

OPERAÇÃO CAFÉ PASSADO: UMA PERSPECTIVA DIDÁTICO-PEDAGÓGICA PARA O ENSINO EM ENGENHARIA QUÍMICA

Crissiê Dossin Zanrosso*, Dirléia dos Santos Lima, Tiele Caprioli Machado, Vanessa Moura de Souza e Luciano Andreatta da Costa

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, 90650-002, Porto Alegre – RS, Brasil

Recebido em 30/11/2016; aceito em 22/03/2017; publicado na web em 16/05/2017

PAST COFFEE OPERATION: A DIDACTIC-PEDAGOGICAL PERSPECTIVE FOR TEACHING IN CHEMICAL ENGINEERING. In the present work, the application of a didactic activity proposed for the teaching-learning of mass transfer initial concepts unit operations for students of Introduction to Chemical Engineering course of a public institution was evaluated. For this, the class was separated in four moments: brief introduction to the subject, pre-test application, experimental activity and post-test application. Also, a survey of students' satisfaction about the activity was conducted by e-mail and on a voluntary basis. The results obtained from the pre- and post-test were analyzed using Wilcoxon's nonparametric statistical test. This way, it could be verified that the proposed didactic methodology contributed positively in the teaching-learning process of these students.

Keywords: experiment; didactics; teaching-learning; chemical engineering.

INTRODUÇÃO

As transferências de quantidade de movimento, calor e massa, embora tenham sido desenvolvidas há tempos, como ramos independentes da física clássica, encontraram lugar como uma das ciências fundamentais da engenharia em seu estudo unificado, sendo indispensáveis para projeto, operação e otimização de processos e equipamentos.¹ Estes fenômenos tratam basicamente da movimentação de uma grandeza física de um ponto a outro do espaço e têm ampla aplicação dentro das operações unitárias.

As operações unitárias, conhecidas também como processos de separação, podem ser classificadas a partir de critérios variados, como por exemplo, em grupos de acordo com a sua finalidade dentro do processo produtivo. Nesse contexto, tem-se a extração sólido-líquido, uma operação unitária que consiste na transferência de massa de um componente de interesse, que está presente em um sólido insolúvel, para a fase líquida empregando-se um solvente no qual este componente fique dissolvido.² Tanto os fenômenos de transporte quanto as operações unitárias, que são disciplinas de grande importância e complexidade para diversas engenharias, precisam ser abordadas de diferentes formas durante o curso em que são ministradas, visando a maior compreensão do aluno, já que este deverá ter esses conceitos bem estabelecidos para que haja a aplicação apropriada dos mesmos na sua atuação profissional.

Segundo Oliveira³ as atividades de aprendizagem são os processos internos e externos a partir dos quais os alunos adquirem novas informações, habilidades ou atitudes. De um modo geral o aluno tende a progredir, dentro dos seus objetivos pessoais, em direção ao cumprimento de algumas atividades específicas de aprendizagem. Assim, quanto maior a participação do aluno no processo de aprendizagem tanto melhor será o seu rendimento.⁴ Dentro de uma concepção pedagógica interacionista,^{5,6} o ensino não é visto isolado da aprendizagem, ou seja, o trabalho do professor ocorre com o trabalho do aluno. É da interação entre eles que, no âmbito da educação escolarizada, o aluno vai construindo seu aprendizado tendo o professor como guia e referência. Ao professor cabe orientar essa construção, teorizando e problematizando o conteúdo, lançando desafios aos alunos, avaliando

os resultados da aprendizagem de maneira contínua e propondo novos caminhos para que essa aprendizagem se dê.⁷

Nessa perspectiva, Bazzo⁸ afirma que o ensino das engenharias precisa se reestruturar, no sentido de acompanhar os múltiplos impactos das mudanças sociais e tecnológicas nos novos tempos. A permanência e a inclusão de conteúdos estanques, sem ligação com o contexto social, não têm contribuído para a mudança efetivamente necessária. O ensino das engenharias tem mudado pouco, sendo necessária, talvez, uma mudança no eixo das discussões sobre o ensino, pois é saliente a resistência de inúmeros docentes em atualizar seus conteúdos e procedimentos didáticos.⁹

Holvikivi¹⁰ entende que o papel do professor na engenharia está relacionado com a formação de engenheiros capazes de se adaptarem aos avanços tecnológicos. Porém, para este processo, é necessário entender como acontece a aprendizagem nos alunos. Por isso, além de utilizar métodos, estratégias e atitudes apropriadas, cabe ao professor despertar e manter a curiosidade e o interesse do aluno. Isto é, a relação ensino-aprendizagem mostra que o papel do professor ainda é fundamental na motivação do aluno durante o desenvolvimento do seu curso de engenharia, e um fator importante para que as atividades de aprendizagem sejam eficazes é que se estabeleça um sistema no qual os temas tratados sejam relacionados e agrupados para propósitos mais práticos.¹¹

Na literatura encontram-se diversos relatos recentes de abordagem prática no ensino de conceitos introdutórios, como na síntese de compostos químicos,¹² técnicas de análise química,^{13,14} materiais,^{15,16} energias renováveis,¹⁷ e em fenômenos de transporte.¹⁸ Contudo, a utilização de materiais de fácil acesso no cotidiano dos alunos ainda é pouco explorada. Além disso, mesmo com diversos esforços aplicados pelos docentes para a utilização de abordagens práticas no ensino, ainda existem divergências quanto aos procedimentos apropriados para a investigação experimental dos conhecimentos necessários ao engenheiro, de forma a promover a conexão com os fenômenos reais, em sistemas simples, de custo razoável de implementação e de fácil construção.¹⁸

Nesse contexto, foi elaborada a atividade “Operação café passado”, com o objetivo de trazer uma nova perspectiva didática para o processo de ensino-aprendizagem da introdução aos fenômenos de transporte e às operações unitárias. Além disso, como objetivo

*e-mail: crissiedz@hotmail.com

específico, foram avaliadas as percepções de alunos da disciplina de Introdução à Engenharia Química de uma instituição pública com relação à atividade proposta.

CONTEXTO E MÉTODO DO TRABALHO

O corpo discente da disciplina Introdução à Engenharia Química é formado por alunos que estão no primeiro semestre do curso de Engenharia Química. Esta disciplina representa o primeiro contato do aluno com os conhecimentos que serão abordados ao longo do curso e serve como motivação para a futura profissão. Além desta, os alunos cursam disciplinas referentes ao ciclo básico de Engenharia, como Química Teórica e Experimental, Física, Cálculo e Geometria Analítica.

A atividade proposta como uma alternativa ao Ensino Tradicional Vigente (ETV) foi realizada em uma aula de 3 h e 30 min. A aula foi dividida em quatro momentos: breve introdução ao tema da atividade, aplicação do pré-teste sobre conceitos de transferência de massa, atividade experimental e aplicação do pós-teste, contendo informações similares ao pré-teste.

Na introdução ao tema, foi realizada a conceituação dos termos para que se facilitasse a interpretação das questões do pré-teste, mas não foram discutidos os conceitos importantes para a transferência de massa, que seriam vivenciados na atividade experimental. O pré-teste e o pós-teste consistiram em cinco questões de múltipla escolha relacionadas ao conteúdo abordado em aula. A atividade experimental foi realizada de forma intercalada à discussão entre o grande grupo sobre os resultados que eram esperados. Após, dava-se o significado à prática também pela discussão entre os alunos do grande grupo.

O teste estatístico não paramétrico de Wilcoxon foi utilizado para analisar os resultados obtidos no pré-teste e no pós-teste. A teoria que embasa a análise estatística utilizada objetiva avaliar os dados pareados e, nesse caso, fornecer subsídios para verificar se a aprendizagem dos alunos foi estatisticamente significativa após a realização do experimento proposto em sala de aula. Segundo Callegari-Jacques¹⁹ a ideia que norteia o teste é a de que se o tratamento A produz valores maiores que o tratamento B, então as diferenças de sinal positivo serão em maiores número e grau do que as diferenças de sinal negativo. Ainda, se o tratamento não tiver efeito, então as diferenças positiva e negativa devem se anular.

Além disso, ao fim da atividade, foi enviado um e-mail com uma pesquisa de satisfação sobre a atividade realizada. A participação dos alunos nessa etapa foi voluntária. O objetivo da realização dessa etapa foi buscar captar a percepção dos alunos quanto à atividade, isto é, saber qual a opinião destes com relação à disciplina e às atividades alternativas ao ETV realizadas em aula.

PARTE EXPERIMENTAL

A atividade experimental proposta relaciona o fenômeno de transferência de massa associado à operação unitária conhecida como extração sólido-líquido. Esta operação unitária consiste na separação de componentes solúveis (solutos), presentes em um sólido insolúvel, por meio da passagem de um solvente, no qual estes componentes se dissolvem. Ou seja, ocorre a transferência de massa de um soluto presente no sólido para o líquido devido ao gradiente de concentração deste soluto nas duas fases. Nessa atividade, foi verificada a influência das seguintes variáveis na transferência de massa, vistas pela alteração da concentração e volume do percolado: temperatura, inclusão de agitação da suspensão presente sob o meio filtrante, quantidade de café e tamanho da partícula, conforme exposto na Figura 1.

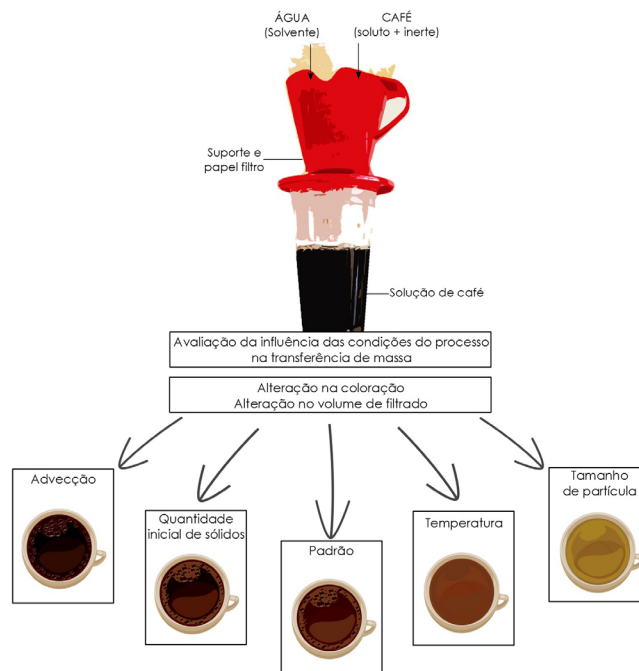


Figura 1. Esquema da atividade experimental: avaliação da influência das condições do processo na transferência de massa

Experimento 1: efeito da contribuição advectiva

Foram montados dois sistemas utilizando-se copo transparente, suporte e filtro. No primeiro sistema o café foi passado empregando-se duas medidas (40 g) de café moído, 200 mL de água quente (100 °C, medida com um termômetro de mercúrio) e agitação promovida por uma colher. No segundo sistema foram utilizadas as mesmas condições do primeiro, exceto a agitação pela colher. Então, observou-se a coloração resultante em cada um dos sistemas.

Experimento 2: avaliação da quantidade de café

Os dois sistemas foram realizados como descrito no Experimento 1. No primeiro sistema foram adicionadas duas medidas (40 g) de café moído, enquanto no segundo sistema foram adicionadas quatro medidas (80 g) de café. Após, a cada um dos sistemas foram adicionados 200 mL de água quente (100 °C) e, então, observou-se a diferença de coloração resultante nos dois sistemas.

Experimento 3: avaliação da temperatura

Dois sistemas foram realizados como descrito anteriormente no Experimento 1. Em cada um dos sistemas foram adicionadas duas medidas (40 g) de café moído. Na sequência, um dos sistemas recebeu a adição de 200 mL de água fria (temperatura ambiente) enquanto o outro recebeu 200 mL de água quente (100 °C). Observou-se a coloração resultante em cada um dos sistemas.

Experimento 4: efeito do tamanho de partícula

Foram realizados dois sistemas conforme descrito no Experimento 1. No primeiro sistema o café foi passado utilizando-se duas medidas (40 g) de café moído e 200 mL de água quente (100 °C). No segundo sistema empregaram-se duas medidas (40 g) de café em grãos e 200 mL de água quente (100 °C). Então, observou-se a coloração resultante em cada um dos sistemas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Discussão teórica dos fenômenos

A transferência de massa consiste no transporte de um componente de uma mistura (soluto), de uma região de alta concentração para uma região de baixa concentração e o modo de transferência de massa abrange dois mecanismos, a transferência de massa devido ao movimento molecular aleatório, conceito da difusão, e a transferência devido ao movimento global do fluido, conceito da advecção. Deste modo, no experimento 1, a agitação promovida pela colher, isto é, a transferência de massa advectiva, é somada a transferência de massa difusiva, que resultou no aumento do fluxo de massa do soluto da região de maior concentração para de menor concentração, vista pela coloração final mais intensa do percolado. Além disso, no experimento 2, também foi possível verificar um aumento no fluxo de massa do soluto, uma vez que uma maior quantidade de café gera uma maior diferença de concentração.

Para analisar o experimento 3 e 4 é importante lembrar da Lei de Fick, que relaciona o fluxo de massa do soluto e o gradiente de concentração, em cada fase, usando um fator de proporcionalidade, chamado de difusividade mássica ou coeficiente de difusão. Além disso, para essa análise, deve-se levar em consideração a solubilidade do soluto no solvente, que ocorre na interface sólido-líquido. A temperatura influencia ambos os fenômenos, sendo que seu efeito varia conforme o sistema analisado. Com isso, no experimento 3, verificou-se que o fluxo de massa do soluto diminuiu quando se utilizou a água fria como solvente, pois, nesse caso, o aumento da temperatura leva a um aumento não somente do coeficiente de difusão, como também do coeficiente de solubilidade do soluto no sistema.

Como os experimentos envolvem um sistema sólido-soluto-solvente, o coeficiente de difusão também é afetado pelas propriedades do sólido, como o tamanho da partícula, a porosidade, a tortuosidade, a área superficial, entre outras. Assim, no experimento 4, o fluxo de massa do soluto também diminuiu quando o café em grãos foi utilizado ao invés do café em pó, pois maiores partículas, que resultam em uma menor área superficial disponível para contato com o solvente, dificultam a difusão do soluto do interior do grão de café até o exterior do mesmo e, por consequência, a extração do soluto pelo solvente é prejudicada, ou seja, a transferência de massa do soluto presente no sólido para o solvente é reduzida.

Abordagem educacional da experiência

Durante a aula, na qual a atividade proposta foi desenvolvida, percebeu-se que a maior parte dos alunos estava apática, sem preocupação em participar das atividades. Isto deve-se, provavelmente, ao fato de que estes estudantes estão acostumados com o ETV, o qual infere o comportamento do aluno como ouvinte, apenas como um receptor do conteúdo transmitido pelo professor, que no ETV, é considerado como detentor único do conhecimento. Infelizmente, este comportamento, muito presente no ensino atual, dificulta a aplicação de novas metodologias didático-pedagógicas, as quais trazem uma abordagem diferente em sala de aula, uma pedagogia construtivista de ensino, como é o caso do método de trabalho proposto.

Ao contrário do ETV, este método de trabalho, baseado na pedagogia construtivista, procura instigar a curiosidade, uma vez que o aluno é levado a encontrar as respostas a partir de seus próprios conhecimentos e de sua interação com a realidade e com os colegas. O construtivismo propõe que o aluno participe ativamente do próprio aprendizado, mediante a experimentação, a pesquisa em grupo, a interação com os outros, o estímulo à dúvida e o desenvolvimento do raciocínio. A prática pedagógica proposta, aplicada e discutida neste

trabalho foi inspirada nas ideias do filósofo Jean Piaget (1896-1980).

A disciplina Introdução à Engenharia Química, na qual foi desenvolvida esta atividade, tem como objetivo trazer reflexões sobre a futura profissão, suas responsabilidades e os conhecimentos que devem ser adquiridos. Nesse sentido, a concepção construtivista vem ao encontro das necessidades deste profissional, desenvolvendo habilidades e conhecimentos necessários, além de motivar os alunos e consequentemente diminuir a desistência destes do curso, o que é muito comum nos cursos de engenharia. Segundo dados obtidos no Portal Eletrônico do Ministério da Educação, existem mais de 3900 cursos de Bacharelado em Engenharia em atividade no país.²⁰ O número de matrículas em Engenharia no ano de 2013 representava 14% das matrículas em todas áreas de atuação do ensino superior,²¹ todavia, o número de concluintes é muito menor e representava apenas 8,2% em 2013. Outro censo revela ainda que a evasão nos cursos de Engenharia é de aproximadamente 50%.²²

Com o intuito de verificar a eficácia da atividade didática proposta foi utilizado o teste estatístico não paramétrico de Wilcoxon para analisar os resultados obtidos do pré-teste e do pós-teste, ambos aplicados aos alunos da disciplina de Introdução à Engenharia Química de uma instituição pública. Esta análise estatística objetiva avaliar se a aprendizagem destes alunos foi significativa após a realização do experimento proposto em sala de aula. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos para o teste estatístico.

Tabela 1. Teste de Wilcoxon para os dados obtidos do pré-teste e do pós-teste aplicados

Parâmetros	Valor
N	23
α	0,05
T _{crítico}	73
T _{calculado}	25,5
Média acertos pré-teste	5,92
Média acertos pós-teste	8,64

Como a amostra apresenta $N \leq 25$, o valor de T_{crítico} é obtido na tabela dos valores críticos de Wilcoxon. Observa-se, na Tabela 1, que $T_{calculado} < T_{crítico}$. Nesse caso, rejeita-se a hipótese de que as médias são iguais (H_0) utilizando $\alpha = 5\%$. Ou seja, há diferença entre as médias de acertos obtidas para o pré-teste e o pós-teste e, como a média de acertos do pós-teste foi maior do que a do pré-teste, pode-se inferir que a aprendizagem dos alunos foi significativamente maior após a realização do experimento em sala de aula. Logo, a metodologia didática proposta e aplicada neste trabalho possibilitou uma melhora efetiva no processo de ensino-aprendizagem dos alunos da disciplina de Introdução à Engenharia Química.

Embora esta metodologia didática tenha sido aplicada na disciplina de Introdução à Engenharia Química de uma instituição pública, cabe salientar que esta não é restrita a este curso e instituição, podendo ser aplicada em outros cursos de ensino superior e em outras instituições. Um outro exemplo de aplicação, descrito por Andreatta-da-Costa,²³ foi no curso de Engenharia Civil.

Percepção dos alunos

A Tabela 2 apresenta as respostas dos alunos para a pesquisa de satisfação, que foi aplicada após a realização da atividade prática em sala de aula. Dos 25 alunos participantes, 15 responderam à pesquisa (60%). Para que se pudesse conhecer os alunos da disciplina de Introdução à Engenharia Química, visando um melhor entendimento

Tabela 2. Pesquisa de satisfação realizada com os alunos participantes da atividade prática

Questionamentos	Resposta dos alunos				
	<i>Concordo</i>	<i>Concordo totalmente</i>	<i>Discordo</i>	<i>Discordo totalmente</i>	<i>Indiferente</i>
Gosto de estudar a disciplina de Introdução à Engenharia Química	60,00%	6,67%	6,67%	6,67%	20,00%
Considero que esta disciplina é importante para o meu futuro profissional	46,67%	26,67%	0,00%	6,67%	20,00%
Sinto grande interesse pelas matérias abordadas nesta disciplina	53,33%	20,00%	13,33%	0,00%	13,33%
Sinto-me capaz de um bom desempenho nesta disciplina	40,00%	60,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Sinto facilidade em compreender os assuntos abordados nesta disciplina	66,67%	26,67%	0,00%	0,00%	6,67%
Gostei de realizar esta atividade prática	33,33%	60,00%	0,00%	0,00%	6,67%
A atividade prática foi fácil de realizar	40,00%	60,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Acredito que esta atividade tenha sido valiosa para mim	60,00%	26,67%	0,00%	0,00%	13,33%
Compreendi claramente o objetivo desta atividade prática	33,33%	66,67%	0,00%	0,00%	0,00%
Esta atividade prática enquadra-se nos objetivos de aprendizagem da disciplina	46,67%	46,67%	6,67%	0,00%	0,00%
O tempo disponibilizado para a realização da atividade prática foi adequado	46,67%	53,33%	0,00%	0,00%	0,00%
A experiência contribuiu para compreender o comportamento dos fenômenos de transporte	46,67%	46,67%	0,00%	0,00%	6,67%
A atividade prática motivou-me a estudar	46,67%	13,33%	13,33%	0,00%	26,67%
As perguntas antes da atividade ajudaram-me a pensar sobre o efeito de diferentes fatores na transferência de massa	20,00%	60,00%	0,00%	0,00%	20,00%
As perguntas depois de cada etapa da experiência ajudaram-me a compreender o efeito de diferentes fatores na transferência de massa	26,67%	60,00%	0,00%	0,00%	13,33%
Acredito que esta atividade prática foi importante para a aprendizagem	60,00%	33,33%	0,00%	0,00%	6,67%

das respostas destes quanto à atividade prática realizada, a pesquisa iniciou com alguns questionamentos sobre a disciplina.

Primeiramente, analisando as respostas relacionadas à disciplina de Introdução à Engenharia Química, vemos pela Tabela 2 que a maioria dos estudantes gosta de cursá-la, pois 66,67% responderam positivamente à assertiva “gosto de estudar a disciplina de Introdução à Engenharia Química” e apenas 6,67% (1 aluno) discordaram, deixando claro a falta de motivação para cursar a disciplina. As respostas que não foram positivas, nesse caso, podem estar relacionadas com a maneira a qual esta disciplina é ministrada, pois são muitos temas a serem abordados em um curto espaço de tempo e muitas das aulas acabam sendo essencialmente expositivas e sem interação professor-aluno.

O mesmo resultado foi obtido para a questão “considero que esta disciplina é importante para o meu futuro profissional”, demonstrando uma situação de reconhecimento positivo quanto à importância dessa disciplina que abre as portas para que esse estudante, recém-chegado no curso, possa conhecer um pouco daquilo que tratará em sua vida profissional quando se graduar engenheiro químico.

Quanto ao interesse pelas matérias abordadas na disciplina, através das respostas à afirmativa “sinto grande interesse pelas matérias abordadas nesta disciplina”, fica claro o desinteresse de quase metade dos entrevistados, pois apenas 53,33% responderam que sim, têm interesse nas matérias que são abordadas. Esse é um resultado que preocupa pois, como se trata do primeiro semestre do curso, é nessa disciplina que o estudante tem maior contato com os temas relacionados à profissão escolhida, no mais, são cursadas as disciplinas básicas para o curso, tais como Cálculo, Física e Química.

Uma resposta positiva e unânime foi dada para a questão

“sinto-me capaz de um bom desempenho nesta disciplina”. Ela pode estar relacionada à forma de avaliação, pois como se trata de uma disciplina de introdução, não são realizadas provas e a nota final é resultado da participação em aula. A assertiva “sinto facilidade em compreender os assuntos abordados nesta disciplina” teve um retorno quase que totalmente positivo, apenas uma resposta foi indiferente. Isso mostra que conteúdos que podem ser tão complexos para os ingressantes do curso estão sendo apresentados de uma forma simples, permitindo sua compreensão.

Passando para os questionamentos relacionados à atividade prática realizada, a grande maioria dos estudantes demonstrou ter gostado de participar da mesma, pois para a afirmativa “gostei de realizar esta atividade prática” apenas 1 aluno se mostrou indiferente. Para esses estudantes a oportunidade de participar de uma aula em que há interação com o professor, realmente fazer parte da aula, diferente daquilo que estão acostumados, é uma motivação a mais. Todos concordaram que a atividade prática foi fácil de realizar, e esse era o objetivo, pois a intenção era de que todos pudessem aproveitar os conhecimentos construídos através do desenvolvimento da atividade.

Quanto à afirmativa “acredito que esta atividade tenha sido valiosa para mim”, a maioria das respostas foi positiva, sendo que apenas 13,33% responderam ser indiferentes. Alguns estudantes que ingressam no curso de Engenharia Química são formados em curso técnico e possuem conhecimento prévio de alguns pontos que foram abordados na atividade. Sendo assim, essa pode ter sido a razão das respostas indiferentes. Outro resultado positivo veio da assertiva “compreendi claramente o objetivo desta atividade prática”, que teve concordância total dos respondentes ainda que, na sequência, quanto à afirmativa

“esta atividade prática enquadra-se nos objetivos de aprendizagem da disciplina” um respondente tenha discordado, demonstrando que não conseguiu compreender o objetivo da atividade que era o de apresentar, de uma forma simples e utilizando um exemplo do cotidiano, alguns conhecimentos bases da Engenharia Química.

Através da resposta à questão “o tempo disponibilizado para a realização da atividade prática foi adequado”, todos os alunos concordaram que este foi adequado. Isso reflete a importância de se fazer um planejamento para a condução da aula, pensar no tempo do aluno e adequar as atividades para que se encaixem dentro do horário disponível. O desenvolvimento da atividade prática foi pensado para que pudesse levar aos estudantes um conhecimento sobre o comportamento dos fenômenos de transporte, por isso o reconhecimento positivo obtido através da assertiva “a experiência contribuiu para compreender o comportamento dos fenômenos de transporte” tem grande significado. De todos os respondentes, apenas 1 aluno respondeu como sendo indiferente. Uma resposta preocupante veio da afirmativa “a atividade prática motivou-me a estudar”, pois 13,33% dos respondentes discordaram e 26,67% responderam como sendo indiferente. Esse resultado preocupa, porque surgem os questionamentos: esses estudantes têm noção da importância desses conhecimentos dentro da Engenharia Química? Será que eles têm noção das dificuldades que irão enfrentar no segmento do curso e depois na vida profissional?²⁴ Espera-se que, com o tempo, eles percebam a importância de se estar motivado, de não se acomodar apenas com aquilo que é recebido em sala de aula, mas sintam-se instigados a pesquisar mais, a conhecer mais, para que no fim possam aprender mais.

As respostas para as questões “as perguntas antes da atividade ajudaram-me a pensar sobre o efeito de diferentes fatores na transferência de massa” e “as perguntas depois de cada etapa da experiência ajudaram-me a compreender o efeito de diferentes fatores na transferência de massa” trouxeram um resultado positivo sobre a estrutura do desenvolvimento da experiência. Elaborar algo que faça com que o aluno interaja com o professor e sintam-se instigados a pensar no que está acontecendo e não apenas receba um conhecimento pronto, mas sim construa seu próprio conhecimento, não é trivial e demanda tempo. Por isso, é tão importante que o professor esteja motivado e queira que o aluno realmente se aproprie do conhecimento.²⁵

Por fim, a última assertiva da pesquisa “acredito que esta atividade prática foi importante para a aprendizagem”, traz um retorno otimista quanto à atividade desenvolvida. 93,33% dos respondentes, sem terem noção dos resultados dos testes estatísticos que comprovam se a atividade melhorou ou não o processo de ensino-aprendizagem, acreditam que a atividade contribuiu para sua aprendizagem, ou seja, dos 15 alunos que responderam à pesquisa, para apenas 1 deles a realização do experimento foi indiferente na aprendizagem. Esse resultado evidencia o quanto atividades desta natureza podem impactar positivamente na compreensão dos conceitos por parte dos alunos. Além disso, motiva o professor a querer melhorar suas aulas e trazer novas experiências didáticas.

CONCLUSÃO

Neste trabalho, avaliou-se a aplicação de uma atividade alternativa ao ETV para o ensino dos conceitos iniciais de transferência de massa para alunos da disciplina de Introdução à Engenharia Química de uma instituição pública a partir da análise estatística de testes realizados anterior e posterior à prática experimental, utilizando-se, para a verificação desses conceitos, um exemplo do cotidiano.

A partir da avaliação do pré e pós-teste, é possível concluir que houve significância estatística na evolução do número de acertos dos alunos, o que indica que a atividade contribuiu positivamente a intervenção proposta em sala de aula.

Com relação à percepção dos alunos quanto à atividade, pode-se concluir que, na visão dos alunos, a realização da atividade prática foi válida e contribuiu positivamente no processo de ensino-aprendizagem, cumprindo com o objetivo proposto pelo grupo.

Na sequência desta pesquisa e em busca da comparação de atividades didáticas distintas, é possível realizar os mesmos testes aplicados neste trabalho (pré e pós-testes) com alunos de outro semestre que venham a estudar esse conhecimento através de outras atividades, como por exemplo, por métodos utilizados no ETV. Além disso, essa atividade pode motivar a inclusão do método construtivista no ensino de disciplinas duras, tanto no curso de Engenharia Química quanto em outras engenharias.

MATERIAL SUPLEMENTAR

As questões do pré-teste entregues aos alunos estão disponíveis em <http://quimicanova.s bq.org.br>, na forma de arquivo PDF, com acesso livre. Destaca-se que as questões do pré-teste não foram modificadas em relação ao conteúdo quando na aplicação do pós-teste, as aletrações foram apenas no ordenamento das respostas (a,b,c ou I, II e III) e nas afirmações (menor/maior, é/não é, correto/incorreto).

REFERÊNCIAS

- Bird, R. B.; Stewart, W. E.; Lightfoot, E. N.; *Fenômenos de Transporte*, 2ª ed., LTC: Rio de Janeiro, 2012.
- Geankoplis, C. J.; *Transport Processes and Separation Process Principles*, 4ª ed., Prentice Hall PTR: New Jersey, 2003.
- Oliveira, J. C. D. A.; *Glossário de Tecnologia Educacional*, Associação Brasileira de Tecnologia Educacional, 1978.
- Vygotsky, L. S.; *Pensamento e Linguagem*, Edição eletrônica, Ed. Riden-do Castigat Mores, 1989.
- Piaget, J.; *O Desenvolvimento do Pensamento: Equilíbrio das Estruturas Cognitivas*, Publicações Dom Quixote: Lisboa, 1977.
- Becker, F.; *Modelos Pedagógicos e Modelos Epistemológicos*, Camões: Curitiba, 2008.
- Masetto, M. T.; *Ensino de Engenharia: Técnicas para Otimização das Aulas*, Avercamp: São Paulo, 2007.
- Bazzo, W. A.; *Qualidade de Ensino e Sistemas de Avaliação*, Texto Básico da Teleconferência: Engenheiro, 2001.
- Loder, L. L.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2002.
- Holvikivi, J.; *European Journal of Engineering Education* **2007**, 32, 401.
- Albuquerque, C.; *Millenium*, **2016**, 39,55.
- Bastos, R. S.; da Cunha, A. A.; da Silva, L. C.; Oliveira, C. C. P.; Rezen-de, M. R.; Pinto, A. C.; *Quim. Nova* **2008**, 31, 172.
- dos Santos, A. P. B.; Gonçalves, I. R. C.; Pais, K. C.; Martinez, S. T.; Lachter, E. R.; Pinto, A. C.; *Quim. Nova* **2009**, 32, 1667.
- Finazzia, G. A.; Martins, C. N.; Capelato, M. D.; Ferreira, L. H.; *Quim. Nova* **2016**, 39, 112.
- Bidetti, B. B.; Balthazar, P. A.; Acciari, H. A.; Codaro, E. N.; *Quim. Nova* **2011**, 34, 1472.
- Bidetti, B. B.; Balthazar, P. A.; Vaz, E. L. S.; Codaro, E. N.; Acciari, H. A.; *Quim. Nova* **2012**, 35, 634.
- Sonai, G. G.; Melo Jr, M. A.; Nunes, J. H. B.; Megiato Jr, J. D.; Nogueira, A. F.; *Quim. Nova* **2015**, 38, 1357.
- Lüdke, E.; Adornes, A. G. R.; Gomes, C. A.; Adornes, R. B.; *Rev. Bras. Ensino Fis.* **2013**, 35, 1503.
- Callegari-Jacques, S. M.; *Bioestatística: Princípios e Aplicações*, Art-med: Porto Alegre, 2009.
- Ministério da Educação, <http://emec.mec.gov.br>, acessada em novembro de 2016.

21. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), http://download.inep.gov.br/educacao_superior/censo_superior/apresentacao/2014/coletiva_censo_superior_2013.pdf, acessado em novembro de 2016.
22. Oliveira, V. F.; Almeida, N. N.; Carvalho, D. M.; Pereira, F. A. A.; *Revista de Ensino de Engenharia* **2013**, 32, 37.
23. Andreatta-Da-Costa, L.; *A Educação em Engenharia: Fundamentos Teóricos e Possibilidades Didático-Pedagógicas*, Editora da UFRGS: Porto Alegre, 2012.
24. Zakon, A.; Manhães, I. N.; *O Ensino da Engenharia Química Perante a Diversificação Profissional nos EUA e no Brasil*, VII Encontro Ensino em Engenharia: Petrópolis, 2001.
25. Álvares, V. O. M.; *Tese de Doutorado*, Universidade Federal de Uberlândia, Brsail, 2006.