

PROJETO DE MELHORIA EM UMA MÁQUINA DE CORTE E SOLDA DE PLÁSTICO

William S. Ayala¹, Julian C. Giacomini²

¹Discente do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial

²Professor orientador

e-mail: william.2023010610@aluno.iffar.edu.br, julian.giacomini@iffarroupilha.edu.br

Resumo - O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de maquete de um rolo limpador e bandeja coletora de resíduos para a máquina de corte e solda de plásticos G4 1100, originado de uma ideia da empresa Plaswill. O objetivo principal é eliminar a limpeza manual diária do rolo puxador inferior, que acumula resíduos de filme plástico, apresenta difícil acesso, consome tempo significativo e expõe os operadores a riscos ergonômicos e de segurança. A metodologia adotada compreendeu a medição do espaço disponível, elaboração de desenho 2D, análise de materiais, levantamento de orçamento, aquisição de componentes (motor de passo Nema 17, driver TB6600 e atuador pneumático), montagem e testes. O sistema proposto permite que o rolo limpador encoste no rolo puxador durante a rotação, utilizando velcro úmido com desengraxante, coletando os resíduos na bandeja e retornando automaticamente à posição inicial. Alinhado às exigências da NR-12, o protótipo demonstra uma solução viável que busca melhorar a eficiência produtiva, reduzir intervenções manuais e promover maior segurança na operação da máquina real.

Palavras-Chave – Automação Industrial, Limpeza Automatizada, Máquina G4 1100, NR-12, Solda de Plásticos.

IMPROVEMENT PROJECT FOR A PLASTIC CUTTING AND WELDING MACHINE

Abstract – This paper presents the development of a prototype model featuring a cleaning roller and waste collection tray for the G4 1100 plastic cutting and welding machine, based on a concept from the company Plaswill. The primary objective is to eliminate the need for daily manual cleaning of the lower pull roller, which accumulates plastic film residue, is difficult to access, consumes significant time, and exposes operators to ergonomic and safety risks. The methodology adopted involved measuring available space, creating 2D drawings, analyzing materials, estimating costs, procuring components (Nema 17 stepper motor, TB6600 driver, and pneumatic actuator), and performing assembly and testing. The proposed system allows the cleaning roller to contact the pull roller during rotation—using a damp Velcro strip treated with degreaser—collecting residue in the tray and

automatically returning to the initial position. Aligned with NR-12 safety standards, the prototype demonstrates a viable solution aimed at improving production efficiency, reducing manual interventions, and enhancing safety during the operation of the actual machine.

Keywords – Industrial Automation, Automated Cleaning, G4 1100 Machine, NR-12, Plastic Welding.

I. INTRODUÇÃO

A indústria de plásticos é muito importante para a produção de embalagens, como sacos para lixo, impulsionada por máquinas automatizadas como a G4 1100 (Figura 1), que garantem alta produtividade e precisão. Porém, o acúmulo de resíduos nos rolos puxadores dessas máquinas exige limpezas manuais frequentes, consumindo tempo e expondo operadores a riscos ergonômicos e de segurança.

No Brasil, a norma NR-12 destaca a importância de soluções que garantam segurança e eficiência. Este trabalho propõe o projeto de um sistema pneumático com rolo limpador e bandeja coletora de resíduos para a G4 1100, instalada na Plaswill, vindo assim de encontro com as demandas de segurança e ergonomia na indústria de manufatura de plásticos.

A remoção de resíduos provenientes do filme plástico que se depositam no rolo inferior puxador da máquina G4 1100 representa um desafio operacional diário, afetando a eficiência e a qualidade da produção.

Trata-se de uma máquina de corte e solda da linha G4, conforme mostra a Figura 1, com largura útil de solda de 1100 mm, destinada à fabricação de embalagens com solda de fundo, como sacos para lixo, para o armazenamento de peças de máquinas, sacos para fardos de produtos diversos, dentre outros. O filme plástico é conduzido continuamente sobre uma esteira transportadora, passando por etapas de corte e selagem. A solda de fundo ocorre de forma constante à medida que o material avança, resultando em embalagens fechadas na base (Figura 2).

A máquina é altamente automatizada, controlada por CLP (Controlador Lógico Programável) e servomotores, garantindo precisão no corte, posicionamento do material e ajustes rápidos conforme necessário. Projetada para demandas industriais elevadas, a G4 1100 opera de forma contínua como uma esteira transportadora, maximizando a produtividade.

No entanto, como principal problema, observa-se a dificuldade em acessar o rolo puxador do filme plástico para realizar a limpeza do mesmo. Propôs-se, neste sentido, desenvolver e implementar um protótipo em escala de um

sistema pneumático equipado com rolo limpador e bandeja coletora para efetuar a limpeza do rolo puxador na máquina de corte e solda de plástico, minimizando intervenções manuais. Como justificativa, destaca-se a dificuldade de acesso do operador ao rolo, que requer limpeza diária, o alto tempo consumido no processo de limpeza manual e a redução dos riscos ergonômicos e de segurança para o operador durante a limpeza. O tema escolhido é relevante porque a empresa se preocupa com a segurança do operador, assim como com a qualidade do produto e eficiência do processo, alinhando-se à norma reguladora NR 12 (Segurança em Máquinas).



Fig. 1. Máquina G4 1100. Fonte: próprio autor (2025).



Fig. 2. Máquina G4 1100 em funcionamento. Fonte: próprio autor (2025).

II. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho segue a seguinte sequência. 1) Medir o espaço disponível na máquina para a instalação do rolo limpador. 2) Elaborar o desenho 2D do projeto. 3) Analisar possíveis materiais que poderão ser usados no projeto. 4) Realizar o levantamento do orçamento. 5) Efetuar

a compra dos materiais do fornecedor que oferecer a melhor relação custo-benefício. 6) Executar a montagem seguindo o projeto. 7) Testar o projeto. Adicionalmente, será incluído um botão de ativação para que o rolo limpador encoste no rolo puxador enquanto este estiver girando. Após a limpeza, o rolo retornará à posição inicial no compartimento base.

III. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A. Histórico do plástico

Pode-se imaginar a vida sem plástico? Ele está em tudo: nas garrafas d'água que são carregadas, nas embalagens do supermercado, nos celulares, nos carros e até nos equipamentos que salvam vidas nos hospitais. O plástico é uma invenção recente. Surgiu-se para resolver um problema simples, mas tornou-se peça-chave da vida moderna e um dos maiores desafios do nosso planeta.

No século XIX a vida era bem diferente, pois tudo dependia de materiais como madeira, vidro, metal ou até marfim e chifre de animais. Porém, esses recursos eram caros, difíceis de conseguir e não davam conta das necessidades que surgiam com a Revolução Industrial. A humanidade precisava de algo mais prático e acessível. Buscou-se, então, um material revolucionário – algo barato, fácil de moldar e que não dependesse tanto da natureza [1].

O primeiro grande passo veio em 1856, com Alexander Parkes, um britânico que inventou o Parkesine, o avô dos plásticos [2]. Feito a partir da celulose, ele era tipo mágica: aquecia-se, moldava-se como quisesse, e, ao esfriar, ele segurava o formato. A ideia era substituir o marfim, que estava cada vez mais caro, em coisas como bolas de bilhar, teclas de piano e pentes. Mas, apesar do potencial, o Parkesine não vingou. Era frágil, pegava fogo fácil e não convenceu.

Alguns anos depois, em 1869, os irmãos John e Isaiah Hyatt criaram o celulóide, uma versão melhorada [3]. Ele mudou a história da fotografia e do cinema, porque permitiu-se criar os primeiros filmes fotográficos. Fora isso, tornou-se febre em coisas do dia a dia: pentes, botões, colarinhos de camisa e até brinquedos. Pela primeira vez, teve-se um material versátil, barato e que todo mundo podia usar.

Mas o verdadeiro divisor de águas veio em 1907, com o químico belga Leo Baekeland. Ele inventou a baquelite, o primeiro plástico 100% sintético, que não precisava de nenhum material natural [4]. Era resistente ao calor, isolava eletricidade e podia ser moldado com facilidade. Foi utilizado na produção de telefones antigos, rádios, interruptores e até utensílios de cozinha. O baquelite abriu as portas para os plásticos modernos conhecidos até hoje [4].

A partir dos anos 1930, novos plásticos começaram a surgir, cada um com um superpoder diferente. O polietileno (PE), de 1933, é aquele das sacolinhas e garrafas. O poliestireno (PS), de 1937, tornou-se copo descartável e isopor. O Policloreto de Vinila (PVC), super versátil, foi aplicado em canos, capas de chuva e até revestimentos. E o polipropileno (PP), de 1954, está em tudo, de cadeiras a peças de carro. Cada novidade aumentava o impacto do plástico na indústria e na nossa rotina [4].

Na Segunda Guerra Mundial (1939-1945), o plástico foi utilizado como substituto do metal, vidro e borracha, estando presente em armas e tanques. Ele foi incorporado de avião, paraquedas e até equipamentos médicos. Depois da guerra, houve uma explosão: o que antes era caro e exclusivo tornou-se produto de massa. De repente, todo mundo podia ter coisas que antes eram só para os ricos [4].

Ao mesmo tempo que o plástico parecia perfeito, trouxe um problema grave: ele demora séculos para se decompor. Hoje, toneladas de lixo plástico poluem rios, mares e ameaçam a vida de animais. O que era uma solução genial tornou-se um desafio gigante, e a humanidade começou a repensar o uso desse material [4].

Agora a ciência está correndo atrás de soluções. Há a reciclagem mecânica, que transforma plástico velho em coisas novas, e a reciclagem química, que quebra o material em pedacinhos para criar outros polímeros [5]. Também estão surgindo bioplásticos e plásticos biodegradáveis – como o polietileno verde, feito de cana-de-açúcar, que é um passo promissor para um futuro mais limpo.

A história do plástico nasceu para resolver um problema, transformou o mundo e tornou a vida mais prática. Mas também nos ensinou uma lição: toda inovação tem um preço. O desafio agora é usar o plástico de forma inteligente, equilibrando praticidade com cuidado com o meio ambiente.

B. Processo produtivo do plástico

O processo é bem interessante, cheio de química, tecnologia e criatividade. Será explicado por partes, incluindo os principais tipos de plástico e um foco na máquina de corte e solda, como a G4 1100, que é usada em produções industriais para transformar o material em produtos prontos, tipo sacos e embalagens.

Como mostrado na Figura 3, tudo começa com a matéria-prima, que na maioria das vezes vem do petróleo (1) ou do gás natural. No refino do petróleo, uma das coisas que se extrai é a nafta (2), uma espécie de "caldo" que vai para um processo chamado craqueamento (3). É semelhante ao cozimento de uma sopa molecular: as moléculas grandes são quebradas em pedaços menores, como o eteno e o propeno. Esses pedacinhos, chamados monômeros, são os blocos de montar de quase todos os plásticos que são usados (4). Os monômeros juntam-se como se fossem elos de uma corrente, formando cadeias longas chamadas polímeros (5). Os polímeros tornam-se uns grânulos pequenos, chamados pellets, que são como as "sementes" do plástico, surgindo assim os diferentes tipos de plásticos:

- Polietileno (PE): Um dos mais comuns, leve e flexível. Temos o PE de alta densidade (HDPE), que é mais rígido e usado em garrafas de leite, tubos e potes; e o de baixa densidade (LDPE), menos rígido, perfeito para sacolas plásticas, filmes e embalagens flexíveis.
- Polipropileno (PP): Resistente ao calor e bem durável. Usado para fabricar potes de comida, tampas, peças de carro, móveis e até máscaras cirúrgicas. É daqueles que aguentam micro-ondas sem derreter.

- Policloreto de Vinila (PVC): Super versátil, pode ser rígido (para canos e janelas) ou flexível (para capas de chuva e mangueiras).
- Poliestireno (PS): Conhecido como isopor quando expandido, usado em copos descartáveis, bandejas de comida e isolamento térmico. É leve, mas quebra fácil.
- Nylon e Poliéster: Vêm da polimerização por condensação. O nylon é forte para cordas, roupas e engrenagens; o poliéster vai em tecidos, garrafas PET e filmes.
- Outros como ABS (para peças de Lego e eletrônicos) e PET (garrafas de refrigerante): cada um com suas características, tipo resistência a impactos ou transparência.

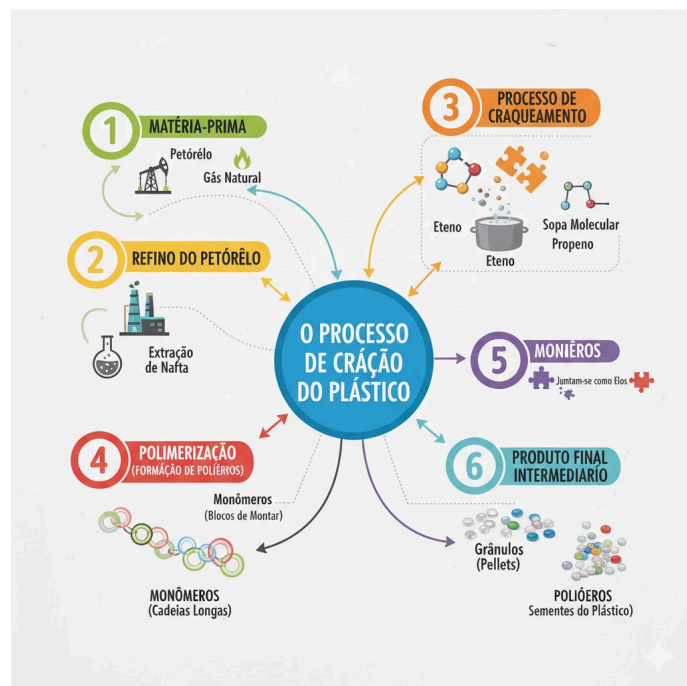


Fig. 3. Processo de criação do plástico. Fonte: Elaborada pelos autores com auxílio da ferramenta Grok (Grok, geração de imagem a partir de prompt elaborado pelos autores), 2026.

Esses tipos são escolhidos dependendo do que o produto precisa: flexibilidade, resistência ao calor, transparência ou custo baixo.

Os pellets passam pelo processo de conformação, que pode ser:

- Injeção: O plástico derretido é injetado em moldes com pressão, tipo uma seringa gigante. É assim que fazem brinquedos, tampinhas e até peças de carros.
- Vacuum forming: Uma chapa de plástico é aquecida e moldada com sucção. É comum em embalagens e até em algumas peças de carros.
- Sopros: Utilizado para fabricação de garrafas de refrigerante, o plástico é aquecido, colocado num molde e inflado com ar, como um balão.
- Extrusão: O plástico quente passa por um molde contínuo, como se fosse massa de macarrão que posteriormente é submetida a um processo que gera tubos, cabos e filmes plásticos.

IV. MÁQUINA G4 1100

Alguns filmes plásticos são submetidos ao corte e solda, gerando sacos. A máquina usada para realizar os cortes é a máquina G4 1100, da linha de corte e solda de fundo. Ela é projetada para produções em larga escala, com uma largura útil de solda de 1100 mm. O foco dela é fabricar embalagens como sacos de lixo e sacos para frigoríficos. O filme plástico (geralmente de PE ou PP) é puxado continuamente por uma esteira transportadora, passando por etapas de corte e selagem. A solda de fundo acontece enquanto o material avança, criando embalagens fechadas na base. É toda automatizada, controlada por CLP (Controlador Lógico Programável) e servomotores, o que garante precisão no corte, posicionamento e ajustes rápidos. Projetada para demandas industriais altas, ela opera como uma linha de montagem contínua, maximizando a produtividade.

A limpeza do rolo (mostrada na Figura 4) é realizada com alguém entrando dentro da máquina e passando um pano com desengraxante, porém, o funcionário(a) pode passar por dificuldade para conseguir chegar ao rolo de resíduos (como mostrado nas Figuras 5 e 6). Mas existe um problema comum: resíduos do filme plástico se acumulam no rolo inferior puxador, exigindo limpeza diária, o que é de difícil acesso e arriscado para os operadores.

Para resolver esse problema, foi desenvolvido um projeto de limpador pneumático de rolo. A ideia é instalar um sistema com rolo limpador e bandeja coletora, ativado por um botão – o rolo limpador deve encostar no puxador enquanto este gira, limpando-o e em seguida, voltando para o lugar, eliminando a limpeza manual, melhorando a segurança (alinhado com a NR-12 [6]) e evitando riscos ergonômicos. O desenvolvimento envolve medir o espaço na máquina, desenhar o projeto, escolher materiais, orçar, comprar do melhor fornecedor, montar e testar.



Fig. 4. Rolo de resíduos. Fonte: próprio autor (2025).



Fig. 5. Limpeza do Rolo de resíduos. Fonte: próprio autor (2025).



Fig. 6. Funcionário dentro da máquina. Fonte: próprio autor (2025).

V. PROJETO 2D DA BANDEJA E ROLO

O velcro seco e úmido será colado na peça; o cilindro de borracha representa o rolo de resíduos; será usado o motor de passo NEMA 17 de 4,2 kgf; o atuador estará ligado na peça giratória, ela ajudará a executar o processo de limpeza e secagem. Porém, a peça giratória terá um movimento de 90 graus a esquerda e 90 graus a direita, fazendo apenas o atuador encostar em um dos lados, fazendo o velcro do lado direito a lavagem e do lado esquerdo a secagem; existe um compartimento para colocar o produto desengraxante, que fará contato com o velcro ficar úmido; e a travessa da máquina é onde o aparelho estará alojado.

VI. MATERIAIS E ORÇAMENTO

Na Tabela I tem-se os materiais que serão usados para o projeto, o motor [7] que ficará no centro da peça giratória (mostrado na Figura 7), uma placa arduino Uno [8] para dar funcionalidade ao projeto, driver [9] de motor de passo para

controlar a sequência de excitação das bobinas do motor, garantindo que ele gire corretamente e uma case acrílico proteção para o arduino Uno.

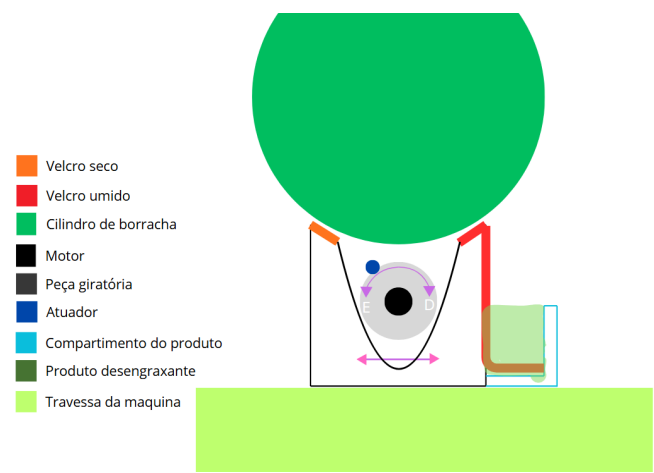


Fig. 7. Projeto 2D para a limpeza do rolo (feito pelo canvas).

TABELA I Materiais e orçamento do projeto	
MATERIAL	ORÇAMENTO (R\$)
Motor de passo nema 17 de 4,2 kgf	R\$ 65,75
Placa Compatível Uno Atmega328 Ch340 + Cabo	R\$ 34,27
Driver Motor De Passo Tb6600 4a 9-40v Nema 17/34/42 Cnc	R\$ 63,58
Case Acrílico Proteção Para Arduino Uno + Fonte Externa	R\$ 31,04
Serviço de montagem do torneiro	R\$ 480,00
Custo total	R\$ 674,64

VII. DESCRIÇÃO DO PROTÓTIPO EM ESCALA

Para validar a proposta, foi construído um protótipo em escala montado sobre uma base de madeira de 29 cm de largura, 15 cm de altura e 50,5 cm de comprimento (Figura 8). A estrutura conta com peças metálicas usinadas, rolo de borracha, mancais de 15 mm, motor de passo, driver TB6600, Arduino Uno e fonte de alimentação.

O projeto mecânico, conforme o esquema da Figura 8, foi desenvolvido para limpeza ou processamento de filme plástico. O filme sai de um tubo existente, passa pelo rolo de limpeza e é pressionado por um apoio regulável. O

movimento é realizado por um motor de passo acoplado ao eixo.

A ativação é totalmente automática. O Arduino Uno envia sinais de pulso (STEP) e direção (DIR) ao driver TB6600, que controla o motor de forma precisa. No código desenvolvido, o motor realiza uma volta completa em um sentido, para por 5 segundos, gira parcialmente no sentido oposto e repete o ciclo automaticamente, sem intervenção manual, conforme ilustrado na Figura 9.

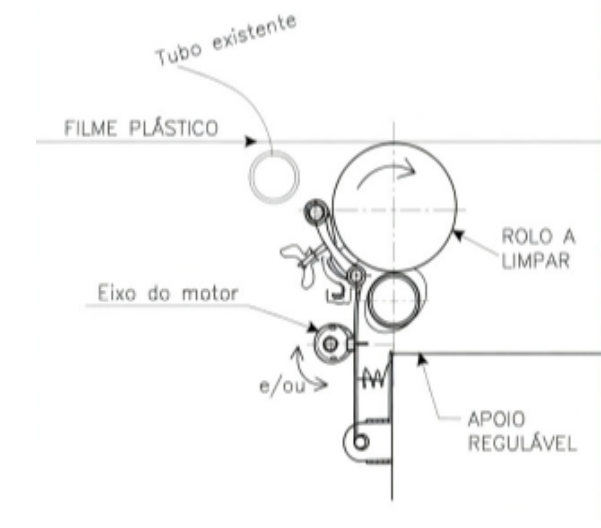


Fig. 8. Projeto desenhado da maquete.

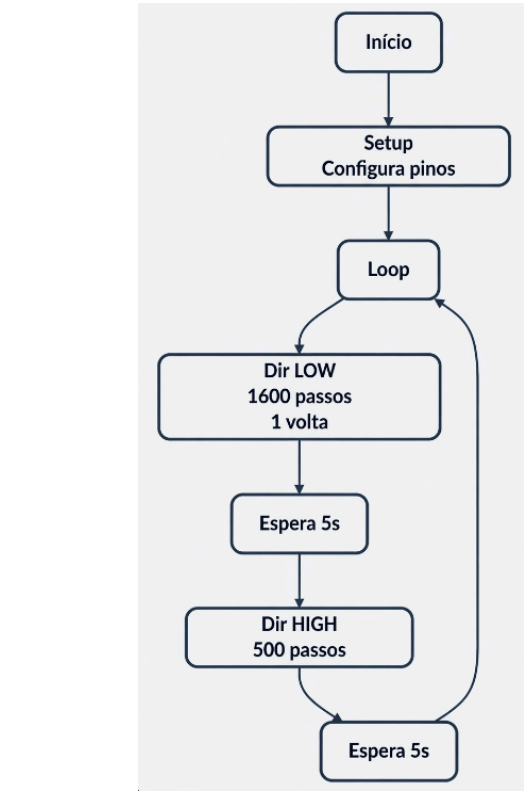


Fig.9. Fluxograma da ideia principal do código do Arduino. Fonte: Elaborada pelos autores com auxílio da ferramenta Grok (Grok, geração de imagem a partir de prompt elaborado pelos autores), 2026.

VIII. RESULTADOS

Na Figura 10 é possível observar o rolo de borracha preto que simula o rolo puxador inferior da máquina G4 1100. Na extremidade esquerda há uma manivela preta que permite girar o rolo manualmente durante os testes. E toda a montagem está fixada sobre uma base de madeira com tampo branco.



Fig. 10. Maquete finalizada em frente. Fonte: próprio autor (2026).

A Figura 11 mostra a estrutura metálica preta que envolve o rolo principal. É possível ver o motor de passo Nema 17 instalado na parte direita (dentro da caixa preta), responsável pela rotação controlada do rolo limpador com velcro. Esta visão destaca a robustez da estrutura e o posicionamento dos componentes mecânicos.



Fig. 11. Maquete finalizada de trás. Fonte: próprio autor (2026).

Na Figura 12 estão expostos os componentes eletrônicos do sistema: o número 1 é a fonte de alimentação estabilizada, número 2 o driver TB6600 (responsável pelo controle do motor de passo) e o 3 a placa Arduino Uno. Os fios coloridos conectam todos os elementos, demonstrando a parte de automação e controle do protótipo.

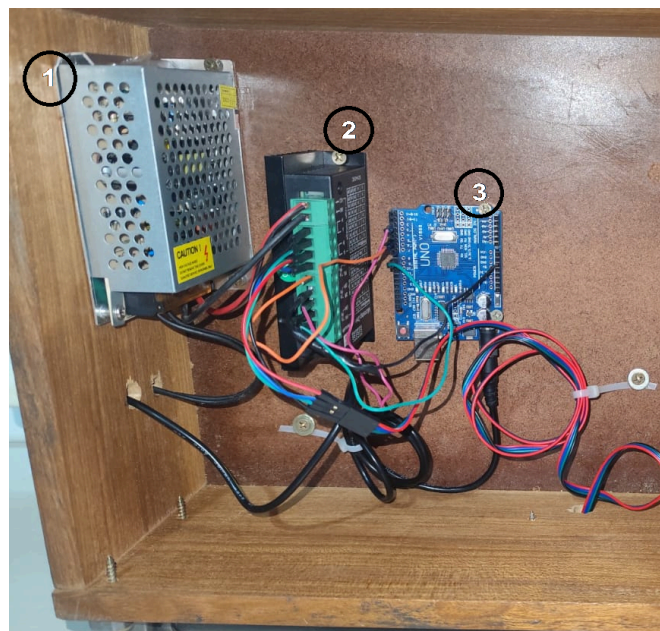


Fig. 12. Maquete finalizada na parte inferior. Fonte: próprio autor (2026).

Os resultados obtidos com o projeto foram satisfatórios. O código desenvolvido para o protótipo funcionou com êxito, executando o ciclo de limpeza de forma totalmente automática. Enquanto a versão em escala (maquete) opera de maneira automática, o sistema proposto para a máquina G4 1100 foi projetado para ser ativado por botão, permitindo que o operador acione o rolo limpador quando necessário, mantendo o controle sobre o momento da limpeza. No link a seguir é possível visualizar o protótipo em operação: <https://youtu.be/m2X0rMrMIJ0>.

Uma das principais dificuldades encontradas durante a execução do projeto foi a montagem dos componentes. Foi necessário extremo cuidado para evitar danos à placa Arduino, além de dedicar tempo significativo à busca e seleção de peças e materiais adequados, especialmente o tecido para o velcro. Outro desafio relevante foi a programação e o ajuste fino do código para o Arduino.

IX. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho propôs um sistema pneumático com rolo limpador e bandeja coletora para eliminar a limpeza manual do rolo puxador da máquina G4 1100. O protótipo construído comprovou a viabilidade da ideia, funcionando de forma automática na maquete e poderá ser acionado por botão na máquina.

Apesar das dificuldades encontradas na montagem mecânica e na programação, os resultados foram positivos e alinhados aos objetivos iniciais. A solução melhora a segurança do operador, atende aos requisitos da NR-12 e promete reduzir paradas desnecessárias da máquina.

Como limitações, destaca-se o fato de ser um protótipo em escala. Futuramente pretende-se implementar o sistema na máquina, integrá-lo ao CLP e realizar testes de longa duração. Melhorias como sensores de detecção automática também podem ser explorados.

O projeto reforça a importância da automação industrial como ferramenta para tornar o ambiente de trabalho mais seguro e produtivo.

REFERÊNCIAS

- [1] J. W. Hyatt, “Improvement in the Composition for Billiard Balls”, U.S. Patent 105,338, Julho 13, 1870.
- [2] A. Parkes, “Improvements in the Manufacture of Articles from a New Composition of Matter”, British Patent 11,147, 1856.
- [3] L. H. Baekeland, “Method of Making Insoluble Products of Phenol and Formaldehyde”, U.S. Patent 942,699, Dezembro 7, 1909.
- [4] British Plastics Federation, “A History of Plastics”, BPF Plastics Timeline, 2023. [Online]. Disponível: https://www.bpf.co.uk/plastipedia/plastics_history/Default.aspx.
- [5] M. Osswald, T. A. Osswald, “International Plastics Handbook: The Resource for Plastics Engineers”, Hanser Publishers, 5ª Edição, Munique, 2019.
- [6] Ministério do Trabalho e Previdência, “Norma Regulamentadora NR-12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos (Atualizada 2022), Governo Federal do Brasil, 2022. [Online]. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2022-1.pdf>
- [7] NEMA 17 STEPPER MOTOR. Datasheet – Motor de Passo Bipolar NEMA 17 (4,2 kgf-cm). AllDataSheet, [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Nema17%20datasheet>.
- [8] McRoberts, Michael. *Arduino Básico*. Disponível aqui: <https://techsuleletronicos.com.br/wp-content/uploads/2018/12/Ardu%C3%ADno-B%C3%AIsico-Michael-McRoberts.pdf>
- [9] HANDSON TECHNOLOGY. TB6600 4.0A Stepper Motor Driver: User Guide. Disponível em: <https://www.handsontec.com/dataspecs/module/TB6600-Motor-Driver.pdf>