



# Simulação computacional empregada para o desenvolvimento geométrico de uma lata de aerossol

## *Computer simulation used for the geometric development of an aerosol can*

Caroline Marques Lau\*, Flávia Aparecida Reitz Cardoso †,  
Luis Fernando Grigoletto Hirata‡, Mateus Batichotti Silva§

### RESUMO

A aplicação da dinâmica de fluidos computacional (CFD) no estudo de aerossóis tem apresentado bons resultados principalmente por prever o padrão de fluxo do gás e o comportamento das partículas, além da temperatura, velocidade, tempo de residência e posição de impacto. Além disso, o CFD também pode ser usado para investigar diferentes projetos que utilizam os aerossóis como influenciadores de outros fenômenos também estudados com aumento de escala. Este artigo fornece as interações ar-partícula ocorridas segundo o modelo de turbulência  $k-\epsilon$  para prever a temperatura, velocidade e pressão ocorridas no interior da lata e as compara com as variáveis reais apresentadas pelo seu inventor, Eric Rotheim, em uma lata com as mesmas características apresentadas pela geometria. Além disso, as limitações atuais e o escopo futuro para a pesquisa potencial também são destacados.

**Palavras-chave:** Ansys ICEM. Aerossol. Simulação.

### ABSTRACT

The application of computational fluid dynamics (CFD) in the study of aerosols has shown good results mainly for predicting the gas flow pattern and the behavior of particles, in addition to temperature, velocity, residence time and impact position. In addition, CFD can also be used to investigate different projects that use aerosols as influencers of other phenomena also studied with scale-up. This article provides the air-particle interactions that occurred according to the  $k-\epsilon$  turbulence model to predict the temperature, velocity and pressure occurring inside the can and compares them with the real variables presented by its inventor, Eric Rotheim, in a can with the same features presented by geometry. In addition, current limitations and future scope for potential research are also highlighted.

**Keywords:** Ansys ICEM. Aerosol. Simulation.

## 1. INTRODUÇÃO

Eric Rotheim, um engenheiro e inventor norueguês, propôs o primeiro projeto de lata de aerossol há mais de 75 anos. A tecnologia evoluiu um pouco ao longo dos anos, mas as ilustrações da patente de Rotheim nos EUA de 1931 mostram a maioria dos principais elementos encontrados nas latas de aerossol de hoje (BELLIS, 2020).

\* Curso Técnico Integrado em Informática, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão, Paraná, Brasil; [carolinelau@alunos.utfpr.edu.br](mailto:carolinelau@alunos.utfpr.edu.br)

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão, Paraná, Brasil; [mateusbatichotti@alunos.utfpr.edu.br](mailto:mateusbatichotti@alunos.utfpr.edu.br)

‡ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão, Paraná, Brasil; [luishirata@alunos.utfpr.edu.br](mailto:luishirata@alunos.utfpr.edu.br)

§ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão, Paraná, Brasil; [reitz@utfpr.edu.br](mailto:reitz@utfpr.edu.br)



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

Inicialmente, a inovação de Rotheim não teve muito impacto no mundo. No entanto, foi durante a Segunda Guerra Mundial, quando os militares dos EUA usaram uma lata de aerossol para dispensar inseticida, que as pessoas perceberam o potencial do dispositivo. As latas fáceis de usar foram uma ajuda inestimável para os soldados no Pacífico, onde os insetos transmissores de doenças representavam uma ameaça mortal. Nos anos após a guerra, os fabricantes adaptaram essa tecnologia para uma ampla gama de aplicações. Hoje, existem milhares de produtos embalados em latas de aerossol, desde spray para cabelo até óleo de cozinha e remédios (BELLIS, 2020).

A ideia básica de uma lata de aerossol é muito simples: um fluido armazenado sob alta pressão é usado para impulsionar outro fluido para fora de uma lata. Para entender como isso funciona, faz-se necessário saber um pouco sobre fluidos e pressão de fluidos. Um fluido é qualquer substância composta de partículas que fluem livremente. Isso inclui substâncias em estado líquido, como a água de uma torneira, bem como substâncias em estado gasoso, como o ar na atmosfera. As partículas em um líquido estão fracamente ligadas, mas se movem com relativa liberdade. Como as partículas estão ligadas, um líquido a uma temperatura constante tem um volume fixo. Se aplicar energia suficiente a um líquido (aquecendo-o), as partículas vibrarão tanto que se libertarão das forças que as unem. O líquido se transforma em gás, um fluido no qual as partículas podem se mover independentemente. Esse é o processo de ebulição, e a temperatura em que ocorre é chamada de ponto de ebulição de uma substância. Diferentes substâncias têm diferentes pontos de ebulição: por exemplo, é necessária uma quantidade maior de calor para transformar a água de um líquido em um gás do que para transformar o álcool de um líquido em um gás (HARBELI, 2000).

A força das partículas individuais em movimento em um gás pode resultar em uma pressão considerável. Uma vez que as partículas não estão ligadas, um gás não tem um volume definido como um líquido: as partículas continuarão se empurrando para fora. Dessa forma, um gás se expande para preencher qualquer espaço aberto. Conforme o gás se expande, sua pressão diminui, uma vez que há menos partículas em qualquer área para colidir com qualquer coisa. Um gás aplica uma pressão muito maior quando é comprimido em um espaço relativamente pequeno porque há muito mais partículas se movendo em uma determinada área (HARBELI, 2000).

Uma lata de aerossol aplica esses princípios básicos a um objetivo simples: expulsar uma substância líquida. Um aerossol pode conter um fluido que ferve bem abaixo da temperatura ambiente (chamado de propelente) e outro que ferve a uma temperatura muito mais alta (chamado de produto). O produto é a substância que realmente se usa - o spray para cabelo ou repelente de insetos, por exemplo - e o propelente é o meio de tirar o produto da lata. Ambos os fluidos são armazenados em uma lata de metal lacrada (FEA, 2004).

Existem duas maneiras de configurar este sistema de aerossol. No projeto mais simples, se despeja o produto líquido, fecha a lata e bombeia um propelente gasoso por meio do sistema de válvula. O gás é bombeado em alta pressão, de forma que empurra o produto líquido para baixo com uma boa quantidade de força (FEA, 2004). Levando-se em consideração a embalagem proposta por Eric Rotheim, este projeto teve como objetivo desenvolver por meio da simulação computacional uma lata de aerossol e comparar o comportamento interno em relação à temperatura, velocidade e pressão com as variáveis reais apresentadas por uma lata de spray com as mesmas características.



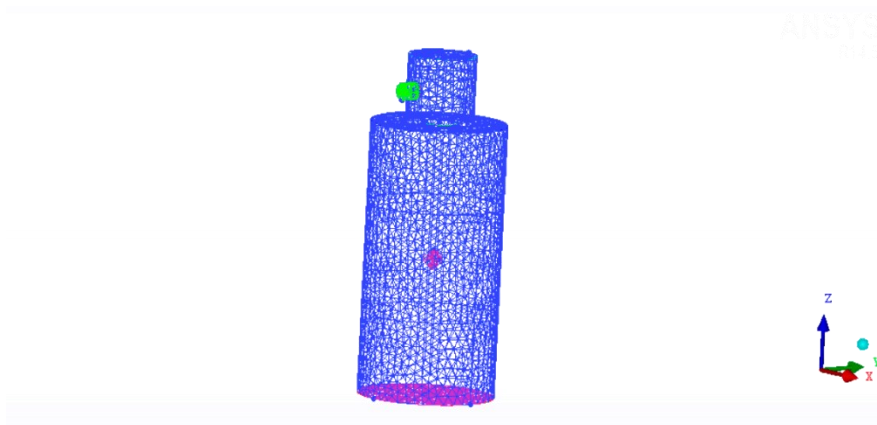
## 2. MÉTODO

Para o desenvolvimento do projeto, foram utilizados softwares da linha ANSYS, que são compostos de elementos finitos e que pode ser utilizado nas mais diversas classes de problema de engenharia (FERNANDES, 2019).

A princípio, foram realizadas simulações de geometrias mais simples para adaptação e introdução ao programa. Em prossecução, foi simulado um cubo com um prisma e outro com uma esfera, com a finalidade de análise de um escoamento laminar e um turbulento, respectivamente.

Procurando um exemplo do dia a dia, foi gerado uma lata de aerossol (Figura 1), utilizando uma malha tetraédrica, 3 tipos de materiais, alumínio, água oxigenada e ar, uma pressão de 90000 Pa e velocidade de magnitude de 10 m/s, cujos resultados serão apresentados a seguir.

**Figura 1 – Lata de aerossol**



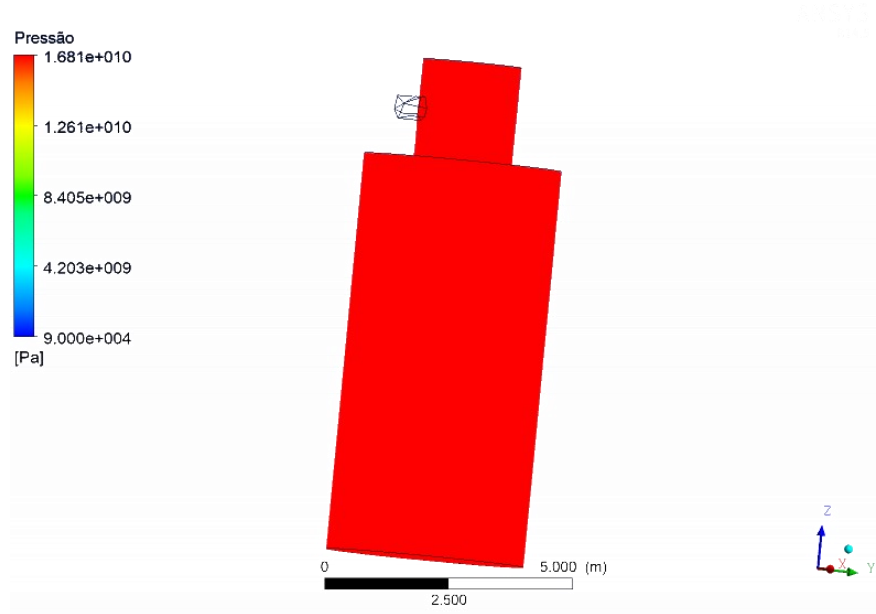
Fonte: Autoria Própria (2021).

## 3. RESULTADOS

Para obtenção dos resultados, foram simuladas 20000 iterações na lata de aerossol, gerando os gráficos de pressão (Figura 2), velocidade (Figura 3) e número de Reynolds (Figura 4).

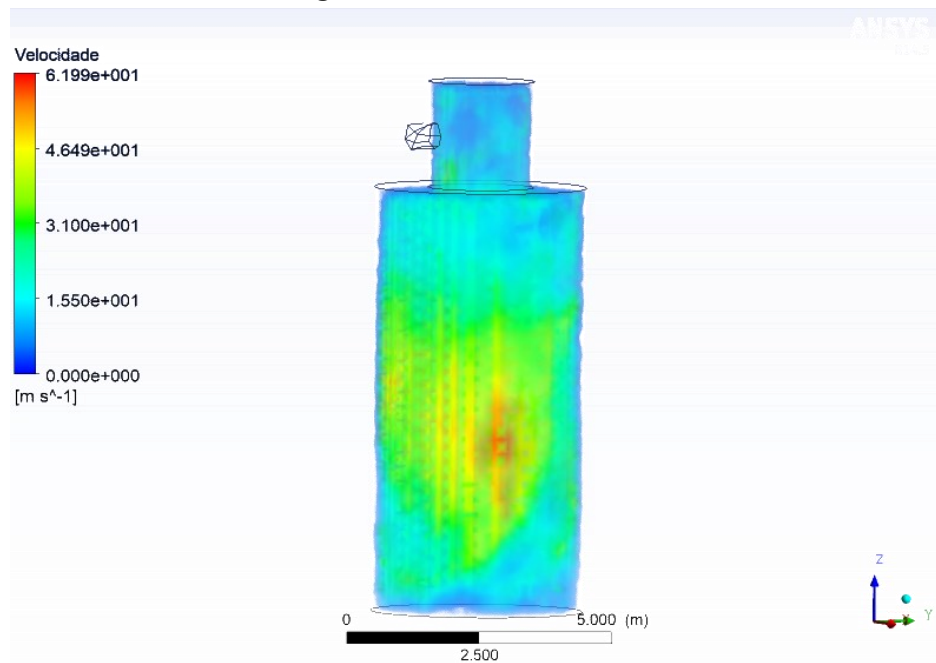
Como é possível perceber na Figura 2, a pressão dentro da lata é tão grande que o gás utilizado como propelente fica comprimido e se torna líquido, misturando-se ao produto. Em uma lata de aerossol, quando a válvula é apertada, a pressão dentro do frasco diminui e uma parte do gás líquido propelente se expande com alta velocidade (Fig. 3), transformando-se em gás novamente. Como o volume se torna maior que a capacidade da lata, este escapa com toda força, levando parte do produto para fora (CYRINO, 2019).

Figura 2 – Gráfico da pressão



Fonte: Autoria Própria (2021).

Figura 3 – Gráfico da velocidade

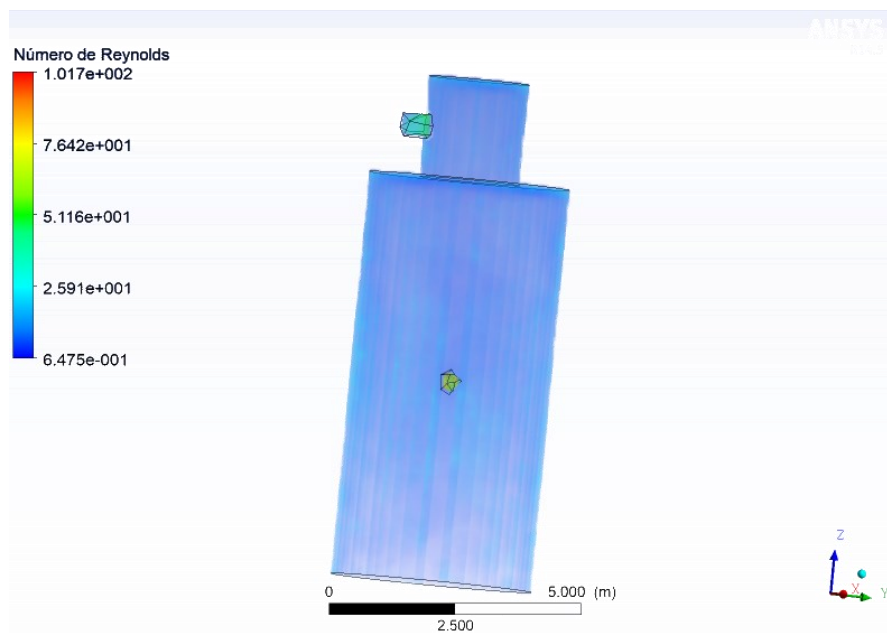


Fonte: Autoria Própria (2021).

Quando pequenas partículas de aerossol se movem através do ar o número de Reynolds é muito pequeno (menor que 1), os chamados escoamentos lentos. Na Figura 4, infere-se que este número é maior que 1, o que representa um escoamento rápido.

A partir deste número também pode-se concluir se é um escoamento laminar ou turbulento. Para o caso de um fluxo de água num tubo cilíndrico admite-se os valores de 2.000 e 2.400 como limites. Assim, para valores menores que 2.000 o fluxo será laminar, e para maiores que 2.400 o fluxo será turbulento. E para valores intermediários a estes, o fluxo será transitório (VICTOR, 2019). Portanto, a lata de aerossol apresentada na simulação apresenta um escoamento turbulento.

**Figura 4 – Gráfico do número de Reynolds**



**Fonte: Autoria Própria (2021).**

#### 4. CONCLUSÃO

Todos os valores encontrados podem ser comparados com dados reais de vários produtos que estão presentes no mercado e na fabricação de aerossóis, como desodorantes, cremes de barbear, inseticidas ou tintas. Levando em consideração que cada produto terá uma pressão, velocidade e número de Reynolds diferente.

O escopo das empresas deste e de outros ramos está centrado em economizar tempo e dinheiro na produção de suas mercadorias, e, a fim de alcançar seu objetivo, estas podem fazer uso da simulação computacional.

Em softwares como o utilizado neste projeto, podem ser realizados diferentes testes, para que sejam previstos tamanhos em escala industrial e evite retrabalho. O custo seria muito menor do que realizar estes testes em laboratórios. Este recurso permite prever e observar situações com precisão, além de impulsionar uma vantagem competitiva, por tornar possível a fabricação com menor margem de erro e produtos mais eficientes.



A criação de Eric Rotheim introduziu no mercado uma invenção revolucionária capaz de vaporizar, sob pressão, partículas sólidas ou líquidas, e a simulação computacional pode abrir caminho para melhor compreensão de seu comportamento.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à fundação Cnpq por custodiar todo o projeto e à minha orientadora pela instrução, confiança e por todos os ensinamentos.

## REFERÊNCIAS

- ANSYS. **ANSYS CFX Workbench**. Canonsburg, 2008.
- APEAL. **The steel aerosol**: it never stops making progress. Disponível em: <http://www.apeal.org/Contents/Inno/Pub096.html>. Acesso em: 07 set. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AEROSSÓIS E SANEANTES DOMISSANITÁRIOS ABAS. **Aerossóis**. Disponível em: <http://www.as.org.br>. Acesso em: 07 set. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14720: Embalagem metálica para aerossol: requisitos e verificação da resistência à pressão interna para embalagens vazias sem válvula**. Rio de Janeiro, 2001. 4 p.
- BELLIS, M. **The history of aerosol spray cans**. ThoughtCo, Aug. 28, 2020, [thoughtco.com/history-of-aerosol-spray-cans-1991231](http://thoughtco.com/history-of-aerosol-spray-cans-1991231).
- CYRINO, L. **Aerossol, tecnologia de 90 anos**. Disponível em: <https://www.manutencaoemfoco.com.br/aerossol-tecnologia-de-90-anos/>. Acesso em: 9 set. 2021.
- FEA. About aerosols. **Embalagem Marca**, São Paulo, v. 6, n. 62, p. 52, 54, out. 2004.
- FERNANDES, L. C. **Técnicas de otimização utilizando o ansys workbench**. 2019. (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Brasília, 2019. Acesso em: 7 set. 2021
- FORTUNA, A. O. **Técnicas computacionais para dinâmica dos fluidos: conceitos básicos e aplicações**. São Paulo: EDUSP, 2006.
- HARBELI, L. Aerossóis: cada vez mais atraentes. **Embalagem Marca**, São Paulo, v. 2, n. 9, p. 28-30, mar. 2000.
- KUBILAY, A.; DEROME, D.; BLOCKEN, B.; CARMELIET, J. CFD simulations and validation of wind-driven rain on a building facade with an Eulerian multiphase model. **Building and Environment**, v. 61 p. 69-81, 2013.
- VICTOR, J. **Número de reynolds: entenda tudo!** Disponível em: <https://www.guiadaengenharia.com/numero-reynolds-entenda/>. Acesso em: 9 set. 2021.