

**Construção de kit didático de câmara de poeira e avaliação por fluidodinâmica
computacional: uma prática ativa de aprendizagem**

**Construction of a dust chamber didactic kit and computational fluid dynamics
assessment: an active learning practice**

**Construcción de un kit didáctico de cámara de polvo y evaluación de dinámica de
fluidos computacional: una práctica de aprendizaje activa**

Recebido: 09/11/2020 | Revisado: 11/11/2020 | Aceito: 16/11/2020 | Publicado: 19/11/2020

Carolina Bragine Mangucci

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6030-0409>

Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil

E-mail: carolinabragine@gmail.com

Ana Carolina Ribeiro Stoppe

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4744-0738>

Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil

E-mail: anacarolina_stoppe@hotmail.com

Andreza A. Morais

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7048-6654>

Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil

E-mail: andrezamorais15@hotmail.com

Yara Aparecida Melo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2135-5188>

Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil

E-mail: yaraaparecidamelo@yahoo.com.br

Giovanna Novais Merola

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9348-4443>

Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil

E-mail: giovannamerola@hotmail.com

Kassia Graciele dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7452-6900>

Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil

E-mail: kassia.santos@uftm.edu.br

Resumo

As práticas laboratoriais de separação de misturas sólido-gás fazem parte do currículo de diferentes cursos de engenharia. O objetivo deste trabalho foi a construção e avaliação de um kit didático de bancada para separação de partículas em câmara gravitacional, utilizado industrialmente na coleta de pós. O kit foi projetado e construído por alunos da disciplina de Laboratório de Operações Unitárias, que utilizou o Projeto Orientado como metodologia ativa de ensino. Desta forma, este trabalho é relevante pois além de incorporar métodos ativos na aquisição do conhecimento do aluno, também possibilita a aquisição de equipamentos de baixo custo para os laboratórios de ensino. A geometria da câmara de separação foi compacta e utilizou um cooler para promover alimentação do ar. Cerca de 234,5 g de areia foram alimentadas na entrada do equipamento. Após a coleta das partículas ao longo da câmara, as amostras foram peneiradas, calculando-se a eficiência individual de coleta. O diâmetro de corte das partículas retidas em cada compartimento foi calculado por correlações da literatura e simulações de fluidodinâmica computacional. Através das simulações, obteve-se o perfil de velocidade de ar dentro da câmara e a trajetória das partículas. Os resultados experimentais mostraram uma eficiência global de coleta próximo de 100%, em que cerca de 94% das partículas foram coletadas no primeiro compartimento. Os valores de diâmetro de corte preditos pelas correlações e as simulações computacionais foram similares e próximos aos observados experimentalmente. Assim, este trabalho desenvolveu um kit didático simples, de baixo custo e eficiente para a separação sólido-gás.

Palavras-chave: Metodologia ativa; Aprendizado baseado no projeto; Separação sólido-gás.

Abstract

Laboratory practices for separation of solid-gas mixtures are part of the curriculum of different engineering courses. The objective of this work was the construction and evaluation of a didactic bench kit for particles separation in the gravitational chamber, used industrially for dust collection. The kit was designed and built by students from the Unit Operations Laboratory discipline, which used the Oriented Project, as an active teaching methodology. Thus, this work is relevant because incorporates an active method in the building process of knowledge, it also enables the acquisition of low-cost equipment for teaching laboratories. The geometry of the separation chamber was compact and used a cooler to promote air supply. About 234.5 g of sand was fed at the entrance of the equipment. After collecting the particles throughout the chamber, the samples were sieved, in order to calculate the individual collection efficiency. The cutting diameter of the particles retained in each compartment was

calculated by literature correlations and computational fluid dynamics simulations. Through the simulations, the air velocity profile inside the chamber and the trajectory of the particles were obtained. The experimental results showed a global collection efficiency close to 100%, in which about 94% of the particles were collected in the first compartment. The cutting diameter values predicted by correlations and computer simulations were similar and close to those observed experimentally. Thus, this work developed a simple, low-cost and efficient didactic kit for solid-gas separation.

Keywords: Active learning; Project based learning, Solid-gas separation.

Resumen

Las prácticas de laboratorio para la separación de mezclas de sólidos y gases forman parte del plan de estudios de diferentes cursos de ingeniería. El objetivo de este trabajo fue la construcción y evaluación de un kit de banco didáctico para la separación de partículas en cámara gravitacional, utilizado industrialmente en la recolección de polvos. El kit fue diseñado y construido por estudiantes de la disciplina Laboratorio de Operaciones Unitarias, que utilizaron el Proyecto Orientado como metodología de enseñanza activa. Así, este trabajo es relevante porque además de incorporar métodos activos en la adquisición de conocimientos del alumno, también posibilita la adquisición de equipos de bajo costo para los laboratorios de enseñanza. La geometría de la cámara de separación era compacta y usaba un enfriador para promover el suministro de aire. Aproximadamente 234,5 g de arena se alimentaron a la entrada del equipo. Luego de recolectar las partículas por toda la cámara, se tamizaron las muestras, calculando la eficiencia de recolección individual. El diámetro de corte de las partículas retenidas en cada compartimento se calculó mediante correlaciones en la literatura y simulaciones de dinámica de fluidos computacional. A través de las simulaciones se obtuvo el perfil de velocidad del aire dentro de la cámara y la trayectoria de las partículas. Los resultados experimentales mostraron una eficiencia de recolección general cercana al 100%, en la que aproximadamente el 94% de las partículas se recolectaron en el primer compartimento. Los valores de diámetro de corte predichos por correlaciones y simulaciones por computadora fueron similares y cercanos a los observados experimentalmente. Por lo tanto, este trabajo desarrolló un kit didáctico simple, de bajo costo y eficiente para la separación sólido-gas.

Palabras clave: Enseñanza activa; Aprendizaje en base a proyectos; Separación sólido-gas.

1. Introdução

Nos últimos anos, nota-se uma descentralização e diversificação do ensino. Sites como YouTube têm ganhado popularidade, principalmente com os projetos do tipo “Do it Yourself”(DIY), ou seja, faça você mesmo. Vários desses projetos mostram como é possível produzir versões customizadas de diversos equipamentos.

Em termos pedagógicos, tem crescido a difusão das metodologias ativas de ensino, em que o aluno passa a ser o centro do aprendizado e o principal responsável na aquisição de seu conhecimento.

As Metodologias Ativas consistem no desenvolvimento do processo de aprender por meio de experiências reais ou simuladas, de forma que os desafios propostos sejam solucionados com sucesso. Assim, o objetivo passa a ser o desenvolvimento das potencialidades dos alunos, para que estes se assumam como protagonistas do seu processo de formação (Belarmino et al., 2020). Silberman (1996) afirma que as metodologias ativas possibilitam aos alunos assimilar maior volume de conteúdo e reter por mais tempo a informação. Desta forma, há um maior engajamento dos alunos, que demonstram maior satisfação e prazer em participar das aulas.

Os métodos ativos de ensino e aprendizagem têm sido incorporados em diversas áreas, desde o ensino elementar (Gonçalves, 2020), fundamental (Faria et al., 2020), médio (Santos et al., 2020) e superior. No contexto do Ensino Superior, encontra-se na literatura diversos estudos de casos de métodos ativos, nas áreas de medicina (Freitas et al., 2020; Costa et al., 2020), enfermagem (Magalhães et al., 2020; Dias et al., 2020), psicologia (Neufeld et al., 2020), fisioterapia (Negro-Dellacqua et al., 2019), educação física (Sanchotene et al., 2020), sistemas de informação (Tolfo, 2020; Bigolin et al., 2020), letras (Welter et al., 2020), pedagogia (Brescovit et al., 2020), matemática (Bossi e Schimiguel, 2020), geografia (Utsumi, 2020), química (Capellato et al., 2019; Silva et al., 2020), biologia (Lima et al., 2020), engenharias (Shitsuka et al., 2019; Branco e Mello, 2020; Almeida e Santos, 2020; Silva et al., 2020; Tombini et al., 2020), dentre outros.

A Aprendizagem Baseada em Problemas é um método ativo de ensino que usa problema como base de motivação para o aprendizado autodirigido, possibilitando a construção do conhecimento em um ambiente de colaboração mútua. Os temas dos projetos devem abordar situações reais relacionadas à carreira profissional, a fim de proporcionar experiências interdisciplinares. Como vantagens apresenta: o desenvolvimento de competências para solução de problemas, proatividade, desenvolvimento do pensamento

crítico e maior retenção do conteúdo em relação ao ensino tradicional (Dube et al., 2014; Hassan, 2014).

Almeida e Santos (2020) aplicaram Aprendizagem Baseada em Problemas no Ensino do Laboratório de Engenharia Química. O trabalho reporta o estudo de caso desenvolvido pelos alunos, quando desafiados a implementar um projeto de ajuda humanitária em algum país subdesenvolvido. Os alunos deveriam encontrar o problema e propor uma solução, utilizando os equipamentos estudados na disciplina, sobre processos de separação envolvendo transferência de massa. Devido a um derramamento recente de gasolina em Bogotá, os alunos propuseram a purificação da água contaminada por gasolina pelo método de adsorção. Eles construíram um protótipo em que a casca de banana seca foi utilizada como adsorvente, possibilitando a remoção de 1,91 g de gasolina/g da biomassa, sem custos significativos. Durante o desenvolvimento do projeto, os alunos empregaram na prática todos os conceitos teóricos referentes à adsorção. Os alunos desenvolveram também outras habilidades e competências como a empatia, comunicação, trabalho em grupo, capacidade de integrar diferentes conteúdos, além de documentarem todo o processo em vídeo em inglês.

De acordo com Cruz e Gomes (2019), o uso do Ensino Baseado em Projetos possibilita a construção de protótipos da sua área de atuação, o que pode ser uma solução para incrementar a prática laboratorial, visto que em vários laboratórios não há uma instrumentação adequada ou equipamentos compatíveis com a ementa dos cursos.

As disciplinas de projeto de equipamentos para separação de misturas são parte do currículo das engenharias, principalmente das engenharias química, de processo, ambiental, alimentos, civil, dentre outras. A heterogeneidade das turmas e o tempo reduzido que estas disciplinas ocupam nos currículos dos cursos de Engenharia têm motivado a utilização de novas ferramentas e metodologias para auxiliar os alunos na compreensão dos fenômenos de transferência de massa, energia e quantidade de movimento que ocorrem dentro dos equipamentos, a assim, aumentar a motivação e interesse dos alunos.

No caso do projeto de equipamentos de separação de sólido-fluido, geralmente ministrado nas disciplinas de Operações Unitárias da Indústria, os alunos têm apresentado dificuldades de compreensão do funcionamento dos equipamentos e muitas vezes demonstram ausência de conceitos físicos sobre o escoamento de fluidos e partículas, ensinados nas disciplinas de Fenômenos de Transporte, já cursadas pelos alunos. Observa-se também a dificuldade dos alunos em estabelecer estas correspondências entre os esquemas dos equipamentos e as imagens reais e principalmente de visualizá-las tridimensionalmente (Almeida et al., 2020).

Neste aspecto, a prática laboratorial vem consolidar e colocar à prova os conhecimentos adquiridos nas disciplinas teóricas. O Laboratório de Operações Unitárias é de suma importância na formação do engenheiro químico, de processos e ambiental, pois permite que os alunos se deparem com problemas reais relacionados à operação dos equipamentos industriais.

Dentre as Operações Unitárias que envolvem transferência de quantidade de movimento para separação sólido-fluido, a câmara de poeira pode ser usada para separação de sólidos provenientes de uma corrente gasosa e na classificação de sólidos por faixas de tamanho. Tal operação é importante para reduzir a exposição dos trabalhadores ao pó, cumprir normas de saúde e segurança na emissão de ar e reduzir os danos e exposição à poeira a vizinhança. Estes equipamentos são muito presentes em indústrias que possuem gases muito sujos em termo de material particulado.

A separação do sólido na câmara de poeira é baseada na sedimentação livre, considerando o próprio peso e velocidade terminal das partículas. Os gases entram na câmara transversalmente e com velocidade tal que permita a sedimentação das partículas nos coletores da câmara. Industrialmente, esses equipamentos são de grande porte e têm sido substituídos por equipamentos mais compactos, como ciclones e filtros manga. Com a diminuição dos recursos governamentais para a Educação e Pesquisa Científica no Brasil, que se agravou após 2018, equipar adequadamente os laboratórios se tornou uma tarefa árdua, quase impossível. A maioria dos kits tem valor comercial elevado, o que impossibilita as Instituições de ensino de diversificar as práticas laboratoriais. Neste contexto, o desenvolvimento de equipamentos de bancada com baixo custo se tornou também uma interessante e promissora área para pesquisa, que pode ser implementada na graduação como uma metodologia ativa de ensino (Almeida e Santos, 2020).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver, construir e testar um protótipo de baixo custo de uma câmara de separação no campo gravitacional. O equipamento foi projetado e construído pelos alunos, na aplicação de um Projeto Orientado na disciplina de Laboratório de Operações Unitárias A, da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, no ano letivo de 2016. A câmara de separação foi projetada para classificar uma amostra de areia em diferentes faixas tamanhos, mostrando que esta separa misturas sólido-gás e também faz classificação de partículas por tamanho (separação sólido-sólido).

Os dados experimentais obtidos no equipamento foram então preditos por meio de correlações da literatura, envolvendo cálculos da dinâmica da partícula (Cremasco, 2014). Além disso, foi realizada uma simulação de fluidodinâmica computacional (CFD) do

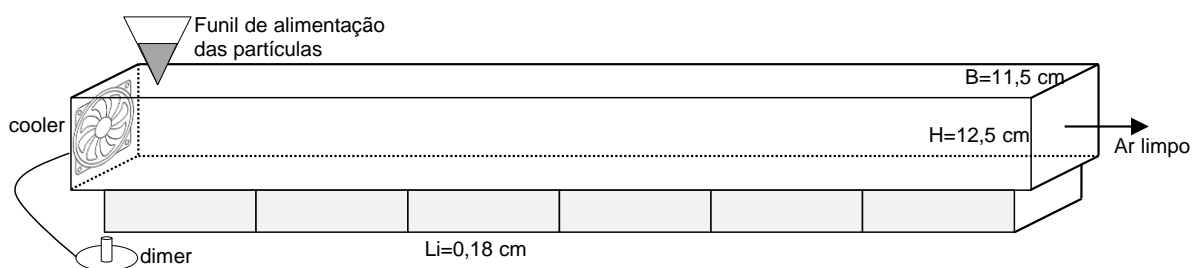
equipamento, a fim de observar e prever o perfil de escoamento do fluido e dos sólidos, empregando o Modelo de Fase Discreta (DPM). Simulações numéricas empregando fluidodinâmica computacional são usualmente empregadas na obtenção de dados que são experimentalmente de difícil acesso, e podem ser aplicadas a diversos equipamentos, como câmaras de separação (Almeida et al., 2020), secadores (Stoppe et al., 2020; Rocha et al., 2020), hoppers (Paula et al., 2020), leitos de jorro e fluidizado (Santos et al. 2015, Araújo e Santos, 2017; Santos et al., 2017), tambores rotatórios (Silvério et al., 2014), etc. Essa simulação realizada é um exemplo de possibilidade de Projeto Orientado na disciplina de Introdução à Fluidodinâmica Computacional.

2. Métodos

2.1 Construção da Câmara de Poeira

A Figura 1 apresenta um esquema da unidade experimental construída, enquanto a Figuras 2 apresenta detalhes do aparato da câmara de separação montado.

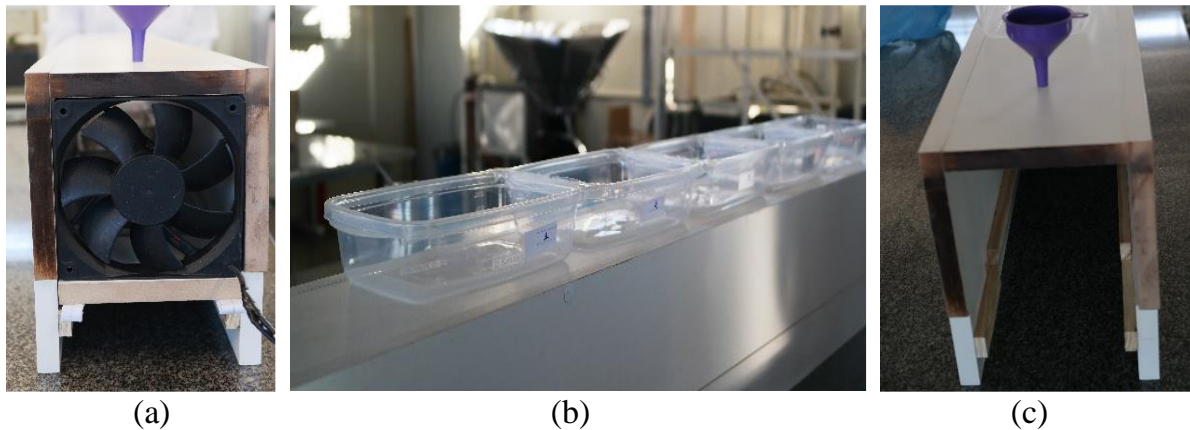
Figura 1. Esquema da unidade experimental construída: câmara de mdf; seis compartimentos plásticos transparentes para coleta das partículas; funil para alimentação da areia; cooler para alimentação de ar, dimer para regulagem da velocidade do ar.



Fonte: Autores.

A Figura 1 mostra a câmara de poeira, confeccionada de material MDF e com dimensões externas de 0,15 m de largura, 0,203 m de altura e 1,20 m de comprimento. Em uma das extremidades da câmara, na região superior, foi instalado um cooler para promover a alimentação de ar, em que a velocidade de rotação foi ajustada por meio de um dimer, em detalhes na Figura 2a.

Figura 2. Detalhes da unidade experimental: (a) cooler e funil de alimentação; (b) recipientes usados na coleta das partículas; (c) trilho para encaixe dos compartimentos de coleta.



Fonte: Autores.

Para realizar a coleta de partículas na parte inferior do equipamento, utilizou-se seis recipientes de polipropileno, que foram enfileirados em trilhos de madeira e que podiam se movimentar, como gavetas (Figura 2b). Na parte superior da câmara, próximo ao cooler, foi feito um furo para encaixe de um funil, por onde as partículas eram inseridas na câmara (Figura 2c). A altura (H) da câmara por onde havia circulação de fluido foi de 12,5 cm, com uma largura (B) de 11,5 cm. O comprimento de cada um dos seis compartimentos (L_i) foi de 18,4 cm.

O custo total da câmara não foi elevado, visto que o material base (MDF), o Cooler propulsor, bem como a mão-de-obra referente à fabricação foram doados, resultando assim em um gasto monetário de R\$ 44,00.

2.2 Procedimento Experimental

Após a inserção dos compartimentos de coleta em suas posições, na parte inferior da câmara, e as laterais, foi feita a vedação entre os recipientes e a parede da câmara, empregando fita adesiva, a fim de minimizar a perda de partículas durante o processo. O uso a fita é importante, pois permite a fácil remoção dos compartimentos ao fim do experimento.

Em seguida, ligou-se o cooler e a vazão de ar na câmara foi ajustada empregando-se um controlador da voltagem da fonte do cooler, o que permitiu controlar a rotação do cooler, e assim a velocidade do ar dentro da câmara. Foi escolhida uma velocidade de ar em que as menores partículas da amostra chegassem nos últimos compartimentos.

Foi realizada a medida do perfil de velocidade do ar ao final da câmara, por meio de um anemômetro de fio quente, sendo aferida a velocidade em diferentes posições, a fim de obter-se a velocidade média de escoamento do ar, e conseqüentemente a vazão. A partir das medidas de velocidades na entrada do equipamento, obteve-se uma velocidade média de 1,15 m/s, ou seja, 115,4 cm/s. Considerando uma área transversal ao escoamento de 143,75 cm², a vazão considerada para os cálculos teóricos da fração de diâmetros de partículas retidos em cada compartimento foi da ordem de 16584,438 cm³/s.

Tendo fixado a velocidade ideal, na qual as menores partículas conseguiam chegar até os últimos compartimentos, sem serem expulsas para o exterior da câmara, deu-se início ao experimento. A amostra de areia foi então inserida na câmara, através do funil de alimentação. Essa etapa foi feita com o auxílio de uma espátula, e sempre pelo mesmo operador, a fim de manter uma taxa aproximadamente constante de alimentação.

Quando todas as partículas já haviam sido depositadas no interior da câmara, cessou-se a fonte de ar, desligando o cooler e a parte superior do aparato foi retirada e as partículas retidas em cada compartimento foram pesadas em balança analítica.

Em seguida, realizou-se o peneiramento da amostra contida em cada compartimento, empregando um agitador de peneiras e um conjunto de peneiras com 9, 10, 14, 20, 28, 35, 48, 100, 200 mesh, bem como o fundo. Através da massa retida em cada peneira foi calculada a fração mássica retida (Δ) e a fração mássica acumulativa (X). Todas as distribuições granulométricas foram ajustadas segundo o modelo RRB, descrito pela Equação 1.

$$X = 1 - \exp\left(-\left(\frac{D}{D_{63}}\right)^n\right) \quad (1)$$

A partir da distribuição granulométrica, foi calculada a eficiência individual de coleta (η_i) em função do diâmetro médio de peneira para i compartimentos (D_i), dada pela razão entre a massa de partículas de diâmetro D no compartimento i pela massa destas na alimentação.

A eficiência de remoção de cada compartimento foi obtida pela razão da massa no compartimento i pela massa total alimentada no equipamento.

2.3 Cálculo do Diâmetro de Corte pelas Correlações

A partir do perfil de velocidade obtido, foi calculada a velocidade média (v) de ar, fornecida à câmara por meio do cooler. Tendo isso, e utilizando da área na qual o escoamento

se dá (A), foi possível o cálculo da vazão (Q), dada em cm³/s, estabelecida no interior da câmara de poeira, através da Equação 2.

$$Q = v.A \quad (2)$$

Uma vez conhecido o comprimento do recipiente que a partícula deve percorrer para ser coletada, estimou-se a velocidade terminal das partículas, v_t , em cm/s, a partir da Equação 3, a qual considera o comprimento final em que o compartimento se encontra (L), e a largura da câmara de poeira (B), ambos em cm. Desta forma, encontra-se a velocidade terminal da partícula de diâmetro de corte (d^*) desconhecido. Assim, partículas com diâmetro maior que d^* são coletadas com eficiência de 100%, teoricamente.

$$v_t = \frac{Q}{BL} \quad (3)$$

A fim de estimar os valores teóricos de d^* [cm], empregou-se os cálculos sequenciais, deduzidos a partir da equação de quantidade de movimento de uma partícula isolada. Foram empregadas as correlações de regime intermediário ($0,5 < Re < 1000$), para partículas irregulares. Uma vez calculadas as velocidades terminais das partículas, emprega-se a correlação da Equação 4 para cálculo de C_D/Re , em que C_D é o coeficiente de arraste sólido-fluido, em que ρ e ρ_s são a densidade do fluido e das partículas, respectivamente, em g/cm³; μ é a viscosidade (em Poise) e ϕ representa a esfericidade da partícula ($\phi=0,7$).

$$\frac{C_D}{Re} = \frac{4(\rho_s - \rho)\mu g}{3\rho^2 v_t^3} \quad (4)$$

Através da Equação 5 estima-se o Re da partícula, com auxílio dos parâmetros K_1 (Equação 5) e K_2 (Equação 6), responsáveis por colocar o efeito da não esfericidade da partícula. A partir da definição do Re foi possível calcular d^* , por meio da Equação 8.

$$Re = \left[\left(\frac{24}{K_1(C_D/Re)} \right)^{(1,3/2)} + \left(\frac{K_2}{(C_D/Re)} \right)^{1,3} \right]^{(1/1,3)} \quad (5)$$

$$K_1 = 0,843 \log \left(\frac{\phi}{0,065} \right) \quad (6)$$

$$K_2 = 5,31 - 4,88\phi \quad (7)$$

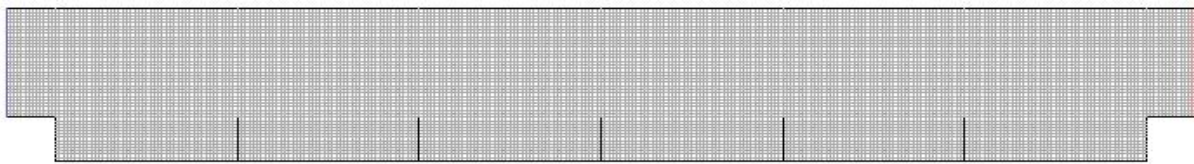
$$d^* = \frac{Re \mu}{\rho v_t} \quad (8)$$

Para os cálculos, a densidade das partículas utilizada foi de $2,5 \text{ g/cm}^3$, com esfericidade $\varnothing=0,7$. Para o ar a 20°C , tem-se que a viscosidade usada foi $\mu= 0,018 \text{ cP}$ e uma densidade $\rho=0,0012 \text{ g/cm}^3$. Sendo assim, K_1 apresenta um valor de $0,874$ e $K_2 = 1,894$.

2.4 Simulações fluidodinâmicas

Na etapa de pré-processamento das simulações, foi confeccionada uma malha computacional estruturada em duas dimensões (2D), contendo cerca de 12950 elementos quadriláteros. A Figura 3 mostra a malha computacional, confeccionada empregando o “software” GAMBIT, na qual observa-se os elementos quadriláteros da malha. Em azul está assinalada a condição de contorno de velocidade na entrada de fluido, que foi de $1,15 \text{ m/s}$, enquanto a saída, em vermelho, foi definida a condição de pressão atmosférica. As linhas pretas se referem às paredes no equipamento, em que as velocidades de concentração de fluido foram definidas como nulas.

Figura 3. Malha computacional adotada nas simulações do tanque da câmara de poeira.



Fonte: Autores.

Inicialmente foi simulado o escoamento do ar na câmara de poeira, nas mesmas condições de velocidade e temperatura do experimento, em regime permanente, empregando o software Fluent 20.1 (Student). Em seguida, criou-se conjuntos com 33 partículas de cada tamanho, dentro da faixa de tamanho dos sólidos estudados experimentalmente. Para obtenção da trajetória das partículas, empregou-se o Modelo de Fase Discreta (DPM), em que a equação do movimento da partícula é resolvida considerando o campo de velocidades da vizinhança, considerando apenas a interação da partícula com o fluido. Assim, é possível obter as trajetórias de cada partícula no equipamento, bem como a quantidade de partículas que não são coletadas, ou seja, que deixam a corrente de saída do equipamento.

A parede de cada compartimento foi definida como parede de coleta, possibilitando conhecer a quantidade de partículas que foram retidas em cada compartimento. Desta forma, também foi possível obter a grade de eficiência individual de coleta em função do diâmetro de

partículas, para cada compartimento e também obter o diâmetro de corte simulado, que será então comparado com o obtido por meio das correlações. No entanto, como no experimento a classificação das partículas fica em função dos diâmetros de abertura das peneiras utilizadas, a comparação será qualitativa, comparando-se quantitativamente a eficiência global de coleta por compartimento, e do equipamento como um todo. A seguir encontra-se a descrição dos modelos simulados no trabalho.

2.4.1 Modelo de Fase Discreta

Há duas maneiras de abordar um problema quando se trata de cálculo do movimento de partículas num fluido em escoamento utilizando o vetor de velocidades $v(x,y,z,t)$. A visão Lagrangeana fixa coordenadas fixas, x_1 , y_1 e z_1 nas funções de campo de velocidade e assim, é possível medir a velocidade das partículas que passam por este ponto a cada instante e o vetor torna-se (x_1,y_1,z_1,t) .

Para a descrição da trajetória das partículas no tanque de areia, pode-se utilizar o modelo de Fase discreta, recomendado para condições de suspensões diluídas, ou seja, com uma porcentagem volumétrica de sólidos em até 10%. Nesta abordagem, admite-se que a baixa quantidade de partículas não influencia o escoamento do fluido, e assim este pode ser obtido separadamente, como se escoasse sozinho (Almeida et al., 2020).

O campo de velocidades do fluido é obtido pela resolução da equação da continuidade e da equação de quantidade de movimento para a fase fluida, definidos pelas Equações 9 e 10, respectivamente.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho) + \nabla \cdot (\rho \vec{v}) = S_m \quad (9)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \vec{v}) + \nabla \cdot (\rho \vec{v} \vec{v}) = -\nabla p + \nabla \cdot \bar{\bar{\tau}} + \rho \vec{g} + \vec{F} \quad (10)$$

em que S_m representa a massa adicionada para a fase contínua (fluida) devido à dispersão da fase discreta (partículas); $-\nabla p$ é gradiente de pressão estática; $\rho \vec{g}$ representa a força gravitacional e \vec{F} as forças de corpo, $\bar{\bar{\tau}}$ é tensor tensão de deformação da fluida, que pode ser descrito pela Equação 11.

$$\bar{\tau} = \mu \left[(\nabla \vec{v} + \nabla \vec{v}^T) - \frac{2}{3} \nabla \cdot \vec{v} I \right] \quad (11)$$

Após a simulação da distribuição de velocidade do fluido no interior do equipamento, as partículas são injetadas, ou seja, a trajetória das partículas pode ser predita através da integração da equação do movimento da partícula, a qual contabiliza o balanço entre as principais forças que atuam sobre a partícula, conforme a Equação 12.

$$\frac{\partial u_p}{\partial t} = F_D (u - u_p) + g_z \left(\frac{\rho_p - \rho}{\rho_p} \right) + F_z \quad (12)$$

em que u é a velocidade do fluido [m/s], u_p é a velocidade da partícula [m/s], ρ_p e ρ são a densidade da partícula e do fluido [kg/m^3], respectivamente. As demais forças que podem atuar sobre a partícula são representadas por F_z . O termo $F_D(u - u_p)$ representa a força de arraste por unidade de massa da partícula (Equação 13).

$$F_D = \frac{18\mu}{\rho_p d_p^2} \frac{C_D \text{Re}}{24} \quad (13)$$

Através dessas correlações, foi possível então calcular o diâmetro de corte das partículas em cada um dos compartimentos do equipamento.

3. Resultados e Discussão

Após a construção do kit, o mesmo foi testado por meio de um experimento, para avaliar sua eficiência de separação. A Figura 4 mostra as partículas recuperadas nos compartimentos.

Figura 4. Partículas de areia distribuídas no interior da câmara.



Fonte: Autores.

Na Figura 4, nota-se que a maioria das partículas foi coletada no primeiro recipiente, enquanto partículas menores encontram-se nos demais recipientes. Isso ocorre porque as partículas maiores caem com maior velocidade terminal devido à sua maior massa, e assim percorrem uma menor trajetória longitudinal, caindo no início do equipamento.

Observou-se que 94% da massa inicial de partículas ficou retida no 1º compartimento, seguida por 4,6% no compartimento 2 e o restante do pó fino dividido nos demais compartimentos. Foi coletada cerca de 99,8% da massa de sólidos alimentada na câmara o que mostra que o equipamento construído foi eficiente, pois tem eficiência global de coleta próximo de 100%.

Após realizar o peneiramento das misturas retidas em cada compartimento, foi ajustado o modelo de distribuição granulométrica RRB, com valores dos parâmetros dispostos na Tabela 1. A Figura 5a apresenta a fração mássica acumulativa (X) das misturas de cada compartimento, tanto experimental quanto ajustada pelo modelo RRB. O parâmetro D_{63} é o diâmetro em que 63% é menor que ele. Assim, ao compararmos o valor desse parâmetro na Tabela 1, podemos observar que o D_{63} do compartimento 1 (0,760 mm) é maior que o da alimentação (0,737 mm), confirmando que o primeiro compartimento, próximo à entrada coleta preferencialmente as maiores partículas. Assim, o valor de D_{63} vai diminuindo ao longo do equipamento, visto que os compartimentos mais distantes coletam partículas menores.

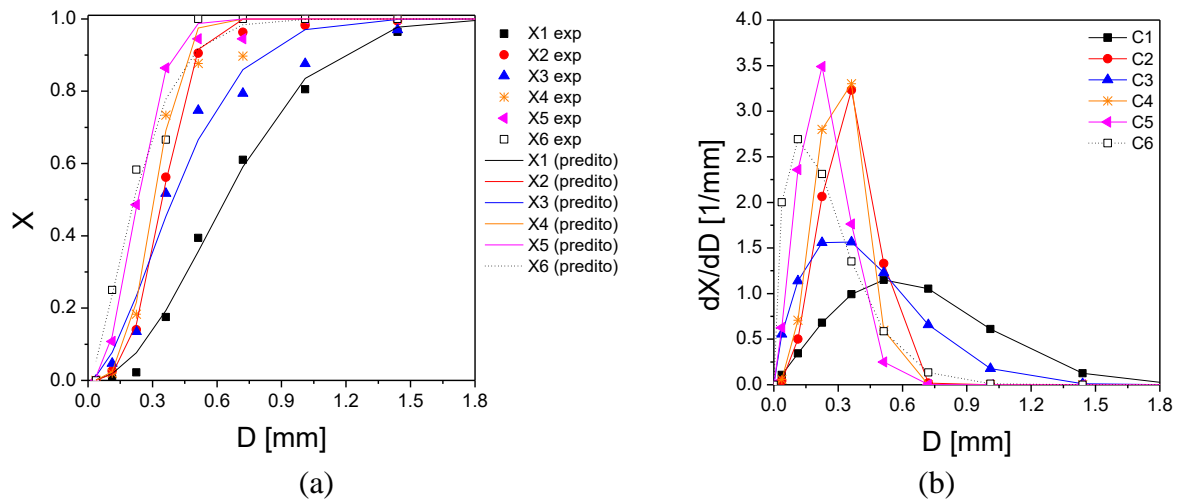
Tabela 1. Parâmetros do modelo de distribuição granulométrica RRB, para a alimentação e as misturas contidas nos compartimentos de coleta.

Mistura	D_{63} [mm]	N	R^2
Alimentação	0,7373±0,0199	2,0064±0,1404	0,9951
Compartimento 1	0,7602 ±0,0197	2,0753 ±0,1426	0,9954
Compartimento 2	0,3884 ±0,0049	3,2608 ±0,1778	0,9986
Compartimento 3	0,4860 ±0,0333	1,7190 ±0,2840	0,9729
Compartimento 4	0,3452 ±0,0145	3,2985 ±0,6112	0,9848
Compartimento 5	0,2711 ±0,0071	2,3151 ±0,1847	0,9960
Compartimento 6	0,2741 ±0,0197	1,4682 ±0,2165	0,9778

Fonte: Autores.

A Figura 5b traz a distribuição de frequência obtida a partir do modelo RRB.

Figura 5. Fração Mássica Acumulativa (a) e distribuição de frequência (dX/dD) (b), em função do diâmetro de abertura entre peneiras, para os diferentes compartimentos de coleta.

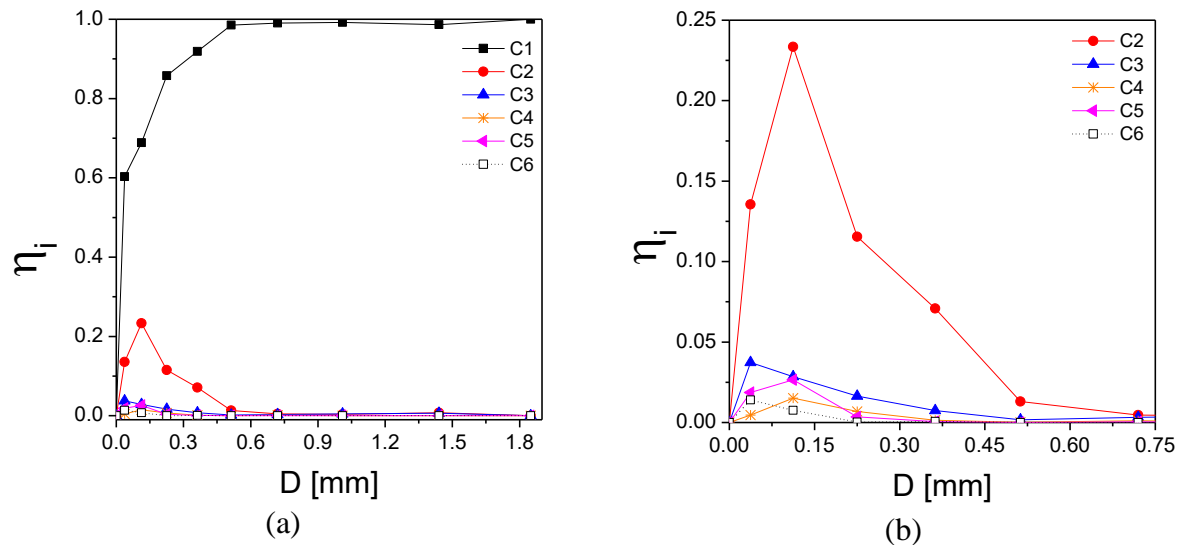


Fonte: Autores.

Observa-se na Figura 5 que enquanto o 1º compartimento abrange uma faixa mais extensa contendo partículas maiores, essa distribuição vai se estreitando para compartimentos distantes da alimentação dos sólidos, que contém cada vez partículas menores.

Ainda a partir dos dados experimentais, calculou-se a eficiência individual de coleta (η_i) para cada compartimento, como mostra a Figura 6. Uma vez que houve a coleta de 94% da massa inicial de partículas no início do equipamento, observa-se que o 1º compartimento apresentou os maiores valores de η_i , coletando preferencialmente de partículas grosseiras. Nota-se no 1º compartimento, que as partículas acima de 0,6 mm foram coletadas com eficiência próxima a 100%, sendo que a eficiência é reduzida conforme se diminui o diâmetro da partícula.

Figura 6. Dados experimentais da Eficiência Individual de coleta em função do diâmetro médio de partícula: (a) todos os compartimentos; (b) ampliação da escala para compartimentos 2 a 6.



Fonte: Autores.

A Tabela 2 apresenta os cálculos sequenciais pelas correlações, indicando a velocidade terminal de corte, o CD/Re , o Re e o diâmetro de corte para cada compartimento.

Na Tabela 2, os valores de Re encontrados indicam que as partículas coletadas dos compartimentos 5 e 6 seguem o Regime de Stokes, enquanto as dos demais compartimentos estão no regime intermediário ou de transição. De acordo com as correlações, o diâmetro de corte predito para o 1º compartimento foi de 0,135 mm, indicando que partículas com diâmetro menor teriam $\eta_i < 100\%$.

Tabela 2. Faixa de diâmetro teórico das partículas retidas em cada compartimento da câmara, predito pelas correlações e pelas simulações CFD-DPM.

Compartimento	L (cm)	Cálculos pelas correlações				CFD-DPM
		v_t (cm/s)	Cd/Re	Re	dp (mm)	dp (μm)
1	18,4	78,376	0,776	7,353	0,1351	0,1400
2	36,7	39,295	6,156	2,248	0,0824	0,0890
3	55	26,220	20,719	1,187	0,0652	0,0690
4	73,2	19,701	48,845	0,764	0,0558	0,0580
5	91,2	15,813	94,465	0,546	0,0497	0,0505
6	109,4	13,182	163,056	0,414	0,0453	0,0454

Fonte: Autores.

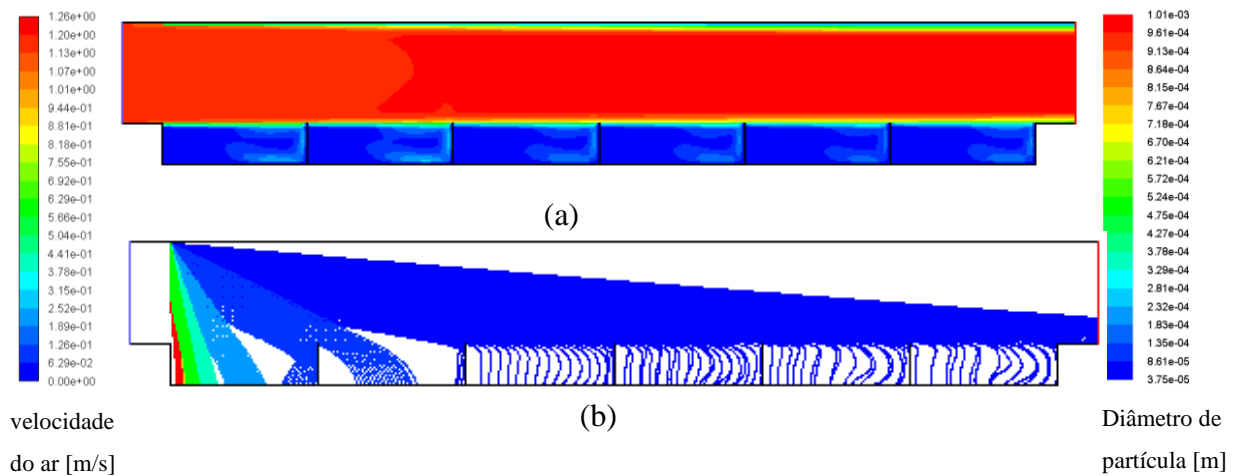
No entanto, experimentalmente observou-se que a partir de 0,6 mm a eficiência de coleta já foi menor que 100%, indicando que houve arraste de partículas maiores para os demais compartimentos. Isso pode ter ocorrido devido à presença de impurezas na areia utilizada, uma vez que foi empregada areia comum.

Segundo Massarani (2002) e Cremasco (2014), propriedades como massa específica de partículas, diâmetro e esfericidade influenciam diretamente no cálculo da força de arraste e consequentemente na trajetória das partículas. Materiais menos densos sofrem menos o efeito da força da gravidade, tendo uma trajetória mais longa. Assim, pode ser que algumas partículas tenham uma densidade menor, o que justifica o arraste dessas partículas.

Outro fator são as irregularidades de forma do material, sendo possível a presença de partículas mais regulares, que seriam então arrastadas com maior facilidade. Almeida et al (2020) mostraram por meio das simulações CFD, que partículas mais esféricas foram arrastadas mais facilmente na câmara de poeira, por oferecerem menor resistência ao escoamento. Além disso, por se tratar de partículas muito finas, pode também ter ocorrido pequenas perdas de massa durante o peneiramento.

Com relação aos resultados obtidos pelas simulações de fluidodinâmica computacional empregando DPM, foi inicialmente obtido o perfil de velocidades do ar dentro da câmara de separação gravitacional, em regime permanente, ilustrado na Figura 7a.

Figura 7. Simulação do perfil de velocidades do ar (m/s) (a) e trajetória de partículas de diferentes diâmetros dentro da câmara de separação (b).



Fonte: Autores.

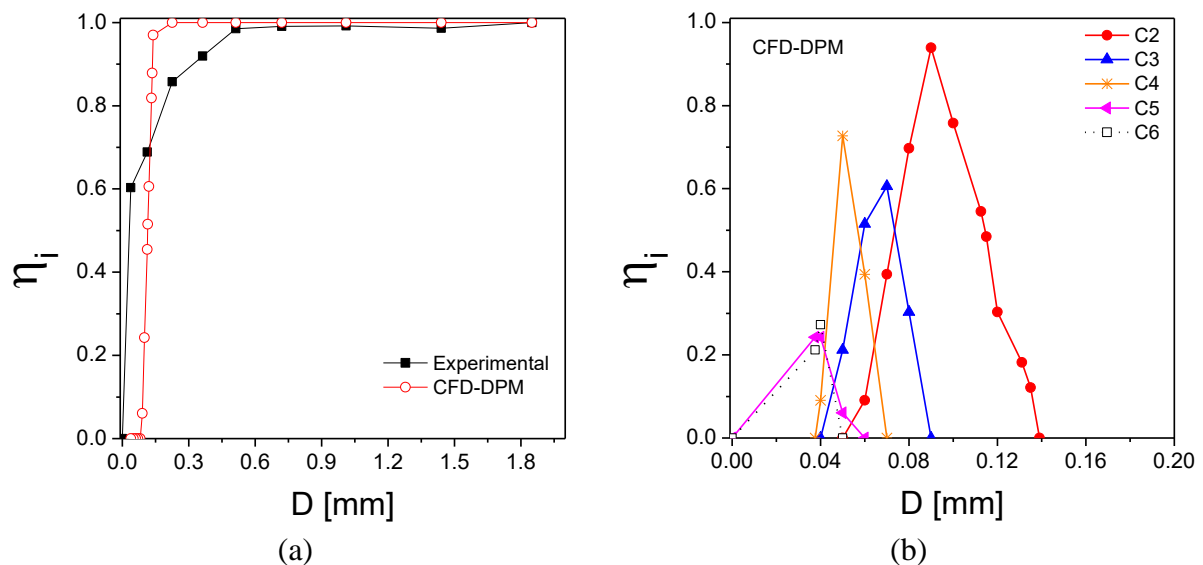
Observa-se em vermelho na Figura 7a, que as maiores velocidades de ar obtidas foram na parte superior do equipamento, com pequenas regiões de recirculação de ar nos compartimentos. Apesar do perfil do fluido ser característico de um escoamento em regime laminar, as recirculações nos compartimentos podem provocar o arraste de partículas já coletadas no 1º compartimento para os demais, o que justifica os resultados experimentais encontrados.

Após a injeção de partículas de diferentes diâmetros, dentro da faixa utilizada experimentalmente, foi possível encontrar o diâmetro de corte de cada compartimento, sendo os valores reportados na Tabela 2. Os valores de d^* obtidos na simulação foram similares aos calculados pelas correlações, com desvios menores que 6%.

A Figura 7b mostra a trajetória percorrida pelas partículas de diferentes diâmetros até sua coleta de partículas dentro da câmara de separação, evidenciando a coleta da maioria das partículas mais grosseiras no primeiro compartimento, enquanto apenas as partículas mais finas são coletadas nos compartimentos posteriores.

Através das simulações também foi possível estimar a eficiência de coleta individual de partículas. A Figura 8 compara a grade de eficiência de coleta experimental e simulada para o primeiro compartimento. No geral houve boa concordância, sendo que as principais diferenças ocorreram para partículas finas, devido a arraste durante o experimento. Isso ocorreu provavelmente por causa da heterogeneidade do material particulado, o que ocasionou também uma grande diferença entre a grade de coleta experimental (Figura 6b) e simulada (Figura 8b) dos demais compartimentos.

Figura 8. Grade de Eficiência Individual de Coleta: (a) comparação entre dados experimentais e de simulação CFD-DPM para o 1º compartimento; (b) dados simulados para os demais compartimentos.



Fonte: Autores.

Do ponto de vista técnico-científico, foi possível desenvolver um kit didático para realização de práticas de separação sólido-gás no campo gravitacional, eficiente, compacto e de baixo custo.

Do ponto de vista pedagógico, o uso de Projetos Orientados dentro das disciplinas de laboratório dos cursos de Engenharia possibilita o desenvolvimento de outras habilidades nos alunos, além das técnicas, tais como a criatividade, comunicação, empatia, trabalho em grupo, proatividade, dentre outras. Durante o desenvolvimento de um equipamento e da prática a ser realizada, os alunos devem pensar tanto na parte teórica de projeto, como nos materiais e métodos construtivos que possibilitarão sua realização. Isso reforça o caráter interdisciplinar dos projetos, pois os alunos precisaram utilizar conhecimentos das disciplinas de Eletricidade aplicada, fenômenos de transporte e operações unitárias durante a implementação. Para que a realização ocorra em tempo hábil, é preciso ter criatividade, organização, planejamento e uma boa comunicação entre os membros da equipe, competências essas tão necessárias ao cumprimento da profissão de engenheiro.

4. Considerações Finais

Este trabalho apresentou a construção e avaliação da eficiência de uma câmara de separação gravitacional. Os resultados experimentais obtidos no kit foram coerentes com a teoria de separação sólido-gás, sendo que as partículas maiores foram coletadas no 1º compartimento do equipamento. Também foi possível separar as partículas em faixas de tamanho. Cerca de 94% da massa inicial de partículas foi coletada no 1º compartimento, sendo que a eficiência global de coleta experimental foi de 99,8%.

Os valores preditos de diâmetro de corte de cada compartimento pelas correlações e as simulações CFD-DPM foram similares, sendo próximos aos experimentais. No entanto, observou-se que a prática experimental pode ser incrementada utilizando material particulado mais homogêneo, como areia padronizada ou mesmo esferas de vidro.

O equipamento construído é versátil, uma vez que é possível variar a velocidade do ar e o material particulado utilizado na alimentação. Assim, a prática pode ser realizada de forma a ter diferentes resultados, o que pode enriquecer a discussão dos alunos sobre o tema.

Do ponto de vista pedagógico, os alunos relataram (na ficha de avaliação dos métodos da disciplina) que a implementação do trabalho foi desafiadora, pois demandou a integração de diferentes conteúdos do curso de engenharia química, bem como de profissões correlatas. Além disso, o trabalho em grupo e prático possibilitou desenvolver o diálogo, criatividade e habilidade de trabalho em grupo em um período curto de tempo.

Acredita-se que a implementação de Projetos Orientados, do tipo DIY, são uma alternativa que supre a necessidade de implementação de novas práticas ativas de ensino, e podem suprir, em partes, a necessidade de novos equipamentos nos laboratórios de ensino.

Uma sugestão para melhorar os resultados experimentais do equipamento seria utilizar partículas padrão, como esferas de vidro ou areia padronizada. O uso de um material particulado menos denso também pode levar a resultados interessantes, possibilitando distribuir melhor a coleta com os demais recipientes. Assim, há inúmeras variações desta prática ao se variar a vazão de ar, diâmetro e densidade das partículas, o que torna o kit didático versátil.

Referências

- Almeida, N. P., & Santos, K. G. (2020). Chemical Engineering Laboratory teaching using Project-based learning approach: gas adsorption using banana peel. *Research, Society and Development*, 9(3), e184932716. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i3.2716>
- Almeida, N. P., Canhadas, M. C., Albertini, M. R. M. C., Santos, K. G., & Vieira Neto, J. L. (2020). Solid–fluid separation in the gravitational field: Courseware generation using computational fluid dynamics simulation. *Computer Applications in Engineering Education*. cae.22327, 1-14, <https://doi.org/10.1002/cae.22327>
- Araújo, B. S. A., & Santos, K. G. (2017). CFD Simulation of Different Flow Regimes of the Spout Fluidized Bed with Draft Plates. *Material Science Forum*, 899, 89–94. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.899.89>
- Belarmino, L. M., Dias, M. A. M., Melo, A. C., Batista, D. E. O., Araújo, F. M., & Ramos, T. S. (2020). Route and strategies for implementing active methodologies in a higher education institution. *Research, Society and Development*, 9(7), e532974293. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4293>
- Bigolin, N. M., Silveira, S. R., Bertolini, C., Almeida, I. C., Geller, M., Parreira, F. J., Cunha, G. B. da, & Macedo, R. T. (2020). Active Learning Methodologies: an experience report in the courses of programming and data structure. *Research, Society and Development*, 9(1), e74911648. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i1.1648>
- Bossi, K. M. L., & Schimiguel, J. (2020). Active methodologies in the teaching of Mathematics: state of the art. *Research, Society and Development*, 9(4), e47942819. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i4.2819>
- Branco, B. P., & Mello, A. S. (2020). Active methodology in training engineers and relations with Science and Technology and Society. *Research, Society and Development*, 9(4), e120942929. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i4.2929>

Brescovit, L. E., Almeida, L. I. M. V., Ventura, I. G. S., & Silva, A. R. (2020). Active methodologies applied in the pedagogy course and initial years in Tangará da Serra, Mato Grosso State, Brazil. *Research, Society and Development*, 9(9), e276997365. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7365>

Capellato, P., Ribeiro, L. M. S., & Sachs, D. (2019). Active Methodologies in the Teaching-Learning Process Using Seminars as Educational Tools in the General Chemistry Curricular Component. *Research, Society and Development*, 8(6), e50861090. <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i6.1090>

Costa, F. V., Negro-Dellacqua, M., Souza, I. F., Rabelo, B. D., Savi, G. D. & Bortolotto, T. (2020). Use of innovative strategies in the teaching of hematology: an experience in medical education. *Research, Society and Development*, 9(5), e36953181. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i5.3181>

Cremasco, M. A. (2014). *Operações unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos*. 2ª Ed. São Paulo: Blucher.

Cruz, D. M., & Gomes, A. C. F. (2019). Project Based Learning (PjBL) in engineering teaching: experience report on the discipline of Control Systems I at the Federal University of Mato Grosso. *Research, Society and Development*, 8(2), e3882732. <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i2.732>

Dias, M. A. M., Oliveira, A. N. H., Souza, J. S., Rosa, F. T., Maia, T. S. C., & Belarmino, L. M. (2020). Domain of the use of active methodologies by undergraduate Nursing students. *Research, Society and Development*, 9(8), e364985169. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5169>

Dube, S. P., Ghadlinge, M. S., Mungal, S. U., Tamboli, S. B., & Kulkarni, M. B. (2014). Students Perception towards Problem Based Learning. *Journal of Dental and Medical Sciences*, 13 (5), 49-53. <https://doi.org/10.15537/smj.2015.3.10216>

Faria, M. B., Parente, R. S., Bastos, R. S., Silva, W. F., Ferreira, F. M.; Alencar, D. B.; Lima, B. A. V., & Barros, I. N. (2020). The importance of the use of scientific experiments for

Science education in Fundamental Education: A case study. *Research, Society and Development*, 9(7), e311974159. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4159>

Freitas, F. R. N., Souza, A. T. S., Carvalho, N. A., & Pedrosa, J. I. S. (2020). Active methodologies in medicine courses: an integrative review. *Research, Society and Development*, 9(7), e151973922. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.3922>

Gonçalves, R. M. (2020). The use of new communication technologies favoring the learning of science teaching in elementary school. *Research, Society and Development*, 9(2), e104922065. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i2.2065>

Hassan, S. L. (2014). The Problem-Based Learning Gaze: A Foucaultian Perspective. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 5 (10), 443-450.

Lima, M. M. de O., Cardoso, T. C., Santos Filho, F. S., Martins, F. A. & Almeida, P. M. (2020). Practical Biology activities: an Investigative Teaching Sequence about the Cell Cycle. *Research, Society and Development*, 9(9), e611997801. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7801>

Magalhães, M. dos S. C., Sousa, Âdrea C. de, & Azevedo, G. M. (2020). Contributions of Nursing Preceptorship in the context of Primary Health Care from the perspective of active methodologies. *Research, Society and Development*, 9(7), e270973681.

Massarani, G. (2002). *Fluidodinâmica em sistemas particulados*. (2a ed.), Rio de Janeiro: E-papers.

Negro-Dellacqua, M., Carvalho Junior, P. M., Sá-Junior, A. R., Bortolotto, T., Costa, F. V. & Sousa, I. F. de. (2019). Potentials and challenges of application of active methodologies in Physiotherapy teaching: student vision. *Research, Society and Development*, 8(5), e32851022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i5.1022>

Neufeld, C. B., Ferreira, I. M. F., Caetano, K. A. de S. & Versuti, F. M. (2020). Problem-Based Learning: Exploratory Study of Perception of Psychology Students. *Research, Society and Development*, 9(5), e48952109. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i5.2109>

Paula, J. A. A. de, Faria, Érica V. de, Lima, A. C. P., Vieira Neto, J. L. & Santos, K. G. (2020). Computational simulation of soybean particles flow in a hopper using computational fluid dynamics (CFD) and discrete elements method (DEM). *Research, Society and Development*, 9(8), e448985463. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5463>

Rocha, A. A., Stoppe, A. C. R., Silvério, B. C., Santos, K. G. & Neto, J. L. V. (2020). Drying of malt residues in a solar greenhouse and in a fixed bed solar dryer. *Research, Society and Development*, 9(7), e447974335. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4335>

Sanchotene, I. J., Fumagalli, L. M. R., Vargas, V.C. & Ilha, P. V. (2020). Physical activity level and health risk behavior of Physical Education students. *Research, Society and Development*, 9(8), e233985693. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5693>

Santos, K. G., Francisquetti, M. C. C., Malagoni, R. A., & Barrozo, M. A. S. (2015). Fluid Dynamic Behavior in a Spouted Bed with Binary Mixtures Differing in Size. *Drying Technology*, 33(14), 1746-1757. <https://doi.org/10.1080/07373937.2015.1036284>

Santos, E. H., Nakamoto, P. T., & Lima, G. G. (2020). Systematic literature review in learning based on high school projects. *Research, Society and Development*, 9(9), e386996425. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.6425>

Santos, K. G., Ferreira, L. V., Santana, R. C., & Barrozo, M. A. S. (2017). CFD simulation of spouted bed working with a size distribution of sand particles: segregation aspects. *Materials Science Forum*, 899, 95-100. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.899.95>

Shitsuka, D. M., Pereira, A. S., Shitsuka, R. & Boghi, C. (2019). Active learning of programming in engineering classes: an action research study. *Research, Society and Development*, 8(3), e1783652. <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i3.652>

Silberman, M. (1996). *Active learning: 101 strategies do teach any subject*. Massachusetts: Ed. Allyn and Bacon.

Silva, J. C., Martins, C. M., & Silva, R. V. (2020). Elaboration of a didactic sequence in the teaching of Chemistry structured in an active methodology with a generator theme: the coffee. *Research, Society and Development*, 9(9), e459997253. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7253>

Silvério, B. C., Santos, K. G., Duarte, C. R., & Barrozo, M. A. S. (2014). Effect of the Friction, Elastic, and Restitution Coefficients on the Fluid Dynamics Behavior of a Rotary Dryer Operating with Fertilizer. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 53(21), 8920-8926 <https://doi.org/10.1021/ie404220h>

Stoppe, A. C. R., Neto, J. L. V. & Santos, K. G. (2020). Development of a fixed bed solar dryer: experimental study and CFD simulation. *Research, Society and Development*, 9(3), e123932667. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i3.2667>

Tolfo, C. (2020). Problem-based learning and process modeling in teaching information systems. *Research, Society and Development*, 9(2), e72922087. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i2.2087>

Tombini, C.; Machado Junior, F. R. S. & Dalcanton, F. (2020). Different teaching methodologies in quality control class. *Research, Society and Development*, 9(10), e4869108730. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8730>

Utsumi, A. G. (2020). Use of Active Learning Methodology in the Geographic Information Systems discipline. *Research, Society and Development*, 9(7), e904975014. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.5014>

Welter, R. B., Foletto, D. S., & Bortoluzzi, V. I. (2020). Active methodologies: a possibility for students multiliteracy. *Research, Society and Development*, 9(1), e106911664. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i1.1664>

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Carolina Bragine Mangucci – 15%

Ana Carolina Ribeiro Stoppe – 15%

Andreza A. Morais – 15%

Yara Aparecida Melo – 15%

Giovanna Novais Merola – 15%

Kassia Graciele dos Santos – 25%