



**ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL
DEP. ARY DE CAMARGO PEDROSO
Técnico em Automação Industrial**

Leonardo Antonio Gonçalves De Souza

Lucas Albino Movio

Renan Diego Dos Santos

MICRO GRAVADORA A LASER CASEIRA

Piracicaba

2025

Leonardo Antonio Gonçalves De Souza

Lucas Albino Movio

Renan Diego Dos Santos

MICRO GRAVADORA A LASER CASEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Técnico em
Automação Industrial da Etec Dep. Ary de
Camargo Pedroso, orientado pela Prof^a
Milene da Silva como requisito para
obtenção do título de técnico em
Automação Industrial.

Piracicaba

2025

RESUMO

Devido à crescente procura e demanda por soluções acessíveis, percebe-se uma necessidade cada vez maior de uma mini máquina CNC a laser para prototipagem e personalização em diversos setores, incluindo a educação e empresas de pequeno porte em particular. Essas ferramentas específicas facilitam o aprendizado prático de conceitos técnicos e viabilizam a fabricação de produtos personalizados com custos reduzidos, fomentando a criatividade e autonomia ao utilizar recursos de forma eficiente. Um sistema compactado foi criado com base em Arduino e motores reaproveitados juntamente com componentes acessíveis para fazer funcionar uma gravadora laser totalmente operacional que combina mecânica com eletrônica e software de forma integrada e eficiente. Os testes realizados demonstraram precisão e estabilidade satisfatórias na gravação de materiais leves o que confirma que o sistema é viável para ser utilizado em contextos didáticos e empresariais de menor escala. A opção por utilizar peças recicladas juntamente com um design simplificado realça as capacidades da mini gravadora como uma solução prática e sustentável que pode ainda ser melhorada no futuro.

Palavras-Chave: Mini gravadora a laser, Arduino, CNC a laser.

ABSTRACT

Due to the growing demand for affordable solutions, there is an increasing need for a mini CNC laser machine for prototyping and customization in various sectors, including education and small businesses in particular. These specific tools facilitate the practical learning of technical concepts and make it possible to manufacture customized products at reduced costs, fostering creativity and autonomy by using resources efficiently. A compact system was created based on Arduino and reused motors along with affordable components to run a fully operational laser engraver that combines mechanics with electronics and software in an integrated and efficient way. The tests carried out showed satisfactory precision and stability when engraving light materials, which confirms that the system is viable for use in smaller-scale educational and business contexts. The choice of using recycled parts together with a simplified design highlights the mini engraver's capabilities as a practical and sustainable solution that can be further improved in the future.

Key-Words: Mini laser engraver, Arduino, laser CNC.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
1.1. Contexto e Justificativa	6
1.1.1. Onde o Gravador a Laser Pode Ser Aplicado?	7
1.2. Objetivos	8
1.2.1. Objetivo Geral	8
1.2.2. Objetivos Específicos	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1. Controle Numérico Computadorizado (CNC)	9
2.1.1. Definição e Princípios Operacionais	9
2.1.2. Tipos de Máquina CNC	10
2.1.3. A Importância do CNC no Setor Industrial	10
2.2. Gravadora a Laser	10
2.2.1. Definição e Princípios de Operação	10
2.2.2. Tipos de Procedimentos	11
2.2.3. Aplicações para Gravadoras a Laser	11
2.2.4. Vantagens dos Gravadores a Laser	11
2.3. Economia	12
2.3.1. Definição e Importância Econômica	12
2.3.2. Relevância Econômica dos Rótulos de CNC e Laser	12
2.3.3. Modelo de Negócios e Estratégia Econômica	12
3. MATERIAIS E MÉTODOS	13
3.1. Descrição dos Componentes	13
3.1.1. Arduino Uno	13
3.1.2. Shield CNC V3	13
3.1.3. Motores de Passo (Stepper Motor)	14
3.1.4. Drivers A4988	15
3.1.5. Laser 2000mW (2W)	16
3.1.6. Fonte de Alimentação 12V	16
3.1.7. LED Azul Alto Brilho 6000-8000mcd K0408	17
3.1.8. Transistor MOSFET IRFZ44N	18
3.1.9. Resistor 1k Ohm	19
4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	20
4.1. Montagem do Circuito/Construção da Carcaça	20
4.2. DIAGRAMA LIGADO AO ARDUINO	22

4.3.	CONFIGURAÇÃO DO SOFTWARE	23
4.3.1.	Download do Software Benbox	23
4.3.2.	Instalação do Software e Drivers	23
4.3.3.	Instalação do Firmware na Placa Arduino.....	24
4.3.4.	Configuração Inicial do Benbox	24
4.3.5.	Calibração da Máquina.....	25
4.3.6.	Preparação da Imagem para Gravação	25
4.3.7.	Gravação com a Mini Gravadora	26
4.3.8.	Finalização e Cuidados	26
5.	RESULTADOS ESPERADOS	26
6.	DISCUSSÃO	29
6.1.	Desafios Encontrados	29
6.2.	Melhorias Possíveis	29
6.3.	Aplicações Futuras	30
7.	CONCLUSÃO	31
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contexto e Justificativa

Nos últimos tempos, tem ocorrido uma crescente importância na busca por alternativas tecnológicas acessíveis e amigáveis ao meio ambiente. As impressoras 3D têm sido responsáveis por introduzir avanços notáveis em setores como design gráfico e educacional, além da produção de peças industriais. Contudo, essas máquinas frequentemente apresentam custos elevados, o que restringe seu acesso a indivíduos ou organizações com recursos financeiros limitados.

A criação da mini gravadora a laser, feita com partes de DVDs reutilizados, tem como objetivo solucionar essa questão específica da indústria da impressão digital. A proposta é apresentar uma opção econômica e de fácil acesso para que um público mais amplo — incluindo indivíduos comuns e pequenas empresas — possa desfrutar dos benefícios dessa tecnologia avançada de impressão a laser. Ao utilizar componentes que seriam descartados na maioria das vezes e adotar um modelo sustentável de produção em sua essência, o projeto não apenas democratiza o acesso à tecnologia a laser, mas também contribui para diminuir o desperdício de recursos materiais e promove um estilo de vida mais consciente e responsável em termos ambientais.

O conceito de reciclagem de materiais não é algo novo para a humanidade. Nas aulas de robótica, é comum observar alunos utilizando peças reutilizáveis na construção de projetos — desde motores até sensores — que vêm de aparelhos antigos. Além disso, o Arduino e outros microcontroladores seguem essa mesma linha ao oferecer plataformas acessíveis que permitem a criação de dispositivos eletrônicos com componentes simples e econômicos. A mini gravadora a laser também se encaixa nessa lógica ao usar materiais reciclados de forma inteligente, tornando a tecnologia mais acessível a todos.

O uso de materiais recicláveis é uma maneira eficaz de lidar com um dos grandes problemas da sociedade atual: o descarte inadequado do lixo eletrônico gerado por dispositivos antigos, como os leitores de DVD. A proposta do projeto é transformar esses materiais em algo útil, apresentando uma abordagem simples e criativa para mitigar esse cenário impactante, ao mesmo tempo em

que oferece uma alternativa acessível para aqueles que necessitam dessa tecnologia.

Além disso, a mini gravadora a laser pode se tornar uma poderosa aliada na promoção de marcas, permitindo a personalização de produtos e itens promocionais de maneira econômica e criativa. A personalização desses produtos com o logotipo ou design exclusivo de uma empresa tem se mostrado uma estratégia eficaz para fortalecer a identidade da marca e estabelecer conexões mais sólidas com os clientes.

O impacto desse empreendimento vai muito além da economia de gastos financeiros. Ele busca incentivar uma transformação na maneira como se utiliza e recicla os recursos tecnológicos. Além de ser uma impressora acessível economicamente, ela tem o potencial de criar novas oportunidades para diferentes abordagens educacionais, especialmente em instituições de ensino e comunidades menos privilegiadas em termos de acesso a equipamentos sofisticados.

1.1.1. Onde o Gravador a Laser Pode Ser Aplicado?

Este dispositivo de gravação não apenas é mais acessível em termos financeiros, mas também oferece amplas possibilidades de aplicação tanto no âmbito educacional quanto no empresarial. Sua disponibilidade facilitada aproxima a tecnologia do alcance de todos, de maneira conveniente e proveitosa.

Na educação, o gravador a laser se revela um recurso extremamente útil. Escolas e universidades poderiam empregar essa tecnologia para instruir os alunos sobre design e engenharia de forma simples e rápida, permitindo a criação de protótipos acessíveis a um maior número de estudantes, com baixos custos que fomentam a criatividade e o desenvolvimento de projetos educativos. Além disso, seria possível utilizar essa ferramenta para elaborar modelos educativos em 2D, facilitando a compreensão de conceitos complexos de maneira visual e interativa. O raciocínio por trás do projeto é bastante similar ao que se observa nas aulas de robótica, onde se utilizam peças simples e

reutilizáveis para construir mecanismos e robôs, assim como no Arduino, que permite a criação de circuitos e dispositivos com componentes fundamentais.

No comércio, pequenas empresas podem se beneficiar do uso desse recurso tecnológico para desenvolver modelos iniciais de produtos, experimentar conceitos antes de investir em produção em larga escala ou até mesmo personalizar itens para seus clientes. Por ser uma ferramenta acessível, essa é uma excelente alternativa para quem deseja iniciar um empreendimento ou explorar novas possibilidades criativas sem a necessidade de grandes investimentos, além de proporcionar maior destaque à marca.

Na indústria, embora o mini gravador a laser não seja adequado para grandes produções em massa, ele se torna útil na fabricação de peças personalizadas ou em pequenas quantidades de produtos, especialmente em segmentos específicos com demandas insuficientes para justificar uma produção em larga escala. Além disso, pode ser uma solução conveniente para a fabricação de peças de reposição, especialmente para equipamentos antigos ou difíceis de obter.

Além de propor tornar a tecnologia acessível a um número maior de pessoas, a utilização de componentes recicláveis torna essa alternativa ainda mais atrativa e benéfica, contribuindo para minimizar o impacto ambiental originado da eliminação de dispositivos eletrônicos. Essas práticas sustentáveis representam um dos aspectos mais significativos do plano, unindo progresso e consciência ecológica.

Acredita-se que a tecnologia da impressora a laser 2D tenha o potencial de revolucionar a forma como se utiliza a tecnologia, de maneira mais acessível e sustentável. Seja no âmbito comercial, com novas oportunidades para pequenas empresas, ou na área educacional, como uma ferramenta poderosa para ensinar e aprender, ela se apresenta como uma alternativa real e criativa para aqueles que buscam criar e explorar de forma mais econômica e conscientemente responsável.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Criar um pequeno gravador a laser usando microcontroladores e peças reaproveitáveis com ênfase na economia financeira. O objetivo é explorar as possibilidades desse dispositivo no ramo comercial e educacional, permitindo a personalização de produtos bem como a fabricação de protótipos com custos reduzidos. A iniciativa procura ilustrar como a tecnologia pode ser usada de maneira original e desenvolver oportunidades no mercado, adotando uma abordagem consciente e inovadora.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Desenvolver uma máquina de gravação a laser de baixo custo.
- Utilizar peças acessíveis e recicláveis de leitores de DVD.
- Controlar a máquina com um microcontrolador Arduino.
- Possibilitar que pequenas empresas e instituições educacionais personalizem produtos e criem protótipos/projetos de forma econômica.
- Demonstrar a viabilidade de diminuir gastos financeiros.
- Produzir uma ferramenta útil e criativa.
- Incentivar a sustentabilidade através do uso de materiais reaproveitados.
- Tornar a tecnologia mais acessível a todos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Controle Numérico Computadorizado (CNC)

2.1.1. Definição e Princípios Operacionais

O Controle Numérico Computadorizado (CNC) é uma tecnologia que utiliza programação para operar máquinas-ferramentas de forma mais automatizada e precisa. Ao contrário das máquinas convencionais, nas quais os operadores controlam diretamente as ferramentas, o CNC permite que os computadores gerenciem o movimento e as operações de forma programática,

garantindo maior consistência e controle de qualidade. Essa tecnologia viabiliza a produção de peças complexas com alta precisão, sendo um ponto-chave na indústria moderna (CCV Industrial, 2019).

2.1.2. Tipos de Máquina CNC

A tecnologia de controle numérico computadorizado (CNC) é utilizada em diversos tipos de máquinas industriais, como tornos e fresadoras, para automatizar processos específicos de usinagem e fabricação de peças complexas em materiais metálicos e plásticos, com alta precisão e eficiência (Fernando A. Cassaniga, 2008).

2.1.3. A Importância do CNC no Setor Industrial

A implementação dos sistemas CNC na indústria traz várias vantagens, como a diminuição de falhas humanas e o aumento da eficiência produtiva. Quando se utiliza software para conduzir procedimentos repetitivos e intrincados nas máquinas de forma eficaz, há uma melhoria na qualidade da produção. A automação proporcionada pelo CNC também reduz o tempo gasto na produção, melhora as linhas de montagem e viabiliza a fabricação em grande escala. Esse avanço no desempenho e a capacidade de execução automatizada de tarefas complexas são fatores que geram uma vantagem competitiva significativa (Mecatronizando, 2017).

2.2. Gravadora a Laser

2.2.1. Definição e Princípios de Operação

As gravadoras a laser empregam feixes de luz altamente concentrados para marcar e etiquetar uma variedade de materiais distintos. A interação do laser com o material resulta em mudanças em suas propriedades por meio do calor emitido durante a evaporação ou fusão do material. Esse processo avançado permite realizar gravações e marcações com uma exatidão notável.

Lasers de CO₂ são comumente utilizados na gravação de materiais não metálicos, como madeira e acrílico; por outro lado, os lasers de fibra são mais adequados para metais, garantindo maior eficiência e um resultado final superior (Equipe TechCD, 2022).

2.2.2. Tipos de Procedimentos

A gravação a laser pode realizar duas funções principais: gravação e marcação. A gravação envolve a remoção de uma camada fina para criar uma marca duradoura, enquanto a marcação modifica a superfície do material sem remover uma quantidade significativa de material. É possível ajustar a potência e a velocidade do laser de acordo com o tipo de material utilizado, tornando essa tecnologia bastante flexível (Cutmaker, 2018).

2.2.3. Aplicações para Gravadoras a Laser

O uso de lasers é muito comum em diferentes áreas industriais devido à sua capacidade de realizar ajustes em produtos e gravar logotipos em componentes eletrônicos e na produção. A habilidade dessas tecnologias para trabalhar com diversos tipos de materiais e criar detalhes minuciosos e complexos torna-as ferramentas essenciais em diversos campos industriais, especialmente em mercados que buscam personalização e alta qualidade (BR Laser, 2018).

2.2.4. Vantagens dos Gravadores a Laser

Uma das principais vantagens das máquinas de gravação a laser é a sua alta precisão e capacidade de trabalhar com diversos tipos de materiais de forma eficiente. Além disso, essas máquinas requerem menos custos de manutenção em comparação com outras tecnologias de produção disponíveis atualmente no mercado. Isso faz com que as máquinas de gravação a laser sejam uma escolha econômica e eficiente para indústrias que valorizam flexibilidade e qualidade superior (Equipe TechCD, 2022).

2.3. Economia

2.3.1. Definição e Importância Econômica

O campo da economia explora maneiras de distribuir recursos limitados para atender às necessidades em constante crescimento da sociedade. No setor industrial, demonstrar eficiência na utilização de recursos, como trabalho humano e matérias-primas, é crucial para diminuir despesas e aumentar a competitividade da empresa no mercado atual. Equipamentos avançados, como CNC e máquinas a laser, têm um impacto inovador na economia corporativa, promovendo uma produção mais eficiente, minimizando desperdícios e elevando os padrões de qualidade. Isso colabora para que a empresa se destaque e conquiste uma posição superior na competição comercial (Mecatronizando, 2017).

2.3.2. Relevância Econômica dos Rótulos de CNC e Laser

O uso de tecnologias como CNC e máquinas gravadoras a laser tem um grande impacto econômico nas empresas. Esses avanços permitem automação e precisão melhoradas, resultando em economia significativa nos custos produtivos. Além disso, esses sistemas reduzem os tempos necessários para produção em série, aumentando as capacidades da empresa e fornecendo uma vantagem competitiva notável, especialmente em setores que demandam alta personalização ou produção em larga escala (Cutmaker, 2018).

2.3.3. Modelo de Negócios e Estratégia Econômica

A utilização de máquinas CNC e a laser pode abrir caminho para novos modelos de negócios em setores que valorizam a personalização em larga escala ou a fabricação sob demanda. Essas tecnologias não apenas melhoram a eficiência, mas também diminuem os custos de produção (Cutmaker, 2018).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Descrição dos Componentes

3.1.1. Arduino Uno

Figura 1 – Arduino Uno

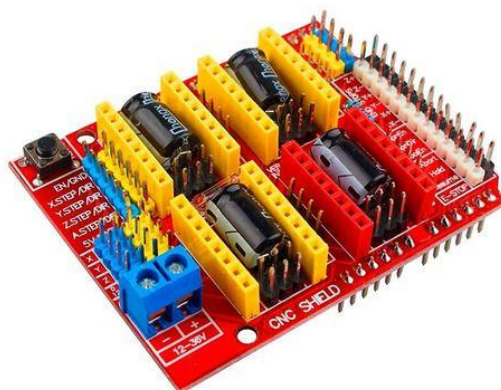


Fonte: Mercado Livre, 2025

O Arduino Uno (figura 1) é uma placa de microcontrolador que utiliza o chip ATmega328P como base para suas operações centrais. Ele desempenha um papel fundamental no sistema ao interpretar as instruções provenientes do software (como o GRBL) e controlar os demais elementos do sistema, como motores e laser. Recebendo informações de movimento e comandos diversos, o Arduino converte esses dados em sinais elétricos precisos que acionam os motores de passo e o laser, garantindo assim um controle preciso dos eixos e das tarefas de corte ou gravação.

3.1.2. Shield CNC V3

Figura 2 - Placa Shield CNC V3



Fonte: Mercado Livre, 2025

A placa Shield CNC V3 (figura 2) é um acessório que pode ser acoplado diretamente ao Arduino Uno para facilitar a conexão com drivers de motores e outros componentes. Esse shield foi especialmente desenvolvido para aplicações em projetos CNC e impressoras 3D, possibilitando a conexão de até três drivers A4988 (para os eixos X, Y e Z). Além disso, são disponibilizadas conexões práticas para os motores de passo, fins de curso e alimentação externa.

3.1.3. Motores de Passo (Stepper Motor)

Figura 3 – Stepper Motor



Fonte: Aliexpress, 2025

Os motores de passo são responsáveis por realizar movimentos precisos nos diferentes eixos X, Y e Z. Ao contrário dos motores convencionais, eles se deslocam em incrementos fixos (passos), permitindo um controle extremamente detalhado da posição, o que é ideal para sistemas utilizados em gravação ou corte a laser. A sincronização dessas unidades motrizes viabiliza o traçado preciso das formas geométricas ou dos trajetos previamente programados. Apresentado na figura 3.

3.1.4. Drivers A4988

Figura 4 - Driver A4988



Fonte: RoboCore, 2025

Os drivers A4988 (figura 4) são componentes utilizados para gerenciar os motores de passo conforme as instruções enviadas pelo Arduino, controlando tanto o fluxo de corrente quanto os impulsos de controle essenciais para movimentar os motores de maneira suave e eficaz. Os módulos A4988 também suportam micro passos (movimentos fracionados), o que amplia ainda mais a precisão e diminui as vibrações durante o funcionamento do sistema.

3.1.5. Laser 2000mW (2W)

Figura 5 – Laser 2W



Fonte: Aliexpress, 2025

O módulo de laser de 2000 miliwatts (mW) é utilizado para realizar cortes ou gravações em materiais como madeira, acrílico e papel. Este laser é adequado para projetos em casa ou fins educativos, devido à sua potência suficiente para executar essas tarefas com eficiência. Controlado por um circuito com MOSFET, o funcionamento do laser permite ligá-lo rapidamente quando necessário, desligando-o da mesma forma de maneira ágil; além disso, possibilita ajustar a intensidade da potência com precisão conforme desejado durante o processo. Esse mecanismo assegura um procedimento mais seguro, bem como um controle aprimorado ao realizar gravações ou cortes em diferentes superfícies. Apresentado na figura 5.

3.1.6. Fonte de Alimentação 12V

Figura 6 – Fonte de Alimentação 12V



Fonte: Mercado Livre, 2025

A fonte de 12 volts é fundamental para manter em funcionamento os diversos componentes da CNC de forma constante e confiável, incluindo motores de passo precisos e eficientes, seus drivers correspondentes e o módulo a laser necessário para as operações específicas do equipamento industrial automatizado e controlado por computador (CNC - Controle Numérico Computadorizado). Essas fontes de alimentação convertem a voltagem padrão da tomada (110 ou 220 volts em corrente alternada - CA), transformando-a em uma voltagem estável de 12 volts em corrente contínua (CC) para garantir um desempenho consistente e satisfatório da máquina CNC durante seu uso prolongado no ambiente industrial. Apresentado na figura 6.

3.1.7. LED Azul Alto Brilho 6000-8000mcd K0408

Figura 7 – LED Azul K048



Fonte: Dualshop, 2025

O LED é um diodo emissor de luz utilizado como indicador visual em circuitos eletrônicos. Ele emite luz ao ser alimentado com baixa tensão (geralmente entre 2V e 3V) e corrente controlada (cerca de 20mA). É comum em painéis, protótipos com Arduino e sistemas de sinalização. O LED pode ter cores variadas (vermelho, verde, azul, etc.) e necessita de um resistor em série para evitar queimar. Apresentado na figura 7.

3.1.8. Transistor MOSFET IRFZ44N

Figura 8 - Transistor MOSFET IRFZ44N



Fonte: Mercado Livre, 2025

O transistor IRFZ44N (figura 8) é geralmente utilizado para regular cargas de média a alta corrente em equipamentos como motores elétricos robustos ou LEDs de alto desempenho, juntamente com módulos de laser potentes. Atuando como um interruptor eletrônico, ele é ativado por pulsos de baixa voltagem (normalmente 5 volts, utilizado em placas Arduino), permitindo o fluxo de altas correntes (até 49 amperes, quando a dissipação adequada é garantida). Este componente se destaca em situações que exigem controle preciso e seguro de aparelhos operando em 12 volts.

3.1.9. Resistor 1k Ohm

Figura 9 - Resistor 1k Ohm



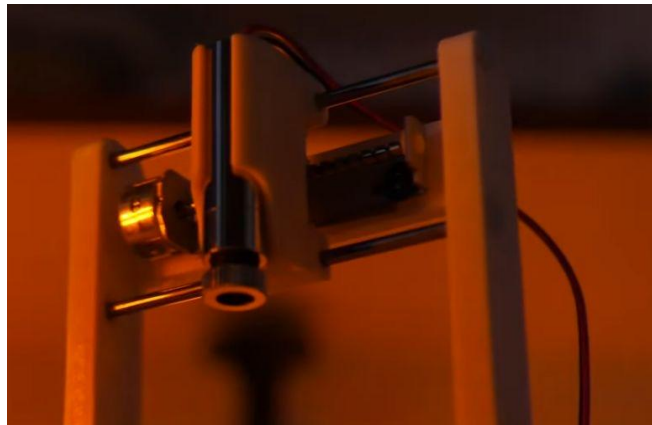
Fonte: Mercado Livre, 2025

O resistor de 1k ohm (1000 ohms) é um componente elétrico comum que regula o fluxo de corrente em um circuito eletrônico. O resistor de 1k ohm é frequentemente empregado para proteger LEDs, ajustar sinais e prevenir excessos de energia em microcontroladores como o Arduino. Sua função é diminuir gradualmente a corrente elétrica, evitando assim possíveis danos aos demais componentes da engenharia elétrica. Apresentado na figura 9.

4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

4.1. Montagem do Circuito/Construção da Carcaça

Figura 10 – Carcaça com laser acoplado ao motor e os dois eixos



Fonte: Canal FABRI Creator, 2022.

Na parte superior da mini gravadora, é possível notar a estrutura principal onde o módulo laser está conectado ao carrinho móvel do eixo X, permitindo sua movimentação lateral. Os eixos X e Y também estão visíveis, controlando o laser em duas direções sobre a superfície de gravação. A montagem foi cuidadosamente planejada para garantir movimentos precisos, com o suporte adequado para os motores de passo e as roldanas ou trilhos, dependendo do sistema mecânico utilizado.

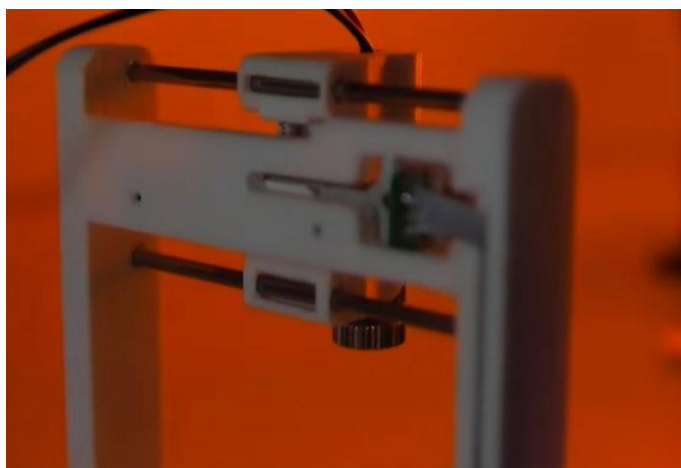
Figura 11 – Parte inferior da carcaça com placa Arduino acoplada



Fonte: Canal FABRI Creator, 2022

A figura 11 mostra a base da carcaça, onde a placa Arduino Uno e o Shield CNC V3 estão fixados de forma segura. Também é visível a disposição dos fios de energia e controle dos motores e do laser, que se conectam à placa para alcançar os atuadores correspondentes. Essa região foi concebida para facilitar o acesso aos componentes eletrônicos, garantindo uma ventilação adequada, bem como uma organização eficaz dos elementos, assegurando a segurança do sistema e facilitando a manutenção futura.

Figura 12 – Parte traseira da carcaça (eixo)



Fonte: Canal FABRI Creator, 2022

Na parte traseira da estrutura, está localizado um dos motores de passo que controla o movimento do eixo Y (ou X, dependendo da orientação do

projeto). Também são visíveis os detalhes do sistema de conexão entre o motor e o eixo, que são essenciais para o funcionamento preciso do sistema. A caixa traseira foi desenvolvida para garantir uma fixação segura desses componentes, evitando qualquer vibração indesejada durante o uso.

Figura 13 – Mini gravadora a laser em funcionamento (gravação ativa)

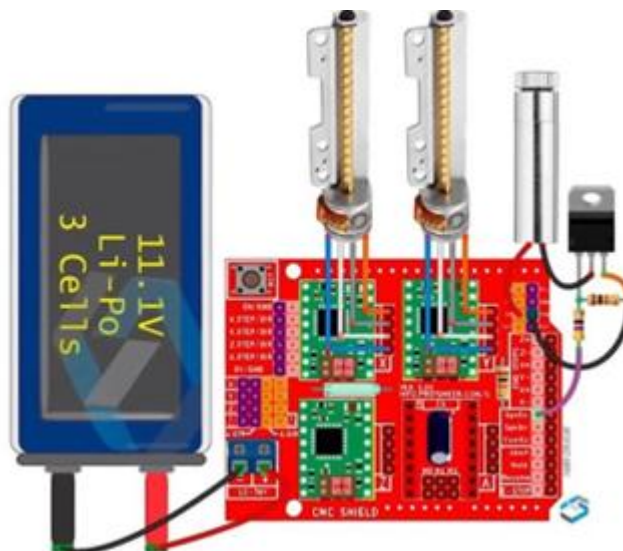


Fonte: Canal FABRI Creator, 2022.

A figura 13 apresenta a mini gravadora em pleno funcionamento, com o laser ativo realizando gravações no material escolhido de forma eficiente e precisa. A foto destaca como todos os elementos do sistema trabalham em conjunto de forma harmoniosa — desde os movimentos dos eixos até o controle do laser e a solidez da estrutura mecânica — evidenciando o sucesso da montagem e integração dos sistemas eletrônicos e mecânicos presentes na máquina. Essa etapa realmente mostra como o projeto atingiu seu objetivo principal com êxito.

4.2. DIAGRAMA LIGADO AO ARDUINO

Figura 14 – Diagrama ligado ao Arduino



Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.3. CONFIGURAÇÃO DO SOFTWARE

4.3.1. Download do Software Benbox

Para configurar o software, será necessário realizar o download do Benbox. Os passos a seguir são recomendados:

- Acessar um repositório confiável com a versão funcional do Benbox. Um dos mais utilizados é:
 - <http://www.benboxlaser.us>
- Baixar o pacote do Benbox que inclui:
 - O instalador do software Benbox;
 - O firmware .hex compatível com o Arduino;
 - Driver USB (CH340).

4.3.2. Instalação do Software e Drivers

A instalação dos softwares e drivers deve ser realizada conforme os passos abaixo:

- Extrair o conteúdo do arquivo .zip em uma pasta local.

- Executar o arquivo Benbox.exe ou setup.exe (dependendo da versão).
- Instalar os drivers CH340 (caso a placa Arduino utilize esse chip USB). Eles geralmente estão na pasta CH340 Driver no mesmo pacote.
- Conectar o Arduino Uno ao computador via cabo USB e aguardar o reconhecimento do dispositivo.

4.3.3. Instalação do Firmware na Placa Arduino

É essencial instalar o firmware na placa Arduino conforme descrito abaixo:

- O Benbox não utiliza o firmware GRBL tradicional. Ele precisa de um firmware específico que está incluído na pasta do software.
- Executar o programa chamado LBenbox ou um utilitário similar incluído no pacote.
- Localizar o arquivo benbox.hex ou firmware.hex (pode variar).
- Selecionar a porta COM correta (verificar no Gerenciador de Dispositivos).
- Clicar em "Burn" ou "Upload" para gravar o firmware na placa.
- Aguardar até a confirmação de que o upload foi concluído com sucesso.

4.3.4. Configuração Inicial do Benbox

Para a configuração inicial do Benbox, devem ser seguidas as instruções abaixo:

- Abrir o software Benbox.
- Acessar as configurações:
- Selecionar a porta COM do Arduino (por exemplo, COM3);
- Definir os parâmetros dos motores (geralmente, já vêm pré-configurados para a Shield V3);
- Verificar se o laser responde ao comando de ligar/desligar.

- Realizar um teste de movimentação dos eixos X e Y, utilizando as setas do painel de controle do Benbox.

4.3.5. Calibração da Máquina

Para calibrar a máquina, devem ser seguidos os passos abaixo:

- Marcar com uma régua uma distância (ex: 10 mm).
- Mover o eixo X 10 mm no software.
- Medir o deslocamento real do cabeçote do laser.
- Se estiver incorreto, ajustar os "steps/mm" nas configurações até corresponder ao deslocamento real.
- Fazer o mesmo para o eixo Y.

4.3.6. Preparação da Imagem para Gravação

Para preparar a imagem para a gravação, deve-se seguir o procedimento abaixo:

- Criar ou editar a imagem em um programa como:
 - Paint ou Photoshop (para imagens bitmap, como .bmp);
 - Inkscape (para vetores .svg).
- No Benbox:
 - Clicar em "Open Picture";
 - Escolher o arquivo .bmp ou .svg;
 - Ajustar o tamanho e a posição da imagem na área de trabalho.
- Definir os parâmetros:
 - Velocidade do eixo (Feed rate);
 - Potência do laser (se disponível);
 - Modo de gravação: raster (imagem) ou vetor (linha de contorno).

4.3.7. Gravação com a Mini Gravadora

Por fim, para realizar a gravação, deve-se seguir o passo a passo abaixo:

- Colocar o material a ser gravado fixo na área de trabalho da gravadora.
- Ajustar a altura do laser, para que o foco fique bem posicionado no material.
- Ligar a fonte de alimentação da máquina.
- Clicar em "Start" no Benbox.
- Acompanhar a gravação em tempo real e, ao final, desligar o laser manualmente, se necessário.

4.3.8. Finalização e Cuidados

Todo cuidado é pouco. Após o uso, não se deve esquecer:

- Desligar o laser e a fonte de alimentação.
- Esperar o resfriamento do módulo laser.
- Salvar as configurações de projeto no Benbox para uso futuro.

5. RESULTADOS ESPERADOS

No início, foi experimentado o sistema CNC de dois eixos utilizando motores de passo retirados de aparelhos de DVD para testar seu funcionamento adequado. Para controlar os eixos X e Y, foi utilizada uma placa Arduino Uno junto com uma Shield CNC V3. Os drivers A4988 foram responsáveis por movimentar os motores conforme os comandos enviados através do programa Benbox.

Durante os experimentos de laboratório, foi possível verificar o bom funcionamento dos motores de passo ao seguir trajetórias simples, como linhas retas e formas geométricas elementares. As marcações foram feitas em papelão e madeira balsa — materiais leves que são adequados para o sistema em questão. A precisão dos movimentos foi avaliada comparando os comandos

enviados com as marcações feitas, verificando-se uma margem de erro inferior a 1 mm em deslocamentos de até 50 mm.

O software Benbox funcionou bem em termos de interface e permitiu a importação e interpretação de imagens vetoriais no formato PNG com facilidade. Os eixos se moveram de forma coordenada conforme o previsto, e o laser foi ativado nos momentos programados para marcação no padrão gráfico carregado. Além disso, foi realizado um teste para ajustar o tempo de exposição do laser em diversos níveis de intensidade, resultando em variações na profundidade da marcação em diferentes materiais.

Testes de resistência e estabilidade foram realizados com sucesso, com o sistema operando de forma contínua por 10 minutos sem interrupções ou superaquecimento dos componentes eletrônicos. A atuação dos eixos com movimentos simultâneos foi considerada satisfatória, sem perda de passos ou desalinhamento detectado; além disso, o acionamento do laser durante o deslocamento mostrou-se consistente, conforme ilustrado na Figura 15.

Figura 15 – Sistema CNC realizando movimentações simultâneas com acionamento do laser.

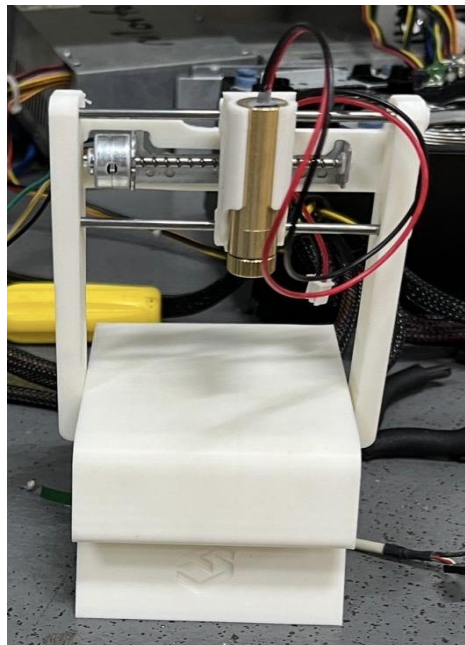


Fonte: Autoria própria.

A Figura 16 apresenta o protótipo montado, destacando os trilhos reutilizados dos leitores de DVD, os motores de passo, a placa Arduino Uno e a Shield CNC. Já a Figura 17 mostra uma visão geral do sistema em operação,

com a interface do software sendo utilizada para controle e envio dos comandos de gravação.

Figura 16 – Protótipo CNC montado com peças recicladas.



Fonte: Autoria própria.

Figura 17 – Sistema CNC em operação com controle via software Benbox.



Fonte: Canal FABRI Creator, 2022.

Após ser configurado inicialmente, o sistema mostrou capacidade de operação automática sem precisar de constante intervenção do operador. Os experimentos confirmaram que o projeto é viável como uma opção econômica

para marcações simples e prototipagem rápida, especialmente em ambientes educacionais ou de pequenas produções. O custo estimado para montagem foi inferior a R\$500, destacando o compromisso com acessibilidade e sustentabilidade ao usar componentes recicláveis e reaproveitáveis.

6. DISCUSSÃO

6.1. Desafios Encontrados

Durante o processo de criação do protótipo CNC de 2 eixos com Arduino, foram enfrentados alguns obstáculos interessantes. O primeiro desafio estava ligado à precisão dos motores de passo. Mesmo utilizando motores retirados de leitores de DVD reciclados, notou-se que eles não ofereciam a precisão necessária, principalmente em tarefas de marcação mais minuciosas. Isso resultou em uma qualidade de gravação aquém do esperado em protótipos mais elaborados. Outra dificuldade que surgiu foi em relação à estrutura do sistema. Ao construí-la usando componentes reaproveitáveis semelhantes aos encontrados em leitores de DVD comuns, observou-se que ela não tinha a rigidez ideal desejada, o que resultava em vibrações durante os movimentos dos eixos e afetava diretamente a precisão das marcações. Além disso, o desempenho do laser também apresentava algumas restrições, especialmente ao lidar com materiais mais espessos ou densos, como madeiras sólidas e plásticos mais resistentes.

6.2. Melhorias Possíveis

Para resolver esses problemas e otimizar o funcionamento do sistema, é possível implementar algumas mudanças benéficas. Em vez de utilizar motores reciclados menos conhecidos e de difícil acesso, recomenda-se a adoção de modelos populares e amplamente disponíveis no mercado, como o motor de passo 28BYJ-48, o que pode resultar em uma melhoria significativa tanto na precisão quanto no controle dos movimentos realizados pelo sistema. Esse tipo de motor é comumente empregado em projetos DIY (faça você mesmo), dado sua facilidade de obtenção e preço acessível. Embora não possua a mesma

potência dos modelos mais robustos em relação ao torque, é mais do que adequado para as tarefas simples de marcação e gravação que se pretende realizar.

Outra medida para aprimorar o protótipo seria a otimização de sua estrutura. Para garantir maior estabilidade e minimizar as vibrações, sugere-se o uso de materiais pesados, como alumínio extrudado ou perfis de aço, bem como a instalação de trilhos lineares para promover um deslocamento mais suave e preciso dos eixos. Para atenuar ainda mais as oscilações, poderia-se adicionar amortecedores de vibração. Além disso, pode-se melhorar o desempenho do laser ao considerar a inclusão de um sistema de refrigeração. Isso não apenas aumentaria a vida útil do laser, mas também possibilitaria o trabalho com materiais mais espessos, como plásticos densos e até mesmo metais mais finos. Para buscar ainda mais precisão no processo, seria interessante implementar um mecanismo de feedback que ajustasse automaticamente a intensidade do laser de acordo com o material utilizado, tornando todo o procedimento muito mais eficiente e preciso.

6.3. Aplicações Futuras

As possibilidades para o futuro desse protótipo são bastante empolgantes. Uma das principais evoluções seria transformar o sistema de 2 eixos em um modelo de 3 eixos, o que abriria portas para criar peças mais complexas e até realizar cortes e gravações em 3D. Isso tornaria o protótipo muito mais versátil, ideal para trabalhos em prototipagem rápida, personalização de produtos ou até mesmo pequenas produções em série. Outro avanço seria a automação do sistema. A introdução de sensores e um *datalogger* para monitoramento contínuo e transmissão dos dados para uma plataforma de telemetria permitiria um controle remoto em tempo real do processo. Isso seria uma grande melhoria, especialmente para ambientes de produção ou para facilitar a manutenção do sistema.

Além disso, vê-se um enorme potencial para a sustentabilidade do projeto. Um conceito diferente seria alimentar o protótipo com energia solar. A sustentabilidade também poderia ser incrementada através do uso de

componentes recicláveis, com ênfase na reconversão de módulos fotovoltaicos ou baterias usadas, gerando assim uma solução ecologicamente correta. Além disso, o modelo poderia ser adaptado para diferentes setores industriais, ajustando sua precisão e estrutura, tornando-se útil não apenas para prototipagem e produções comerciais em menor escala, mas também em áreas como personalização de produtos e até mesmo nas indústrias de embalagens. Com uma expansão para um modelo de 3 eixos e uma variedade maior de materiais disponíveis, o sistema poderia ser incorporado por empresas maiores que buscam soluções econômicas e eficientes para pequenos lotes de produção.

7. CONCLUSÃO

A construção da mini gravadora a laser CNC demonstrou ser um projeto viável, funcional e educativo, unindo conceitos de eletrônica, mecânica, automação e programação em uma aplicação prática e acessível. Utilizando componentes de baixo custo, como o Arduino Uno, a CNC Shield V3 e motores de passo para máquina de gravação DIY, foi possível desenvolver uma solução capaz de realizar gravações precisas em diversos materiais leves, como madeira, papelão e MDF fino.

A integração com softwares como Benbox e a programação via firmware personalizado permitiram um controle eficiente do sistema, mostrando na prática a importância do uso de G-code e da automação de movimentos coordenados em três eixos. Além disso, o projeto ressaltou a relevância da segurança no manuseio de lasers, promovendo consciência sobre práticas responsáveis em ambientes laboratoriais ou de prototipagem.

O sucesso deste projeto reforça o potencial de sistemas CNC em pequenos empreendimentos e escolas técnicas, além de abrir portas para futuras melhorias, como controle via GRBL, incremento da potência do laser ou expansão para corte de materiais. Conclui-se que a mini gravadora a laser CNC não apenas atendeu aos objetivos propostos, como também se mostrou uma excelente ferramenta para aprendizado e inovação tecnológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BR, Laser. “Máquina de Gravar a Laser: Guia Completo Para Iniciantes - Laser BR.” Laser BR, 2018, www.laserbr.com.br/blog/categorias/artigos/maquina-de-gravar-a-laser-guia-completo-para-iniciantes. Accessed 30 Apr. 2025.

CCV INDUSTRIAL. “O Que é CNC?” CCV Industrial, 25 Sept. 2019, ccvindustrial.com.br/o-que-e-cnc/.

Cutmaker. “Máquina de Gravação a Laser: Tudo O Que Você Precisa Saber! – MPI Technology.” Cutmaker, 2018, www.cutmaker.com.br/blog/categorias/artigos/maquina-de-gravacao-a-laser-tudo-o-que-voce-precisa-saber. Accessed 30 Apr. 2025.

Equipe TechCD. “Gravação a Laser: Entenda Como Funciona O Processo - TechCD.” TechCD, 6 Oct. 2022, techcd.com.br/noticias/gravacao-laser-processo/. Accessed 30 Apr. 2025.

Cassaniga, Fernando A. “O Que é Controle Numérico - Usinagem Brasil.” Usinagem Brasil, 12 Oct. 2008, www.usinagem-brasil.com.br/24-o-que-e-controle-numerico/. Accessed 30 Apr. 2025.

Mecatronizando. “Notas de Aula: Comando Numérico Computadorizado - Aula 01.” Notas de Aula, 2017, automotismo.blogspot.com/2017/02/comando-numerico-computadorizado-aula-01.html.