegati

CONSTRUÇÃO UM GERADOR DE GÁS CARBONO

Santo André

2024

Alexandre Rocha Oliveira

Gustavo Sasaki Rodrigues

Raphael de Oliveira Chiavegati

CONSTRUÇÃO UM GERADOR DE GÁS CARBONO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de tecnologia em
Mecatrônica Industrial da Fatec Santo
André como requisito parcial para
obtenção do título de Tecnólogo em
Mecatrônica Industrial.

Orientador: Prof. Me. Luiz Vasco Puglia.

Coorientador: Prof. Me. Eliel Wellington
Marcelino.

Santo André

2024

LISTA DE PRESENÇA

Santo André, 29 de junho de 2024.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA:
“CONSTRUINDO UM GERADOR DE CO₂” DOS ALUNOS DO 6º
SEMESTRE DESTA U.E.

BANCA

PRESIDENTE:

PROF. JHONNY FRANK SOUSA JOCA _____

MEMBROS:

PROF. GLAUCIO SANTOS _____

PROF. NOURIANDRES LIBORIO SILVA _____

ALUNOS:

ALEXANDRE ROCHA OLIVEIRA _____

GUSTAVO SASAKI RODRIGUES _____

RAPHAEL DE OLIVEIRA CHIAVEGATI _____

Dedicatória

Dedicamos este trabalho a todos que
possam utilizá-lo para completar os seus
objetivos, sejam acadêmicos ou não.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Prof. Me. Luiz Vasco Puglia e ao Prof. Me. Eliel Marcelino pela orientação, correção e incentivo durante a realização do projeto e ao professor Fernando Dalbo Garup pela ajuda na execução e organização de todo projeto e documento.

“Nada é tão contagioso como o exemplo”

(François La Rochefoucauld)

RESUMO

Com os benefícios da modernidade, como alimentação e conforto, também surgiram uma série de problemas. Atualmente, o meio ambiente enfrenta um grande desafio relacionado às embalagens plásticas usadas no transporte e armazenamento de produtos. Derivados do petróleo, na forma de plásticos, são encontrados dispersos no oceano, prejudicando a fauna e a flora marinha. Uma grande parte dessas embalagens está na forma de garrafas de politereftalato de etileno (PET). A água, essencial para todas as formas de vida, é transportada nessas embalagens. Uma parte dessas garrafas é destinada ao armazenamento de água carbonatada. Este projeto propõe a fabricação doméstica de dióxido de carbono (CO_2) e seu armazenamento em um cilindro que permita ser utilizado em máquinas de fabricação de água gaseificada. Dessa forma, seria mais fácil a produção caseira de água carbonatada, contribuindo para a eliminação das embalagens plásticas e, conseqüentemente, dos resíduos poluentes resultantes. Esta abordagem representa uma pequena contribuição ao meio ambiente, mas também um passo importante para a conscientização ambiental. Este projeto será dividido em duas partes: a obtenção de dióxido de carbono (CO_2) em seu estado gasoso e um método para armazenar este gás. O cilindro no qual o gás será armazenado será o mesmo utilizado em máquinas de produção de água com gás. Sendo necessário um compressor para transferir o gás gerado para o cilindro, aumentando sua pressão acima da atmosférica.

Palavras chaves: Meio ambiente, plástico, fabricação doméstica de gás carbono.

ABSTRACT

With the benefits of modernity, such as food and comfort, also came a series of problems. Currently, the environment faces a major challenge related to plastic packaging used in the transportation and storage of products. Derived from petroleum, in the form of plastics, they are found scattered in the ocean, harming marine fauna and flora. A significant portion of these packages are in the form of polyethylene terephthalate (PET) bottles. Water, essential for all forms of life, is transported in these containers. Some of these bottles are used for storing carbonated water. This project proposes domestic production of carbon dioxide (CO₂) and its storage in a cylinder suitable for use in carbonated water production machines. This would facilitate homemade carbonated water production, contributing to the reduction of plastic packaging and consequently the resulting pollutant waste. This approach represents a small contribution to the environment but also an important step towards environmental awareness. This project will be divided into two parts: obtaining carbon dioxide (CO₂) in its gaseous state and a method for storing this gas. The cylinder in which the gas will be stored will be the same as that used in carbonated water production machines. A compressor will be needed to transfer the generated gas to the cylinder, increasing its pressure above atmospheric levels.

Keywords: Environment, plastic, domestic carbon gas production.

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

PET	Polietileno tereftalato
CO ₂	Dióxido de carbono
PU	Poliuretano
VQ	Válvula de Qualidade
ABS	Acrilonitrila butadieno estireno
PLA	Polilactídeo
g	Gramas
kg	Quilogramas
L	Litros
ml	Mililitros
CNC	Comando Numérico Computadorizado
A	Ampere
V	Volts

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Transformação de glicose em CO ₂ e etanol.....	16
Figura 2: Equação para a produção de CO ₂ utilizando vinagre.....	17
Figura 3: Equação para a geração de CO ₂ usando ácido acético	18
Figura 4: Equação para a produção de CO ₂ usando ácido cítrico.....	18
Figura 5: Cilindro onde será armazenado o CO ₂	19
Figura 6: Compressor que será utilizado.....	21
Figura 7: ESP32	22
Figura 8: Modelagem 3D das peças impressas	22
Figura 9: Fluxograma da programação	25
Figura 10: Segunda parte do Fluxograma.....	26
Figura 11: Montando o Código	27
Figura 12: Impressora 3D confeccionando a caixa.	27
Figura 13: CNC Cortando a madeira do envólucro da caixa.	28
Figura 14: Imagem interna de toda a máquina.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista de Materiais	23
-------------------------------------	----

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	14
1.1 Motivação.....	14
1.2 Objetivo	14
1.3 Organização	15
2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1 Pesquisa de Produção de CO ₂	16
2.2 Pesquisa da Montagem dos Recipientes	19
2.3 Compressor de ar.....	20
2.4 Microcontrolador.....	21
3 – PROJETO	22
3.1 Componentes utilizados	22
3.2 Montagem da máquina.....	24
3.3 Modificações	28
4 – RESULTADOS	30
5 – CONCLUSÃO.....	31
6-REFRÊNCIAS	32
Apêndice A – Modelo do Gerador	36
Apêndice B - Ficha Técnica do projeto completo	37
Apêndice C - Ficha Técnica do projeto: Vista Frontal	38
Apêndice D - Ficha Técnica do projeto: Vista Inferior	39
Apêndice E - Ficha Técnica do projeto: Vista Lateral Direita.....	40
Apêndice F - Ficha Técnica do projeto: Vista Lateral Esquerda.....	41
Apêndice G - Ficha Técnica do projeto: Vista Traseira	42
Apêndice H - Ficha Técnica do projeto: Suporte	43
Apêndice I – Programa Para Controle da Produção de CO ₂	44

1 – INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

O principal motivo para a realização deste projeto foi o fato de os oceanos estarem cada vez mais poluídos com lixo plástico, segundo a revista Nature “A fração plástica representa 82% do lixo observado, a maioria sendo de itens de uso único (como garrafas, embalagem e sacolas)” (Nature, 2021, tradução nossa). Essas garrafas poderiam facilmente ser reaproveitadas, mas apenas 7% delas são reusadas, por conta disso pesquisadores teorizam que até 2050 haverá mais lixo plástico do que peixes no oceano, isso porque ao mesmo tempo que o plástico demora para degradar-se, quando se decompõe ele libera produtos químicos tóxicos na água além de que o plástico pode ser engolido por animais marinhos, causando danos aos ecossistemas, essa destruição dos *habitats* marinhos podem ter efeitos na circulação de oxigênio na água que por sua vez dificulta ainda mais para a vida marinha se proliferar.

Do mesmo modo com a degradação, os plásticos se transformam em microplásticos que causam ainda mais danos a vida marinha, fazendo com que peixes morram por asfixia e problemas intestinais. Segundo a Laura Parker (2022)” (...) amantes de frutos do mar poderiam consumir até 11 mil partículas de plástico por ano comendo mexilhões (...)” (PARKER, 2022). Os efeitos de microplásticos em seres humanos ainda são desconhecidos, mas segundo Osman (2023) a exposição a microplásticos podem levar a problemas sérios de saúde, como doenças pulmonares e câncer.

Com este projeto, será possível reduzir a quantidade de plástico que vai para o meio ambiente, o que poderá diminuir os impactos causados pelo uso excessivo de plástico na natureza.

1.2 Objetivo

O objetivo deste projeto é a construção de uma máquina capaz de produzir e armazenar CO₂. Mesmo com a existência de máquinas de produção de águas com gás ainda acaba sendo caro por conta da necessidade de se encher o cilindro com o gás, tendo que enviar até um local que coloque o gás no cilindro ou trocar o vazio por um cheio, com essa máquina o preço do cilindro de gás iria baixar, sendo que no site da SodaStream (Fabricante do cilindro escolhido para usar no projeto) consta que para fazer uma troca de um cilindro vazio por um cheio custa R\$159,00 reais, no projeto proposto, a produção do CO₂ vai ser utilizando 2 ingredientes principais, ácido

cítrico que 1kg custou R\$24,00*¹ e bicarbonato de sódio que compramos uma embalagem de 1kg por R\$13,00*², sendo possível achar por preços mais baratos e com apenas 195g de Ácido e 240g de bicarbonato já é possível gerar 66L de CO₂.

Com a redução do custo do gás, avança-se em direção a tornar a produção caseira de água gaseificada mais acessível, incentivando a diminuição do consumo de garrafas de polietileno tereftalato (PET). Com preços mais baixos, um maior número de pessoas poderá produzir água carbonatada em casa, reduzindo assim a necessidade de adquiri-la em garrafas PET.

1.3 Organização

O trabalho foi dividido da seguinte forma: na seção de fundamentação teórica, será apresentada uma explicação abrangente sobre a produção e armazenamento de CO₂. Na montagem dos recipientes, serão discutidos os materiais selecionados, justificando suas escolhas e descrevendo o funcionamento do sistema como um todo. Na metodologia, detalharemos a montagem do projeto e a integração de cada componente.

¹ Preço retirado da *Amazon*

² Preço retirado da *Amazon*

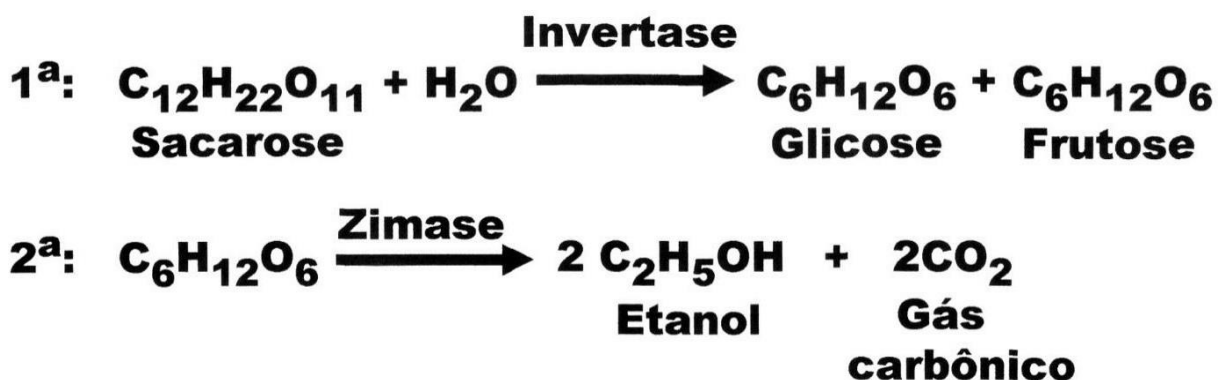
2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Pesquisa de Produção de CO₂

Na busca por maneiras de produzir dióxido de carbono (CO₂), foram encontradas diversas abordagens. Uma dessas é a sublimação do gelo seco (CO₂ em forma sólida), que é o método mais limpo, embora também o mais caro. Outra opção é a fermentação alcoólica, que utiliza fermento biológico e açúcar. Este método é mais acessível, como demonstrado na Figura 1, contudo, produz etanol como um resíduo, o que pode tornar seu descarte mais complicado.

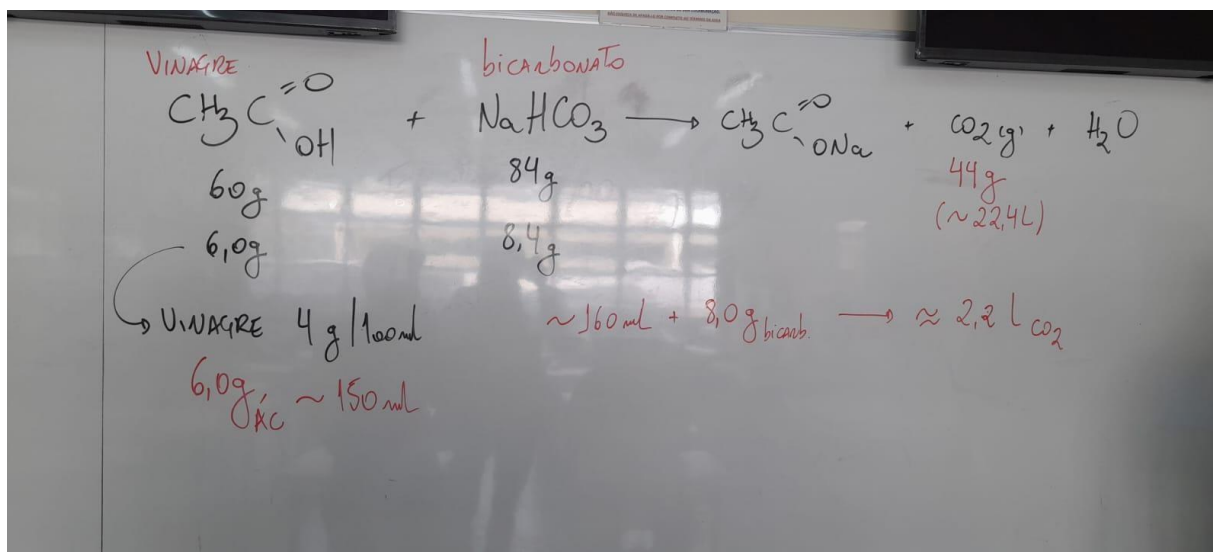
O objetivo era encontrar uma forma de produção utilizando materiais comuns que provavelmente estariam disponíveis em residências brasileiras. Concluiu-se que a melhor opção seria combinar bicarbonato de sódio (NaHCO₃) e vinagre, já que este último possui uma concentração de 4% de ácido acético (C₂H₄O₂). A reação química entre esses dois materiais gera dióxido de carbono (CO₂).

Figura 1: Transformação de glicose em CO₂ e etanol.



Fonte: <https://djalmasantos.wordpress.com/2011/10/07/testes-de-respiracao-celular-33/>. Acesso em: 13 jul 2024.

Figura 2: Equação para a produção de CO₂ utilizando vinagre.



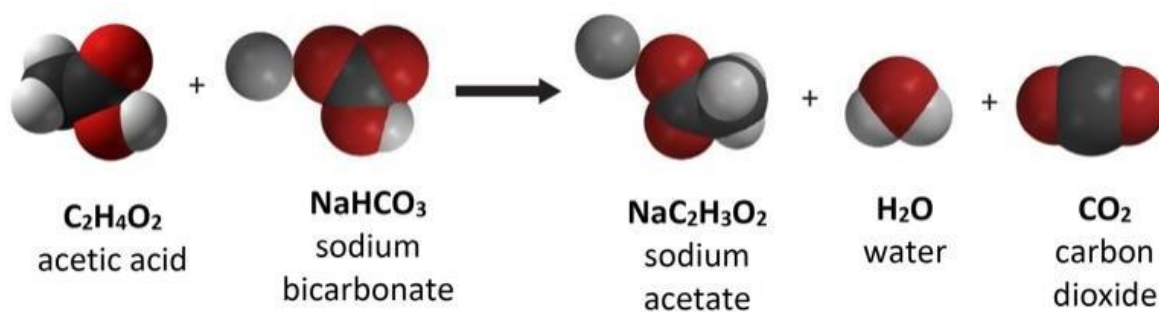
Fonte: Autores, 2023

No entanto, após serem feitos alguns testes, foi descoberto que o uso de vinagre não era viável, pois seriam necessários 160 mL de vinagre (contendo 6,5 g de ácido acético) para reagir com 8 g de bicarbonato de sódio e gerar 2,2 L de CO₂. Portanto, optamos por utilizar ácido cítrico anidro diretamente. Após uma breve pesquisa, constatou-se que este ácido é facilmente comercializado, não possui alto custo e é amplamente acessível.

Não haverá grandes alterações no método de fabricação ao trocarmos o ácido acético pelo cítrico, porém como usaremos o ácido cítrico anidro será adicionado água para facilitar a reação e termos um controle melhor de quando quisermos começar a reação.

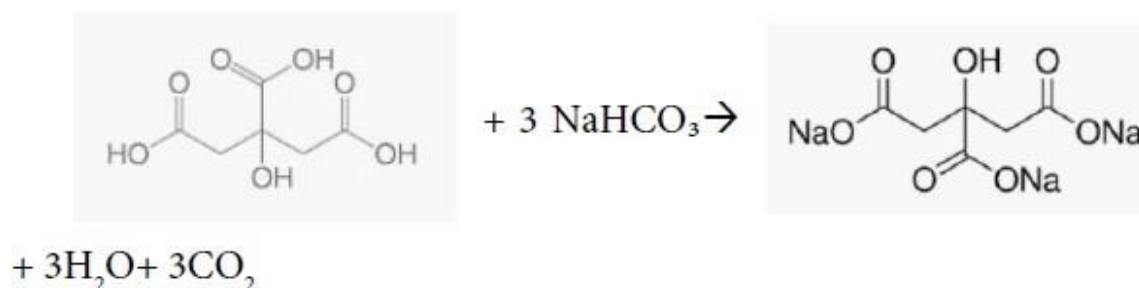
Ao combinar bicarbonato de sódio (NaHCO₃) e ácido cítrico (C₆H₈O₇), será produzido CO₂, água (H₂O) e citrato de sódio (Na₃C₇H₅O₇), que é um sal anidro. Usando o mesmo cálculo do vinagre, 6,5 g de ácido cítrico com 8 g de bicarbonato de sódio produzem 2,2 litros de CO₂. Abaixo estão representadas as equações.

Figura 3: Equação para a geração de CO₂ usando ácido acético



Fonte: <https://www.acs.org/middleschoolchemistry/simulations/chapter6/lesson2.html>. Acesso em: 04 apr. 2024.

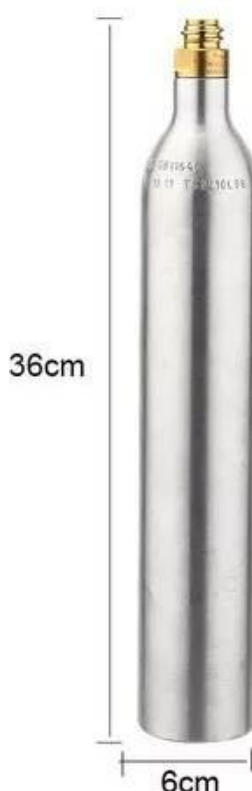
Figura 4: Equação para a produção de CO₂ usando ácido cítrico



<https://www.omicsonline.org/open-access/finding-new-and-ideal-formulation-for-snow-water-foam-producing-tablets-118385.html>>. Acesso em: 07 jun 2024.

Para a escolha do cilindro, foi selecionado um modelo utilizado em máquinas de gaseificação de água, garantindo custo acessível. Optou-se por um cilindro de boa capacidade (60L), com triplo controle de qualidade e válvula de segurança para evitar ultrapassar o limite de pressão, conforme informações disponíveis no site da SodaStream (SODASTREAM).

Figura 5: Cilindro onde será armazenado o CO_2



Fonte: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-3153134200-cilindro-de-aluminio-para-co2-padro-sodastream-adaptador-_JM?matt_tool=18956390&utm_source=google_shopping&utm_medium=organic, 2024.

Com o cilindro selecionado, foi decidido produzir 66 L de CO_2 para permitir uma reserva adicional para controle de qualidade do gás. Para essa produção, serão utilizados 195 g de ácido cítrico anidro e 240 g de bicarbonato de sódio. Durante o processo, realizamos um teste adicionando água ao sistema para facilitar a reação, o que resultou em melhorias significativas. Os resíduos gerados dessa reação serão água (H_2O) e citrato de sódio ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$), segundo o artigo “Gestão de Resíduos aplicada à experimentação no ensino de Química Analítica Quantitativa” publicado em 2014 pela Universidade de Santa Cruz do Sul, o citrato de sódio pode ser descartado no esgoto comum.

2.2 Pesquisa da Montagem dos Recipientes

Para a produção de CO_2 e seu armazenamento no cilindro, foi necessário um recipiente capaz de suportar as reações químicas envolvidas no processo. Esse recipiente precisaria estar interligado a um compressor para possibilitar o enchimento do cilindro com ar em pressão superior à atmosférica, além de dispositivos para

conduzir o ar do compressor para o cilindro e para fora durante o controle de qualidade. Decidiu-se que parte dos recipientes seria fabricada por impressão 3D, parte seria de madeira e para o transporte do gás comprimido seriam utilizadas mangueiras.

Na parte da impressão 3D, serão utilizados dois tipos de filamentos diferentes: ABS e PLA. O filamento PLA será utilizado para fabricar o recipiente onde serão colocados os insumos (ácido cítrico, bicarbonato de sódio e água), onde ocorrerá a reação química. Esse material foi escolhido inicialmente por não emitir gases tóxicos em caso de corrosão, por ser biodegradável e considerado seguro para contato com alimentos. Mesmo não havendo risco de corrosão para o PLA ou o ABS, optou-se pelo PLA devido à sua segurança biológica. Para o invólucro que permite ao compressor puxar o gás produzido no recipiente de PLA, foi utilizado o filamento ABS. Esse invólucro mantém o gás gerado e o direciona para o compressor, minimizando a entrada de ar externo durante o processo de reação.

Optou-se pelo uso do filamento ABS devido à sua resistência a impactos e vibrações, características essenciais, especialmente por abrigar um motor interno. Além disso, o ABS é mais flexível em comparação com outros materiais, o que reduz ainda mais as pequenas fendas por onde o ar externo poderiam entrar, minimizando preocupações com vazamentos.

Utilizou-se o filamento ABS para imprimir travas que seguram o motor e a caixa de produção, assegurando estabilidade e segurança. Além disso, foram criados acabamentos externos com o mesmo material, proporcionando um visual mais refinado e profissional ao equipamento.

Com essas escolhas, busca-se garantir que o equipamento seja robusto e confiável.

2.3 Compressor de ar

Para a compressão do gás, escolheu-se o Mini Compressor Automotivo Portátil 12v Tech One 300 Psi, por ser adequado para demonstrar a utilização e comprovar a funcionalidade do sistema, representando uma solução viável e econômica para a transferência de gás entre recipientes. Suas características como custo acessível, portabilidade e baixa voltagem facilitam seu uso, tornando-o uma escolha ideal para projetos que buscam eficiência sem comprometer o orçamento. Para facilitar a

conexão entre o compressor e o cilindro, modificou-se a saída de ar do compressor para uma que pudesse ser integrada ao sistema de mangueiras, permitindo também o controle de qualidade. Além disso, foi criada uma caixa ao redor do compressor para coletar o CO₂ e reduzir a entrada de ar externo no ambiente.

Figura 6: Compressor que será utilizado

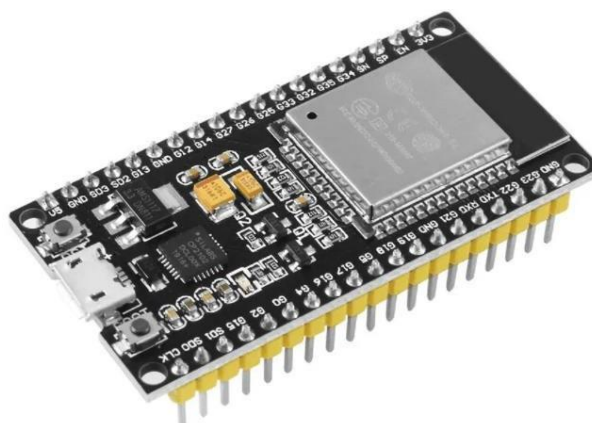


Fonte: https://www.mercadolivre.com.br/mini-compressor-automotivo-portatil-12v-tech-one-300-psi-cor-preto-fase-eletrica-monofasica/p/MLB19813442?matt_tool=18956390&utm_source=google_shopping&utm_medium=organic&from=gsho. Acesso em: 15 maio. 2024.

2.4 Microcontrolador

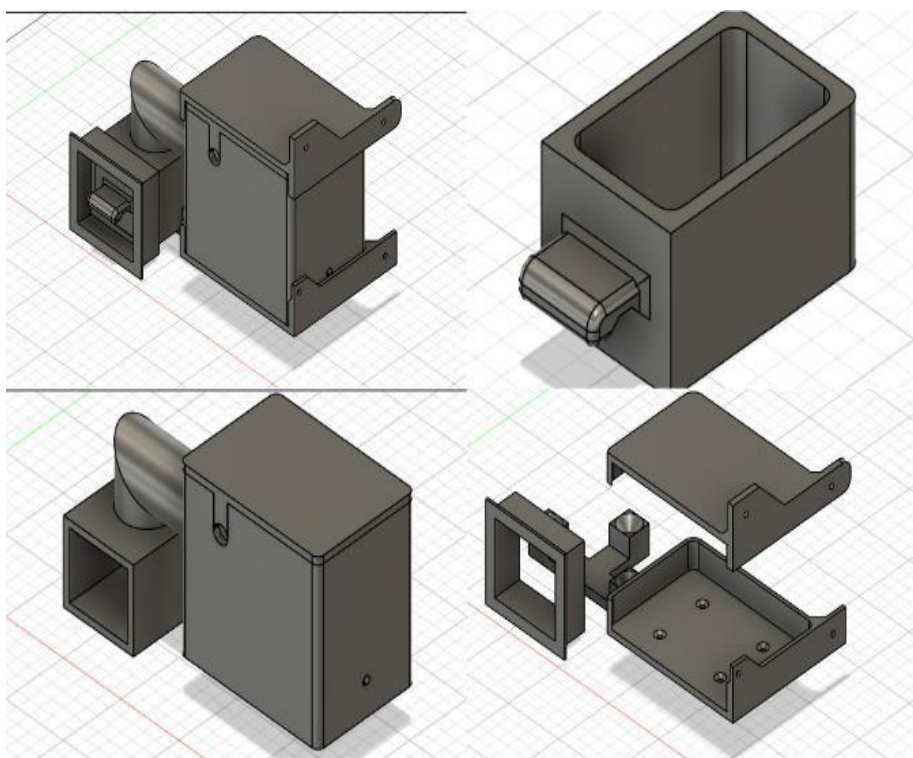
Para controlar todo o sistema, optou-se pelo uso de um microcontrolador. O escolhido foi o ESP32, selecionado para monitorar e controlar a transferência de gás entre os recipientes. Este microcontrolador foi escolhido devido ao baixo custo, tamanho compacto, capacidade de processamento e por ser programável em C++ e Python, duas linguagens familiares aos autores e de fácil utilização. Essas características tornam o ESP32 a escolha ideal para projetos que requerem alta eficiência e controle preciso sem aumentar significativamente os custos.

Figura 7: ESP32



Fonte: <https://capsistema.com.br/index.php/2021/07/04/instalando-a-placa-esp32-no-arduino-ide-instrucoes-para-mac-os-x-e-linux/>. Acesso em: 15 maio 2024

Figura 8: Modelagem 3D das peças impressas



Fonte: Autores, 2024.

3 – PROJETO

3.1 Componentes utilizados

Para a realização deste projeto será usado os seguintes materiais:

Tabela 1 - Lista de Materiais

Lista de Materiais			
Numeração	Nome do item	Quantidade	Uso do item
1	Conexão reta fêmea Ø08 X 3/8"	2	Conexão entre recipiente, cilindro e tubo.
2	Tubo PU azul Ø08	2m	Transferência do gás.
3	Conexão reta fêmea Ø08 X 1/4"	5	Conexão entre recipiente, cilindro, tubo e as válvulas.
4	Conexão rosca e porca "T" Ø08	2	Mais conexões para tubos.
5	Válvula solenoide 3v1-M5	2	Controlar a passagem do gás.
6	ESP32	1	Controlar a abertura e fechamento das válvulas.
7	Cilindro	1	Armazenar o gás.
8	Compressor de ar 300PS	1	Conseguir transferir o gás do recipiente para o cilindro.
9	Ácido cítrico	195g	Geração de CO ₂ .
10	Bicarbonato de sódio	240g	Geração de CO ₂ .
11	Caixa de 120x112x84mm (ABS)	1	Para armazenar o compressor.
12	Uma tampa de 120x112x25.75mm (ABS)	1	Para tampar o item 11.
13	Cotovelo de 95mm com 40ø (ABS)	1	Para conectar o item 14 ao 11.
14	Uma caixa de 60.50x55.50x80mm com um furo de 40.50ø (ABS)	1	Para colocar item 15 dentro.
15	Uma caixa de 50x45x74.5mm (PLA)	1	Onde será colocado os insumos para a geração do gás.
16	Fonte de 12V 10A	1	Para energizar o compressor.
17	Fonte de 5V 1A	1	Para energizar o ESP32
18	Fonte de 24V 1A	1	Para energizar as válvulas solenoides.
19	Caixa de 374x304x264mm (MDF)	1	Para guardar todo o gerador dentro.

Para controlar as partes elétricas do projeto, será utilizado o microcontrolador ESP32 devido ao seu baixo custo e capacidade de programação em C++, uma linguagem conhecida pelos membros do grupo. Este microcontrolador é reconhecido pela sua confiabilidade e será ideal para controlar o compressor e as válvulas

solenoides, proporcionando maior autonomia à máquina, aumentando a segurança de uso e permitindo o controle da qualidade do gás. A Válvula de Qualidade (VQ) será acionada no início do programa junto com o compressor, visando remover ao máximo qualquer gás presente no recipiente que não seja dióxido de carbono.

Para o projeto, será utilizado um cilindro com capacidade para até 0,4 kg de CO_2 , conforme mencionado pelo Professor Doutor Jhonny Frank Sousa Joca. Planeja-se produzir aproximadamente 44 g de CO_2 , ocupando um volume de aproximadamente 22,4 litros em temperatura ambiente. Com base nesses dados e utilizando a regra de três, estima-se que o cilindro suporte cerca de 209 L de CO_2 . Utilizando um compressor adequado para encher o cilindro, será possível gaseificar aproximadamente 100 L de água, o que equivale a evitar o uso de 50 garrafas PET de 2 litros por cada recarga do cilindro.

O compartimento para a geração de CO_2 será uma caixa retangular onde internamente ela tem 40mm x 64.5mm x 40mm sendo que nos cantos tem um raio de 5mm, onde será adicionado o bicarbonato de sódio e o ácido cítrico para a produção do CO_2 . Ela deverá ser limpa a cada uso, os resíduos gerados, como citado anteriormente, poderão ser descartados em um lixo comum.

Para transferir o gás da nossa caixa para o cilindro, será usado um compressor de ar de 300 PSI (Cerca de 10 Bar), para esse cilindro que foi escolhido já tem uma rosca que permite a entrada de ar no sistema, caso utilizasse outro é possível fazer a troca.

As tubulações serão constituídas de mangueiras pneumáticas de poliuretano (PU). A escolha desse tipo de mangueira deve-se à sua resistência a produtos químicos, proporcionando maior segurança à máquina.

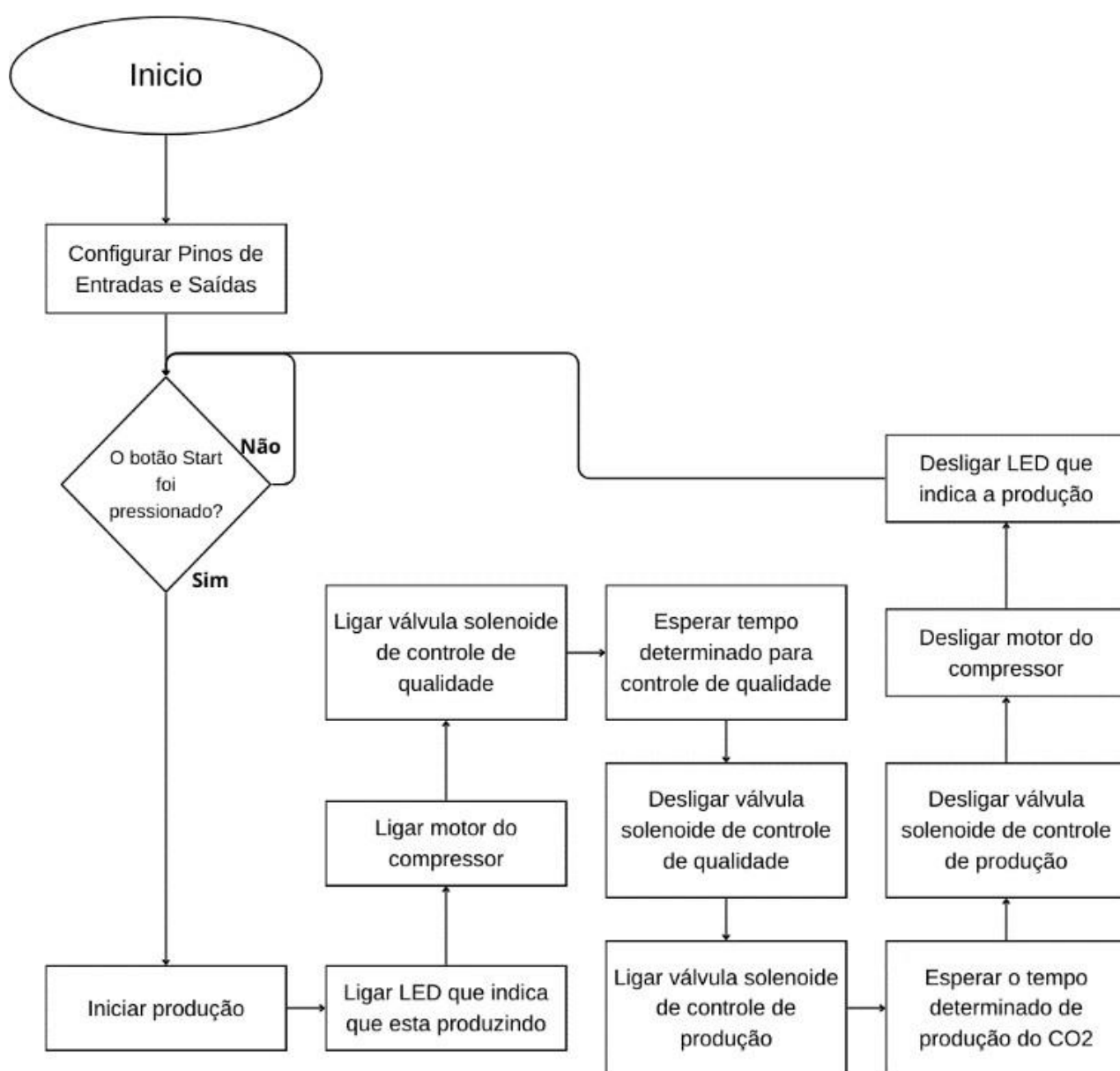
3.2 Montagem da máquina

Para a construção do gerador, foram usadas peças para acabamento e alguns suportes feitos com impressora 3D, por conta da facilidade e tenacidade que a impressão 3D proporcionou a fabricação de uma caixa e alguns suportes projetados e configurados no Fusion 3D. Esses projetos foram então enviados para um Comando Numérico Computadorizado (CNC), que realizou o corte em uma placa de MDF cru. Para o acabamento na parte de madeira da caixa, foi realizado um desbaste, aplicação de massa, nova desbaste e, por fim, pintura com tinta grafite. Para a organização dos

cabos e distribuição dentro da caixa, foram utilizados parafusos, abraçadeiras de nylon e fita dupla face.

A lógica de programação está presente no código "controle_da_producao deco2.cpp", apresentado no apêndice, bem como no fluxograma da Figura 9. A programação utiliza apenas a biblioteca Arduino.h para controlar os pinos de entrada e saída.

Figura 9: Fluxograma da programação



Fonte :Autores, 2023.

Figura 10: Segunda parte do Fluxograma

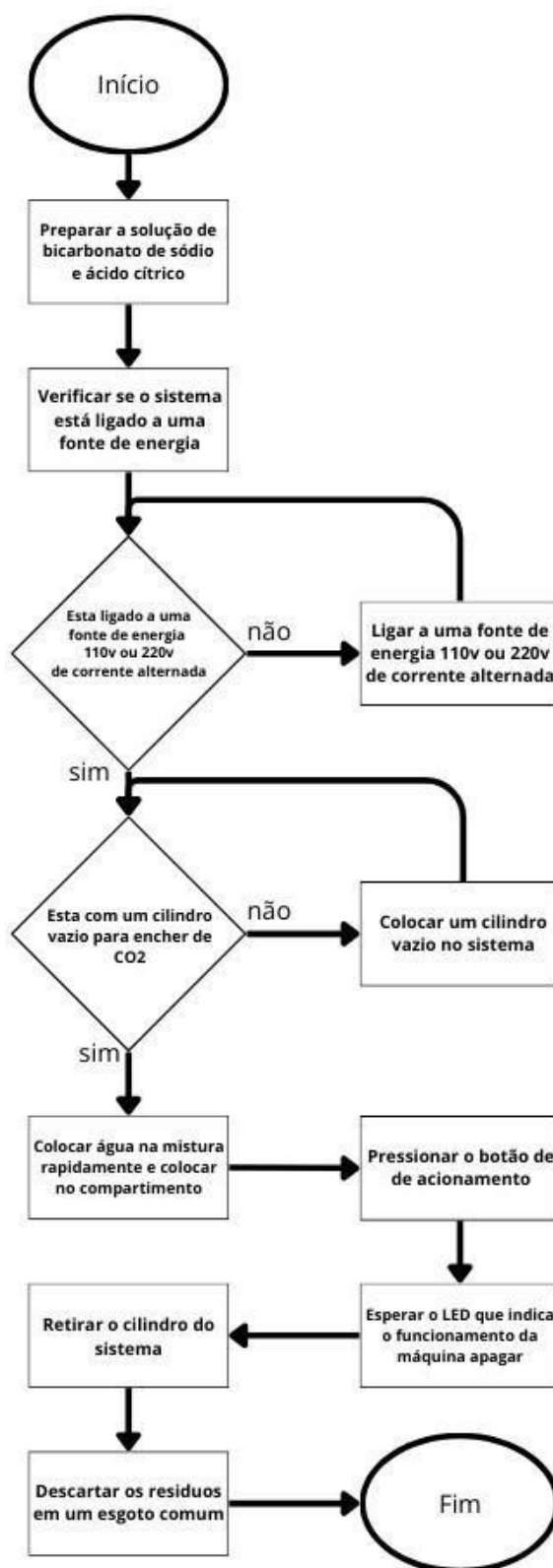
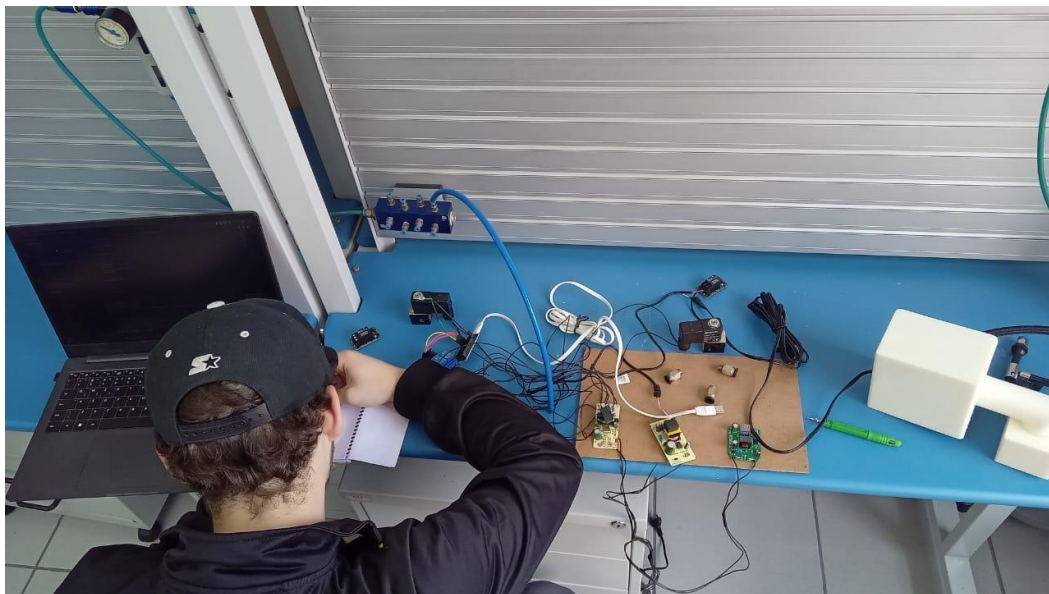
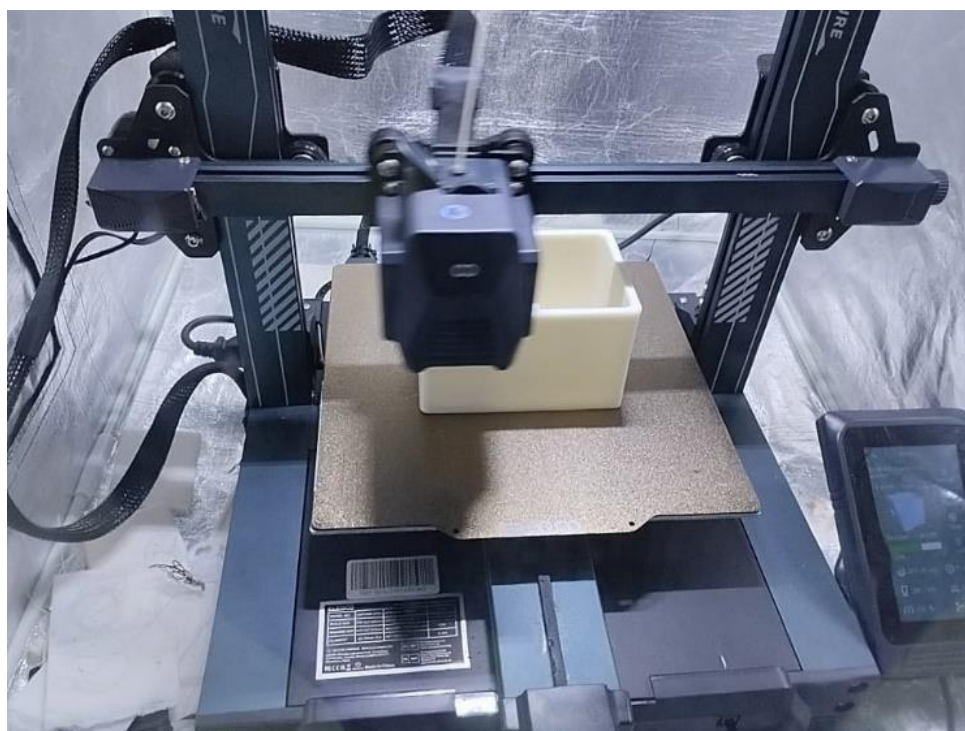


Figura 11: Montando o Código



Fonte: Autores, 2024.

Figura 12: Impressora 3D confeccionando a caixa.



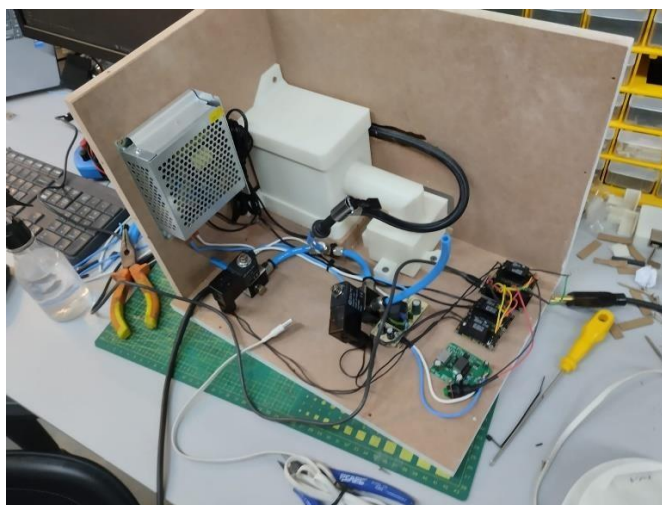
Fonte: Autores, 2024.

Figura 13: CNC Cortando a madeira do envólucro da caixa.



Fonte: Autores, 2024.

Figura 14: Imagem interna de toda a máquina.



Fonte: Autores, 2024.

3.3 Modificações

Devido à capacidade limitada do motor, o sistema foi redesenhado. O compressor atual não oferece a velocidade ideal de captação de CO_2 , mas este problema pode ser resolvido ao substituí-lo por um modelo de maior potência.

O plano inicial era utilizar vinagre e bicarbonato de sódio devido à facilidade de obtenção do vinagre e, conseqüentemente, do ácido. No entanto, houve problemas

com o volume do vinagre e com o início imediato da reação. Com o ácido cítrico, foi possível reduzir o volume necessário, de modo que a reação apenas se inicia com a adição de água à mistura.

Trocou-se a fonte inicialmente utilizada para alimentar o compressor, pois não estava fornecendo a corrente necessária. Isso resultava em tentativas de partida do compressor sem sucesso, pois não conseguia sair da zona de inércia.

A última modificação realizada foi a troca do filamento utilizado no item 15 da lista de tabelas. Originalmente, o material era ABS, mas após pesquisa por uma alternativa mais segura, optou-se pelo PLA, que oferece maior resistência a elementos químicos, aumentando assim a segurança da máquina.

4 – RESULTADOS

Realizaram-se alguns testes no espaço da faculdade para verificar o funcionamento da base do projeto. Foi confirmado que o cilindro conseguiu receber o gás captado pelo compressor, após realizar ajustes como a troca da alimentação do compressor para obter maior corrente, entre outras medidas mencionadas. Para encher o cilindro selecionado, a mistura deveria ser de 240g de bicarbonato de sódio para 195g de ácido cítrico. Devido ao tamanho do recipiente de produção, essa quantidade foi dividida em 20 partes. A sequência de adição dos insumos foi a seguinte: primeiro, adicionaram-se os secos (12g de bicarbonato de sódio e 9,75g de ácido cítrico) à caixa de produção e misturaram. Em seguida, adicionou-se uma pequena quantidade de água para facilitar a produção e misturou-se rapidamente. Por fim, colocou-se a caixa de produção no encaixe correspondente e pressionou-se o botão para iniciar o funcionamento. Ao pressionar o botão, o LED verde acendeu, indicando o início do processo. Quando o processo foi concluído, o LED verde se apagou, indicando que a caixa podia ser retirada. Recomenda-se retirar a caixa no meio do processo para misturar os insumos novamente e recolocá-la, garantindo melhor aproveitamento da reação. Outra dica para otimizar o processo é adicionar um pouco mais de água antes de mexer e recolocar a caixa.

5 – CONCLUSÃO

O desenvolvimento de uma máquina de CO₂ para a produção doméstica de água gaseificada foi um desafio significativo que proporcionou diversas oportunidades de aprendizado e inovação. O objetivo principal foi criar uma solução eficiente, econômica e sustentável para gerar CO₂ a partir de fontes acessíveis, reduzindo a dependência de cilindros descartáveis e tornando mais acessível o processo de enchimento de cilindros para máquinas caseiras de água com gás. Isso contribui para mitigar o impacto ambiental causado pelo descarte inadequado de plásticos.

Durante a fase de construção e testes, validamos a funcionalidade básica do dispositivo. A máquina demonstrou capacidade para gerar e armazenar CO₂ em um cilindro adequado para uso em máquinas de gaseificação de água. No entanto, apesar dos avanços alcançados, ainda existem desafios significativos em termos de eficiência na geração de CO₂ e consistência na qualidade do gás produzido.

A partir das experiências adquiridas, foram identificadas várias áreas que requerem melhorias. Entre elas estão a otimização dos componentes internos, como a substituição do compressor por um mais potente, o aumento do tamanho da caixa de produção para permitir o uso de mais insumos, e o desenvolvimento de um método para misturar os insumos dentro da máquina visando maximizar a produção de CO₂. Além disso, uma análise mais detalhada do processo de compressão e armazenamento do CO₂ poderá oferecer *insights* importantes para aumentar a eficiência da máquina.

Em resumo, embora a máquina de CO₂ desenvolvida ainda não esteja completamente otimizada, foram observadas oportunidades claras de melhoria tanto nos componentes quanto no design. Os resultados obtidos até o momento são promissores e indicam que há potencial para futuras versões comerciais, contribuindo para promover a conscientização sobre sustentabilidade ambiental.

6-REFERÊNCIAS

Ácido Cítrico INS 330 – Grau alimentício – 1KG. **Amazon**. [s.d]. Disponível em:<
https://www.amazon.com.br/%C3%81cido-C%C3%ADtrico-INS-330-aliment%C3%ADcio/dp/B0BXFQBB91/ref=asc_df_B0BXFQBB91/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=646862236068&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=18315485361719857999&hvpone=&hvptwo=&hvgmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=9196673&hvtargid=pla-2198578827027&psc=1&mcid=73a441d6403d3b6aacf8f842db852e99> Acesso em:
 13 jul 2024

Bicarbonato De Sódio 1kg Xroots. **Amazon**. [s.d]. Disponível em:<
https://www.amazon.com.br/Bicarbonato-De-S%C3%B3dio-1kg-Xroots/dp/B0B9P6WJ18/ref=asc_df_B0B9P6WJ18/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=583273363673&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=843371912586409752&hvpone=&hvptwo=&hvgmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=9196673&hvtargid=pla-2013708708950&psc=1&mcid=5e4e51117a143fffb2d158e687c72e2e>. Acesso em:
 13 jul 2024.

Instalando a placa ESP32 no Arduino IDE. **Cap Sistema**.2021. Disponível em:<
<https://capsistema.com.br/index.php/2021/07/04/instalando-a-placa-esp32-no-arduino-ide-instrucoes-para-mac-os-x-e-linux/>>. Acesso 15 maio 2024.

Cilindro de Alumínio Para Co2 Padrão Sodastream + Adaptador. **Mercado Livre**. [s.d]. Disponível em:< https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-3153134200-cilindro-de-aluminio-para-co2-padro-sodastream-adaptador-JM?matt_tool=18956390&utm_source=google_shopping&utm_medium=organic>.
 Acesso em: 13 jul 2024

CRIADO, Miguel A. **Os microplásticos chegaram ao intestino humano**. El País Brasil. 2018. Disponível em:
 <https://brasil.elpais.com/brasil/2018/10/22/ciencia/1540213637_935289.html>.
 Acesso em: 27 maio 2023.

DIAS, Diogo L. **Microplásticos**. Mundo Educação. Disponível em: < <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/microplasticos.htm>>. Acesso em: 27 maio 2023.

FERNANDEZ, Daniel G. et al. *Floating macrolitter leaked from Europe into the ocean*. **Nature**. 2021. Disponível em: < <https://www.nature.com/articles/s41893-021-00722-6>>. Acesso em: 30 oct. 2023.

Filamento ABS: como imprimir com esse filamento. **3dlab**. 2017. Disponível em: < <https://3dlab.com.br/como-imprimir-com-filamento-abs/>>. Acesso em: 25 maio 2024.

FIGUERIA, Ricardo et al. Quantificação Do Metabolismo Respiro fermentativo De Leveduras De Cerveja, Vinho E Pão Por Método Estequiométrico. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.36, n. 1, p. 10-16, janeiro-março 2021. Disponível em: < <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/3789/2857>>. Acesso em: 27 maio 2023.

Lesson 6.2: Controlling the Amount of Products in a Chemical Reaction. **ACS Chemistry for Life**. Disponível em: < <https://www.acs.org/middleschoolchemistry/simulations/chapter6/lesson2.html>>. Acesso em: 04 apr. 2024.

LIZETE, Dilene K.; RECCHI, Ana M. S.; SILVA, Cristiane H. da. **Gestão de Resíduos aplicada à experimentação no ensino de Química Analítica Quantitativa**. Inovação no Ensino de Química: Metodologias, interdisciplinaridade e politécnica, nº34., 2014, Rio Grande do Sul. Anais... Rio Grande do Sul: EDEQ, 2014, p. 311-318.

ALVARO, Julie. **Resina ABS Acrilonitrila Butadieno Estireno As Características, Fórmula, História e Onde é Aplicado o Plástico ABS**. Plástico. 2021. Disponível em:< <https://www.plastico.com.br/acrilonitrila-butadieno-estireno-abs-caracteristicas-e-mais-informacoes/>>. Acesso em: 25 maio 2024.

KUNZE, Wolfgang. Technology Brewing and Malting. VLB Berlin, 2004.

PARKER, Laura. **Microplásticos estão em nossos corpos. Quanto eles nos prejudicam?**. National Geographic. 2022. Disponível em: < <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2022/04/microplasticos-estao-em-nossos-corpos-quanto-eles-nos-prejudicam>> Acesso em: 13 jul 2024.

Plástico é responsável por 80% do lixo nos oceanos. **Deutsche Welle**. 2021. Disponível em: <<https://www.dw.com/pt-br/plástico-é-responsável-por-80-do-lixo-nos-oceanos/a-57859624>>. Acesso em: 27 maio 2023.

Produção anual e resíduos de plástico duplicaram em duas décadas. **Diário de notícias**. 2022. Disponível em: <<https://www.dn.pt/internacional/producao-anual-e-residuos-de-plastico-duplicaram-em-duas-decadas--14612013.html#:~:text=Em%20duas%20décadas%2C%20o%20crescimento,milhões%20de%20toneladas%20em%202019>>. Acesso em: 27 maio 2023.

Mini Compressor Automotivo Portátil 12v Tech One 300 Psi Cor Preto Fase Elétrica Monofásica. **Mercado livre**. [s.d]. Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/mini-compressor-automotivo-portatil-12v-tech-one-300-psi-cor-preto-fase-eletrica-monofasica/p/MLB19813442?matt_tool=18956390&utm_source=google_shopping&utm_medium=organic&from=gshop>. Acesso em: 15 maio 2024.

OSMAN, Ahmed I. et al. *Microplastic sources, formation, toxicity and remediation: a review*. **Springer link**. 2023. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-023-01593-3>>. Acesso em: 01 nov. 2023.

Reações de Fermentação: aquilo que vale a pena saber a respeito delas. **Igastroped**. 2018. Disponível em: <<https://www.igastroped.com.br/reacoes-de-fermentacao-aquilo-que-vale-a-pena-saber-a-respeito-delas/>>. Acesso em: 27 maio 2023.

SANTOS, Djalma. Testes de respiração celular (3/3) | Blog do Prof. Djalma Santos. **Blog do Prof. Djalma Santos**. 2011. Disponível em: <<https://djalmasantos.wordpress.com/2011/10/07/testes-de-respiracao-celular-33/>>. Acesso em: 13 jul 2024.

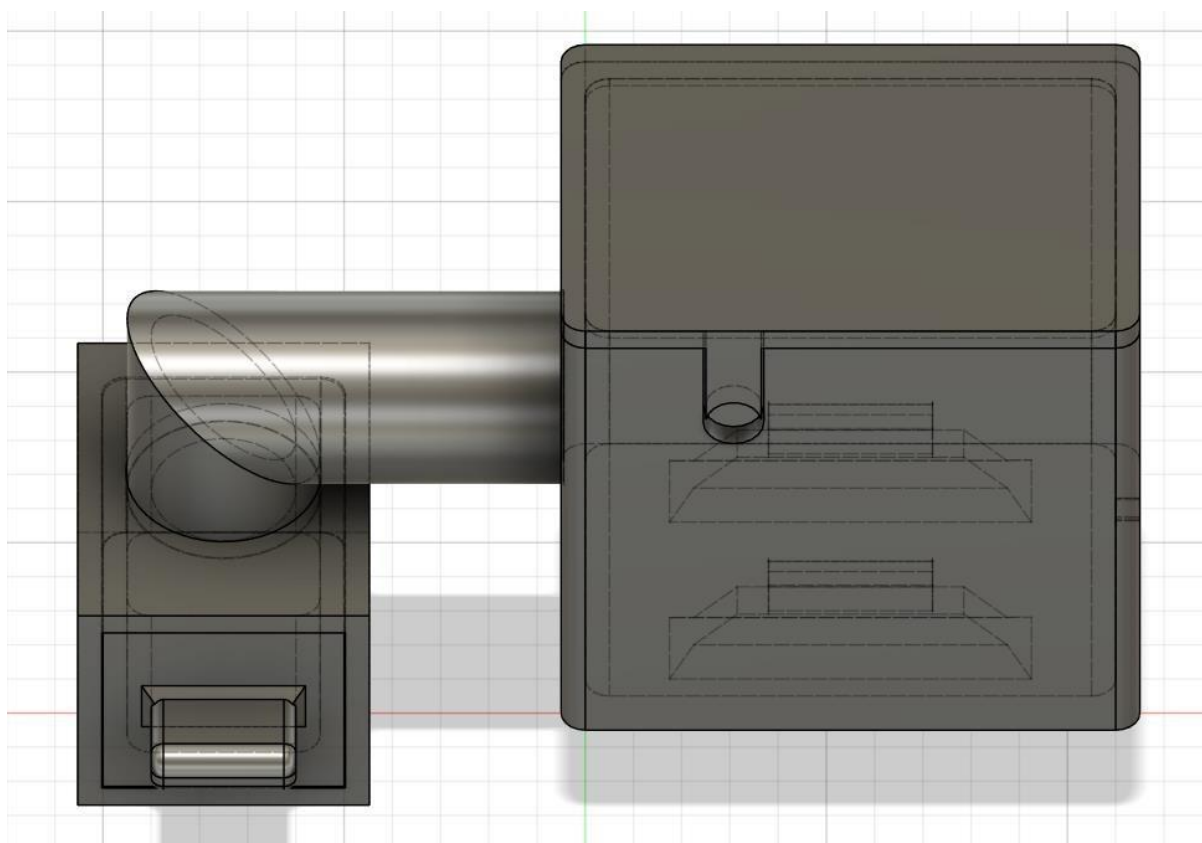
6 informações chocantes sobre o plástico no meio ambiente. **Senac**. [s.d] Disponível em: <<https://www.sp.senac.br/blog/artigo/plastico-no-meio-ambiente>>. Acesso em: 27 maio 2023.

Cilindro Refil de CO2 60 Litros Sodastream azul – sodastream. **SodaStream**. [s.d] Disponível em: <<https://www.sodastream.com.br/cilindro-refil-de-co2-60-litros-sodastream/p>>. Acesso em: 06 jun 2024.

3DCriar. Descubra a importância do PLA na impressão 3D – 3D CRIAR. Disponível em: <<https://3dcriar.com.br/descubra-a-importancia-do-pla-na-impressao-3d-e-como-aproveitar-ao-maximo-esse-material/>>. Acesso em: 06 jun 2024.

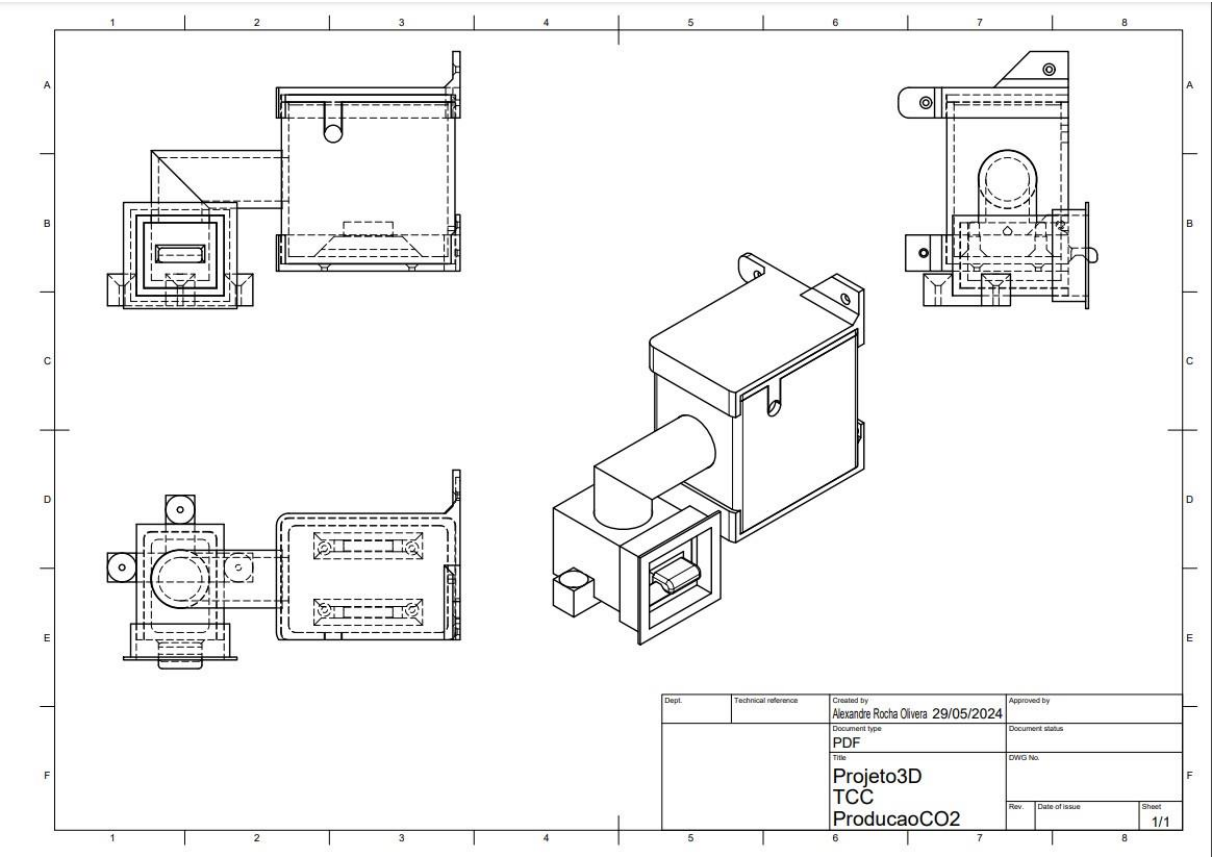
WAHAB, Hebah A.; ASSOCIATION OF CONSULTING CHEMISTS AND CHAMICAL ENGINEERS. **Finging New and Ideal Formulation For Snow/Water Foam Producing Tablets**. 2022. Disponível em:< <https://www.omicsonline.org/open-access/finding-new-and-ideal-formulation-for-snow-water-foam-producing-tablets-118385.html>>. Acesso em: 07 jun 2024.

Apêndice A – Modelo do Gerador



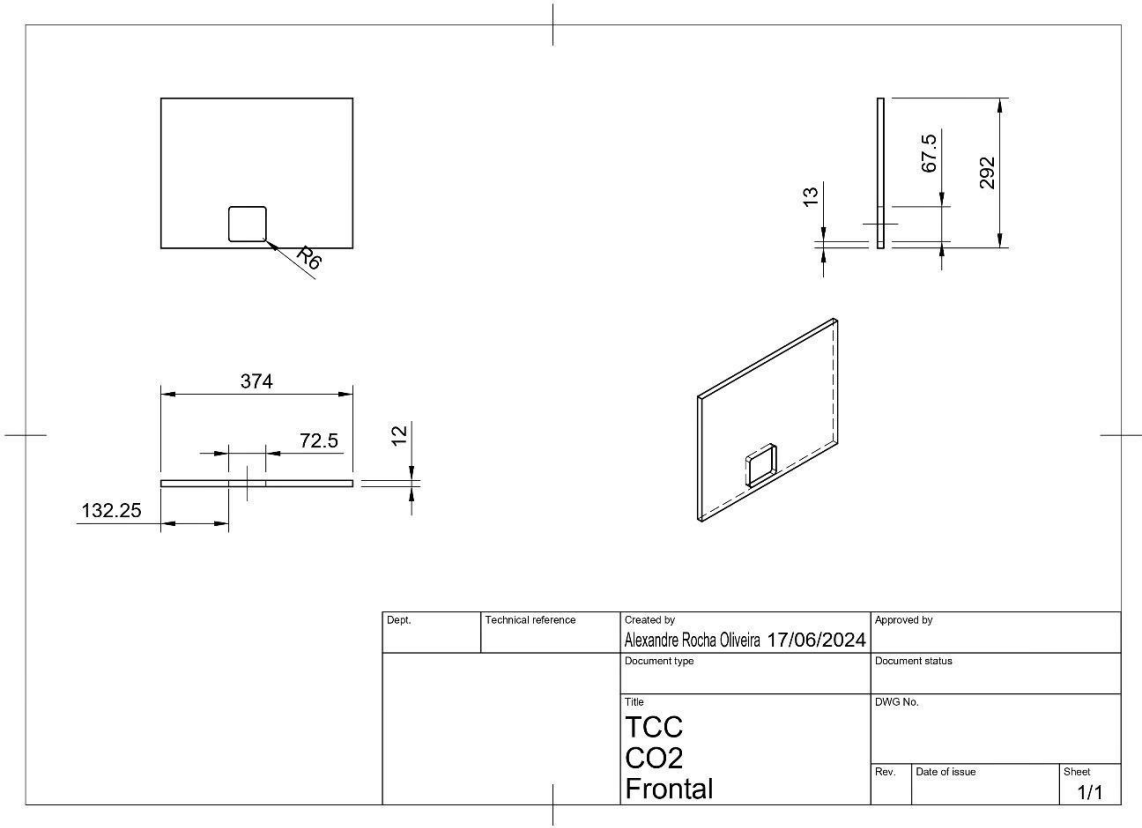
Fonte: Autores, 2024.

Apêndice B - Ficha Técnica do projeto completo



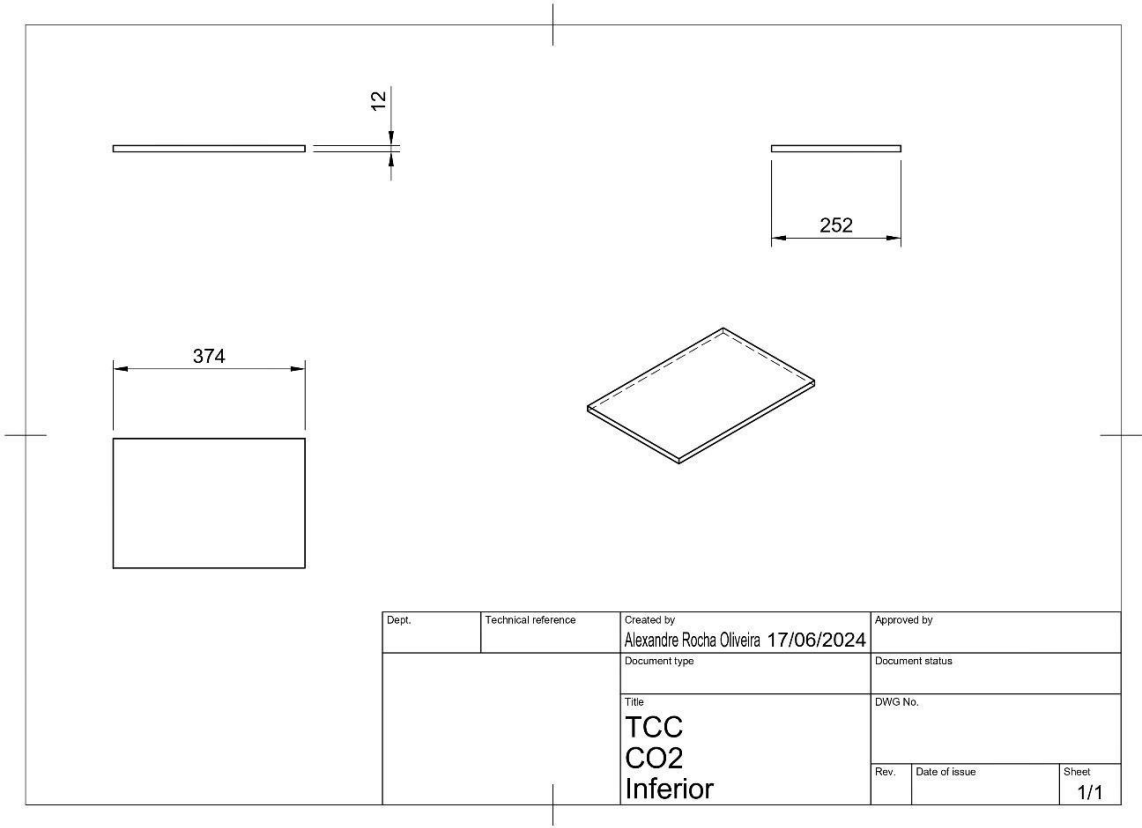
Fonte: Autores, 2024.

Apêndice C - Ficha Técnica do projeto: Vista Frontal



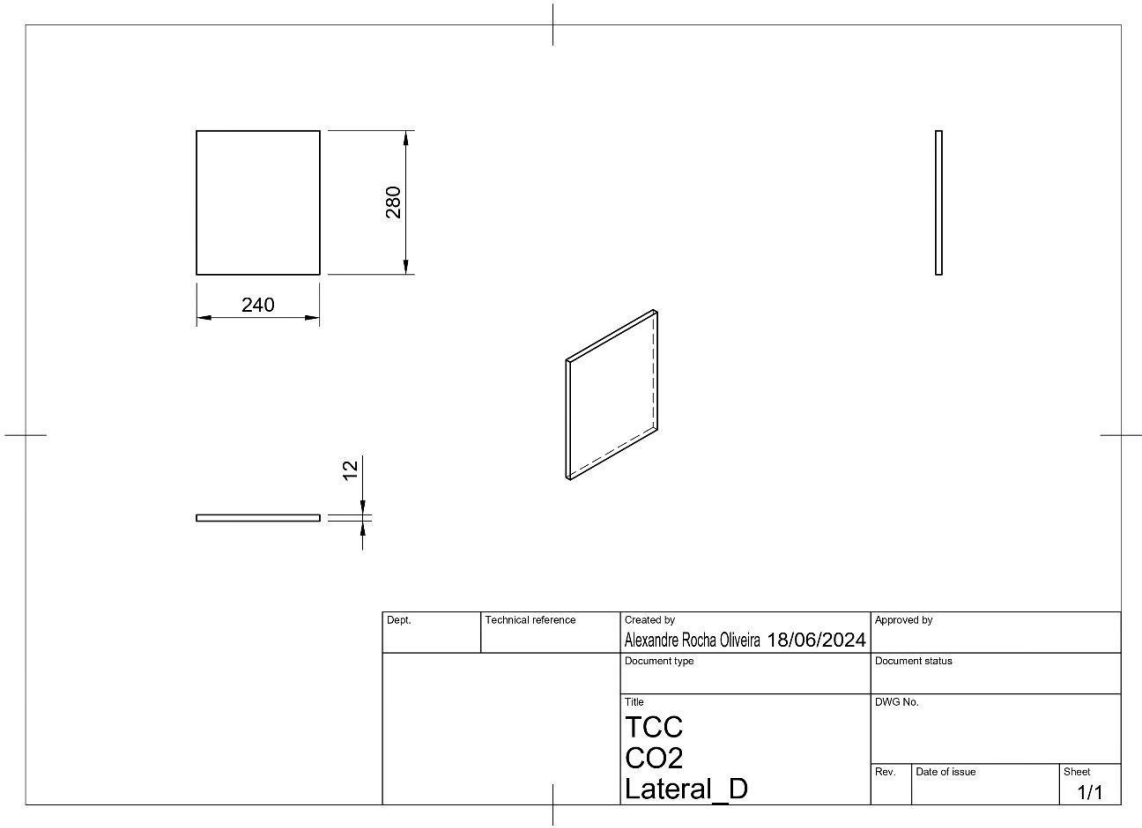
Fonte: Autores, 2024.

Apêndice D - Ficha Técnica do projeto: Vista Inferior



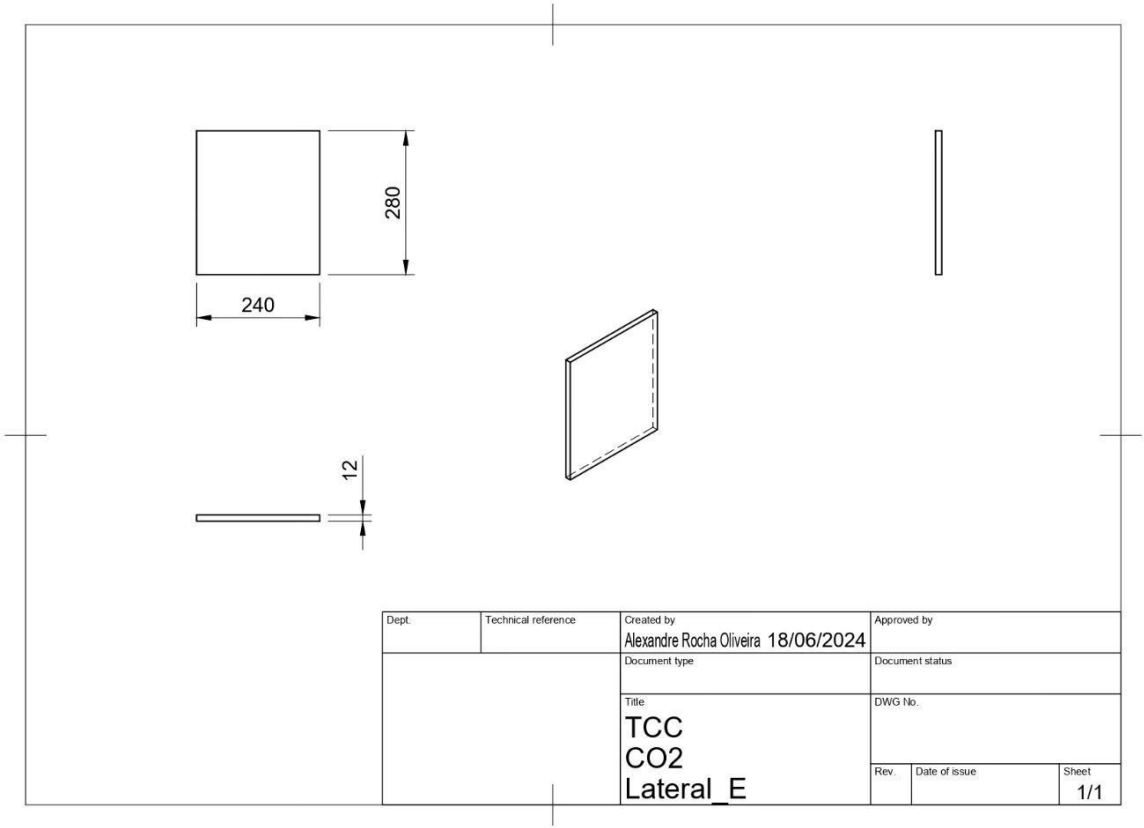
Fonte: Autores, 2024.

Apêndice E - Ficha Técnica do projeto: Vista Lateral Direita



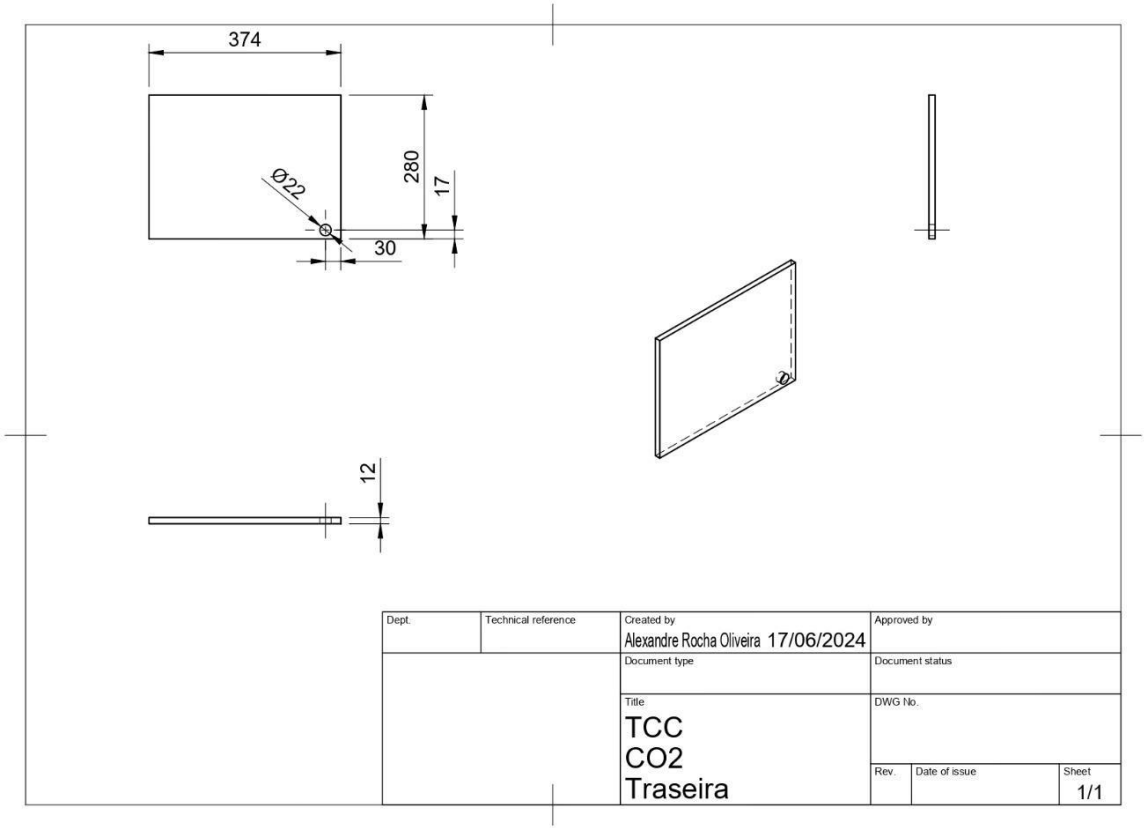
Fonte: Autores, 2024.

Apêndice F - Ficha Técnica do projeto: Vista Lateral Esquerda



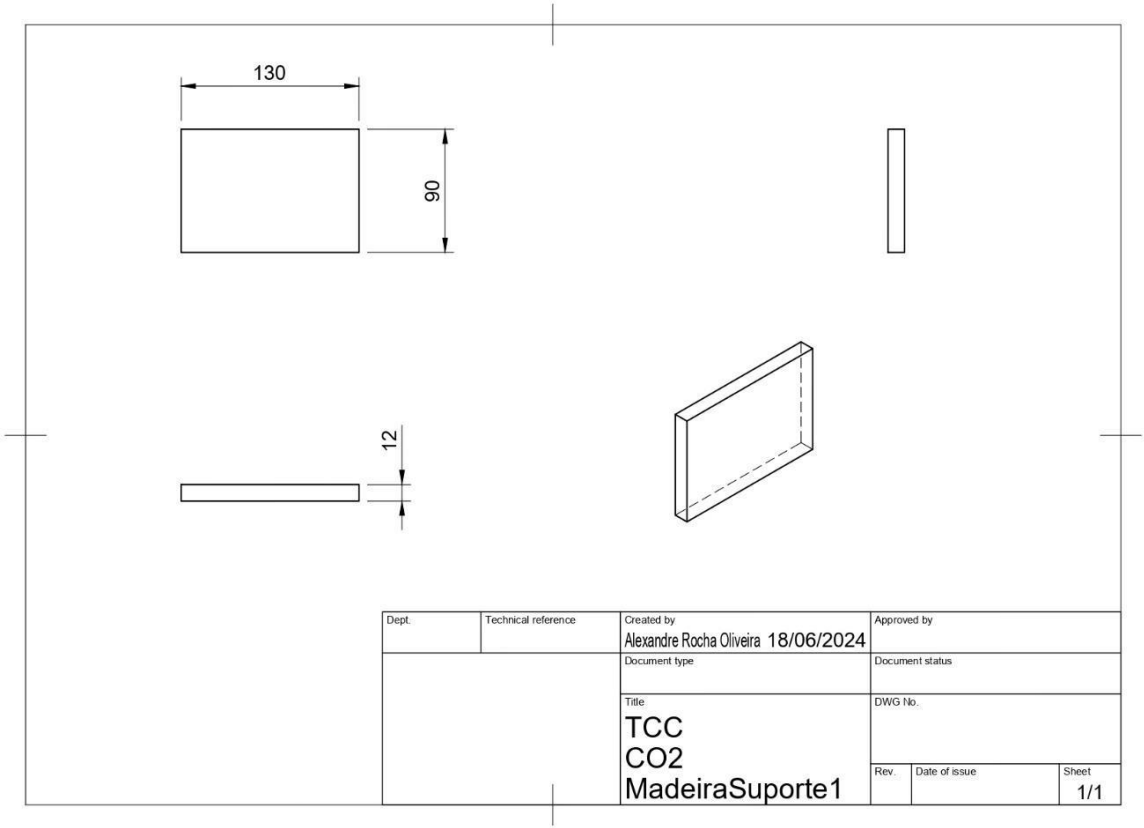
Fonte: Autores, 2024.

Apêndice G - Ficha Técnica do projeto: Vista Traseira



Fonte: Autores, 2024.

Apêndice H - Ficha Técnica do projeto: Suporte



Fonte: Autores, 2024.

Apêndice I – Programa Para Controle da Produção de CO₂

```
#include <Arduino.h>
```

```
//Esses são os pinos do esp/Arduino, vão todos modificar para quando escolhermos os pinos
```

```
const int qualitySV = 14;//Válvula Solenoide = Solenoid Valve = SV
```

```
const int controlSV = 27;
```

```
const int ledOperation = 12;
```

```
const int startButton = 32;
```

```
const int compressor = 13;
```

```
const int timeQuality = 5000;
```

```
const int timeCO2 = 298000;
```

```
const int emergencyLedPeriod = 5;
```

```
const int emergencyLedDuration = 1000;
```

```
const int emergencyLedInterval = 1000;
```

```
void setPin()
```

```
{
```

```
    pinMode(qualitySV, OUTPUT);
```

```
    pinMode(controlSV, OUTPUT);
```

```
    pinMode(ledOperation, OUTPUT);
```

```
    pinMode(compressor, OUTPUT);
```

```
    pinMode(startButton, INPUT_PULLUP);
```

```
digitalWrite(controlSV, LOW);  
  
digitalWrite(qualitySV, LOW);  
  
digitalWrite(ledOperation, LOW);  
  
digitalWrite(compressor, LOW);  
  
}  
  
/*  
  
void emergency()  
{  
  
    Serial.println("Erro");  
  
    digitalWrite(compressor, LOW);  
  
    digitalWrite(ledOperation, HIGH);  
  
  
    for (int i = 0; i < emergencyLedPeriod; i++)  
    {  
  
        digitalWrite(ledOperation, HIGH);  
  
        delay(emergencyLedDuration);  
  
  
        digitalWrite(ledOperation, LOW);  
  
        delay(emergencyLedInterval);  
  
    }  
  
    ESP.restart(); //esp32  
  
}  
  
*/
```

```
void supply()
{
    digitalWrite(ledOperation, HIGH);
    digitalWrite(compressor, HIGH);

    digitalWrite(qualitySV, HIGH);
    delay(timeQuality);
    digitalWrite(qualitySV, LOW);
    digitalWrite(controlSV, HIGH);
    delay(timeCO2);
    digitalWrite(controlSV, LOW);

    digitalWrite(compressor, LOW);
    digitalWrite(ledOperation, LOW);
}
```

```
void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    Serial.println("Inicio");

    setPin();
}
```

```
void loop()
{
  if (digitalRead(startButton) == false)
  {
    supply();
  }
}
```