



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
COORDENAÇÃO DE PESQUISA**

## **1. DADOS DE IDENTIFICAÇÃO**

- Nome: Kevin Ferreira da Silva
- Telefone: 53999109192
- Título do projeto: Desenvolvimento de Abordagens de Controle Avançado com Modelos Neurais
- Unidade e Departamento: CDTec/Eng. de Computação
- Vigência da bolsa: 01/09/2024 até 31/08/2025
- Orientador: Bernardo Barancelli Schwedersky
- Data: 30/09/2025

## **2. INTRODUÇÃO**

Manipuladores cartesianos com Controle Numérico Computadorizado (CNC) são ferramentas essenciais na automação industrial e na prototipagem, permitindo o posicionamento preciso de uma ferramenta em um plano ou no espaço. Uma aplicação de alta precisão desta tecnologia na engenharia eletrônica são as fresadoras CNC para prototipagem de circuitos, utilizadas para criar trilhas e furos em placas de circuito impresso com exatidão. Diferentemente de impressoras convencionais, as plotters a caneta geram traços que podem imitar a caligrafia manual, agregando uma qualidade única aos desenhos (AXIDRAW, 2016).

A relevância de projetos como este reside na possibilidade de construir máquinas CNC funcionais utilizando hardware de baixo custo, sistemas computacionais de placa única, como o Arduino, e técnicas de fabricação digital, como a impressão 3D. A combinação de hardware acessível e software de código aberto, como o firmware GRBL, viabiliza a criação de soluções personalizadas e de alto valor educacional (MARINHO et al., 2022), (HASHAN, 2021). O microcontrolador Arduino, em particular, destaca-se por sua sintaxe simplificada e acessível, ideal para ambientes de aprendizado (KONDAVEETI et al., 2021).

A construção de um manipulador cartesiano serve como uma plataforma prática para o ensino de diversos tópicos fundamentais da engenharia. Tais projetos permitem a aplicação de metodologias ativas para uma aprendizagem centrada no aluno em áreas como controle de processos, programação de máquinas CNC, instrumentação eletrônica e prototipagem rápida (SANTOS et al., 2023), (MARINHO et al., 2022). O domínio dessas tecnologias é cada vez mais necessário com o avanço da Indústria 4.0, que demanda profissionais com habilidades em automação e fabricação digital.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um manipulador cartesiano de 2 eixos, usando hardware de baixo custo e uma estrutura impressa em 3D, que atenda aos requisitos de ser facilmente replicável, permitir o desenvolvimento de atividades de ensino em engenharia, e apresentar um software básico para a execução de código G.

Na seção 2 é apresentada a metodologia utilizada para o desenvolvimento do protótipo. Por sua vez, na seção 3 são apresentados resultados preliminares do estudo, e na seção 4 são discutidas as conclusões do trabalho.

### 3. METODOLOGIA

A metodologia para o desenvolvimento do protótipo consistiu em quatro etapas principais: o projeto da estrutura física do manipulador cartesiano, utilizando ferramentas de Desenho Assistido por Computador (CAD); o desenvolvimento da instrumentação eletrônica que será usada para acionamento dos motores e execução do software de controle; e o desenvolvimento do software para operação e controle do manipulador.

#### 1.1. Projeto da estrutura física:

O projeto da estrutura física Figura 1 foi dividido em três partes distintas, as quais são: a plataforma para folhas da plotter de caneta, a qual foi projetada de forma a acoplar a mesa onde será inserido o papel para a escrita, o lado de acionamento e o lado de suporte.

O eixo de acionamento foi projetado em duas partes, uma sendo o suporte para o motor, o qual possibilita a adaptação para outros modelos de motores, e a outra sendo o encaixe dos eixos, que possibilita aumentar a área de trabalho sem precisar substituir a montagem por inteiro. Já a parte auxiliar do eixo foi projetada de forma similar à parte principal, possibilitando o acoplamento de um terceiro motor para aumentar a precisão da movimentação.

A ponte central, foi projetada em duas partes, a primeira é o suporte móvel para a castanha e motor central, e do outro lado um suporte para limitar a distância total. Acoplado na ponte central está o suporte móvel para a castanha e o servo motor onde é acoplado o suporte para a caneta.

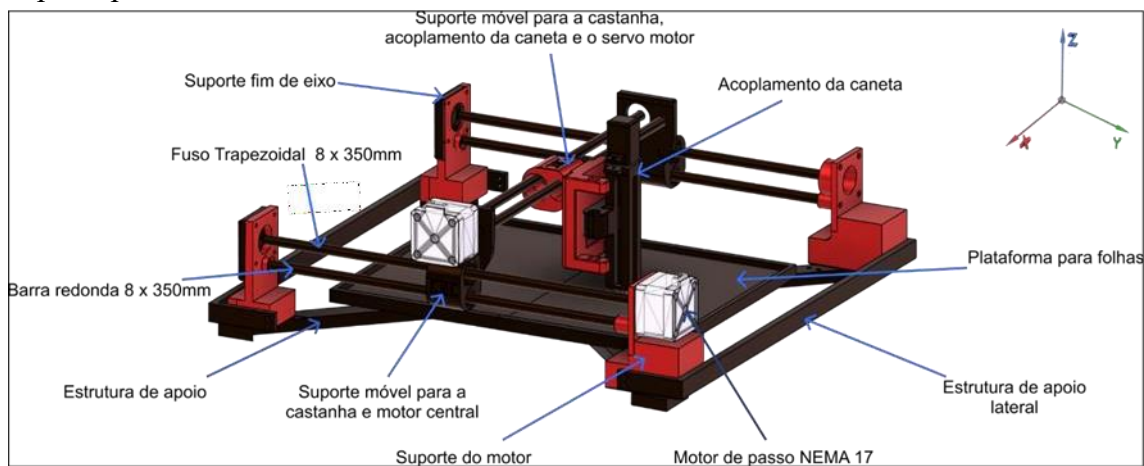


Figura 1: Projeto da estrutura

#### 1.2. Instrumentação eletrônica embarcada

O projeto da eletrônica a ser embarcada no manipulador cartesiano, envolve três elementos principais. Uma placa microcontrolada, responsável por processar

as informações vindas do software e atuar nos motores, dois módulos para acionar os motores e três motores, sendo dois motores de passo e um servo motor.

### 1.3. Software e controle

A arquitetura de controle do sistema é baseada na plataforma Arduino e utiliza o firmware de código aberto GRBL para o controle do manipulador. O GRBL é um interpretador de alto desempenho para Código G(G-code), que permite ao microcontrolador Arduino gerenciar com precisão os atuadores da máquina.

Para gerar o G-code foi utilizado o software de desenho Inkscape, um software de código aberto voltado para a criação de gráficos vetoriais, amplamente utilizado em diferentes áreas do design e da comunicação visual. Por trabalhar com imagens vetoriais, o programa permite a produção de desenhos escaláveis e matematicamente precisos, que podem ser utilizados tanto em contextos artísticos quanto técnicos.

O Inkscape possibilita integração com processos de fabricação digital. Nesse contexto, destaca-se sua relação direta com o G-code, linguagem padrão utilizada em CNCs. O G-code é composto por instruções que orientam os movimentos dos motores e atuadores dessas máquinas, definindo trajetórias, velocidades, profundidade de corte e outros parâmetros de operação. A conexão entre o Inkscape e esse tipo de linguagem é estabelecida por meio de extensões e plugins capazes de converter os desenhos criados no ambiente vetorial em comandos executáveis pelas máquinas. Assim, um traço ou forma concebido no Inkscape pode ser automaticamente transformado em instruções.

Por fim, o firmware GRBL interpreta cada linha de comando do código G e executa as ações correspondentes, controlando o deslocamento dos dois motores de passo nos eixos XY e o acionamento do servo motor no eixo Z.

### 1.4. Preparação do desenho no Inkscape

Após escolher a imagem, utilizamos a opção “traçar Bitmap” para discretizá-la. Isso é essencial quando queremos gerar o G-code, porque as máquinas CNC utilizam trajetórias vetoriais e não pixels. Como mostrado na Figura 2.

Após a vetorização utilizamos o plugin de geração de G-code do Inkscape para dar início ao processo de criação do G-code Figura 3. Inicialmente ajustamos os pontos de orientação da folha Figura 4, esses pontos servem como marcas de referência para alinhar a folha, reposicionar o papel ou verificar se a máquina está traçando no lugar certo. Após em “biblioteca de ferramentas”, Figura 5, definimos o diâmetro da ponta da caneta, velocidade que será feito o desenho em mm/min, velocidade do eixo z e passos por camada, que se utiliza 1 para a caneta dar uma leve pressionada na folha, como pode ser visualizado na Figura 6. E por último o “caminho para G-code”, responsável por transformar o vetor final em instruções reais que a máquina entenda, e gerar o arquivo G-code Figura 7, que será usado no software grbl Figura 8.

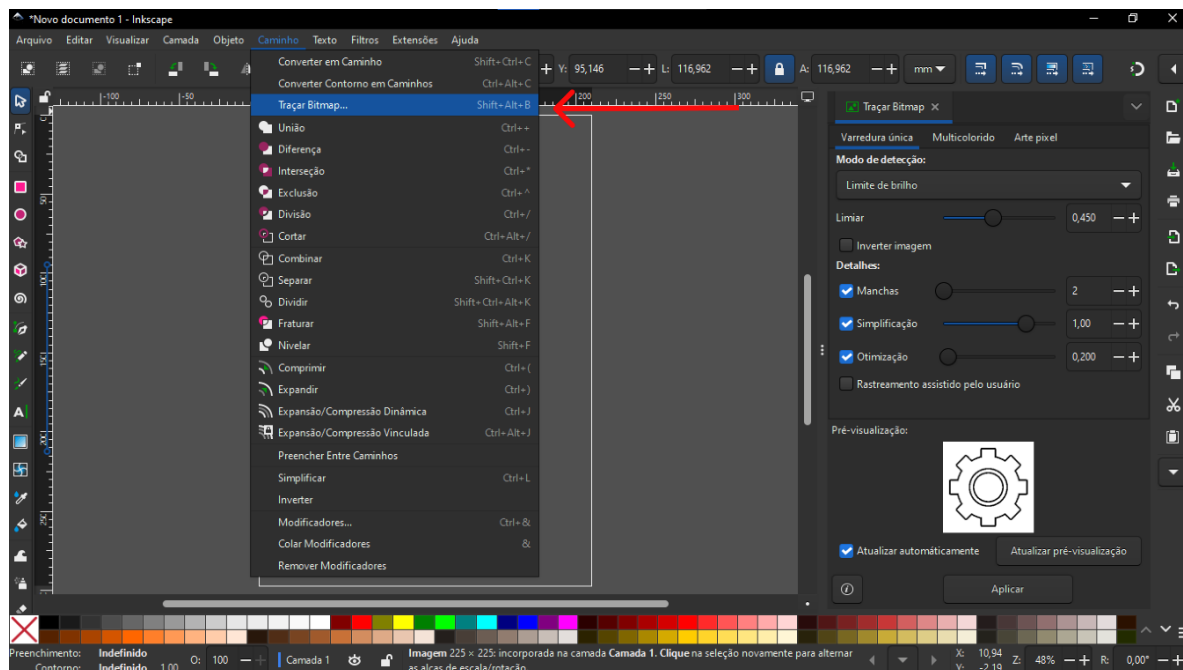


Figura 2: Traçar Bitmap

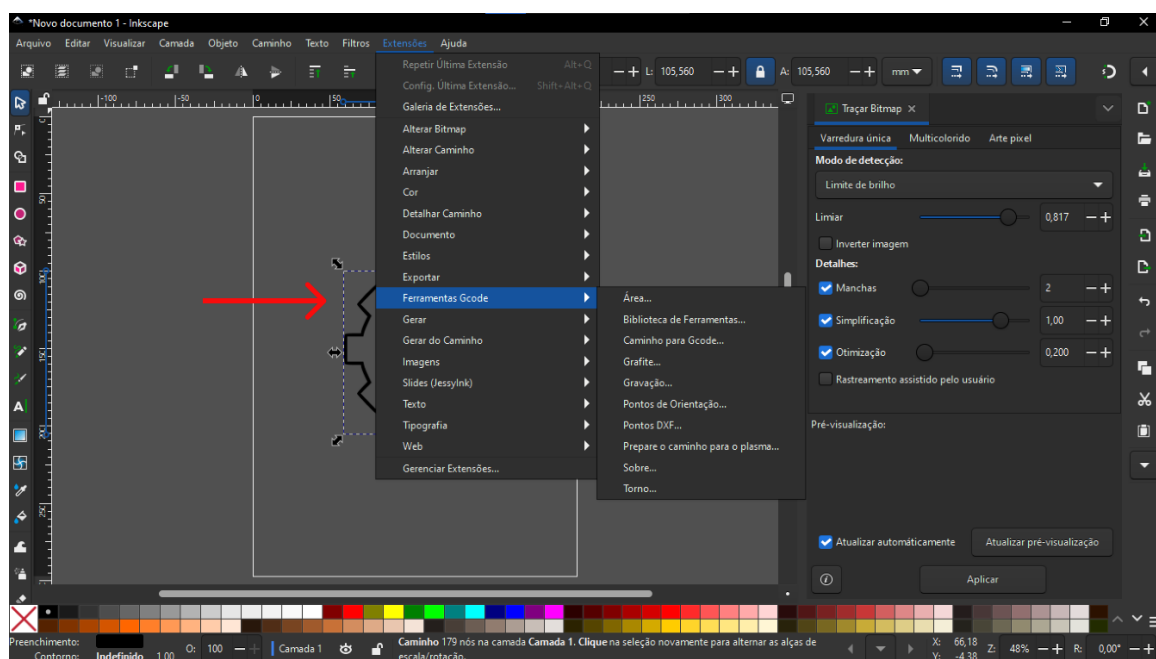


Figura 3: Plugin de geração de G-code

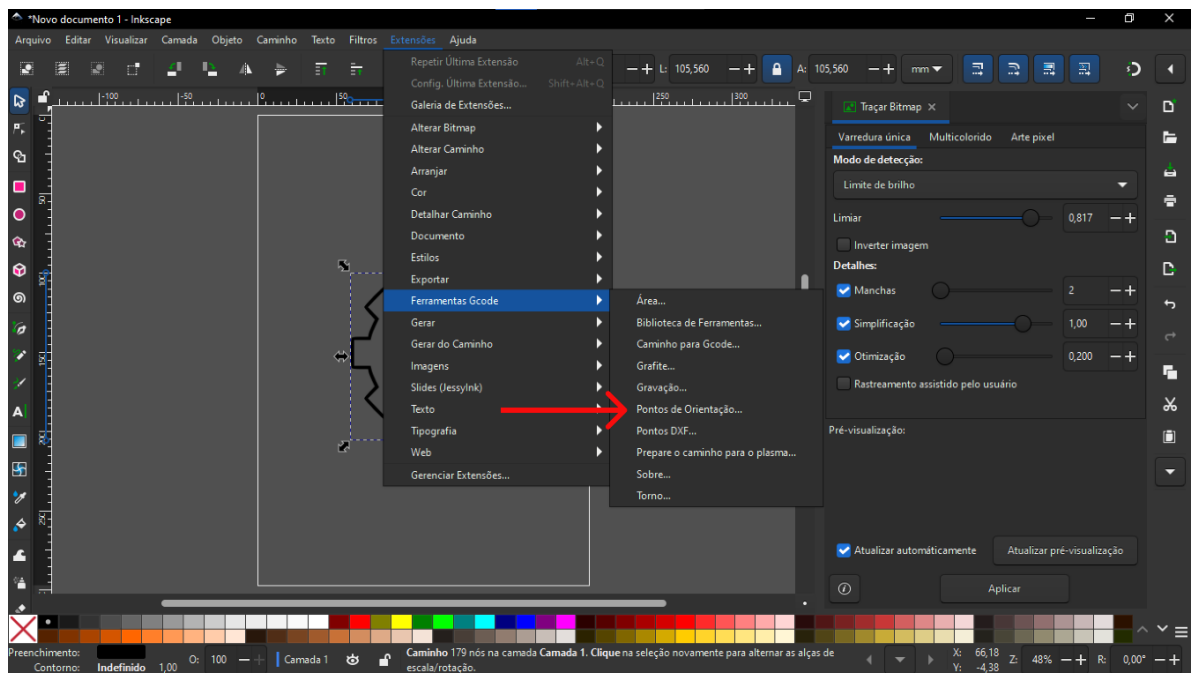


Figura 4: Pontos de orientação

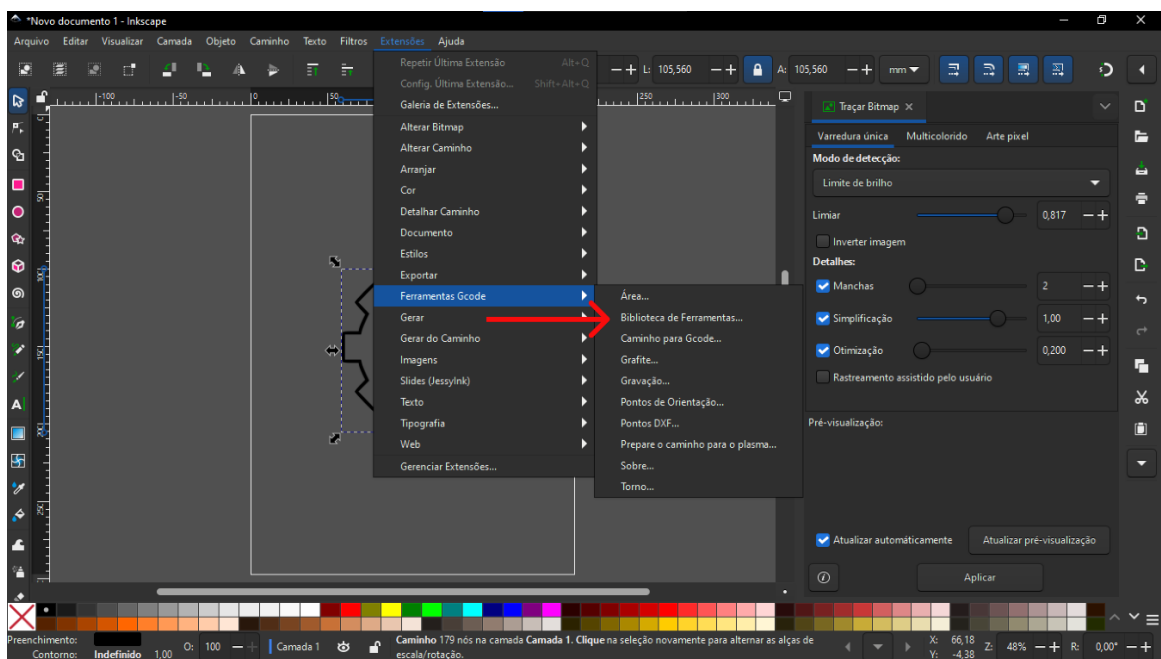


Figura 5: Biblioteca de ferramentas

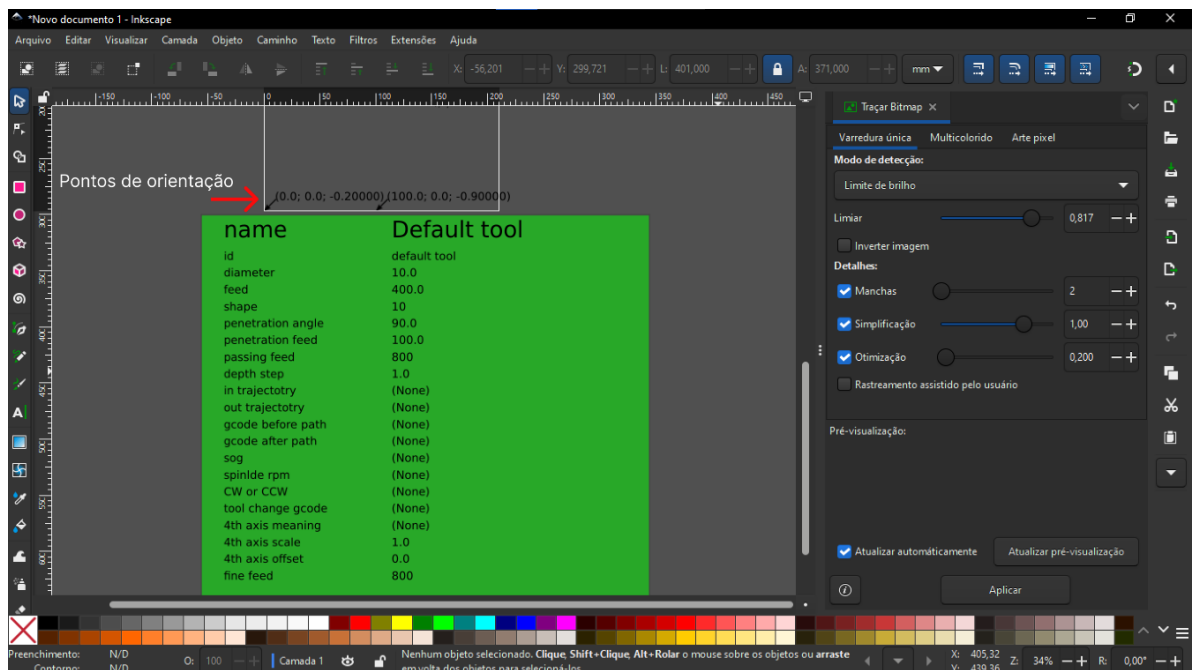


Figura 6: Pontos de orientação e parâmetros da ferramenta (parâmetros padrões )

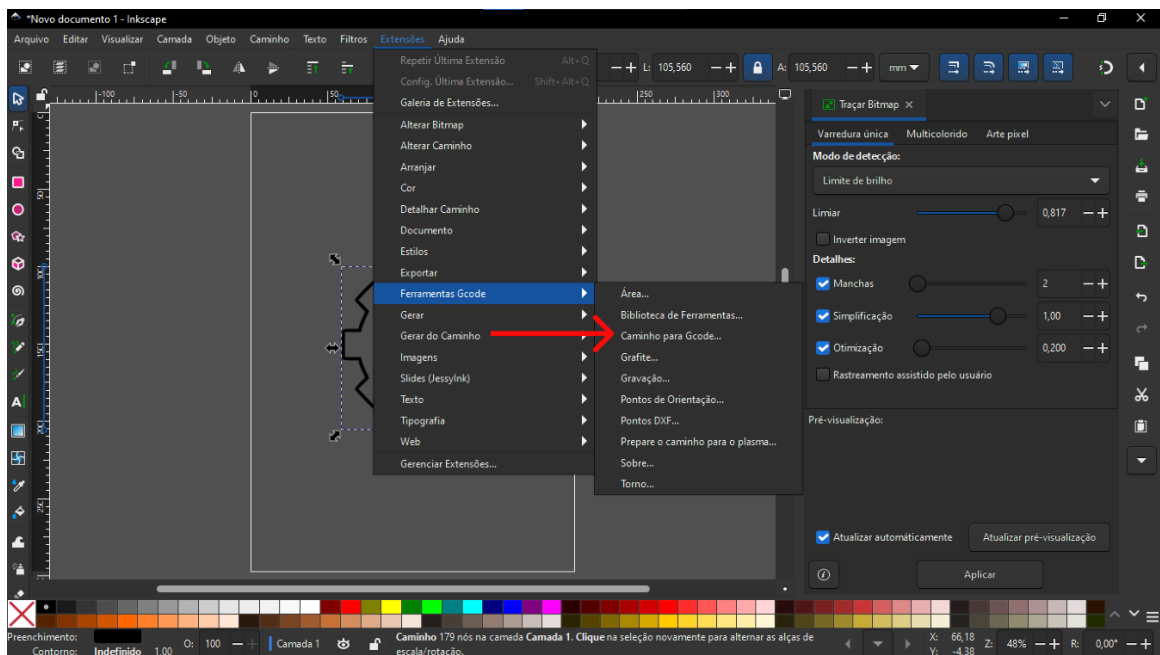


Figura 7: Caminho para G-code

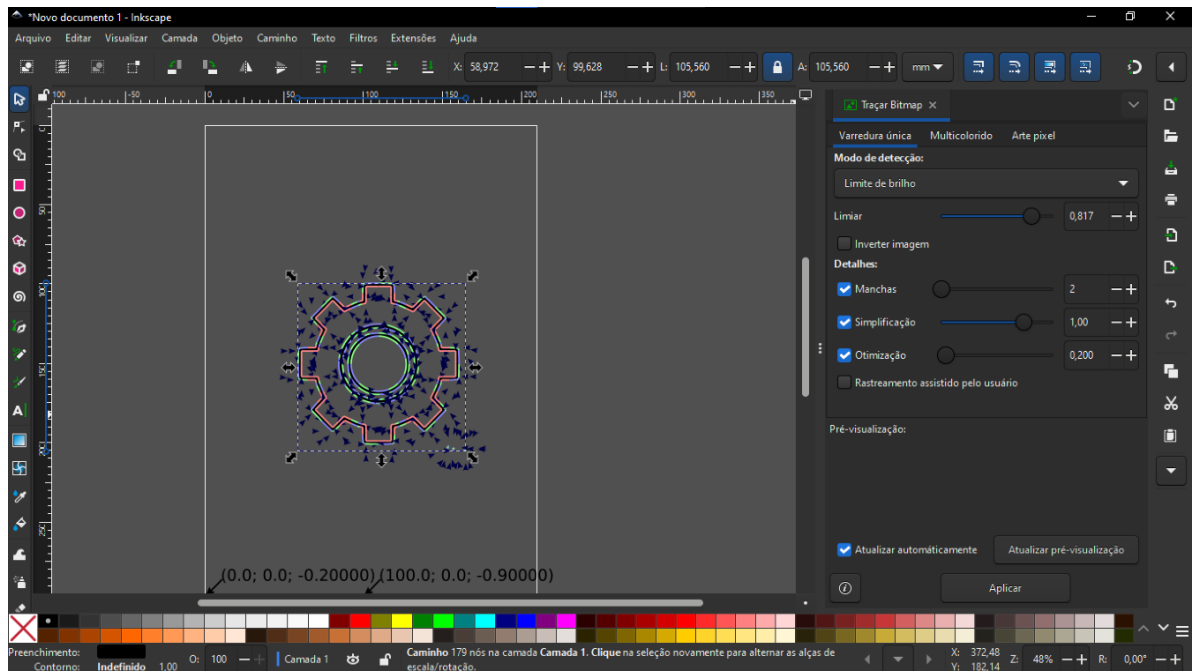


Figura 8: Resultado final, imagem vetorizada, parâmetros ajustados e G-code gerado

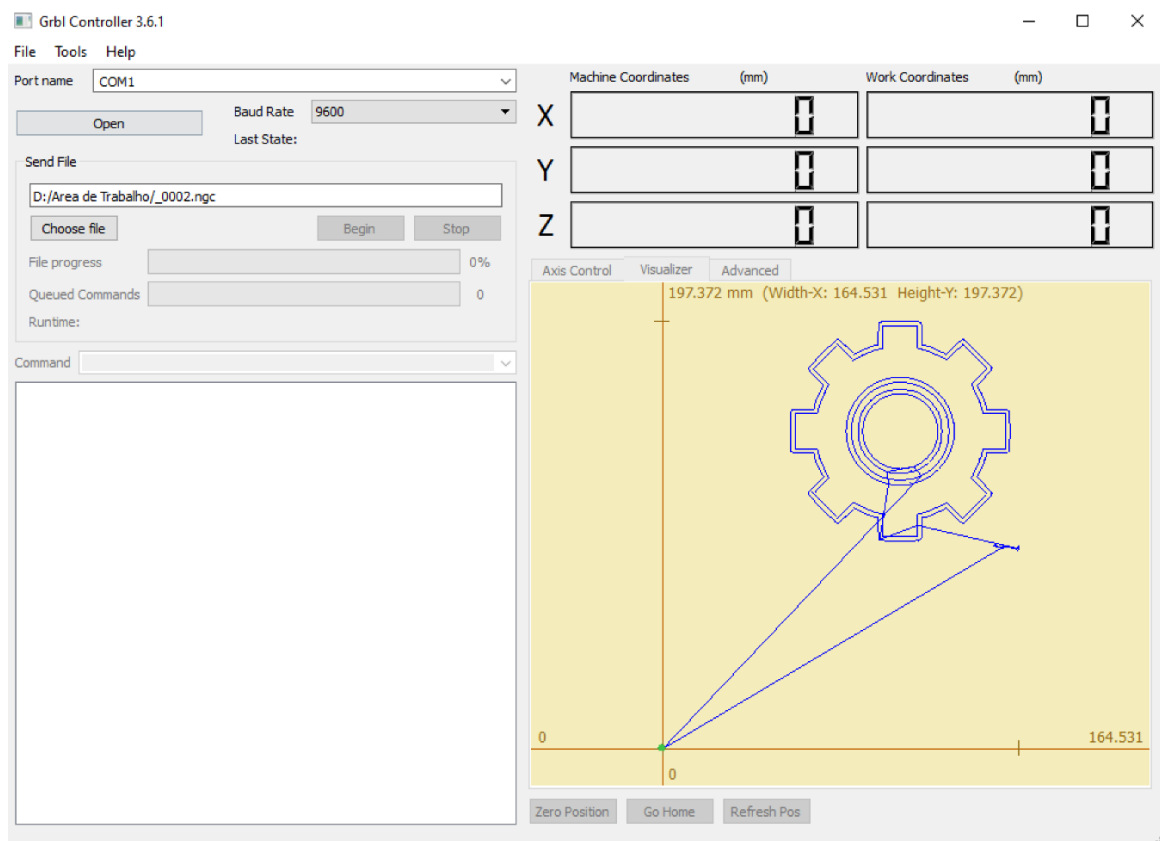


Figura 9: Software grbl ja com o G-code

#### 4. RESULTADOS

O projeto estrutural do manipulador cartesiano de caneta foi desenvolvido no software de modelagem 3D AUTODESK FUSION. Os componentes estruturais foram fabricados por manufatura aditiva, utilizando as impressoras Sethi3D S4X e Creality Ender-3. Para garantir a estabilidade e a suavidade dos movimentos nos eixos, a estrutura emprega quatro barras cilíndricas de 8 mm de diâmetro, cada uma associada a um rolamento linear LM8UU.

A instrumentação eletrônica foi construída utilizando 2 módulos de acionamento em ponte H (L298N), apresentados na Figura 10(b), 2 motores de passo NEMA 17, apresentados na Figura 10(c), um servo motor Tower Pro Mg90s, apresentado na Figura 10(d) e uma placa Arduino Nano V3 ATmega328P, apresentada na Figura 10(a). A instrumentação é alimentada por uma fonte de 12V. O diagrama esquemático da montagem eletrônica é apresentado na Figura 3. A fonte de 12V foi conectada aos módulos L298N, fornecendo energia para os motores de passo e, simultaneamente, ao pino VIN do Arduino Nano V3, garantindo sua alimentação. O terminal GND da fonte foi interligado ao GND dos drivers e ao GND do Arduino, estabelecendo uma referência comum de operação. Cada módulo L298N foi responsável pelo controle de um motor de passo NEMA 17, sendo suas saídas OUT1–OUT4 conectadas diretamente às bobinas dos motores.

As entradas de controle dos módulos (IN1–IN4) foram ligadas a pinos digitais do Arduino, permitindo a geração da sequência de pulsos necessária para o acionamento dos motores de passo. O primeiro módulo recebeu sinais dos pinos D13, D12, D11 e D10, enquanto o segundo foi controlado pelos pinos D9, D8, D7 e D6. Além disso, o servo motor Tower Pro Mg90s foi conectado a um pino PWM do Arduino, possibilitando o controle de posicionamento da caneta no eixo Z.

A imagem abaixo Figura 11 ilustra a montagem real do sistema, demonstrando a integração dos módulos L298N, motores de passo, servo motor e placa Arduino Nano V3. Esta configuração garante o funcionamento integrado dos três atuadores, permitindo deslocamentos coordenados da caneta nos eixos X e Y, bem como o movimento de subida e descida no eixo Z.

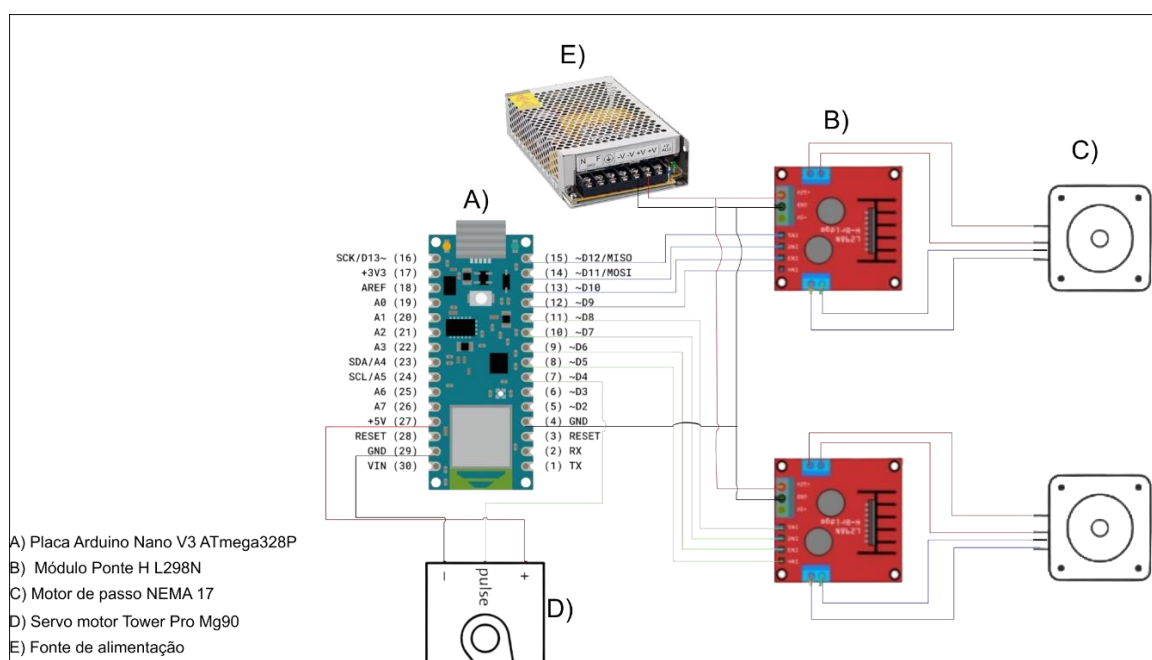


Figura 10: Diagrama esquemático da montagem eletrônica



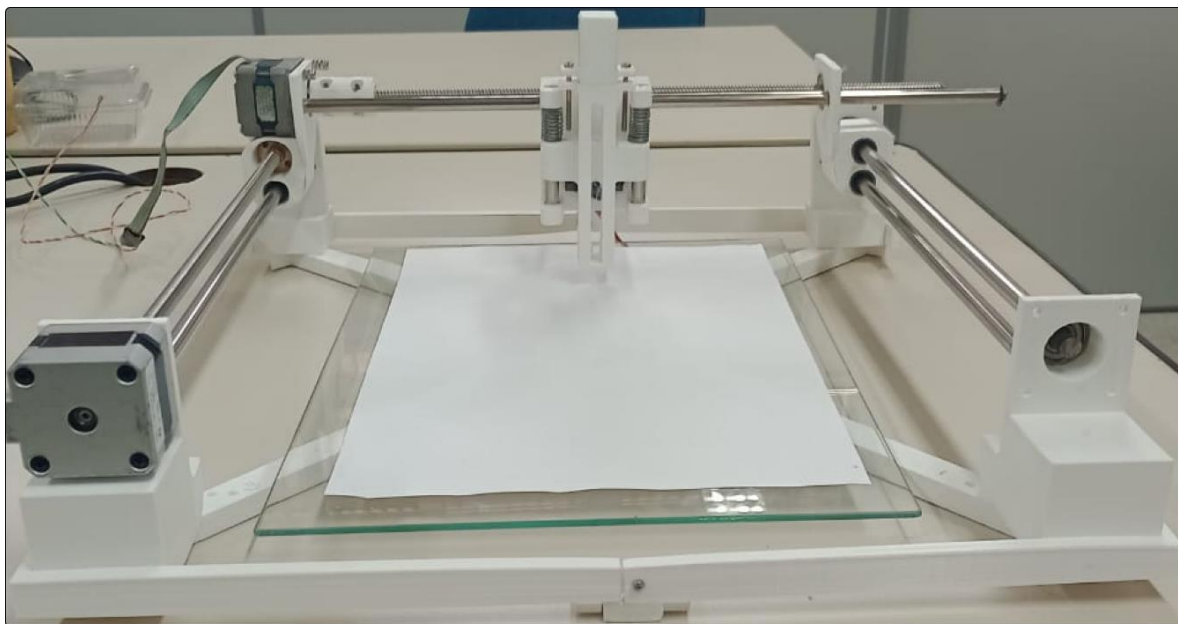


Figura 11: Imagem real do sistema

## 5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentado o desenvolvimento um protótipo de um manipulador cartesiano, projetado em CAD e integrado a um sistema embarcado de baixo custo. O controle foi realizado com a plataforma Arduino associada ao firmware de código aberto GRBL, garantindo simplicidade de implementação e acionamento preciso dos motores. O protótipo apresentou viabilidade técnica, baixo custo e facilidade de aplicação, podendo ser aplicado em atividades didáticas, projetos de automação e produções gráficas. Como trabalhos futuros, destacam-se a possibilidade de aprimorar a estrutura mecânica e implementar melhorias no firmware.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SANTOS, J. P. A. et al. Soluções adaptadas de baixo custo para o desenvolvimento de máquina de manufatura híbrida. *Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração*, São Paulo, v. 20, p. e2796, 2023.

MARINHO, A. et al. Desenvolvimento de máquina de comando numérico de baixo custo para auxílio nos métodos de ensino e aprendizagem na engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA (CBA), 24., 2022, Fortaleza. Anais... São Paulo: Sociedade Brasileira de Automática, 2022. p. 1421-1428.

AXIDRAW. **AxiDraw: The pen plotter for everyone**. 2016. Disponível em: <https://www.axidraw.com>. Acesso em: 6 ago. 2025.

HASHAN, A. M. et al. Robô de desenho controlado numericamente por computador baseado em projeto auxiliado por computador. **Revista de Engenharia Mecânica, Civil e Industrial**, Londres, v. 2, n. 1, p. 6-10, 2021.

KONDAVEETI, H. et al. A systematic literature review on prototyping with Arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations. **Computer Science Review**, Amsterdam, v. 40, p. 100362, 2021.

INKSCAPE. *Visão geral*. Disponível em: <https://inkscape.org/pt-br/sobre/visao-geral>. Acesso em: 22 set. 2025.

## 7. PARTICIPAÇÃO EM CONGRESSOS DA ÁREA

XXXIV CIC | Congresso de Iniciação Científica – UFPel

## 8. PUBLICAÇÕES COM ORIENTADOR

SILVA, K. F.; CHAVES, L. D.; SCHWEDERSKY, B. B. **Desenvolvimento de um manipulador cartesiano com Arduino e manufatura aditiva**. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, XXXIV, 2025, Pelotas. Anais do XXXIV Congresso de Iniciação Científica da UFPel. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2025.

KOLOSQUE, L. E. P.; CHAVES, L. D.; SILVA, K. F.; SCHWEDERSKY, B. B. **Desenvolvimento de um sistema de pêndulo com roda de reação usando impressão 3D**. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, XXXIII, 2024, Pelotas. *Anais do XXXIII Congresso de Iniciação Científica da UFPel*. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2024.

## 9. OUTRAS ATIVIDADES DE INTERESSE UNIVERSITÁRIO

## 10. COMPROVANTE DE INSCRIÇÃO EM PROGRAMA DE IDIOMAS

# ATESTADO

Estudante: Kevin Ferreira da Silva  
CPF:  
Curso: ENGLISH - MÓDULO 1 2025/2  
Situação: Ativo

Atestamos, para os devidos fins, que este(a) aluno(a) está matriculado(a) no projeto de extensão ENGLISH - MÓDULO 1 2025/2 do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul), na modalidade Educação a Distância.  
O referido projeto é realizado no período de 20 de agosto de 2025 a 30 de setembro de 2025.

Novo Hamburgo, 20 de setembro de 2025.

Esse documento foi emitido pelo Moodle do IFSul Novo Hamburgo em 20 de setembro de 2025.  
Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QR Code abaixo ou acesse  
<http://bit.ly/certificadoeadifsulnh> fornecendo o código 68cf2794-046c-4fda-aec4-57a30a00c840.



68cf2794-046c-4fda-aec4-57a30a00c840



CURSO DE  
IDIOMAS



INSTITUTO FEDERAL  
Sul-rio-grandense