

## **Máquina de fazer sabão de baixo custo: análise comparativa com equipamentos industriais quanto a valor, tecnologia, produção e acessibilidade**

Low-cost soap making machine: comparative analysis with industrial equipment regarding cost, technology, production and accessibility

Hugo Sousa Silva<sup>1</sup>

Leandro Madureira de Brito<sup>2</sup>

Paulo Roberto Weingärtner Junior<sup>3</sup>

### **RESUMO**

Este artigo analisa uma proposta de máquina de fazer sabão de baixo custo, concebida para pequenas escalas produtivas, com ênfase em comparação técnica e econômica frente a equipamentos industriais utilizados em processos de mistura, dosagem e moldagem. O objetivo foi avaliar se uma solução compacta, composta por reservatórios, tanque de mistura, sistema de agitação, painel de comando com CLP Mitsubishi e gaveta de moldagem, pode representar alternativa acessível para produção de sabão em pequena escala, especialmente em ambientes educacionais, oficinas, pequenos empreendimentos e ações de reaproveitamento de óleo residual. A metodologia adotada foi pesquisa de campo, com observação de requisitos de operação, levantamento comparativo de componentes, estimativa de custos e análise de máquinas

---

<sup>1</sup>Faculdade de Tecnologia de Osasco Prof. Hirant Sanazar – Osasco - São Paulo – Brasil. E-mail: hugooo.sousilva@gmail.com

<sup>2</sup>Faculdade de Tecnologia de Osasco Prof. Hirant Sanazar – Cajamar - São Paulo – Brasil. E-mail: leandrombrito@hotmail.com

<sup>3</sup>Faculdade de Tecnologia de Osasco Prof. Hirant Sanazar – São Paulo - São Paulo – Brasil. E-mail: pauloweing@gmail.com – ORCID 0000-0002-5048-4942

industriais disponíveis em faixas superiores de capacidade e automação. Os resultados indicam que a máquina proposta apresenta menor custo de implantação e maior facilidade de manutenção, embora possua menor capacidade produtiva e menor grau de automação que linhas industriais. Conclui-se que o projeto não substitui equipamentos de grande escala, mas pode cumprir função relevante como solução acessível, didática e economicamente viável para produção local de sabão.

**Palavras-chave:** máquina de sabão; baixo custo; automação industrial; CLP Mitsubishi; manutenção industrial.

## **ABSTRACT**

This article analyzes a low-cost soap making machine proposal designed for small-scale production, emphasizing technical and economic comparison with industrial equipment used in mixing, dosing and molding processes. The objective was to evaluate whether a compact solution composed of reservoirs, mixing tank, agitation system, Mitsubishi PLC control panel and molding drawer can represent an accessible alternative for small-scale soap production, especially in educational environments, workshops, small businesses and residual cooking oil reuse actions. The methodology was based on field research, including observation of operating requirements, comparative component survey, cost estimation and analysis of industrial machines available in higher capacity and automation ranges. The results indicate that the proposed machine has lower implementation cost and easier maintenance, although it has lower production capacity and a lower automation level than industrial lines. It is concluded that the project does not replace large-scale industrial equipment, but can play an important role as an accessible, didactic and economically viable solution for local soap production.

**Keywords:** soap machine; low cost; industrial automation; Mitsubishi PLC; industrial maintenance.

## **1 INTRODUÇÃO**

A fabricação de sabão é uma atividade tradicionalmente associada ao aproveitamento de óleos e gorduras, mas também pode ser compreendida como um campo de aplicação tecnológica para processos de dosagem, mistura, controle, segurança operacional e manutenção industrial. Em escala industrial, a produção de sabões envolve equipamentos robustos, maior controle de

processo, maior produtividade e investimentos elevados. Em escala pequena ou didática, entretanto, existe espaço para soluções de baixo custo, desde que sejam respeitados critérios mínimos de segurança, confiabilidade e funcionalidade. Nesse contexto, a proposta de uma máquina de fazer sabão de baixo custo ganha relevância por unir aspectos econômicos, tecnológicos e produtivos em um equipamento acessível.

O reaproveitamento de óleo de cozinha usado continua sendo um tema recorrente em estudos ambientais e tecnológicos. Pesquisas recentes apontam que o óleo residual pode ser convertido em produtos de maior valor agregado, entre eles sabões, detergentes, biocombustíveis e outros materiais químicos (Foo et al., 2022; Kumar et al., 2025). No caso específico do sabão, a literatura recente demonstra que a saponificação de óleos usados é viável, embora dependa de cuidados quanto à qualidade do óleo, proporção de reagentes, controle de impurezas, segurança no manuseio de álcalis e padronização do produto final (Ahadito; Afriani, 2024; Soni et al., 2024).

A proposta analisada neste artigo parte da necessidade de desenvolver uma máquina compacta e economicamente acessível para fabricação de sabão, considerando o uso de componentes industriais de fácil obtenção, estrutura metálica simples, reservatórios independentes, tanque de mistura, motorredutor, tubulações, válvulas e painel de comando. O diferencial técnico adotado na proposta é a utilização de um CLP Mitsubishi compacto, capaz de controlar etapas de acionamento, dosagem temporizada, mistura e descarga, aproximando o equipamento de uma lógica industrial real, mas sem atingir a complexidade e o custo de uma linha industrial completa.

O problema de pesquisa que orienta este artigo é: de que forma uma máquina de fazer sabão de baixo custo pode ser comparada a equipamentos industriais em relação a valor, tecnologia, produção e acessibilidade? A questão é pertinente porque muitos equipamentos industriais apresentam alto desempenho, mas são financeiramente distantes de pequenos produtores, laboratórios didáticos, projetos de extensão e empreendimentos locais. Por outro lado, soluções artesanais muito simples reduzem custos, mas podem apresentar limitações de controle, segurança e repetibilidade.

O objetivo geral do artigo é analisar uma proposta de máquina de fazer sabão de baixo custo, comparando-a com equipamentos industriais quanto ao valor de implantação, tecnologia empregada, capacidade produtiva e acessibilidade. Como objetivos específicos, busca-se:

descrever a configuração técnica da máquina proposta; relacionar os principais componentes mecânicos, elétricos e de automação; comparar a solução de baixo custo com máquinas industriais; discutir limitações produtivas; e avaliar sua adequação ao contexto do curso de Tecnólogo em Manutenção Industrial.

A relevância do estudo está ligada à possibilidade de transformar um problema ambiental e econômico em oportunidade de desenvolvimento tecnológico. Mesmo que a máquina proposta não tenha a pretensão de substituir linhas industriais, ela pode funcionar como alternativa para pequenas produções, capacitação técnica, experimentação de automação e reaproveitamento de materiais. Além disso, o projeto favorece a integração entre manutenção industrial, automação, projeto mecânico, segurança de máquinas e economia de processo.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Reaproveitamento de óleo residual e produção de sabão**

O óleo de cozinha usado é um resíduo com elevado potencial de reaproveitamento. Quando descartado de forma inadequada, pode causar obstruções em redes de esgoto, dificultar processos de tratamento e contribuir para contaminação ambiental. Por outro lado, quando coletado e tratado, pode ser convertido em produtos úteis. Foo et al. (2022) destacam que o óleo residual tem sido estudado como matéria-prima para produtos de valor agregado, principalmente em contextos de economia circular e redução de resíduos. Rahman et al. (2025), embora voltados ao biodiesel, reforçam que a cadeia do óleo usado exige organização de coleta, controle de qualidade e avaliação de sustentabilidade.

Na produção de sabão, a transformação do óleo ocorre por meio da reação de saponificação, em que triglicerídeos reagem com uma base forte, gerando sais de ácidos graxos e glicerol. Ahadito e Afriani (2024) revisam estudos sobre produção de sabão a partir de óleo residual e demonstram que a escolha da formulação influencia características como dureza, espuma, pH, aparência e estabilidade. Soni et al. (2024) também analisam propriedades físico-químicas de sabões produzidos a partir de óleo de cozinha usado e indicam que o número de ciclos de fritura e a condição do óleo interferem diretamente na qualidade final.

Estudos recentes demonstram que a fabricação de sabão a partir de resíduos pode integrar objetivos ambientais e econômicos. Azme et al. (2023) mostram que projetos de transferência de conhecimento sobre reciclagem de óleo em sabão podem ser aplicados em comunidades, gerando

educação ambiental e aprendizagem prática. Zahari, Sabran e Ruslan (2024) investigaram sabões caseiros com óleo usado e resíduos de abacaxi, indicando que a formulação pode ser ajustada para melhorar características do produto. Octarya et al. (2025) analisaram sabões sólidos produzidos com óleo reciclado, ecoenzima e extrato de capim-limão, reforçando a tendência de agregar valor a resíduos orgânicos.

Mwamba et al. (2025) ampliam a discussão ao realizar avaliação técnico-econômica e ambiental da produção sustentável de sabão a partir de óleo residual e resíduos cítricos. O estudo evidencia que a viabilidade de produtos derivados de resíduos depende não apenas da reação química, mas também do custo de insumos, da logística, da escala de produção e do desempenho do produto. Glevitzky et al. (2025) seguem linha semelhante ao discutir a reciclagem de óleos usados por saponificação, apontando a possibilidade de incorporar componentes adicionais e avaliar características funcionais do sabão. Esses estudos dão sustentação ao desenvolvimento de máquinas de pequena escala, pois demonstram que o processo tem base técnica e demanda padronização.

## **2.2 Economia circular, baixo custo e acessibilidade produtiva**

A economia circular propõe reduzir perdas materiais e reinserir resíduos em novos ciclos produtivos. No caso do óleo de cozinha usado, essa abordagem permite transformar um resíduo problemático em matéria-prima para produtos de limpeza. Gong et al. (2024) discutem a reciclagem de óleo residual e apontam que o avanço dessa cadeia depende de rastreabilidade, organização dos agentes envolvidos e valorização econômica do resíduo. Hartini et al. (2023), ao analisarem o desenho de economia circular para óleo de cozinha municipal, mostram que a gestão do resíduo pode envolver coleta, tratamento, transformação e reinserção em mercados locais.

A acessibilidade produtiva é um ponto central para a máquina proposta. Equipamentos industriais de fabricação de sabão normalmente são projetados para maior escala e podem incluir tanques de aquecimento, misturadores de alto rendimento, sistemas de dosagem automatizada, extrusoras, cortadores, prensas, esteiras e painéis avançados. Esses recursos aumentam produtividade e padronização, mas elevam o investimento inicial e a necessidade de manutenção especializada. Assim, para pequenos empreendedores, projetos escolares ou produção comunitária, uma solução compacta pode ser mais viável do que uma linha industrial completa.

A proposta de baixo custo não deve ser entendida como improvisação. O baixo custo, em contexto técnico, deve resultar de simplificação consciente do escopo, seleção adequada de componentes e redução de funções que não são necessárias para a escala pretendida. Arowolo, Adekunle e Martins (2024), ao desenvolverem uma máquina automatizada de dosagem de líquidos, evidenciam que sistemas compactos podem melhorar repetibilidade e reduzir erro em processos de medição, desde que a solução de controle seja coerente com a aplicação. Essa lógica se aplica à máquina de sabão, principalmente na dosagem de água, óleo e solução alcalina.

O desenvolvimento de equipamentos acessíveis também dialoga com a possibilidade de fabricação local, manutenção simplificada e substituição de peças comerciais. Sharma e Khar (2024) demonstram, em outro contexto, que protótipos semiautomáticos voltados a pequenas propriedades podem ser concebidos para atender limitações econômicas e operacionais específicas. Rao et al. (2024) também apresentam o desenvolvimento de máquina semiautomática em aplicação produtiva específica, reforçando que a automação parcial pode ser uma alternativa intermediária entre o processo manual e a linha industrial.

### **2.3 Automação, CLP Mitsubishi e manutenção industrial**

A automação industrial é importante para reduzir repetitividade, aumentar previsibilidade e melhorar a segurança em processos produtivos. Em uma máquina de fazer sabão, a automação pode controlar o acionamento de válvulas, motor de mistura, temporização, sinalização, parada de emergência e intertravamentos. O uso de CLP é coerente com o curso de Tecnólogo em Manutenção Industrial porque aproxima o projeto de práticas reais de diagnóstico, manutenção elétrica, leitura de entradas e saídas, lógica Ladder e substituição de componentes.

A família Mitsubishi MELSEC iQ-F é descrita pelo fabricante como uma linha de controladores programáveis compactos, aplicável desde usos independentes até sistemas com comunicação e expansão, com recursos voltados a controle, integração e programação orientada ao usuário (Mitsubishi Electric, 2025a). Para a proposta deste artigo, o CLP Mitsubishi é considerado como elemento de comando capaz de organizar a sequência operacional da máquina, substituindo soluções mais simples de comando manual ou temporizadores isolados. O manual de hardware do módulo FX5U apresenta informações de instalação, cabos, dimensões e especificações, reforçando a necessidade de seguir recomendações técnicas de montagem (Mitsubishi Electric, 2025b).

A escolha de um CLP industrial, mesmo em uma máquina de baixo custo, tem duas justificativas. A primeira é didática e técnica: permite que o equipamento represente uma aplicação real de automação, com entradas para botões, sensores e chaves de segurança, além de saídas para válvulas, motor e sinalizadores. A segunda é de manutenção: um CLP industrial facilita diagnóstico, padroniza a lógica de funcionamento e permite ajustes de tempo de processo sem alterações mecânicas significativas. Kondaveeti et al. (2021), ao revisarem prototipagem com Arduino, mostram que plataformas de baixo custo têm grande valor educacional, mas também apresentam limitações de robustez e padronização em aplicações industriais. Por isso, o CLP Mitsubishi foi mantido como solução mais adequada ao perfil do curso e ao comparativo com a indústria.

Apesar disso, a máquina proposta deve manter simplicidade. Não se busca reproduzir uma linha industrial complexa, mas estruturar um sistema semiautomatizado com reservatórios, dosagem controlada, mistura mecânica e descarga para moldes. A manutenção industrial aparece na facilidade de acesso aos componentes, na leitura do painel, no uso de peças comerciais e na possibilidade de desmontagem de subconjuntos. Goyenola e García-Climent (2024), em projeto de monitoramento automatizado de baixo custo, reforçam a importância de soluções abertas, simples e passíveis de manutenção em campo quando o orçamento é restrito.

## **2.4 Modelagem 3D como apoio ao desenvolvimento do projeto**

A modelagem 3D foi empregada como recurso de representação e análise da proposta de máquina. Em projetos de produtos e equipamentos, modelos tridimensionais permitem visualizar montagem, interferências, posição de componentes, acesso para manutenção e disposição dos subconjuntos. Kirpes, Hu e Sly (2022) destacam que a evolução dos modelos 3D está relacionada não apenas à representação visual, mas também à integração de informações do produto, tomada de decisão e comunicação técnica entre projetistas e usuários.

No presente artigo, as imagens de modelagem 3D foram utilizadas para documentar a configuração da máquina de baixo custo. A proposta inclui três reservatórios superiores, tanque central de mistura, motorreductor, tubulações, válvulas, painel de comando, estrutura metálica e gaveta de moldagem. O uso da modelagem permite apresentar o equipamento de forma mais clara do que uma descrição textual isolada. Além disso, contribui para o comparativo com

máquinas industriais, porque torna visíveis os pontos de simplificação da solução proposta, como ausência de esteiras, extrusoras, sistemas de embalagem e controle avançado de temperatura.

A modelagem também favorece a análise de manutenção. Ao observar a posição do painel, do motor, do tanque e das válvulas, é possível discutir acesso, substituição de peças, limpeza e montagem. Esse aspecto é importante para o curso de Manutenção Industrial, pois o equipamento deixa de ser apenas uma máquina de produção e passa a ser um objeto de estudo técnico. Eddie, Abakah-Paintsil e Offei Ayisi (2025), ao discutirem projeto de máquina automatizada acessível, reforçam que a fase de concepção deve considerar custo, montagem, simplicidade construtiva e adequação ao usuário final.

### **3 METODOLOGIA**

A pesquisa foi desenvolvida como pesquisa de campo de caráter aplicado, com abordagem qualitativa e análise comparativa. O estudo partiu da observação de uma necessidade prática: avaliar se uma máquina de fazer sabão de baixo custo poderia cumprir funções produtivas básicas e, ao mesmo tempo, apresentar vantagens econômicas e de acessibilidade em comparação a equipamentos industriais de maior porte. A pesquisa de campo foi estruturada a partir de levantamento de requisitos, comparação de componentes, estimativa de custo e análise técnica da máquina proposta.

Os procedimentos adotados foram organizados em cinco etapas. A primeira etapa consistiu na análise do problema e definição dos requisitos funcionais da máquina: armazenar ingredientes, conduzir líquidos ao tanque de mistura, misturar a massa de sabão, permitir descarga para moldes e oferecer comando semiautomatizado. A segunda etapa envolveu a definição dos componentes principais: estrutura metálica, reservatórios, válvulas, tubulações, tanque de mistura, motorreductor, painel elétrico, CLP Mitsubishi, sinalizadores, botoeiras, botão de emergência e gaveta de moldagem.

A terceira etapa correspondeu à modelagem 3D conceitual, utilizada para representar a solução proposta e analisar sua organização física. As imagens foram elaboradas com aparência de ambiente CAD, de modo a demonstrar vistas de montagem, vista frontal, vista superior, vista explodida e corte do tanque de mistura. A quarta etapa envolveu o levantamento comparativo com equipamentos industriais, considerando critérios de valor, tecnologia, produção e

acessibilidade. Para isso, foram comparadas três categorias: máquina proposta de baixo custo, equipamento semi-industrial de pequeno porte e linha industrial de maior capacidade.

A quinta etapa consistiu na análise dos resultados. Foram comparados os critérios: investimento estimado, grau de automação, tipo de comando, facilidade de manutenção, capacidade produtiva, acessibilidade para pequenos usuários, complexidade de operação e possibilidade de fabricação local. A análise não buscou validar desempenho industrial em laboratório, mas avaliar a coerência técnica e econômica da proposta no contexto de pequena escala. Assim, os resultados devem ser interpretados como estudo aplicado e comparativo, adequado à fase conceitual do projeto.

Para compor o embasamento teórico, foram selecionadas referências científicas recentes, documentos técnicos de fabricante e documentos normativos relacionados à segurança de máquinas. Foram priorizadas publicações entre 2021 e 2026, atendendo à exigência de atualidade das fontes. As referências foram usadas para fundamentar o reaproveitamento do óleo residual, a produção de sabão, a automação, a modelagem 3D, o baixo custo e a comparação tecnológica.

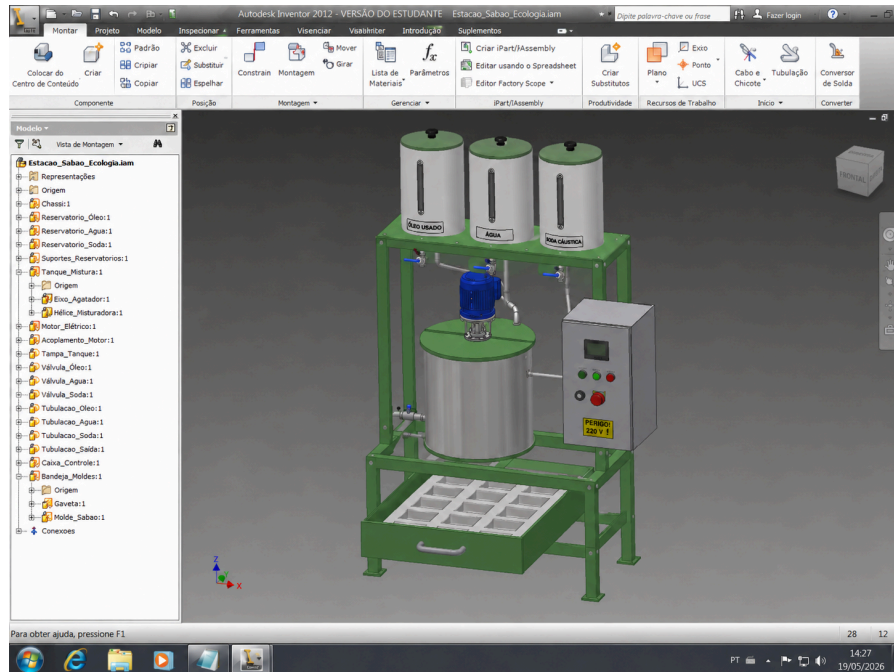
## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Configuração da máquina proposta**

A máquina proposta foi concebida como equipamento compacto, semiautomatizado e de baixo custo. Seu arranjo físico apresenta três reservatórios superiores, destinados a óleo usado filtrado, água e solução alcalina. Abaixo dos reservatórios está localizado o tanque de mistura, equipado com motorredutor e eixo agitador. O painel de comando, posicionado lateralmente, concentra botoeiras, sinalizadores, botão de emergência e interface de controle. Na parte inferior há uma gaveta com moldes, permitindo receber a mistura após a etapa de agitação.

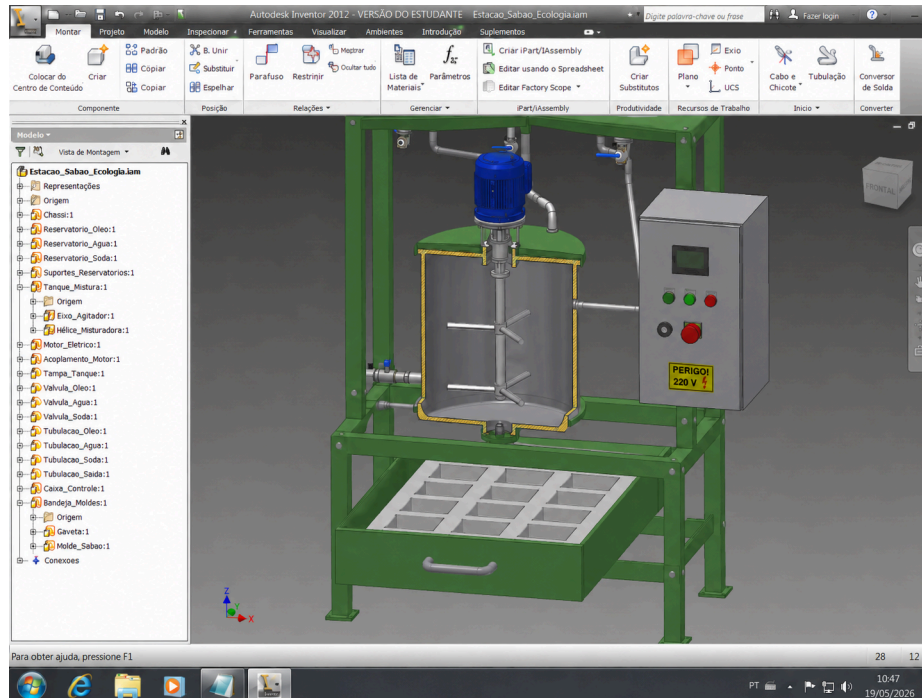
A Figura 1 apresenta a vista geral da máquina. Observa-se que a estrutura é simples, baseada em perfis metálicos, com componentes acessíveis e disposição visualmente organizada. Essa escolha é coerente com a proposta de baixo custo, pois reduz a quantidade de peças especiais e facilita a montagem em oficina. A presença de painel elétrico externo também facilita manutenção, inspeção e substituição de componentes.

**Figura 1** – Modelagem 3D geral da máquina de fazer sabão de baixo custo.



A configuração visual adotada mostra que a máquina não se limita a uma solução artesanal. Ela possui uma organização semelhante à de equipamentos industriais compactos, embora sem os mesmos recursos de automação, aquecimento, extrusão e embalagem. A ideia central é construir um equipamento intermediário: mais controlado do que o processo manual e mais acessível do que uma máquina industrial completa.

**Figura 2** – Corte do tanque de mistura com eixo agitador e painel de comando.



O corte do tanque de mistura permite visualizar o eixo agitador e as pás internas. Esse detalhe é relevante porque a mistura é uma das etapas críticas do processo de fabricação de sabão. A homogeneidade da massa depende da rotação, geometria das pás, tempo de mistura e viscosidade do material. Em escala industrial, esses parâmetros são tratados com maior controle; na proposta de baixo custo, a estratégia é obter mistura suficiente para pequena produção, sem elevar excessivamente o custo do conjunto.

## 4.2 Comparação com equipamentos industriais

A comparação com equipamentos industriais mostrou que a principal diferença não está apenas no tamanho, mas no conjunto de funções incorporadas. Máquinas industriais podem possuir aquecimento controlado, sensores de temperatura, inversores de frequência, dosagem automática por massa, bombas sanitárias, estruturas em aço inoxidável, sistemas de corte, prensas, extrusoras e módulos de embalagem. Esses recursos elevam produtividade, repetibilidade e acabamento, porém também aumentam o investimento, a manutenção e a complexidade de operação.

A máquina proposta trabalha com outra lógica. Ela é voltada a uma produção menor, com automação suficiente para organizar etapas básicas, mas sem exigir a infraestrutura de uma

fábrica. Por isso, a comparação deve ser feita considerando a finalidade. Se a necessidade for produção contínua, padronização industrial e venda em larga escala, a máquina proposta é limitada. Se a finalidade for ensino, experimentação, produção comunitária, reaproveitamento local de óleo ou pequeno empreendimento, o baixo custo e a manutenção simples tornam-se vantagens relevantes.

**Tabela 1** – Comparação entre a máquina proposta e equipamentos industriais

<b>Critério</b>	<b>Máquina proposta de baixo custo</b>	<b>Equipamento semi-industrial</b>	<b>Linha industrial de maior porte</b>	<b>Análise</b>
Valor de implantação	Baixo a médio, com uso de componentes comerciais e estrutura simples	Médio, com maior uso de inox, motores e painéis dedicados	Alto, com múltiplos módulos e automação avançada	A proposta reduz barreira de entrada para pequenos usuários.
Tecnologia	CLP Mitsubishi compacto, válvulas, motorreductor e comando por etapas	Automação parcial, podendo incluir inversores e sensores adicionais	Automação integrada, controle de temperatura, dosagem e produção contínua	A solução de baixo custo é tecnicamente mais simples, mas suficiente para pequena escala.
Produção	Bateladas menores, adequadas a testes, ensino e pequenos lotes	Produção intermediária com maior repetibilidade	Alta produção, maior padronização e operação contínua	A produtividade industrial é superior, porém exige maior investimento.
Manutenção	Facilitada por acesso visual, peças comerciais e estrutura aberta	Moderada, com maior quantidade de componentes	Mais complexa, exigindo equipe especializada e peças específicas	A proposta é mais acessível para manutenção local.
Acessibilidade	Alta para escolas técnicas, pequenos produtores e projetos comunitários	Média, depende de investimento inicial maior	Baixa para pequenos usuários devido ao custo e espaço necessário	O projeto atende melhor contextos de baixo orçamento.
Segurança	Necessita botão de emergência, proteção do agitador, aterramento e procedimentos de operação	Possui proteções mais robustas dependendo do fabricante	Deve atender exigências industriais e normas específicas	A proposta precisa respeitar NR-12 e boas práticas elétricas.

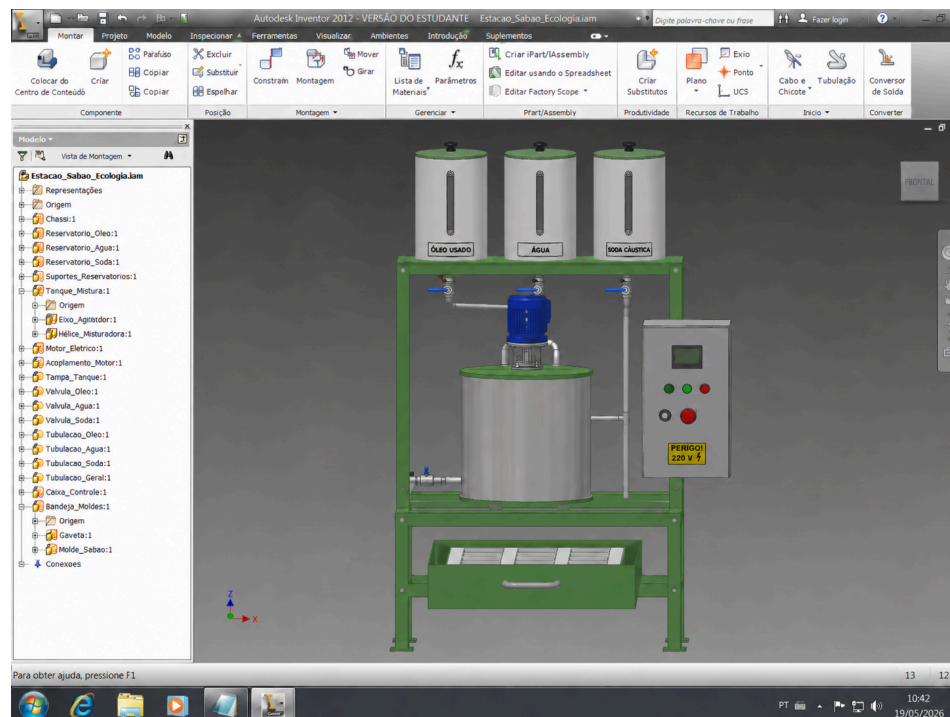
Fonte: Elaborado pelo autor com base na pesquisa de campo e na revisão técnica.

A Tabela 1 evidencia que a máquina proposta não compete diretamente com uma linha industrial em produtividade. Sua vantagem está no acesso, no custo e na simplicidade. Esse resultado é coerente com a literatura sobre soluções semiautomáticas de menor porte. Arowolo, Adekunle e Martins (2024) mostram que sistemas de dosagem automatizada podem ser concebidos com arquitetura relativamente simples, desde que atendam ao requisito de controle do

volume. Sharma e Khar (2024) e Rao et al. (2024) também reforçam que soluções semiautomáticas podem ser adequadas quando o problema envolve escala reduzida e restrição econômica.

A comparação com a indústria também destaca uma diferença de finalidade. A linha industrial busca maximizar produção, reduzir variações e operar em regime contínuo. A máquina de baixo custo busca tornar o processo possível e economicamente alcançável. Assim, seu valor não deve ser medido apenas pela quantidade de sabão produzida por hora, mas pela relação entre investimento, aprendizagem, manutenção, reutilização de resíduos e capacidade de atender pequenos lotes.

**Figura 3** – Vista frontal da máquina proposta, com reservatórios, tanque e gaveta de moldagem.



A vista frontal permite observar a lógica de operação da proposta. Os reservatórios ficam acima do tanque para aproveitar a gravidade na alimentação dos líquidos. O painel de comando fica acessível ao operador, e a gaveta inferior organiza a etapa de moldagem. Essa configuração reduz o número de bombas necessárias e contribui para o baixo custo. No entanto, também exige cuidado no posicionamento das válvulas, vedação das conexões e controle de vazão.

### 4.3 Valor, componentes e estimativa de custo

O valor de uma máquina de baixo custo depende diretamente da seleção de componentes. No projeto proposto, a estrutura metálica pode ser executada com tubos ou perfis comerciais; os reservatórios podem ser adquiridos prontos ou fabricados em material compatível; o tanque de mistura deve priorizar material resistente à solução alcalina; o motorreductor precisa ser dimensionado conforme volume e viscosidade; e o painel deve acomodar proteção elétrica, CLP, botoeiras e sinalizadores. O custo final também depende de mão de obra, acabamento e disponibilidade de peças.

A presença do CLP Mitsubishi aumenta o custo em relação a uma solução com temporizadores simples ou microcontroladores. Entretanto, no contexto de manutenção industrial, esse investimento é justificável porque aproxima o equipamento da realidade industrial e permite diagnóstico, alteração de lógica e expansão futura. Mitsubishi Electric (2025a) apresenta a família iQ-F como controladores compactos aplicáveis a diferentes níveis de uso, enquanto o manual de hardware do FX5U indica a necessidade de instalação, cabeamento e manuseio conforme especificações do fabricante (Mitsubishi Electric, 2025b).

A Tabela 2 apresenta uma estimativa de composição de custo para a máquina proposta. Os valores são referenciais para análise acadêmica e devem ser atualizados antes de eventual fabricação. A proposta não depende de peças raras, o que favorece reposição e manutenção. Esse ponto é importante, pois equipamentos industriais importados ou muito específicos podem apresentar custo de peça maior e prazo de manutenção mais longo.

**Tabela 2** – Estimativa de componentes para a máquina proposta

Componente	Função no equipamento	Critério de escolha	Participação no custo
Estrutura metálica	Sustentar reservatórios, tanque, painel e gaveta	Perfis comerciais, soldagem simples e fácil pintura	Média
Reservatórios superiores	Armazenar óleo usado filtrado, água e solução alcalina	Material compatível e fácil limpeza	Baixa a média
Tanque de mistura	Receber ingredientes e permitir agitação	Resistência química, vedação e fácil acesso	Média
Motorreductor e eixo agitador	Promover mistura do material	Torque adequado e manutenção simples	Média
Válvulas e tubulações	Controlar alimentação e descarga	Peças comerciais, vedação e resistência química	Média
CLP Mitsubishi	Comandar sequência operacional	Robustez, programação industrial e expansão	Alta

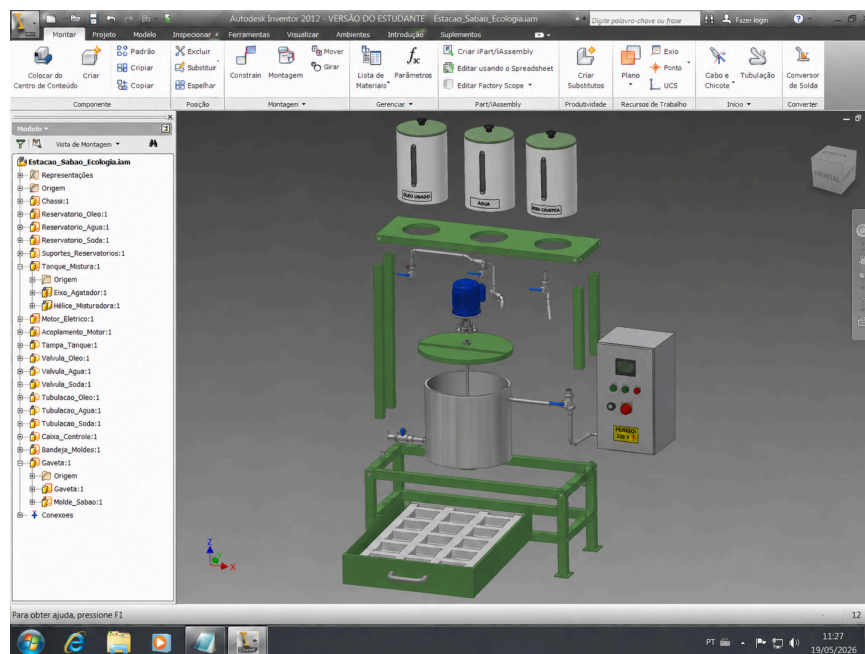
Painel elétrico	Alojar comandos, proteção e sinalização	Segurança, identificação e acesso para manutenção	Média
Gaveta de moldagem	Receber a massa de sabão em formas	Remoção simples e limpeza facilitada	Baixa

Fonte: Elaborado pelo autor.

A estimativa indica que o CLP e o conjunto eletromecânico são os elementos mais relevantes no custo da proposta. Ainda assim, a máquina permanece mais acessível do que uma linha industrial completa porque não incorpora extrusora, esteira, empacotadora, sistema contínuo de aquecimento ou dosagem gravimétrica de alta precisão. O projeto adota uma estratégia de automação suficiente, não uma automação máxima.

Do ponto de vista econômico, o projeto pode ser defendido quando o usuário precisa iniciar produção pequena, testar formulações, ensinar automação aplicada ou reaproveitar óleo localmente. Em comparação com equipamentos industriais, a proposta sacrifica produtividade, mas reduz barreira de entrada. Essa relação entre redução de custo e limitação produtiva deve aparecer de forma transparente, pois uma solução de baixo custo não pode ser apresentada como equivalente total a uma planta industrial.

**Figura 4** – Vista superior da máquina proposta, destacando disposição dos módulos.



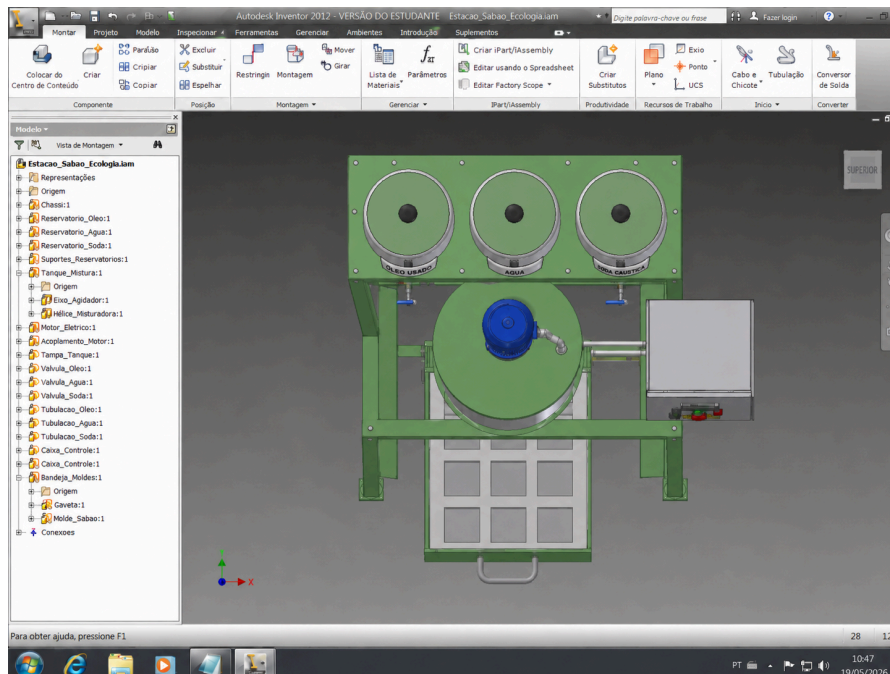
#### **4.4 Tecnologia e lógica de funcionamento**

A lógica de funcionamento prevista para a máquina é sequencial. O operador abastece os reservatórios, verifica condições de segurança, aciona o comando de partida e o CLP executa a sequência programada. Em uma configuração básica, o CLP pode acionar válvulas de entrada por tempo determinado, iniciar o motor de mistura, controlar o tempo de agitação, liberar a descarga para a gaveta de moldes e acionar sinalização de término do ciclo. O sistema também deve prever parada de emergência e intertravamento de tampa ou proteção, especialmente porque há partes móveis e manuseio de solução alcalina.

A adoção de CLP Mitsubishi torna a proposta mais próxima de aplicações industriais. Ao contrário de comandos puramente manuais, a lógica programável permite alterar tempos de dosagem e mistura sem refazer circuitos. Além disso, facilita inspeção por entradas e saídas, o que é útil em atividades de manutenção. A máquina, nesse sentido, também pode funcionar como bancada didática: o aluno ou operador visualiza a relação entre sensor, atuador, painel, lógica e processo.

A Figura 5 mostra a vista explodida do equipamento, indicando que os subconjuntos podem ser separados para compreensão técnica. Esse tipo de representação favorece a leitura do projeto, permitindo observar reservatórios, suporte superior, tanque de mistura, painel, estrutura e gaveta. Para manutenção industrial, essa organização é importante porque reduz o tempo de localização de falhas e facilita o raciocínio sobre montagem e desmontagem.

**Figura 5** – Vista explodida dos principais componentes da máquina de baixo custo.



A tecnologia adotada na proposta é intermediária. Ela não utiliza sensores avançados de massa, controle automático de viscosidade ou leitura contínua de pH. Contudo, utiliza CLP, motorreductor, válvulas, sinalização e painel, elementos suficientes para caracterizar uma máquina semiautomatizada. A decisão é coerente com o baixo custo: quanto mais sensores, atuadores e controles forem adicionados, mais a máquina se aproxima do custo industrial. Portanto, o desafio é equilibrar simplicidade, segurança e funcionalidade.

A literatura sobre prototipagem e sistemas de baixo custo reforça essa necessidade de equilíbrio. Kondaveeti et al. (2021) destacam que plataformas acessíveis favorecem experimentação, mas o projeto precisa considerar limitações de robustez e confiabilidade. Kirpes, Hu e Sly (2022) mostram que a modelagem 3D contribui para decisões de projeto antes da fabricação. Já Arowolo, Adekunle e Martins (2024) demonstram que a automação de dosagem depende da coerência entre controle, atuador e precisão esperada. Na máquina de sabão, a precisão extrema não é necessária para pequena escala, mas a repetibilidade mínima é desejável.

#### 4.5 Produção, acessibilidade e limitações

A capacidade produtiva da máquina proposta deve ser interpretada como pequena escala. Ela pode produzir bateladas menores, adequadas a testes, oficinas, ações comunitárias e pequenos

lotes. Em comparação com a indústria, sua produção é naturalmente inferior. Máquinas industriais podem trabalhar com maior volume, ciclos mais rápidos e integração com etapas de corte e embalagem. Contudo, essas vantagens industriais são acompanhadas por maior custo, necessidade de espaço, manutenção especializada e maior consumo energético.

A acessibilidade é o ponto mais forte da proposta. Uma máquina de baixo custo pode ser fabricada ou montada com recursos locais, adaptada a necessidades específicas e mantida por técnicos com conhecimentos básicos de mecânica, elétrica e automação. Essa característica é compatível com a formação em Manutenção Industrial, pois o equipamento permite discutir não apenas produção, mas também manutenção preventiva, manutenção corretiva, segurança elétrica, troca de válvulas, inspeção de motorreductor, vedação de tubulações e programação do CLP.

A Tabela 3 sintetiza a relação entre valor, tecnologia, produção e acessibilidade. Os dados são apresentados de forma qualitativa porque o objetivo do artigo não é estabelecer preço universal, mas comparar o comportamento das soluções. Mesmo assim, a análise evidencia que a proposta de baixo custo ocupa uma posição intermediária entre o processo manual e a máquina industrial.

**Tabela 3 – Síntese qualitativa da comparação**

Solução	Valor	Tecnologia	Produção	Acessibilidade
Processo manual	Muito baixo	Baixa, dependente do operador	Baixa e pouco padronizada	Alta, mas com esforço físico e maior risco
Máquina proposta	Baixo a médio	Semiautomatizada com CLP e componentes comerciais	Pequena escala, com melhor repetibilidade	Alta para ensino e pequenos produtores
Equipamento semi-industrial	Médio a alto	Automação parcial e componentes mais robustos	Média escala	Média, dependente de investimento
Linha industrial	Alto	Automação integrada e maior controle de processo	Alta escala	Baixa para pequenos usuários

Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise mostra que a máquina proposta tem bom potencial quando o objetivo é acessibilidade. Ela reduz esforço físico, organiza o processo e permite algum controle. Porém, apresenta limitações que precisam ser reconhecidas. A primeira limitação é a ausência de controle rigoroso de temperatura e pH, parâmetros importantes para padronização do sabão. A

segunda é a capacidade produtiva menor. A terceira é a necessidade de procedimentos claros de segurança para solução alcalina, limpeza e descarte de resíduos.

A segurança é uma dimensão indispensável. A NR-12, atualizada pelo Ministério do Trabalho e Emprego, estabelece princípios para segurança em máquinas e equipamentos, incluindo requisitos relacionados a sistemas elétricos, dispositivos de proteção e medidas para reduzir riscos operacionais (Brasil, 2024). Na máquina proposta, isso implica prever botão de emergência, proteção do agitador, aterramento, identificação de tensão, proteção contra respingos, instrução de uso e acesso controlado ao tanque durante a operação. Sem essas medidas, o baixo custo deixaria de ser vantagem e passaria a representar risco.

Outro ponto importante é a qualidade do sabão. Estudos recentes indicam que sabões produzidos com óleo residual podem apresentar bom desempenho, mas dependem de formulação, pré-tratamento do óleo e controle do processo (Soni et al., 2024; Zahari; Sabran; Ruslan, 2024; Octarya et al., 2025). Portanto, a máquina não resolve sozinha todos os problemas de qualidade. Ela contribui para padronizar mistura e sequência operacional, mas a formulação química e os testes do produto continuam necessários.

Dessa forma, a comparação com a indústria deve ser honesta. A máquina de baixo custo é parecida com máquinas industriais apenas no princípio básico: dosar, misturar e moldar. Ela não possui o mesmo desempenho, acabamento ou controle de uma linha profissional. Sua contribuição está em demonstrar que é possível construir uma solução funcional, mais barata e mais acessível, adequada a pequenos volumes e a contextos de aprendizagem tecnológica.

#### **4.6 Discussão integrada dos resultados**

Os resultados obtidos indicam que o projeto de uma máquina de fazer sabão de baixo custo é tecnicamente plausível quando limitado a pequena escala. A solução proposta utiliza elementos reconhecíveis em ambiente industrial, como CLP, motorreductor, válvulas, painel de comando e estrutura metálica, mas mantém simplicidade suficiente para reduzir custo. Esse equilíbrio é o ponto central do artigo. Se fossem adicionados todos os recursos de uma máquina industrial, o custo aumentaria e o objetivo de acessibilidade seria perdido.

O uso do CLP Mitsubishi fortalece a proposta em relação a alternativas puramente artesanais. Mesmo que aumente o custo em comparação com um circuito simples, ele dá ao projeto maior valor didático e técnico. No curso de Tecnólogo em Manutenção Industrial, esse

elemento permite trabalhar leitura de diagramas, lógica de automação, diagnóstico, proteção elétrica, sensores e atuadores. Assim, o equipamento não é apenas uma máquina produtiva, mas também uma ferramenta para formação técnica.

A análise bibliográfica reforça que o reaproveitamento de óleo residual tem relevância ambiental e econômica. Estudos sobre saponificação com óleo usado mostram viabilidade do processo, enquanto pesquisas sobre economia circular apontam a importância de transformar resíduos em produtos úteis (Hartini et al., 2023; Gong et al., 2024; Glevitzky et al., 2025). Entretanto, a originalidade do presente artigo não está apenas no produto sabão, mas na comparação entre uma proposta de máquina acessível e equipamentos industriais.

A modelagem 3D contribuiu para tornar a proposta visualmente compreensível. Ela permite observar que a máquina possui arranjo físico simples, mas coerente. A vista explodida e o corte do tanque demonstram preocupação com montagem e manutenção. Esse tipo de apresentação é especialmente importante quando o trabalho se organiza em formato de artigo, pois substitui parte da necessidade de desenhos extensos e ajuda o leitor a compreender rapidamente o equipamento proposto.

Por fim, a comparação evidencia que a máquina de baixo custo pode ser considerada uma alternativa intermediária. Ela é superior ao processo manual em organização, segurança potencial e repetibilidade. É inferior à linha industrial em produtividade e controle. Esse resultado, porém, não é negativo; ele define o nicho correto de aplicação do projeto. A máquina proposta atende melhor contextos em que o custo, a simplicidade e a acessibilidade são mais importantes do que a produção em larga escala.

## **5 CONCLUSÃO**

O presente artigo analisou uma proposta de máquina de fazer sabão de baixo custo, comparando-a com equipamentos industriais quanto a valor, tecnologia, produção e acessibilidade. A pesquisa demonstrou que a solução proposta pode representar uma alternativa viável para pequena escala, especialmente em ambientes educacionais, oficinas, projetos comunitários e pequenos empreendimentos. A máquina não substitui uma linha industrial de alta capacidade, mas oferece uma resposta técnica coerente para contextos em que o investimento precisa ser reduzido.

A utilização de CLP Mitsubishi como elemento de comando reforça o caráter industrial e didático da proposta. O equipamento passa a permitir discussão sobre automação, manutenção, segurança, acionamento de válvulas, controle de motor e lógica sequencial. Ao mesmo tempo, a estrutura simples, os componentes comerciais e a modelagem modular contribuem para acessibilidade e facilidade de manutenção.

O comparativo realizado indicou que a principal vantagem da máquina proposta está no custo de implantação e na possibilidade de fabricação local. Sua principal limitação está na menor capacidade produtiva e no menor controle de processo quando comparada a máquinas industriais. Portanto, o projeto deve ser entendido como solução de baixo custo para pequenos lotes, e não como equipamento industrial equivalente em desempenho.

Conclui-se que o desenvolvimento conceitual da máquina é adequado ao tema proposto e ao curso de Tecnólogo em Manutenção Industrial, pois integra conhecimentos de automação, mecânica, manutenção, segurança e análise econômica. Para estudos futuros, recomenda-se a construção de protótipo físico, validação dos tempos de mistura, testes de qualidade do sabão, avaliação de segurança conforme NR-12 e levantamento de orçamentos reais junto a fornecedores industriais para ampliar a precisão do comparativo.

## REFERÊNCIAS

AHADITO, Bijak Riyandi; AFRIANI, Siti Rakhmi. Soap production from waste cooking oil: a review. **Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry**, v. 9, n. 2, p. 96-102, 2024. DOI: <https://doi.org/10.24845/ijfac.v9.i2.96>.

AROWOLO, Matthew; ADEKUNLE, Adefemi; MARTINS, Oluwaseun Opeyemi. Design, implementation, and evaluation of an automated liquid dispensing machine. **Gazi University Journal of Science**, v. 37, n. 1, p. 443-455, 2024. DOI: <https://doi.org/10.35378/gujs.1159197>.

AZME, Siti Nurul Ain *et al.* Recycling waste cooking oil into soap: knowledge transfer through community service learning. **Cleaner Waste Systems**, v. 4, p. 100084, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2023.100084>.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 12**: segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Brasília, DF: MTE, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego>. Acesso em: 19 maio 2026.

EDDIE, Emmanuel; ABAKAH-PAINTSIL, Kweku; OFFEI AYISI, Emmanuel. Design of an affordable automated injection moulding machine. **Applied Engineering, Innovation, and Technology**, v. 2, n. 2, 2025. DOI: <https://doi.org/10.62777/aeit.v2i2.64>.

FOO, Wei Han *et al.* Recent advances in the conversion of waste cooking oil into value-added products: a review. **Fuel**, v. 324, p. 124539, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.124539>.

GLEVITZKY, Mirela *et al.* Sustainable recycling of used cooking oils through the saponification process. **Applied Sciences**, v. 15, n. 21, p. 11472, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/app152111472>.

GONG, Yun *et al.* Waste cooking oil recycling and the potential use of blockchain technology in the UK. **Sustainability**, v. 16, n. 14, p. 6197, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16146197>.

GOYENOLA, Guillermo; GARCÍA-CLIMENT, Clara. ArduLake temperature profiler: an open-source, low-cost, automated monitoring system to unravel the mixing behavior of lakes. **HardwareX**, v. 19, e00606, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2024.e00606>.

HARTINI, Sri *et al.* Circular economy designing of municipal waste cooking oil: a case study of Semarang City, Indonesia. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 32, n. 4, p. 3509-3520, 2023. DOI: <https://doi.org/10.15244/pjoes/160206>.

KIRPES, Christoph; HU, Yu-Chen; SLY, David. The 3D product model research evolution and future trends: a systematic literature review. **Applied System Innovation**, v. 5, n. 2, p. 29, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/asi5020029>.

KONDAVEETI, Hari Kishan *et al.* A systematic literature review on prototyping with Arduino: applications, challenges, advantages, and limitations. **Computer Science Review**, v. 40, p. 100364, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2021.100364>.

KUMAR, Amit *et al.* Valorization of used cooking oil: challenges, current strategies and prospects. **Circular Economy and Sustainability**, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43621-025-00905-7>.

MITSUBISHI ELECTRIC. **MELSEC iQ-F series catalog**. Tokyo: Mitsubishi Electric Corporation, 2025a. Disponível em: <https://www.mitsubishielectric.com/fa>. Acesso em: 19 maio 2026.

MITSUBISHI ELECTRIC. **MELSEC iQ-F FX5U CPU module hardware manual**. Tokyo: Mitsubishi Electric Corporation, 2025b. Disponível em: <https://www.mitsubishielectric.com/fa>. Acesso em: 19 maio 2026.

MWAMBA, Bwalya W. *et al.* Valorising waste cooking oil and citrus peel waste for sustainable soap production: a techno-economic and environmental life cycle assessment study. **Waste and Biomass Valorization**, v. 16, p. 6205-6224, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12649-025-03048-y>.

OCTARYA, Zulfadli *et al.* Sustainable solid soap production using recycled cooking oil with coenzyme and lemongrass extract. **Acta Biochimica Indonesiana**, v. 8, n. 1, 2025. DOI: <https://doi.org/10.32889/actabioina.191>.

RAHMAN, Abdul *et al.* Current scenario and potential of waste cooking oil as a feedstock for biodiesel production in Indonesia: life cycle sustainability assessment (LCSA) review. **Case Studies in Chemical and Environmental Engineering**, v. 11, p. 101067, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.101067>.

RAO, K. V. *et al.* Design and development of semi-automatic leaf plate molding machine. **Materials Today: Proceedings**, v. 92, p. 1348-1354, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.08.286>.

SHARMA, Karan; KHAR, Sanjay. Conceptualization and development of a semi-automatic vegetable transplanter prototype for small landholdings. **Heliyon**, v. 10, n. 10, e31540, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31540>.

SONI, Himanshu *et al.* From kitchen to cosmetics: study on the physicochemical and antioxidant properties of waste cooking oil-derived soap. **Journal of King Saud University – Science**, v. 36, n. 10, p. 103483, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2024.103483>.

ZAHARI, Nurul Aini; SABRAN, Mohd Redzwan; RUSLAN, Muhamad. The efficacy of home-made soap from used cooking oil and pineapple waste for eco-friendly household product. **Food Research**, v. 8, n. 5, p. 48-56, 2024. DOI: [https://doi.org/10.26656/fr.2017.8\(5\).9](https://doi.org/10.26656/fr.2017.8(5).9).