

## Reintrodução Sustentável do Resíduo de Usinagem na Produção de Pastilhas de Freio: Uma Estratégia de Economia Circular para a Indústria Automobilística

### OBJETIVO

Demonstrar a viabilidade técnica, ambiental e econômica de transformar o resíduo gerado na usinagem de pastilhas de freio em um novo insumo para o próprio processo produtivo, promovendo economia circular e reduzindo o descarte industrial na cadeia automotiva.

### METODOLOGIA APLICADA

Na Fig. 1, pode-se observar o fluxograma do desenvolvimento do projeto.

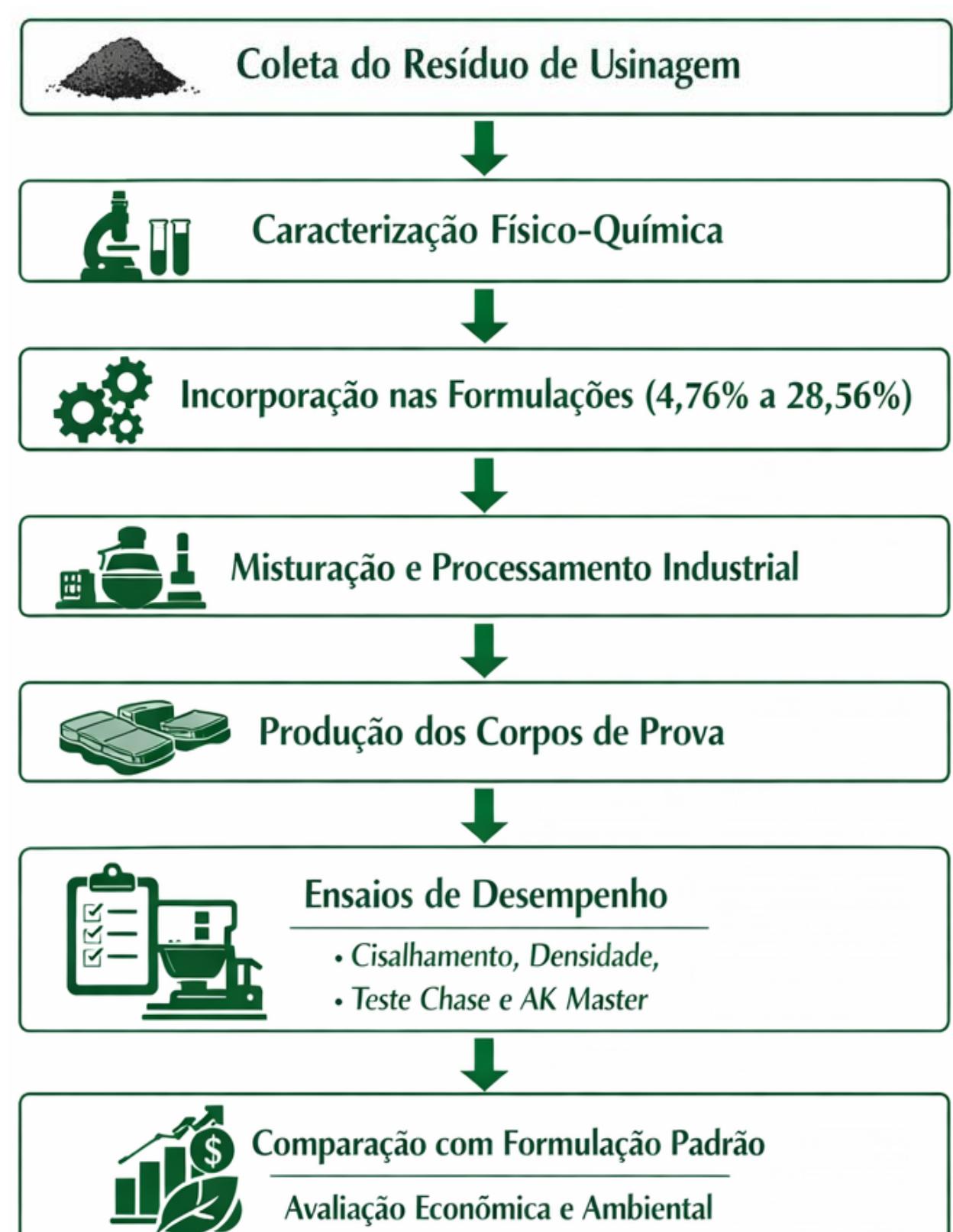


Fig. 1. Representação gráfica do fluxograma do desenvolvimento do projeto.

O resíduo de usinagem das pastilhas de freio foi coletado e caracterizado. Diferentes concentrações foram incorporadas na etapa de misturação para sua reinserção no processo produtivo. Os corpos de prova gerados foram submetidos a ensaios de desempenho (cisalhamento, densidade, Chase e AK Master) e comparados ao controle. Por fim, realizou-se uma análise econômica para estimar a redução de custos e os benefícios ambientais da economia circular proposta.

### RESULTADOS OBTIDOS

Na Fig. 2, pode-se observar os corpos de prova formados com diferentes concentrações de resíduo introduzido. Os resultados confirmaram que o resíduo de usinagem pode ser reinserido na formulação das pastilhas de freio, permitindo a implementação de um modelo de economia circular na cadeia produtiva.



Fig. 2. Aparência visual das pastilhas de freio produzidas utilizando resíduo de usinagem nas concentrações: a) 4,76%, b) 9,52%, c) 19,04% e d) 28,56%.

A concentração de 4,76% apresentou o melhor desempenho. A análise econômica evidenciou redução de custos pela diminuição do uso de matéria-prima virgem e pela eliminação do descarte em aterros industriais. Ambientalmente, o reaproveitamento reduziu a geração de resíduos.

### CONTEMPLAÇÃO DOS CRITÉRIOS

**Abordagem sistêmica:** O projeto fecha o ciclo do material, reduzindo seu descarte e uso de matéria-prima nova, favorecendo a economia circular na indústria automobilística.

**Problema real e atitude empreendedora:** Este projeto iniciou-se de um resíduo automotivo real que é totalmente descartado em aterros, porém através da visão inovadora dos estudantes, verificou-se uma nova solução viável dentro da indústria automobilística, que favorece a economia circular (reintrodução de resíduos na cadeia produtiva).

**Impacto na aprendizagem:** Os alunos realizaram o projeto do começo ao fim, tendo ao final uma resposta positiva a suas hipóteses metodológicas. Assim, é possível afirmar que os mesmos desenvolveram uma visão técnica e entendimento claro de como aplicar sustentabilidade em contextos reais.

**Justiça socioambiental:** A reinserção do resíduo diminui impactos ambientais e evita envio a aterros, contribuindo para um processo mais responsável e alinhado a práticas de produção limpa.

### DIFICULDADES E APRENDIZADOS

As principais dificuldades foram padronizar o resíduo e garantir a consistência das formulações, além de interpretar os testes industriais. Esses desafios ajudaram os alunos a desenvolver domínio técnico, lidar com variáveis reais do processo produtivo e compreender na prática como aplicar a economia circular na indústria.

**Nome Docente: Eduardo G. L. Chagas**  
**Curso: Engenharia Química**  
**Disciplina: TCC**  
**Período: Noturno**  
**Semestre/ano: 10º/2025**