

**Alunos:** Ana Beatriz de Oliveira Silva  
Ana Júlia Morare Gonçalves  
Lucas Bustamante  
Nicolas Santos de Moraes

**Orientador:** Adalto de Farias | [afarias@fei.edu.br](mailto:afarias@fei.edu.br)



## ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE ATOMIZADOR A GÁS BASEADO NO MODELO HERMIGA 75/5 VI (EAC)

### 1. INTRODUÇÃO

O impacto de novas tecnologias sobre a sociedade é significativo e quando se trata do tema de processos de fabricação, esta constatação se torna ainda mais evidente. Durante séculos, a indústria metalúrgica vem se reinventando com o intuito de prover soluções que aumentem a produtividade na manufatura da maneira mais eficiente possível, evitando desperdícios, retrabalhos e falhas.

Dentro desse contexto, uma das técnicas que tem ganhado notoriedade no cenário metalmeccânico é o processo de atomização. Este método visa a produção de um pó metálico que possa ser utilizado na confecção de peças com alto grau de complexidade por meio de métodos de manufatura aditiva, como, por exemplo, a sinterização ou impressão 3D de metais, podendo esta ser EBM (Electron Beam Melting) ou SLM (Selective Laser Melting).

No Brasil, a atomização é pouco explorada devido à falta de investimentos em maquinários nacionais, o que leva à dependência de ferramentas importadas e caras. Universidades como UNICAMP, USP e UFSCAR focam em pesquisas de manufatura aditiva, mas algumas dependem de pós-metálicos importados, elevando os custos de estudos e produções de peças metálicas em impressão 3D.

A Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR) por sua vez produz pó metálico para pesquisas e produção de peças, utilizando o atomizador Hermiga 75/5 VI (EAC) que produz uma solidificação rápida de ligas metálicas, especialmente alumínio.

### 2. VISITA TÉCNICA

Para compreender melhor como é o funcionamento do atomizador Hermiga 75/5 VI (EAC) foi realizada uma visita técnica ao DEMa da UFSCAR pelos membros do projeto AtomA em que foi possível identificar quais eram as principais dores que os estudantes de mestrado e doutorado do departamento de materiais da UFSCAR estavam tendo com os processos de atomização.

Esta identificação foi primordial para a definição dos objetivos do projeto, além de ajudar no aprofundamento do conhecimento dos membros sobre o processo de atomização a gás e da estrutura do maquinário.

### 3. OBJETIVOS

A partir da visita técnica foi possível definir o objetivo principal deste estudo que é propor duas melhorias para o processo de atomização atual, Figura 1, do Hermiga 75/5VI (EAC).

A primeira melhoria é o desenvolvimento de um novo bocal. Esse é o componente responsável por transportar o material a ser pulverizado em estado líquido até a câmara onde ele será solidificado. Atualmente, é o elemento que mais apresenta falhas no processo de atomização.

Para propor um novo modelo e validar esse item, serão analisadas as falhas atuais e serão realizados estudos e simulações estruturais e térmicas a fim de definir o melhor layout possível.

A segunda melhoria é o acoplamento de uma peneira no equipamento. Hoje, após a atomização, o pó passa por uma série de peneiras para ser dividido de acordo com o tamanho de seu grão e direcionado para suas devidas aplicações (para a impressão 3D, por exemplo, são utilizados grãos de pó metálico com um tamanho entre 20 e 75 micrômetros). A ideia é mitigar a necessidade dessa operação. Para isso, será proposto um modelo com um amortecedor com o intuito de não prejudicar o processo atual (haja vista que o material atomizado deve escoar de forma laminar pelo bocal) e serão feitas simulações estruturais na estrutura do maquinário.

Figura 1 – Atomizador Hermiga 75/5 VI (EAC)



Fonte: Autores, 2023

**Alunos:** Ana Beatriz de Oliveira Silva

Ana Júlia Morare Gonçalves

Lucas Bustamante

Nicolas Santos de Moraes

**Orientador:** Adalto de Farias | [afarias@fei.edu.br](mailto:afarias@fei.edu.br)



## 4. PROBLEMÁTICAS

### 4.1. BOCAL DO ATOMIZADOR

No processo atual de atomização, o bocal é a peça mais propensa a falhas. Ele é responsável por escoar o metal líquido da câmara de fusão para a câmara de atomização, suportando a passagem de mais de 10 kg de material por uma saída de aproximadamente 2 mm de diâmetro. Composto por cerca de 15 peças, o bocal deve ser vedado adequadamente para evitar entupimentos, mas sua complexidade e a alta temperatura do processo tornam isso difícil. Problemas comuns incluem vedação inadequada, escoamento a temperaturas incorretas, causando danos ou entupimentos e fraturas na ponta do bocal, como mostra a Figura 2. Esses problemas levam à paralisação do processo de atomização para manutenção, resultando em perda de matéria-prima e tempo de produção. O objetivo do trabalho é projetar e simular um modelo otimizado do bocal, melhorando o fluxo de metal e a vedação dos componentes.

Figura 2 – Fraturas na ponta do bocal



Fonte: Rocha, 2024

### 4.2. PROCESSO DE PENEIRAMENTO

Durante a atomização a gás, o pó metálico é coletado em recipientes separados por tamanho. Partículas menores que 20 µm são descartadas por formar partículas satélites. O pó da garrafa principal é peneirado para garantir a utilização de partículas de tamanho ideal para a impressão 3D. Esse peneiramento é necessário para a qualidade, mas aumenta o tempo e os custos de produção. O objetivo do estudo foi desenvolver uma tecnologia que permita a segregação do pó dentro do próprio atomizador, eliminando etapas adicionais no processo.

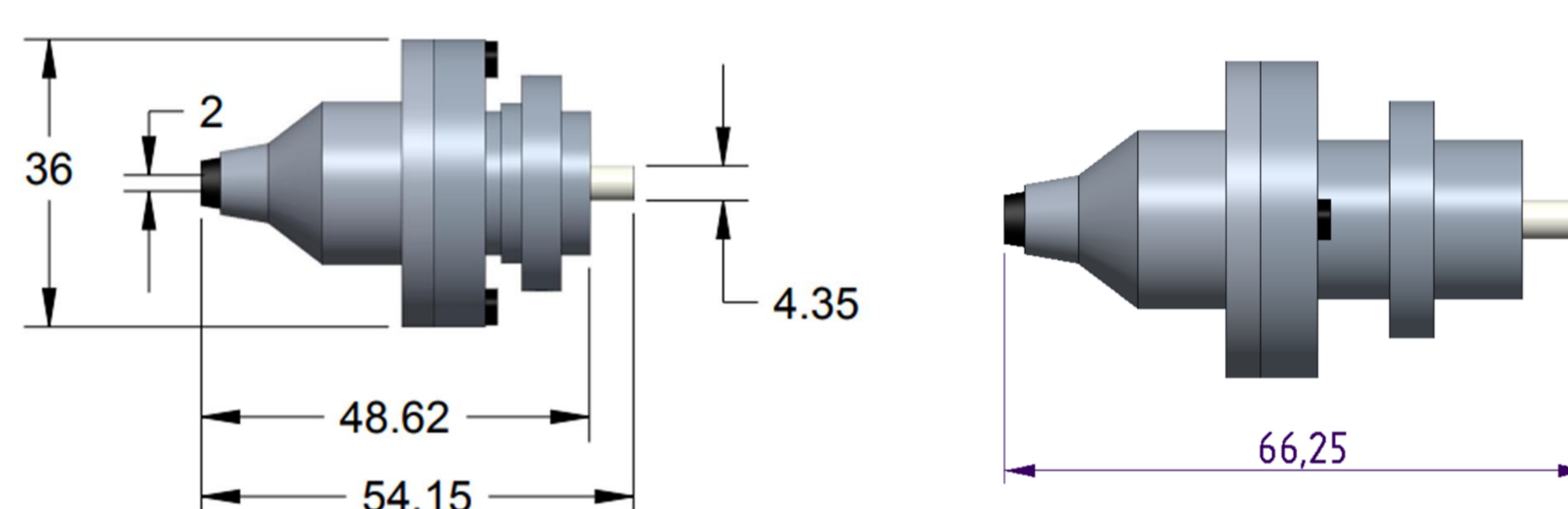
## 5. MÉTODOS

### 5.1. MODELAMENTO DE UM NOVO BOCAL

Para solucionar os problemas observados no bocal na visita técnica ao

DEMa da UFSCAR o grupo projetou duas propostas de bocais para que fosse possível realizar as simulações e comparar os resultados obtidos, a principal modificação realizada foi o encurtamento do capilar, em que na peça atual que está disponível na UFSCAR tem um comprimento de 92,04 mm foi modelado um bocal com 54,15 mm e outro com um capilar intermediário com um comprimento de 66,25 mm. Além da redução da quantidade de peças que compõem tal bocal.

Figura 3 – Novas propostas de bocais



Fonte: Autores, 2024

### 5.2. MODELAMENTO MATEMÁTICO

Como o projeto AtomA visa as melhorias no maquinário de atomização, foram utilizadas algumas equações para analisar como a mudança dos parâmetros podem interferir no resultado do pó resultante, e a principal delas é a equação de Lubanska que é a equação mais utilizada em estudos de atomização a gás, ela está representada pela Equação 1. Além disso, o DEMa (UFSCAR) compartilhou dados experimentais com os quais será possível realizar uma comparação teórica, experimental e de simulação do modelo de estudo.

$$\frac{d_{50}}{d_{FM}} = K \cdot \left[ \frac{v_M}{v_G} \cdot \frac{1}{w_e} \cdot \left( 1 + \frac{\dot{M}}{\dot{G}} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{Eq (1)}$$

### 5.3. SIMULAÇÕES

#### 5.3.1. BOCAL

Nas simulações do bocal, utilizou-se uma malha tetraédrica de 1 mm para peças complexas e malha linear para peças simples. Para estudar a camada limite, aplicou-se a função inflation no cilindro simulado, simplificação feita para simular o componente capilar do bocal, e sizing para reduzir a malha na região de escoamento para 0,2 mm. A simulação inicial, com geração de calor por Efeito Joule no anel de resistência, foi ineficaz devido à perda de calor por convecção externa.

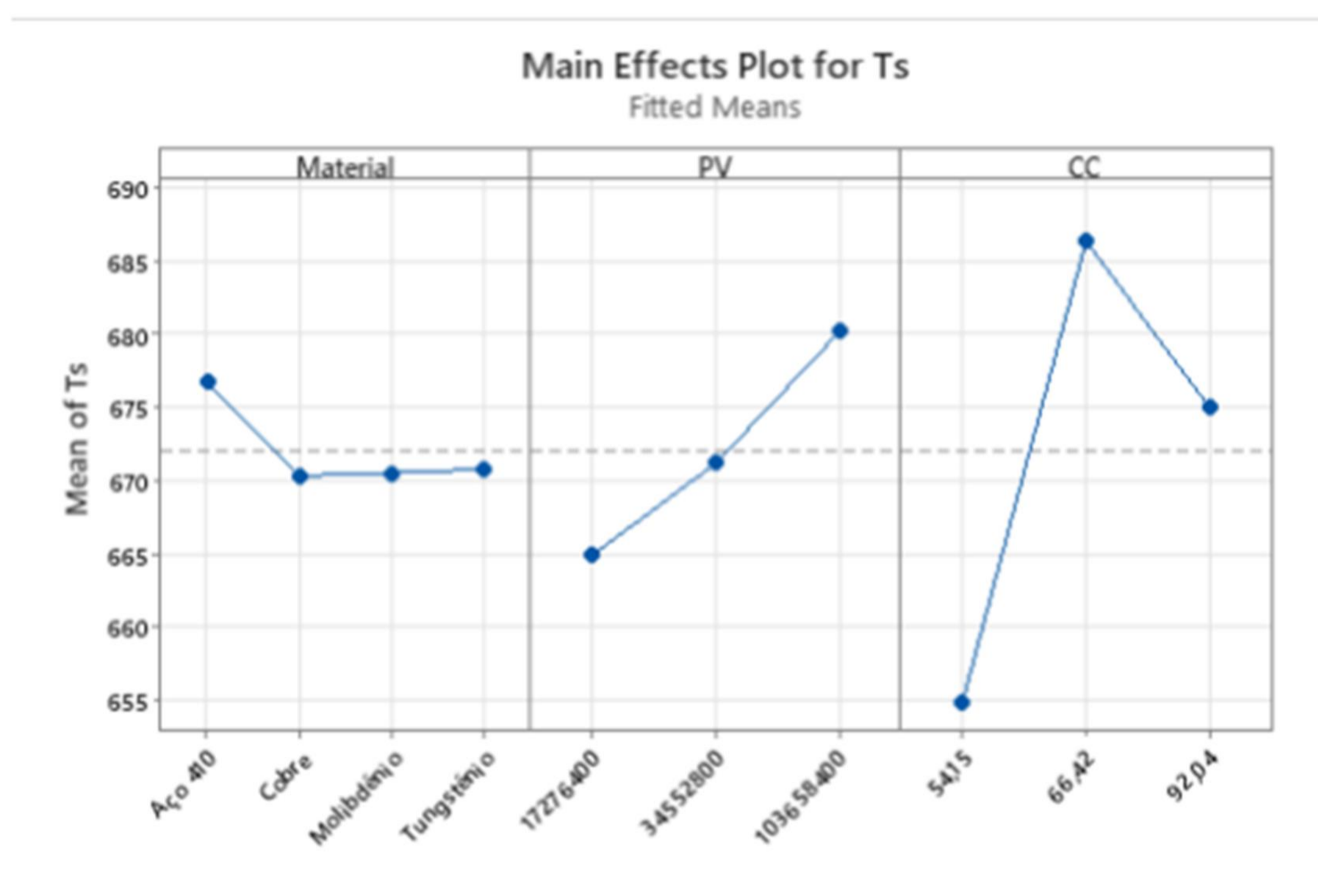
**Alunos:** Ana Beatriz de Oliveira Silva  
Ana Júlia Morare Gonçalves  
Lucas Bustamante  
Nicolas Santos de Moraes

**Orientador:** Adalto de Farias | afarias@fei.edu.br



Para solucionar tal problema propôs-se então gerar calor internamente, o que melhorou o aquecimento do bocal. Análises de variância com o software Minitab mostraram que interações entre os principais termos não influenciam significativamente a temperatura de saída, destacando a importância isolada do comprimento do capilar e da potência volumétrica. O estudo concluiu, com base nos resultados do Gráfico 1, que um comprimento ótimo do capilar aumenta a troca de calor com o ambiente, e que maior potência resulta em maiores temperaturas. A variação do material, apesar de menos influente, mostrou maior impacto para materiais com menor condutividade térmica.

Gráfico 1 – Resultados das análises estatísticas

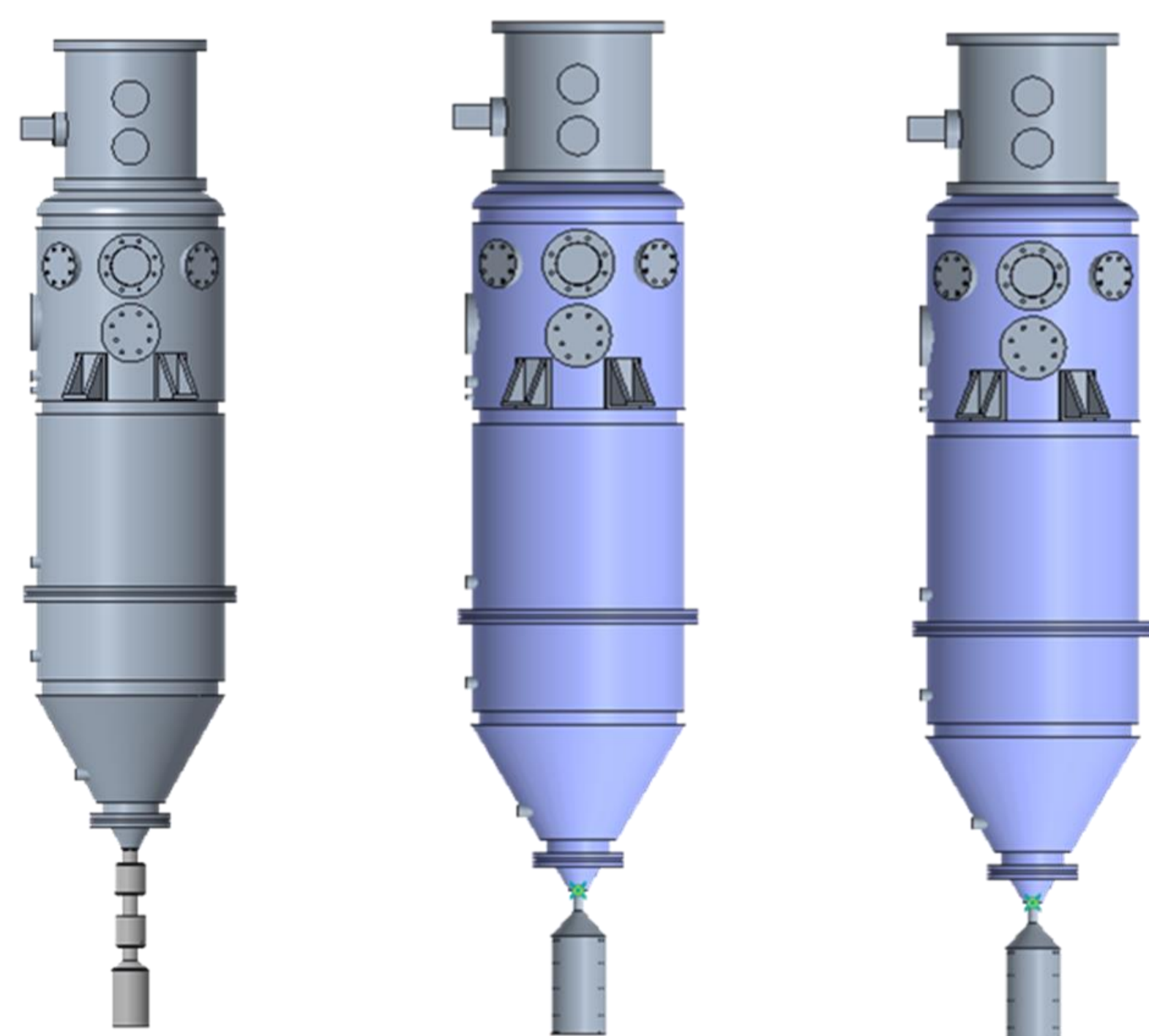


Fonte: Autores, 2024

## 5.3.2. VIBRAÇÃO

Para as simulações de vibração da estrutura foram realizadas três análises modais pelo ANSYS para verificar as frequências naturais das estruturas propostas sendo elas: a do atomizador atual, a do atomizador com uma peneira de vibração acoplada diretamente na câmara de atomização e o terceiro modelo que é um atomizador acoplado à câmara de atomização através de um amortecedor do tipo coifa. A Figura 4 apresenta os três modelos que foram simulados.

Figura 4 – Propostas de atomizadores simulados

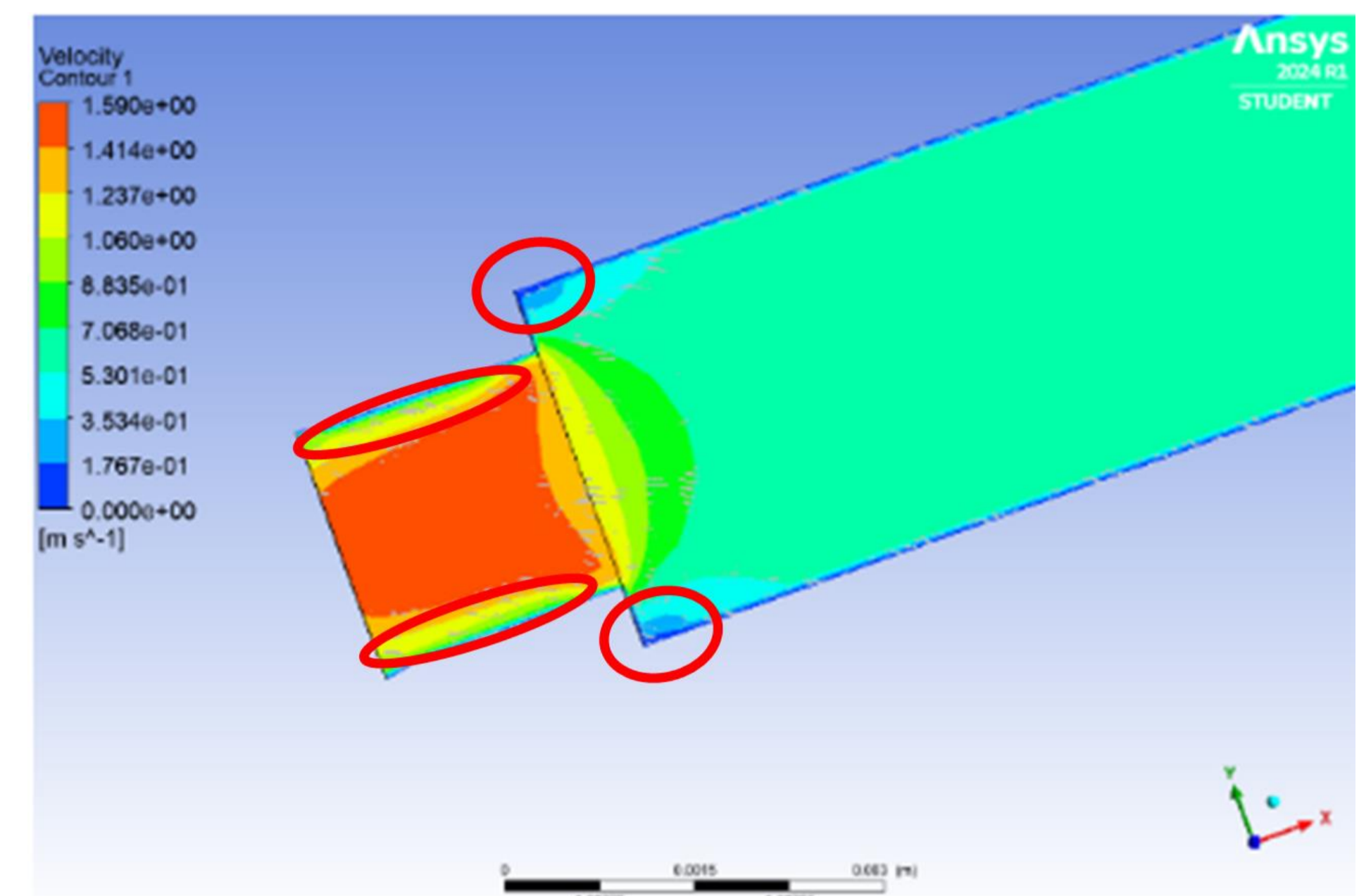


Fonte: Autores, 2024

## 6. RESULTADOS

A respeito das simulações de escoamento, conforme previsto, a estricção repentina do duto causa perdas de cargas localizadas bem visíveis, conforme as partes azuis escuras demonstradas nas laterais do capilar, Gráfico 2, que são decorrentes da formação de vórtices.

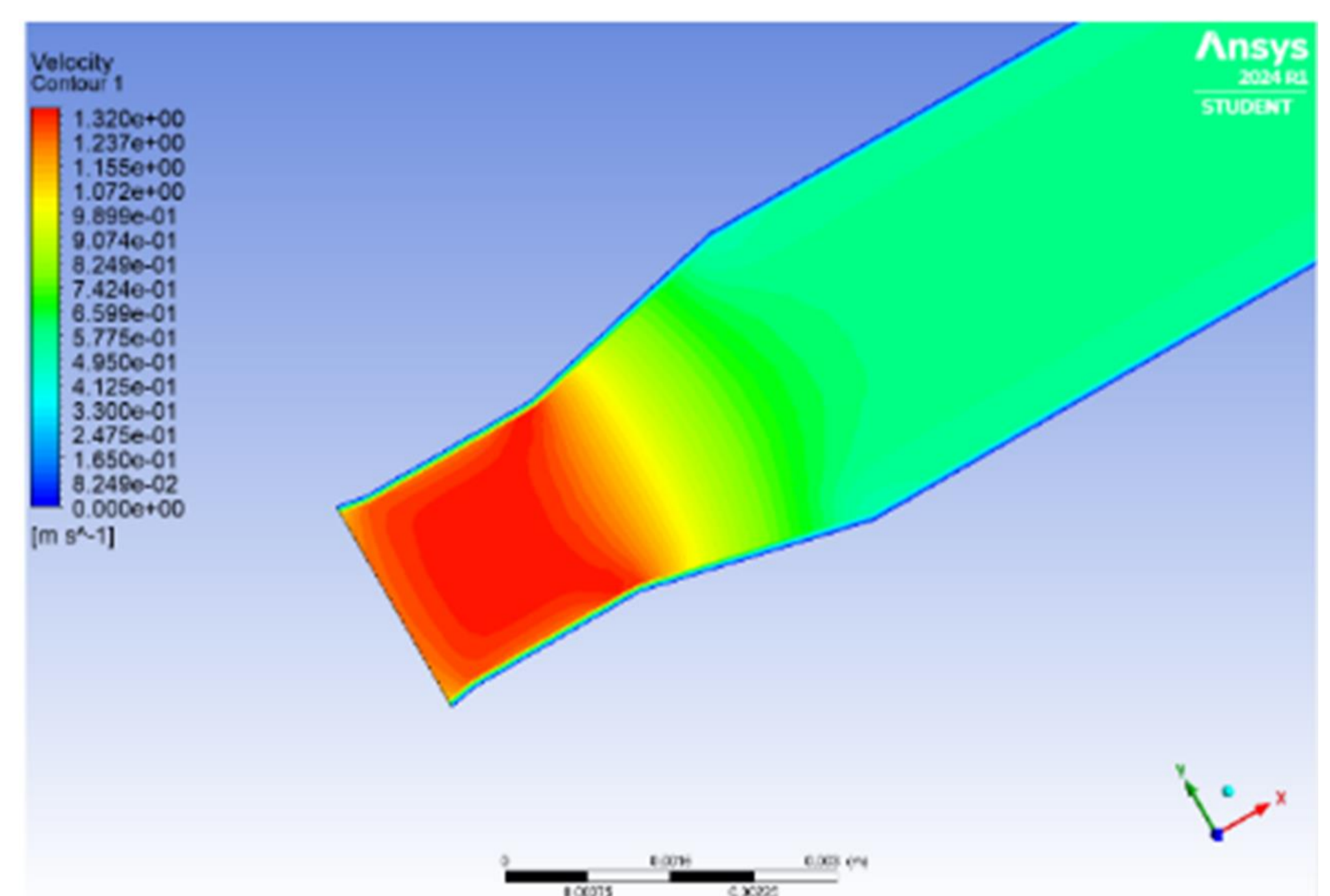
Gráfico 2 – Gráfico de velocidade de escoamento



Fonte: Autores, 2024

As alterações realizadas pelo grupo se mostraram efetivas em retirar a perda de carga localizada, uma vez em que, o duto agora passa a mudar sua área de seção gradualmente, como é possível verificar pelo Gráfico 3, que apesar da mudança no design do tubo, a vazão em massa não foi alterada pois a área de saída do capilar se manteve a mesma.

Gráfico 3 – Gráfico de velocidade de escoamento



Fonte: Autores, 2024

## 7. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos chegou-se a uma conclusão satisfatória deste trabalho, em relação ao bocal do atomizador obteve-se uma otimização do comprimento do capilar em 66 mm, uma redução de 19% do número de peças e a utilização de um bocal do tipo convergente. Na parte térmica, um aumento médio na temperatura de saída de 18 °C. Já em relação ao escoamento obtivemos uma remoção das perdas de cargas localizadas. E por fim, os resultados de vibrações obtidos mostraram que a utilização de um amortecedor na estrutura tiveram as frequências naturais abaixo da frequência de operação da peneira de 60 Hz, e essa simulação não apresentou um regime de ressonância aparente.