



USO DE EXPERIMENTOS DEMONSTRATIVOS EM SALA DE AULA COMO FORMA DE APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE APRENDIZAGEM ATIVA

USE OF DEMONSTRATIVE EXPERIMENTS IN THE CLASSROOM AS A WAY OF APPLYING ACTIVE LEARNING METHODOLOGY

Beatriz Nunes Ribeiro (*b205314@dac.unicamp.br*);
Lorenza Vieira da Silva (*l238124@dac.unicamp.br*).
Universidade Estadual de Campinas

José Vicente Hallak Dangelo
dangelo@unicamp.br
Universidade Estadual de Campinas

Artigo

Resumo:

As Diretrizes Curriculares de 2019 incentivam metodologias de aprendizagem ativa em Engenharia. Este trabalho apresenta dois experimentos, desenvolvidos pelo Grupo PET-EQ da Unicamp, que integram teoria e prática em sala de aula, reforçando conceitos teóricos e promovendo uma experiência enriquecedora. Os experimentos estão sendo aplicados no novo currículo de Engenharia Química da Unicamp, implementado em 2023, que foca no desenvolvimento de competências e habilidades dos alunos.

Palavras-chave: Aprendizagem ativa; Experimentos; Balanços de massa e energia

Abstract:

The 2019 Curriculum Guidelines encourage active learning methodologies in Engineering. This paper presents two experiments, developed by the PET-EQ Group at Unicamp, which integrate theory and practice in the classroom, reinforcing theoretical concepts and promoting an enriching experience. The experiments are being applied in the new Chemical Engineering curriculum at Unicamp, implemented in 2023, which focuses on developing students' competencies and skills.

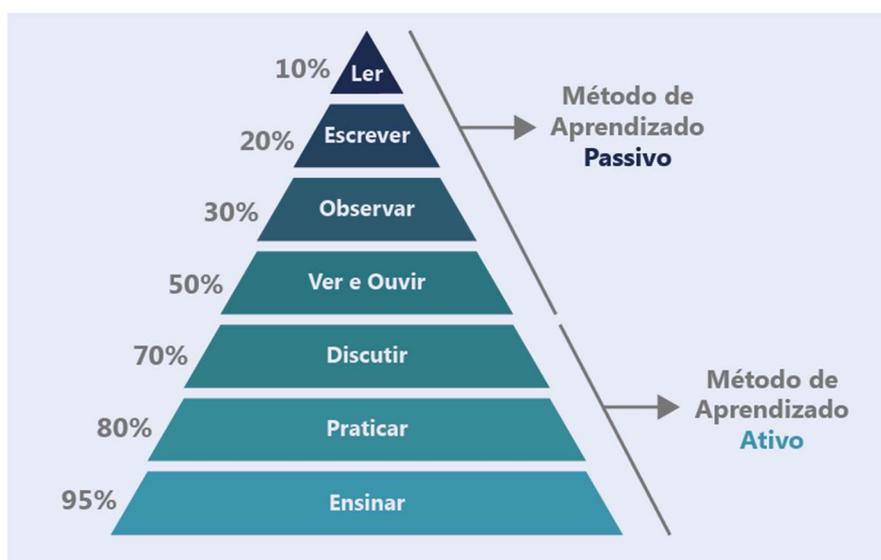
Keywords: Active learning; Experiments; Mass and energy balances

1. Introdução

Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019, institui as novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) dos Cursos de Graduação em Engenharia, as quais “devem ser observadas pelas Instituições de Educação Superior (IES) na organização, no desenvolvimento e na avaliação do curso de Engenharia” (MEC, 2023).

As várias diretrizes apresentadas tratam do perfil e competências esperadas do egresso (Capítulo 2); da organização do curso de graduação em engenharia (Capítulo 3); da avaliação das atividades (Capítulo 4) e do corpo docente (Capítulo 5). Especificamente no Capítulo 3, Artigo 6º, §6º, consta: “deve ser estimulado o uso de metodologias para aprendizagem ativa, como forma de promover uma educação mais centrada no aluno”. Similar ao Cone de Aprendizagem de Dale (LEE e REEVES, 2017), a Pirâmide de Aprendizagem de William Glasser, Figura 1, mostra que a prática e a discussão estão entre os principais métodos de aprendizado ativo.

Figura 1: Pirâmide da Aprendizagem de William Glasser (Lyceum, 2023).



Fonte: William Glasser (Lyceum, 2023)

Considerando a importância da prática como método de aprendizado ativo, o Grupo PET-EQ, do Programa de Educação Tutorial do MEC, desenvolveu um projeto denominado EDESA – Experimentos Demonstrativos em Sala de Aula, o qual tem por objetivo construir experimentos que possam ser utilizados para demonstrar fenômenos e conceitos teóricos por meio de práticas realizadas na própria sala de aula, quando a teoria envolvida nos experimentos estiver sendo abordada. Neste trabalho são apresentados dois experimentos desenvolvidos por alunos do Grupo PET-EQ, envolvendo reciclo com aquecimento e colunas de bolhas.

No primeiro semestre de 2023 foi implementado um novo currículo no curso de Engenharia Química da Unicamp, totalmente reformulado e que foi construído baseado no desenvolvimento de competências e habilidades, de forma a permitir que os estudantes possam aprender de forma autônoma e ao mesmo tempo desenvolver conhecimentos técnicos sólidos, bem como importantes “*soft skills*”. A metodologia utilizada na criação e implementação desse novo currículo pode ser encontrada no artigo de Franco *et al.* (2023). Uma vez que este novo currículo tem forte base em uma educação mais centrada no aluno, em acordo com o que está nas novas DCNs, os experimentos desenvolvidos pelos alunos do Grupo PET-EQ poderão contribuir de forma significativa nas atividades de disciplinas desse novo currículo.

Em primeira análise, o currículo vigente até 2022 tinha como disciplinas do primeiro ano de graduação EQ101 - Introdução a processos e indústrias químicas e EQ201 - Balanços de Massa e Energia. A primeira disciplina em questão introduzia aos alunos conceitos de Engenharia Química por meio do desenvolvimento e estudo de processos importantes da indústria química e um primeiro contato com operações unitárias. Já a disciplina de Balanços de Massa e Energia tinha como objetivo estudar a linguagem de balanços material e energético aplicada a problemas de engenharia de processos, estabelecendo uma forma sistemática de abordagem para a resolução de problemas.

Por outro lado, após a mudança de catálogo ocorrida no ano de 2023, as matérias que compõem o primeiro ano do curso de graduação de Engenharia Química da UNICAMP passaram a ser: EQ210 – Modelagem em Engenharia 1, EQ211 - Balanços Macroscópicos e EQ212 - Sistemas Biológicos. A disciplina EQ210 é a primeira do curso de Engenharia Química ministrada dentro da Faculdade de Engenharia Química e possui duas dimensões pretendidas: uma de apresentar o curso de graduação e a universidade aos ingressantes, e outra de introduzir o conceito de modelagem a partir da linguagem de balanço aplicada a problemas de balanço material. Para esta segunda dimensão, sugerem-se dois experimentos: o esgotamento de um tanque e a lavagem de um tanque que inicialmente contenha um corante alimentício em uma dada concentração. A proposta é que os alunos tenham a oportunidade de executar os experimentos, registrar os dados obtidos e propor modelos matemáticos a partir das equações de balanço material. Já a disciplina EQ211 tem como objetivo de aprendizagem a formulação e resolução de balanços de energia e de entropia macroscópicos, o cálculo e aplicação de propriedades termodinâmicas em balanços macroscópicos, a avaliação da eficiência de processos termodinâmicos e a análise da influência de variáveis operacionais sobre a eficiência de processos. Por fim, EQ212 tem como principal propósito descrever sistemas biológicos no contexto da indústria biotecnológica, abordando conceitos de

biologia aplicados no desenvolvimento tecnológico e na produção de bioprodutos de interesse comercial.

Diante do supracitado, constata-se que no presente currículo os conceitos teóricos não são expostos de maneira isolada em cada disciplina, mas sim interligados. A exemplo disso, a disciplina EQ211 engloba conceitos que no currículo anterior eram abordados tanto nas matérias EQ201 – Balanços de Massa e Energia e EQ415 - Termodinâmica I, disciplina aplicada somente no quarto semestre do catálogo vigente até o ano de 2022 a qual aborda conceitos de entropia e entalpia aplicada a processos. Com essa mudança curricular, constata-se que os conhecimentos adquiridos pelos alunos têm uma maior fixação cognitiva e quando submetidos à avaliações, esses conseguem interligar e relacionar com mais facilidade os fenômenos que envolvem a ciência da Engenharia Química.

O objetivo deste trabalho é apresentar dois experimentos que foram desenvolvidos por alunos do Grupo PET-EQ da Faculdade de Engenharia Química da Unicamp, os quais envolvem colunas de bolhas e também um sistema de reciclo com aquecimento, e que estão disponíveis para serem utilizados como experimentos demonstrativos em salas de aula, a fim de contribuir para a fixação de importantes conceitos teóricos, como forma de metodologia ativa de aprendizagem.

2. Material e Métodos

O Projeto EDESA teve início em 2022 com o objetivo de desenvolver experimentos que pudessem ser utilizados em sala de aula, como forma de demonstrar alguns fenômenos e princípios importantes da área de Engenharia Química. Considerando essa necessidade, o primeiro passo foi realizar uma pesquisa na literatura por experimentos que tivessem as seguintes características: baixo risco de operação (para que pudessem ser utilizados em sala de aula com segurança); baixo custo; facilidade de operação e de visualização dos fenômenos envolvidos.

Com base nesses critérios, foram selecionados dois experimentos-piloto para avaliar a melhor forma de aplicar esse tipo de metodologia ativa de ensino. São eles: determinação do coeficiente de dispersão axial em colunas de bolhas (BAIRD e NIRDOSH, 1998) e reciclo com aquecimento (FOORD e MASON, 1985).

Basicamente, colunas de bolhas são equipamentos de forma cilíndrica com um dispositivo de distribuição de gás no fundo da coluna e preenchidos com uma fase contínua. O gás é disperso na forma de bolhas, que entram em contato com uma fase líquida ou com uma suspensão (sólidos em uma fase líquida) e durante este contato as fases interagem de acordo com alguns objetivos específicos. Podem ser utilizadas em diversas aplicações, funcionando como reatores químicos (reações de oxidação, cloração, polimerização, hidrogenação, etc), como reatores bioquímicos

(reações de fermentação, tratamento de resíduos, etc) e também para purificação de correntes gasosas. Este experimento envolve principalmente princípios de transferência de massa e operações unitárias.

O experimento de colunas de bolhas consiste basicamente em se observar o comportamento de uma reação de neutralização utilizando-se diferentes equipamentos: colunas sem recheio, colunas com recheio de anéis de Raschig e colunas com pratos perfurados. As colunas contêm uma solução aquosa com pH elevado, por meio da adição de uma solução de hidróxido de sódio de concentração conhecida e com o uso de indicador de fenolftaleína, observa-se uma coloração rosa forte. Adiciona-se a cada coluna uma solução de ácido clorídrico com concentração suficiente para neutralizar toda a base e liga-se um compressor de ar para alimentar a base de cada uma das colunas, gerando as bolhas que possuem diferentes formatos e distribuições, em função dos internos de cada coluna. Por meio do tempo observado para a reação de neutralização pode-se estimar o coeficiente de dispersão axial da coluna, mas o experimento também já possibilita importantes contribuições no sentido de estimular os alunos a refletirem sobre a influência de cada tipo de interno de coluna sobre o comportamento do escoamento e em quais situações um outro tipo de interno é aplicável.

O experimento de reciclo com aquecimento é fundamentalmente uma demonstração dos princípios de balanços de massa e energia, para facilitar a compreensão dos conceitos de estados transientes e estacionários, observando-se o comportamento das variáveis operacionais do sistema: vazões e temperaturas.

A configuração do protótipo assemelha-se a um circuito principal, com uma entrada principal de água, uma corrente de reciclo que sofre um aquecimento e uma corrente de saída. Em cada uma dessas três correntes (entrada, saída e reciclo), são colocados rotâmetros e termômetros, assim é possível medir as vazões e temperaturas de cada uma delas para a realização dos balanços de massa e energia. A corrente de reciclo passa por uma bomba e por um aquecedor elétrico, gerando uma corrente de água quente, que é misturada com a corrente de alimentação de água fria e gera uma corrente de saída de água morna. Os dados de temperatura e pressão são anotados para diferentes cargas térmicas no aquecedor e também para diferentes vazões de água de entrada e da corrente de reciclo, observando-se o comportamento transiente até que o sistema alcance o estado estacionário.

Os alunos podem realizar cálculos de balanço de massa e energia com base nesses dados, proporcionando uma compreensão mais profunda dos períodos transiente e estacionário desse processo. As aplicações desse experimento são diversas, não só para a compreensão do conceito

de regimes transiente e estacionário, mas também para a noção de corrente de reciclo, muito utilizada em diversos processos da indústria química.

A Tabela 1 apresenta os principais conceitos, metodologia e objetivos de cada experimento.

Tabela 1: Características dos experimentos desenvolvidos no Projeto EDESA.

Experimento	Objetivo	Conceitos	Metodologia
Coluna de Bolhas	Determinar o coeficiente de dispersão axial utilizando diferentes tipos de coluna (vazia, recheio e pratos) considerando uma reação de neutralização.	Transferência de massa Operações unitárias	Medir o tempo necessário para realizar uma reação de neutralização utilizando um ácido e uma base, baseando-se na transição da coloração da coluna, de rosa para incolor, utilizando fenolftaleína para indicar o meio básico.
Reciclo com aquecimento	Realizar balanços de massa e energia em um sistema contendo uma corrente de reciclo com aquecimento, verificando o comportamento do sistema nos estados transiente e estacionário.	Conservação da massa Conservação da energia	Com os dados de vazão e temperatura de três correntes do processo e sabendo a potência do aquecedor, realizar balanços de massa e energia a fim de entender a conservação de massa e energia e transição dos estados transiente e estacionário

Fonte: Elaborada pelos autores.

3. Resultados e discussões

A Figura 2 apresenta as etapas de desenvolvimento do experimento de coluna de bolhas, o qual já foi finalizado e testado em diferentes eventos realizados na Faculdade de Engenharia Química da Unicamp em 2022 e 2023, como por exemplo a UPA – Unicamp de Portas Abertas, que recebe alunos do ensino médio na universidade para apresentação dos cursos de graduação, como o objetivo de ajudá-los na escolha da carreira profissional que desejam seguir e também na 10ª Semana Municipal de Ciência, Tecnologia e Inovação (SMCTI), organizada pela Prefeitura de Campinas, com o objetivo de difundir ciência para alunos do ensino médio de Campinas e também para a população em geral.

Neste protótipo, é viável abordar a operação de sistemas químicos, uma vez que os alunos podem manipular diversas concentrações e taxas de fluxo de ar para gerar bolhas. Além disso, proporciona-se uma instrução prática sobre o que ocorrerá com cada tipo de configuração de coluna utilizado. Isso se deve ao fato de que diferentes métodos de homogeneização (agitação do sistema pelas bolhas de ar) deixarão visualmente evidentes a resposta do sistema para o processo de neutralização, observável pelo indicador de pH, dependendo do recheio utilizado.



(a)



(b)



(d)



(c)

Figura 2: Em sentido horário: (a) confecção dos pratos da coluna; (b) apresentação do experimento durante a UPA 2022; (c) apresentação do experimento na 10ª SMCTI; (d) treinamento do experimento com alunos do PET e o Tutor (Fonte: Felipe Bezerra/Jornal da Unicamp).

A Figura 3 apresenta as etapas de desenvolvimento do experimento de reciclo com aquecimento, com a participação de alunas do Grupo PET-EQ, desde a elaboração de um croqui até a finalização do experimento e teste. O experimento de reciclo com aquecimento será utilizado pela primeira vez em sala de aula, agora no primeiro semestre de 2024, na disciplina EQ211 – Balanços Macroscópicos, que já é do novo currículo de Engenharia Química que foi implementado em 2023. Além dos objetivos principais, listados na Tabela 1, este experimento também proporciona um entendimento melhor sobre correlações de dados experimentais, podendo-se operar em diferentes condições, variando-se, por exemplo: vazões de entrada e da corrente de

reciclo e a potência do aquecedor, sendo possível estabelecer correlações entre os dados obtidos e as variáveis de entrada.

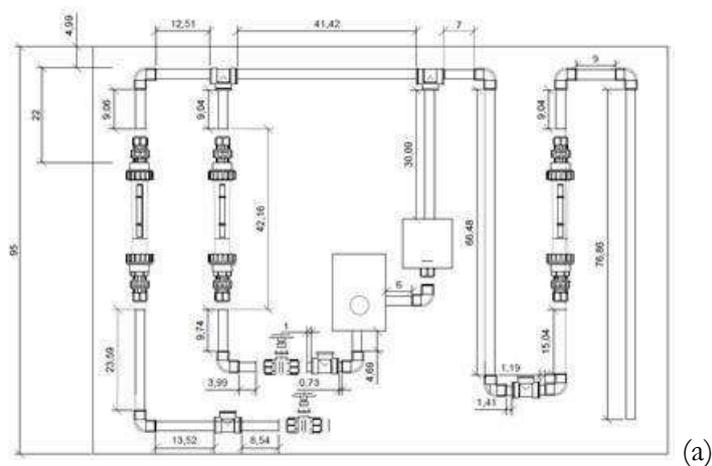


Figura 3: (a) croqui do experimento baseado no artigo selecionado; (b) etapa de montagem do experimento; (c) etapa de teste do experimento (Fonte: Acervo Grupo PET-EQ)

4. Considerações Finais

O uso de experimentos práticos em sala de aula é capaz de motivar os alunos e ajudá-los a compreender melhor os fenômenos, operações e conceitos teóricos abordados em uma disciplina. Estes experimentos também podem ser utilizados de diferentes formas, permitindo inclusive que

alunos obtenham dados de forma independente, para serem analisados mais detalhadamente, contribuindo assim para o desenvolvimento de diferentes habilidades e competências.

Referências

Baird, M.H.I.; Nirdosh, I., “Low-cost Experiments in Mass Transfer: Part 4. Measuring Axial Dispersion in a Bubble Column”, *Chem. Eng. Education*, Summer, v. 32, n. 3, p. 198-201, 213, 1998. <https://journals.flvc.org/cee/article/view/123259>

Foord, A.; Mason, G., “Recycle with Heating: a Laboratory Experiment”, *Chem. Eng. Education*, Summer, v. 19, n. 3, p. 136-139, 143, 1985. <https://journals.flvc.org/cee/article/view/124653>

Franco, L.F.M. *et al.*, “A competency-based chemical engineering curriculum at the University of Campinas in Brazil”, *Education for Chemical Engineers*, v. 44, p. 21-34, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2023.04.001>

Lee, S.J.; Reeves, T.C., “A significant contributor to the field of educational technology”, *Educational Technology*, v. 47, n. 6, p. 56-59, 2007. <https://www.jstor.org/stable/44429532>

MEC - Ministério da Educação. Acesso em 12 de janeiro de 2023. https://normativasconselhos.mec.gov.br/normativa/pdf/CNE_RES_CNECESN22019.pdf.