

ANÁLISE DE UM PROTÓTIPO DE CICLONE *STAIRMAND* PARA ATIVIDADES INTEGRALIZADORAS DO PET ENGENHARIA QUÍMICA

MASSUQUETTO, J. K.¹; PISKE, C. A.²; SILVA, A. M.³; PARISE, M. R.⁴

¹Grupo PET-Engenharia Química, UTFPR, Campus Ponta Grossa, Email: massuquetto@alunos.utfpr.edu.br¹, christopherpiske@alunos.utfpr.edu.br², arthurmarianisilva@alunos.utfpr.edu.br³, peteutfpr@gmail.com; ²Tutora do Grupo PET-Engenharia Química, UTFPR, Campus Ponta Grossa, parise@utfpr.edu.br.⁴

RESUMO: O presente trabalho tem como foco o processo de separação de partículas utilizando um ciclone. Seu principal objetivo é demonstrar através de um *software* o seu funcionamento e efetividade com base em uma modelagem específica e posteriormente, pelos resultados da simulação, projetar para uso em atividades integralizadoras ministradas pelo grupo PET Engenharia Química, respeitando o compromisso de uma formação acadêmica integral, além dos pilares de ensino, pesquisa e extensão.

Palavras-chave: Ciclone; Stairmand; Análise.

ANALYSIS OF A STAIRMAND CYCLONE PROTOTYPE FOR INTEGRALIZING ACTIVITIES OF PET CHEMICAL ENGINEERING

ABSTRACT: This work focuses on the particle separation process using a cyclone. Its main objective is to demonstrate its operation and effectiveness through specific software modeling and, based on the simulation results, to design it for use in integrative activities conducted by the PET Chemical Engineering group. This is done while adhering to the commitment to a comprehensive academic education and upholding the pillars of teaching, research, and extension.

Keywords: Cyclone; Stairmand; Analysis.

1. INTRODUÇÃO

Os processos de separação são comumente usados na indústria para a retirada de um determinado composto ou partícula ao qual se tem interesse. Os ciclones são equipamentos que, utilizando a força centrífuga, separam e coletam partículas, e podem ser usados também para limpeza de gases de um processo. Eles são feitos com materiais simples e sem partes móveis, podendo ser implementados para pressões e temperaturas altas ou baixas. (SOMMERFELD e TABORDA, 2024)

Os critérios mais importantes para projetar um ciclone são o tamanho do corte, que seria a curva de eficiência de retenção da partícula de interesse, e a perda de carga. O funcionamento é simples, onde as partículas são deslocadas pela força centrífuga para a parede do ciclone e em sequência para a caixa de coleta de partículas (MAJEWSKI, 2006).

Simplificando, o ciclone é alimentado por uma corrente gasosa que entra de forma tangencial na parte superior da seção cilíndrica, iniciando então o movimento em forma de vórtice. A força centrífuga então envia as partículas para a parede, então o coletor de sólidos, localizado na parte inferior, coleta as partículas sólidas, enquanto a corrente fluida sai pela parte superior.

Os ciclones são classificados de acordo com o seu desenho, a sua eficiência de separação e aplicação. O ciclone convencional é utilizado para remover partículas com um diâmetro médio a grande e pode ser utilizado em operações como por exemplo a pré-filtragem. Já os ciclones de alta eficiência são utilizados com o intuito de separar partículas finas, a maior eficiência desse reator se dá em virtude de um maior número de voltas de gás no ciclone, sendo utilizados para operações que precisem de alta pureza do gás. Os ciclones de baixa pressão são requeridos para operações que precisam de uma baixa perda de carga, utilizados em processos como a ventilação e exaustão industrial.

O protótipo proposto no presente trabalho é um ciclone Stairmand. Este tipo é recomendado para a separação de partículas sólidas de tamanho médio e fino, e frequentemente utilizado em indústrias de cimento e mineração, processamento de alimentos e para sistemas que controlam a ventilação industrial. Esse modelo possui um design simples aliado a um baixo custo de operação.

Com isso, o presente trabalho tem como objetivo demonstrar o funcionamento de um ciclone Stairmand por meio de uma simulação para posteriormente ser feito a construção de um protótipo a fim de ser usado em atividades do PET Engenharia Química.

2. METODOLOGIA

Neste primeiro momento, o grupo PET Engenharia Química se propôs a avaliar a viabilidade da construção do protótipo de um ciclone do tipo Stairmand. O projeto será aplicado em Atividades Integralizadoras do grupo, como um meio de facilitar o entendimento, por parte dos acadêmicos do curso de engenharia química, de conceitos teóricos que por muitas vezes soam abstratos, transformando-os em uma atividade prática de fácil visualização. Outro fator que instigou a construção do protótipo foi a possibilidade do mesmo ser levado a indústrias interessadas na região de Ponta Grossa/PR, com o intuito de se verificar a real eficácia do ciclone em aplicações reais, sendo, desse modo possível coletar “feedbacks” de possíveis melhorias.

Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica, com a intenção de buscar na literatura o princípio de funcionamento de um ciclone *Stairmand*, além de seus parâmetros de construção e aplicações.

Após os dados técnicos estarem consolidados, o intuito é o de demonstrar uma estruturação, com a modelagem e desenho, do protótipo do ciclone *Stairmand*. Para tal, foi utilizado o *software* Ansys, que a UTFPR possui licença, para criar um modelo tridimensional

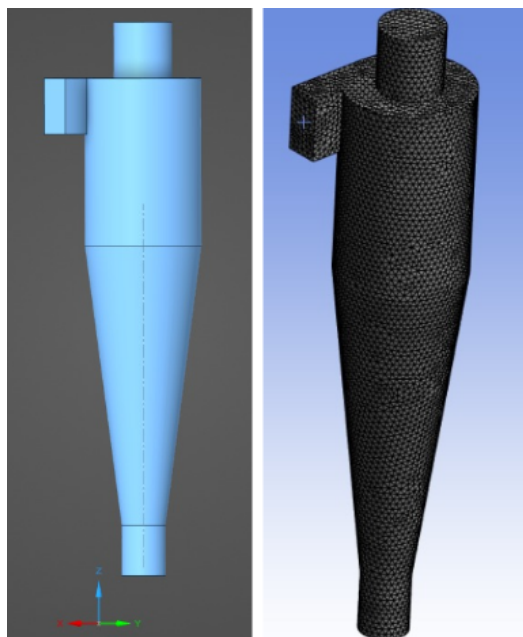
do protótipo, em escala reduzida. Demonstrando, também, a eficiência e funcionamento do mesmo, sendo possível a visualização do processo por meio da simulação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o auxílio do *software* Ansys, foi realizada a modelagem tridimensional completa do ciclone. A modelagem consistiu na construção de várias superfícies, que foram assimiladas para gerar um modelo sólido do ciclone. Este processo permitiu a obtenção de uma estrutura fiel às características geométricas do modelo de *Stairmand*.

Após a modelagem inicial, foi necessário recorrer à ferramenta de "*Mesh*" (malha), com o objetivo de preparar o modelo para análises numéricas. Para isso, utilizou-se da reestruturação do corpo do ciclone em formas geométricas tetraédricas. A escolha deste tipo de malha foi fundamentada em sua capacidade de adaptar-se a geometrias complexas, permitindo maior precisão nas simulações computacionais. Dessa forma, a malha tetraédrica gerou uma superfície ao longo de todo o ciclone, permitindo que os cálculos de dinâmica dos fluidos (CFD) e outras análises mecânicas pudessem ser resolvidas com maior exatidão.

Figura 1 - Ciclone modelado e Ciclone em formas geométricas tetraédricas.

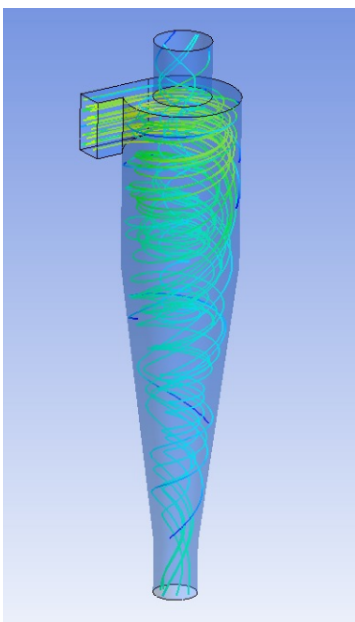


Fonte: Autoria própria.

Os dados utilizados para a inserção das partículas no ciclone, assim como as equações que descrevem os fenômenos físicos associados ao seu funcionamento, foram calculados e validados ao longo da simulação. Esse processo foi essencial para assegurar a precisão dos resultados e para permitir que, a partir das informações fornecidas, fosse possível gerar uma visualização gráfica das variáveis envolvidas e suas variações ao longo do tempo. O objetivo principal do *software* era que fosse capaz de simular o comportamento das partículas, rastreando o percurso de cada uma dentro do ciclone.

Com base no desenvolvimento e na coleta desses dados, foi possível elaborar uma representação visual detalhada do efeito dentro do ciclone, evidenciando o processo de separação das partículas em função de suas diferentes características, especialmente o diâmetro. O ciclone opera com uma velocidade que, ao interagir com as partículas, promove sua separação de acordo com o diâmetro de corte. Nesse processo, as partículas maiores e mais densas são direcionadas para a parte inferior do ciclone, enquanto as menores e mais leves são levadas para a região superior. Essa dinâmica de separação, visualizada por meio da simulação, é fundamental para compreender o comportamento das partículas e otimizar o desempenho do equipamento em aplicações industriais.

Figura 2 - Efeito das partículas.



Fonte: Autoria própria.

4. CONCLUSÕES

Após a conclusão da simulação, foi possível alcançar com êxito o objetivo principal de evidenciar o efeito de separação das partículas com base em suas distintas características. Com vistas a futuras atualizações desta pesquisa, pretende-se desenvolver um protótipo físico e funcional do ciclone, seguindo a mesma estrutura na simulação, porém em uma escala maior. Tal protótipo permitirá uma visualização mais tangível dos efeitos físicos e matemáticos associados ao ciclone. Além disso, almeja-se utilizar este modelo físico como ferramenta didática em instituições de ensino superior na região de Ponta Grossa, visando ilustrar aos alunos as atividades desenvolvidas no âmbito do projeto PET e, assim, despertar o interesse de novos estudantes pela universidade.

5. AGRADECIMENTOS

À tutora, Maria Regina Parise, pelo incentivo e pela dedicação ao projeto.
À UTFPR, pela estrutura e por ser a base de conhecimentos adquiridos.
Ao FNDE/MEC, pelo auxílio fornecido ao Programa de Educação Tutorial (PET).

6. REFERÊNCIAS

SOMMERFELD, M; TABORDA, M A. Understanding solid particle transport in a gas cyclone separator. **International Journal of Multiphase Flow**, p. 104992, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2024.104992>. Acesso em: 23 set.2024.

MAJEWSKI, Ryszard. Projeto, construção e avaliação experimental de um lavador de gases industrial. p. 126, 2006. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-22072007-142950/>. Acesso em: 23 set. 2024.