



Desenvolvimento de um robô *V-plotter* de baixo custo para aplicação em moldes têxteis

Marvin Souza de Bem | marvin.b18@aluno.ifsc.edu.br¹
Luis Felipe Marques | luis.m27@aluno.ifsc.edu.br²
Fernando Michelin Marques | fernando.marques@ifsc.edu.br³
Tiago Quartiero Pereira | tiago.quartiero@ifsc.edu.br⁴

Edital de fomento do trabalho Edital nº 01/2025/PROPPI-PIBICEM
Trabalho de Pesquisa e Extensão
DT 4 - Inovação Tecnológica, Processos Produtivos e Futuro das Tecnologias

Resumo:

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um robô do tipo *V-Plotter* como alternativa de baixo custo para a confecção de moldes têxteis. O sistema utiliza uma arquitetura baseada em coordenadas polares, na qual a variação do comprimento de cabos converte movimentos rotacionais em deslocamentos lineares. O protótipo foi construído com *hardware* livre, utilizando um Arduino Uno, dois *drivers* L293D e motores de passo alimentados por fonte externa de 12 V. O controle é realizado por meio da integração entre um script em Python, responsável pelo processamento de arquivos vetoriais (SVG) e cálculo da cinemática inversa com base no Teorema de Pitágoras, e um *firmware* em C++ embarcado, que converte os dados em sinais de acionamento dos motores. O projeto encontra-se em fase de calibração, com estrutura mecânica finalizada e sistema de controle em ajuste. Os resultados preliminares indicam a viabilidade do protótipo para execução de geometrias básicas, demonstrando potencial para aplicação na automação de pequenas confecções.

Palavras-chave: *v-plotter*; automação têxtil; arduino; cinemática inversa; prototipagem de baixo custo.

Introdução

A indústria têxtil desempenha papel relevante no desenvolvimento econômico do Brasil, com destaque para o estado de Santa Catarina, onde pequenas e médias confecções são expressivas no setor. Nesse contexto, a etapa de modelagem é essencial para garantir a padronização e a eficiência produtiva.

¹Estudante do curso Técnico em Mecatrônica Integrado ao Ensino Médio do IFSC Câmpus Criciúma.

²Egresso do curso Técnico em Mecatrônica Integrado ao Ensino Médio do IFSC Câmpus Criciúma.

³Professor da área de Automação e Mecatrônica do IFSC Câmpus Criciúma.

⁴Professor da área de Automação e Mecatrônica do IFSC Câmpus Criciúma.

Apesar da importância dessa etapa, a adoção de automação ainda é limitada em pequenas empresas devido ao alto custo de aquisição, operação e manutenção de equipamentos industriais, como *plotters* de grande formato. Alternativas tecnológicas baseadas em soluções de baixo custo apresentam potencial significativo para democratizar o acesso à automação. Nesse sentido, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um robô do tipo *V-Plotter*, uma configuração que utiliza cabos de tração para posicionamento bidimensional, substituindo sistemas convencionais baseados em trilhos rígidos.

Essa abordagem permite reduzir a complexidade mecânica e o custo estrutural, mantendo a capacidade de execução de trajetórias controladas. O objetivo deste estudo é desenvolver e validar um protótipo funcional utilizando *hardware* livre e componentes acessíveis, demonstrando a viabilidade da automação de moldes têxteis. A adoção da plataforma Arduino como base de desenvolvimento reforça a proposta de acessibilidade e replicabilidade do sistema, conforme discutido por BANZI e SHILOH (2014) e MONK (2017), que destacam o potencial do *hardware* livre na democratização de soluções tecnológicas e no desenvolvimento de sistemas embarcados acessíveis.

Fundamentação teórica e contexto de atuação

O projeto baseia-se na aplicação da cinemática inversa associada ao Teorema de Pitágoras, conforme fundamentado por Spong et al. (2005), sendo utilizada para determinar os comprimentos dos cabos necessários ao posicionamento do efetuador final a partir de coordenadas cartesianas.

A arquitetura *V-Plotter* caracteriza-se como um sistema de posicionamento bidimensional acionado por cabos, no qual o movimento resulta da variação controlada do comprimento de fios tracionados por motores. Esse tipo de sistema apresenta vantagens como baixo custo estrutural, simplicidade construtiva e maior área útil em comparação a mecanismos cartesianos tradicionais (SPONG et al., 2005).

O acionamento é realizado por motores de passo, amplamente utilizados em aplicações de posicionamento devido à sua capacidade de movimentação incremental com boa precisão e repetibilidade, sendo adequados para sistemas de baixo custo

operando em malha aberta (SANTOS; FERREIRA, 2014). A utilização de plataformas de *hardware* livre, como o Arduino, contribui para a redução de custos e para a acessibilidade tecnológica, permitindo o desenvolvimento de sistemas embarcados replicáveis (BANZI; SHILOH, 2014; MCROBERTS, 2015; MONK, 2017). Nesse contexto, o projeto direciona-se às pequenas confecções têxteis, propondo uma alternativa para melhoria da padronização e da eficiência produtiva.

Procedimentos metodológicos

O projeto foi desenvolvido no Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Criciúma, integrando as áreas de mecânica, eletrônica e programação.

O desenvolvimento mecânico iniciou-se com a montagem de uma estrutura de MDF retangular, com dimensões de 510 mm x 740 mm x 15 mm. Foram fixadas 4 polias, impressas em fabricação aditiva (impressão 3D), nas extremidades da área útil da mesa, onde duas dessas polias, localizadas na parte superior, foram acopladas a 2 motores de passo *28BYJ-48*, responsáveis por transmitir o torque para o posicionamento do cursor. A transmissão do movimento é realizada por cabos de barbante tracionados, utilizando elásticos de látex para estabilizar o carro de escrita, também manufaturado aditivamente, que atua como efetuator final sustentando a ferramenta de desenho. Para o controle do eixo vertical, foi acoplado a ele um micro servo motor *SG90* responsável por levantar ou abaixar a caneta, evitando traços indesejados no papel e garantindo a fidelidade ao desenho original.

Na etapa de *hardware* e controle, utilizou-se a plataforma *Arduino Uno* integrada a um *Shield L293D*. A estratégia adotada para garantir o funcionamento adequado dos motores incluiu a separação dos condutores de corrente maior - utilizou-se uma alimentação externa de 12V dedicada à potência - da conexão USB para a lógica de processamento (SANTOS; FERREIRA, 2014). O funcionamento lógico foi estruturado em duas camadas: um *script* em *Python*, que processa arquivos vetoriais (SVG) e aplica o cálculo de cinemática inversa baseado no Teorema de Pitágoras, e um *firmware* em C++ no *Arduino*, que interpreta essas coordenadas e as traduz em pulsos para os motores.

Para organizar o fluxo de dados entre o computador e o microcontrolador, implementou-se um protocolo de comunicação *handshake* via porta serial que evita o transbordamento da memória do sistema, garantindo que o protótipo final entregue resultados técnicos consistentes e compatíveis com as demandas da indústria têxtil. A Figura 1 apresenta um fluxograma de processamento do sistema:

Figura 1 – Fluxograma de processos e controle lógico do sistema

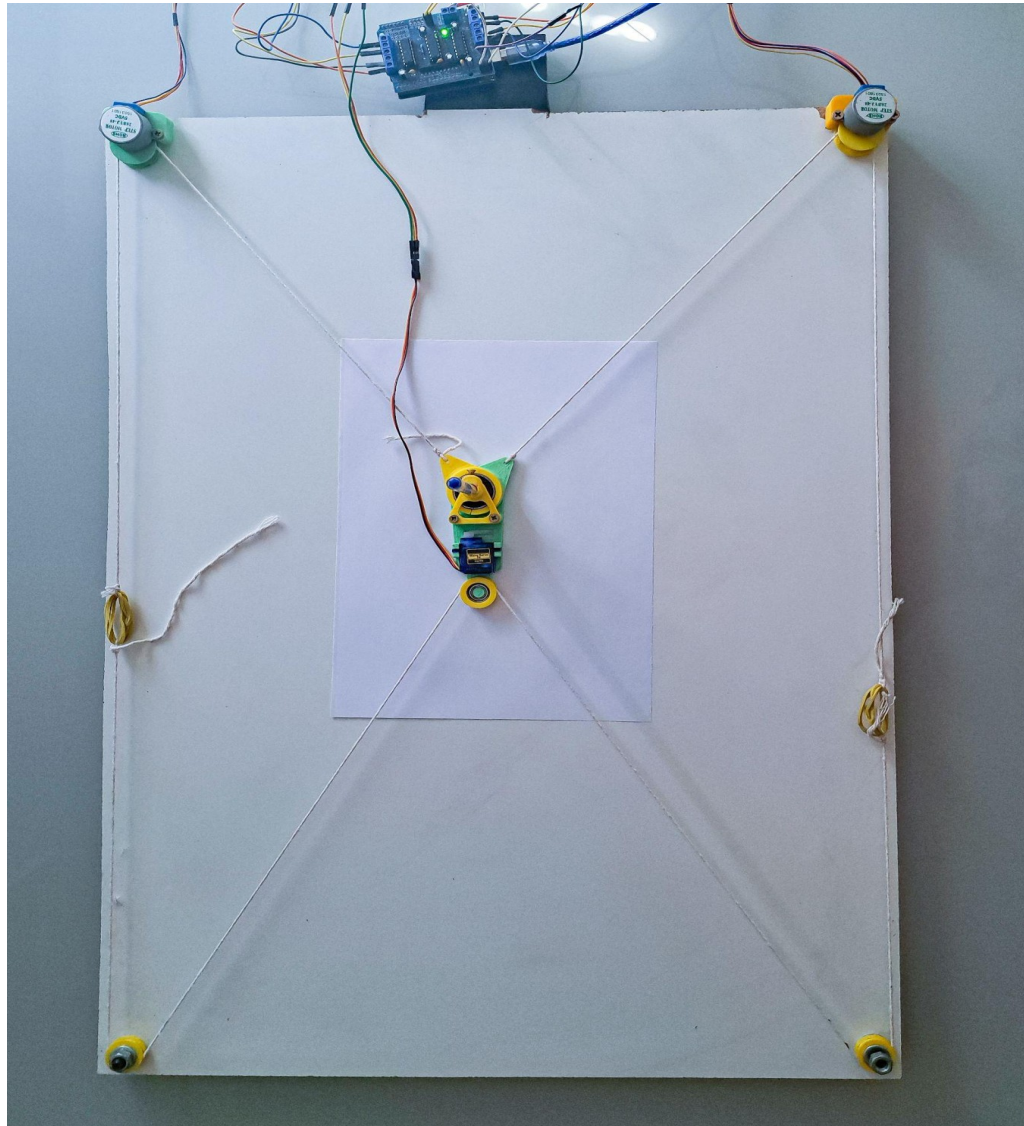


Fonte: Autores (2026)

Resultados e discussões

Os resultados obtidos até o momento demonstram que o protótipo é capaz de executar trajetórias bidimensionais com continuidade e coerência em relação às geometrias de entrada. A estrutura montada, apresentada na Figura 2, apresentou comportamento estável durante os testes iniciais, permitindo a realização de traçados consistentes em superfícies planas.

Figura 2 – Protótipo funcional do robô V-Plotter



Fonte: Autores (2026)

A aplicação da cinemática inversa mostrou-se adequada para o controle do sistema, possibilitando a conversão eficiente das coordenadas dos desenhos em comandos de movimentação. O uso do protocolo de comunicação baseado em *handshake* contribuiu significativamente para a confiabilidade do sistema, evitando perdas de dados e falhas durante a execução.

Entretanto, algumas limitações foram identificadas, principalmente relacionadas à precisão dimensional dos traçados. A utilização de cabos de barbante, embora economicamente vantajosa, introduz efeitos de elasticidade que podem gerar pequenas variações ao longo dos deslocamentos. Além disso, a ausência de sensores de realimentação impede a correção automática de desvios acumulados.

Outro fator relevante é a necessidade de calibração dos parâmetros de movimentação, como velocidade e aceleração dos motores, que influenciam diretamente na qualidade do traçado. Esses aspectos estão sendo ajustados na etapa atual do projeto, visando melhorar a fidelidade dimensional e a repetibilidade do sistema. Apesar dessas limitações, os resultados preliminares indicam que a integração da aplicação da cinemática inversa, utilizando o Teorema de Pitágoras, com o protocolo de comunicação *handshake* e o *script* em *Python* e o *firmware* em *C++* resultaram em um sistema confiável para a aplicação têxtil, havendo ainda a necessidade da calibração de parâmetros específicos, como por exemplo, as dimensões e o passo do desenho.

Até o momento, o protótipo cumpre os requisitos de validação inicial, apresentando estabilidade na leitura de arquivos vetoriais e na execução completa de silhuetas e contornos lineares simples, embora trajetórias curvas evidenciem a necessidade de refinamento nas equações de cálculo e processamento de coordenadas do *software* de controle.

Considerações finais

Os objetivos do projeto foram alcançados com a montagem e validação inicial do robô *V-Plotter*. Demonstrou-se a viabilidade técnica de construir um sistema de coordenadas funcional utilizando componentes acessíveis e hardware livre, configurando uma alternativa de baixo custo para a reprodução de moldes têxteis. Mesmo em fase de desenvolvimento, o uso de materiais simples, como polias impressas em 3D, barbante e elásticos de látex, evidenciou o potencial de soluções econômicas para aplicações de pequena escala.

A atividade possibilitou a aplicação prática de conhecimentos em eletrônica e programação. As principais dificuldades estiveram relacionadas à precisão mecânica e à

calibração do algoritmo de movimentação, exigindo ajustes para garantir a fidelidade entre o modelo digital e o traçado físico. Ainda assim, foi comprovada a viabilidade econômica do sistema e a integração eficiente de conceitos da mecatrônica.

Conclui-se que o projeto cumpre seu papel ao propor uma solução tecnológica acessível, com potencial de impacto no setor produtivo regional possibilitando ampliar o acesso à automação em pequenas confecções e estabelecer uma base científica para futuros aprimoramentos.

Referência ao fomento recebido

Este trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por meio da concessão de bolsa de Iniciação Científica (PIBIC-EM), Edital nº 01/2025/PROPPI, Processo nº PICRI4362-2025.

Referências

BANZI, Massimo; SHILOH, Michael. **Getting Started with Arduino**: The Open Source Electronics Prototyping Platform. 3. ed. Sebastopol: Maker Media, Inc, 2014.

FILIPPI, Rodrigo de Castro. **Projetos com Arduino Uno**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014.

MCROBERTS, Michael. **Arduino Básico**. 2. ed. São Paulo: Novatec Editora, 2015.

MONK, Simon. **Programação com Arduino**: Começando com Sketches. Porto Alegre: Bookman Editora, 2017.

SANTOS, Max Mauro Dias; FERREIRA, Marcus Vinicius. **Microcontroladores**: Programação e Implementação. São Paulo: Érica, 2014.

SPONG, Mark W.; HUTCHINSON, Seth; VIDYASAGAR, M. **Robot Modeling and Control**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2005.