

UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE COCO SIMULATOR COMO METODOLOGIA ATIVA NO ENSINO DE EQUILÍBRIO LÍQUIDO-VAPOR EM TERMODINÂMICA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2023.4512

Matheus Henrique Monteiro Silva - matheus.monteiro@ctec.ufal.br
Universidade Federal De Alagoas

Mayara Teixeira da Silva - mayara.silva@ufu.br
Universidade Federal de Uberlândia

Ana Beatriz Vitorino de Farias - a265862@dac.unicamp.br
Universidade Estadual de Campinas

CARLOS EDUARDO DA SILVA - carlos.silva@ctec.ufal.br
Universidade Federal de Alagoas

Wagner Roberto de Oliveira Pimentel - wagner.pimentel@ctec.ufal.br
Universidade Federal de Alagoas

Resumo: *O estudo aborda a utilização de metodologias ativas de ensino, como a Problem Based Learning (PBL), aliada ao uso do software COCO Simulator, no ensino de Equilíbrio Líquido-Vapor (ELV) na disciplina de Termodinâmica 2 do curso de Engenharia Química. O COCO Simulator é uma ferramenta gratuita que permite a simulação de processos termodinâmicos, e sua utilização permite uma melhor visualização do conteúdo e redução de gastos com testes relacionados à otimização dos processos em empresas. Porém, apenas o uso do software não é suficiente para uma aprendizagem efetiva, sendo necessário adotar uma metodologia ativa de ensino, como a PBL, que utiliza a apresentação de um problema real ou fictício para que os alunos possam buscar conceitos aplicáveis e chegar a uma possível solução. O estudo foi realizado na modalidade de ensino a distância, em duas turmas sequenciais, e avaliou a receptividade dos estudantes ao uso do COCO Simulator aliado à metodologia PBL. Foi elaborada uma apostila com instruções para a elaboração de curvas de ELV e inserção de dados experimentais no gráfico. O estudo concluiu que a metodologia PBL aliada ao uso do COCO Simulator foi eficaz no ensino de ELV e bem recebida pelos alunos devido ao feedback recebido via Google Forms.*

"ABENGE 50 ANOS: DESAFIOS DE ENSINO, PESQUISA E
EXTENSÃO NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA"

18 a 20 de setembro
Rio de Janeiro-RJ



COBENGE

2023

51º Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia
VI Simpósio Internacional de Educação em Engenharia

Palavras-chave: COCO Simulator, PBL, Termodinâmica.

Realização:



Organização:



UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE COCO SIMULATOR COMO METODOLOGIA ATIVA NO ENSINO DE EQUILÍBRIO LÍQUIDO-VAPOR EM TERMODINÂMICA

1 INTRODUÇÃO

Há um longo período vem sendo objeto de investigação a melhor maneira de transmitir o conhecimento em um determinado tema. Em decorrência disso, diversas discussões acerca de novas metodologias de ensino têm sido realizadas, tendo em vista priorizar a participação efetiva do aluno no processo de aprendizagem. Tais abordagens têm sido denominadas como metodologias ativas de ensino. Segundo Barbosa e Moura (2014) para aprender algo não basta receber o conteúdo passivamente, é necessário participar, discutir, ensinar e executar. Para isso são utilizadas estratégias que instiguem o discente a se sentir motivado a participar, sendo a forma mais disseminada através da discussão de temáticas de interesse profissional, assuntos atuais ou da busca para a solução de um problema. No entanto, atualmente observa-se uma maior aderência a implementação do uso da modelagem, simulação de sistemas/processos entre outras ferramentas para a visualização e resolução de problemas (Soletti e Carvalho, 1999; Barbosa e Moura, 2014; Lima e Poubel, 2015; Díaz et al., 2023).

No curso de engenharia química é comum que as questões abordadas envolvam cálculos complexos, como nas disciplinas de operações unitárias e termodinâmica, as quais necessitam da resolução de várias equações para solucionar seus problemas. Neste caso, *softwares* de modelagem e simulação vem se tornando uma opção cada vez mais atraente para o ensino dessas matérias, pois permitem uma melhor visualização do conteúdo e podem até ser reaproveitados posteriormente no mercado de trabalho (Leite et al., 2014; Ferreira e Vieira, 2016). Nesse contexto, o *COCO Simulator* é uma ferramenta interessante, pois permite a simulação dos processos termodinâmicos de forma gratuita, o que além de evitar custos com licenças auxilia na eliminação de diversos gastos com testes relacionados a otimização dos processos da empresa (Grepino e Rodrigues, 2015; Lima e Poubel, 2015).

Entretanto, apenas a aplicação do *software* para resolver um problema não é suficiente efetiva, pois o aluno acaba não conseguindo usar os conhecimentos com a nova ferramenta em outros contextos (Soletti e Carvalho, 1999). Portanto, adotar outra metodologia ativa de ensino para ser empregada em conjunto com o uso do *software* teria um resultado mais eficiente. Uma das metodologias ativas recentes que usam essa interatividade, recepção e execução do conhecimento é a PBL (*Problem Based Learning*). Essa aprendizagem é baseada na apresentação de um problema real ou fictício, de modo que através da discussão e busca de conceitos aplicáveis eles possam chegar em uma possível solução (Lovato et al., 2018). Tal abordagem incentiva o aluno a ser o principal responsável pelo desenvolvimento de suas capacidades, já que o professor atua como orientador em vez do tradicional transmissor de conhecimento. Além disso, ela aprimora a habilidade de trabalho em equipe e instiga pensamentos críticos e cooperativos no discente, algo essencial para a área de engenharia (Barbosa e Moura, 2014; Teixeira et al., 2019).

Desse modo, o presente trabalho propõe avaliar o uso do COCO *Simulator* assistido pelo método PBL como ferramentas de aprendizagem no ensino de Equilíbrio Líquido-Vapor (ELV) e a sua receptividade pelos estudantes.

2 METODOLOGIA

O estudo foi empregado na modalidade de ensino à distância, devido às condições impostas pela pandemia. A disciplina selecionada foi a de Termodinâmica 2, a qual era ministrada para alunos do curso de engenharia química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas. Optou-se por estudar o uso das metodologias ativas em duas turmas sequenciais, a primeira referente ao primeiro semestre de 2021 e a segunda referente ao segundo semestre.

A intuitividade é um recurso importante na implementação de ferramentas computacionais no ensino, pois o tempo de duração da disciplina é curto e não possibilita o aprendizado de *softwares* complexos (Soletti e Carvalho, 1999). Além disso, muitos alunos poderiam ter pouco ou nenhum contato com *softwares*, o que torna a facilidade de compreensão indispensável para o processo de ensino-aprendizagem. Por isso, foi empregado o pacote COFE do COCO *Simulator* para resolver os problemas de ELV.

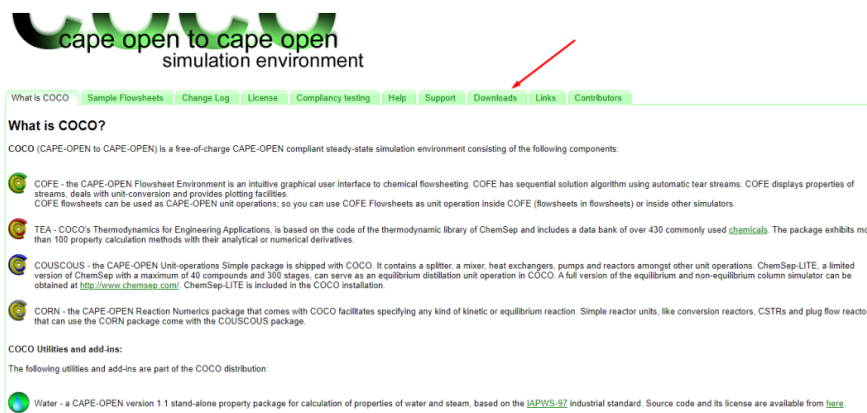
Devido a muitos estudantes não estarem familiarizados com a ferramenta, foi elaborada uma apostila com as instruções necessárias, desde a instalação do COCO, Figura 1, a elaboração das curvas de ELV, assim como os comandos para inserir dados experimentais no gráfico, como pode ser observado na Figura 2. Esse material também foi disponibilizado na plataforma digital do grupo PET (Programa de Educação Tutorial) Ciência e Tecnologia para permitir o acesso a estudantes de outros cursos e períodos (Silva et al., 2021).

Figura 1 - Instruções para instalação do COCO-COFE.

1. Baixando o COCO-COFE:

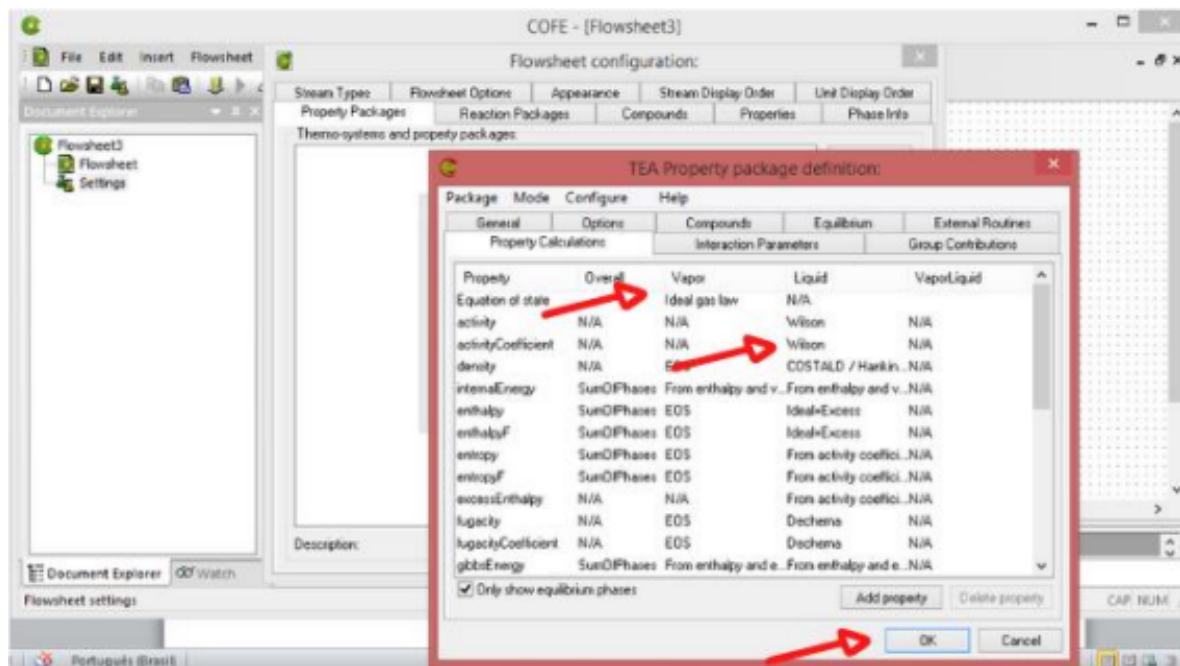
1.1 Fazendo o *Download*.

Primeiramente vá até a página <https://www.cocosimulator.org/>, lá você encontrará esse "*Layout*":



Fonte: Silva et al., 2021.

Figura 2 - Instruções para o cálculo das propriedades do ELV.



Fonte: Silva *et al.*, 2021.

Os alunos de ambas as turmas foram divididos em grupos, os quais receberam um sistema com duas substâncias que formavam o ELV, um modelo de atividade química e um artigo com dados experimentais desse equilíbrio. Para ambas as turmas foi entregue uma lista de exercícios que solicitava:

- Pesquisa sobre onde a mistura recebida poderia ser encontrada no ambiente industrial;
- Gráfico com os dados experimentais do artigo fornecido;
- Gráficos gerados pela simulação usando os modelos da Lei de Raoult, Wilson, NRTL (*Non-Random Two-Liquid*), UNIQUAC (*Universal Quasichemical Activity Coefficient*) e UNIFAC (*UNIQUAC Functional-group Activity Coefficients*), independente do que foi atribuído ao grupo, assim como a discussão de qual modelo se ajustou melhor aos dados experimentais;
- Explicação teórica de como funciona o modelo fornecido ao grupo;
- Explicação de qual melhor e pior modelo de ajuste para os dados experimentais.

Na lista de exercícios da segunda turma acrescentou-se uma questão do tipo “bolha e orvalho”, que necessitava da utilização da ferramenta Excel para sua resolução. O resultado da resolução deveria ser comparado com o observado pelo gráfico experimental gerado.

Por fim, ambas as turmas avaliaram a experiência da utilização da metodologia ativa em termos de didática, intuitividade do *software* de simulação e dificuldade das questões, e a avaliação foi realizada através de um questionário elaborado na plataforma Formulários Google. Além disso, o questionário também continha perguntas sobre o perfil acadêmico do estudante, fatores que influenciaram no seu aprendizado sobre o tema e

afinidade com *softwares* em geral. As questões empregadas possuíam diferentes abordagens: as dissertativas permitiam que os alunos expressassem suas opiniões com textos; as de múltipla escolha e escala linear possibilitavam a avaliação de afirmações (verdadeiro ou falso) e em termos de nível de aceitação (0 a 5), respectivamente; as de caixa de seleção permitiam mais de uma escolha, sendo usadas principalmente nos fatores que impactavam negativamente no aprendizado. Devido à quantidade de perguntas, optou-se pela maioria ser do tipo escala linear, o que reduziria consideravelmente o tempo necessário para concluir a avaliação.

As respostas foram avaliadas estatisticamente com relação à turma como um todo, sendo apresentadas em forma de porcentagem. Desse modo, também pôde ser feita uma comparação entre as respostas de ambas as turmas avaliadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os alunos de ambas as turmas conseguiram resolver a lista de exercícios, cumprindo todos os requisitos, e desta forma receberam a nota máxima na avaliação. A maior dificuldade na execução dos exercícios foi observada pela segunda turma, em relação aos cálculos no Excel da questão de bolha e orvalho.

Os modelos de UNQUAC e UNIFAC exigiam cálculos menos usuais, visualizados respectivamente no Quadro 1 e 2, sendo necessário um conhecimento maior na ferramenta para efetuá-los. Esse fator atrelado ao tempo de duas semanas para a entrega da resolução da lista teve um impacto negativo na assimilação do conteúdo.

Quadro 1 - Equações utilizadas pelo modelo UNQUAC.

$\ln \gamma_i = \ln \gamma_i^C + \ln \gamma_i^R$
$\ln \gamma_i^C = \ln \frac{\Phi_i}{x_i} + 1 - \frac{\Phi_i}{x_i} - 5q_i \left(\ln \frac{\Phi_i}{\theta_i} + 1 - \frac{\Phi_i}{\theta_i} \right)$
$\ln \gamma_1^R = q_1 \left(1 - \ln(\theta_1 + \theta_2 \tau_{21}) - \frac{\theta_1}{\theta_1 + \theta_2 \tau_{21}} - \frac{\theta_2 \tau_{12}}{\theta_1 \tau_{12} + \theta_2} \right)$

Fonte: Koretsky, 2007.

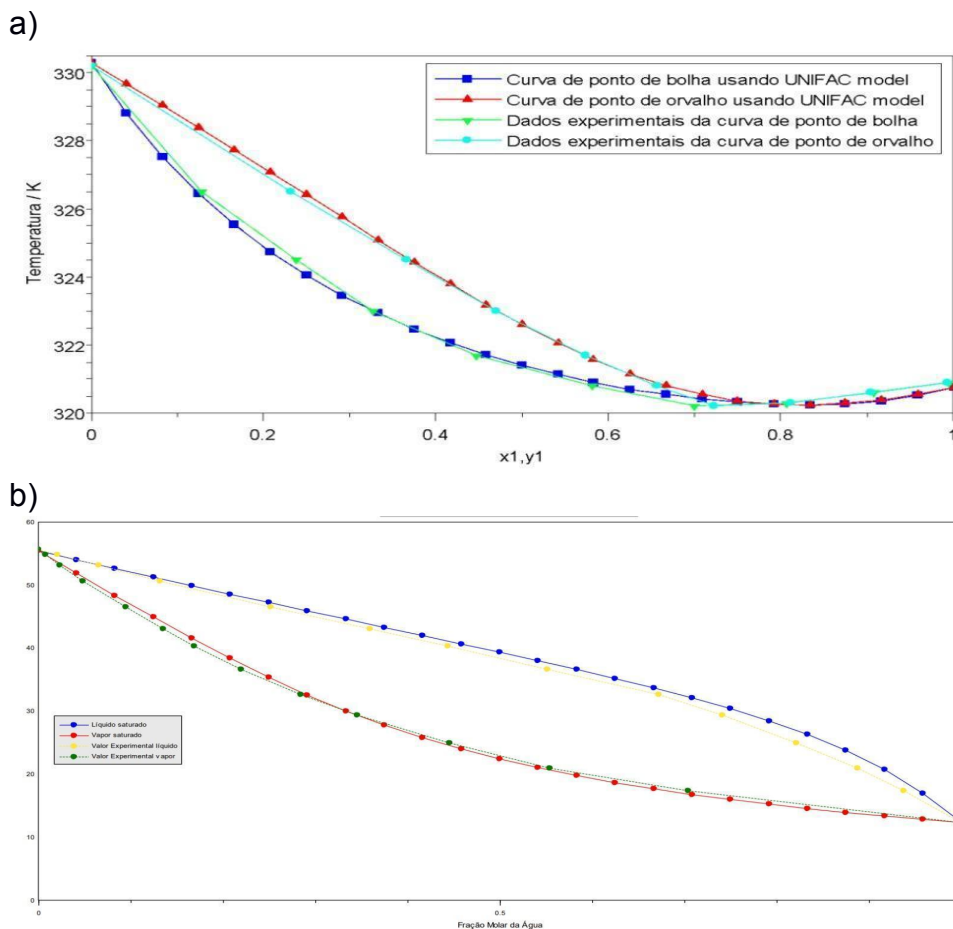
Quadro 2 - Equações utilizadas pelo modelo UNIFAC.

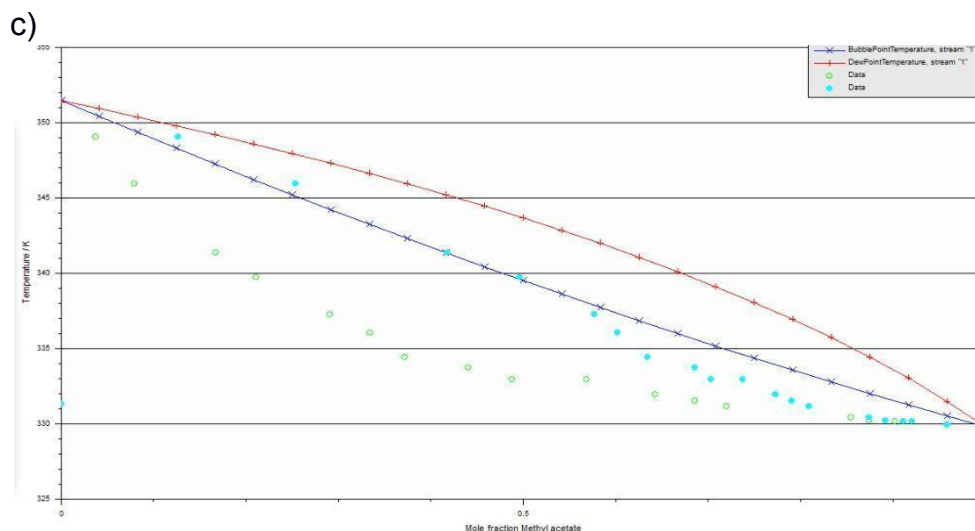
$\ln \gamma_i = \ln \gamma_i^C + \ln \gamma_i^R$
$\ln \gamma_i^C = 1 - J_i + \ln J_i - 5q_i \left(1 - \frac{J_i}{L_i} + \ln \frac{J_i}{L_i} \right)$
$\ln \gamma_i^R = q_i \left(1 - \ln L_i \right) - \sum_k \left(\theta_k \frac{s_{ki}}{\eta_k} - G_{ki} \ln \frac{s_{ki}}{\eta_k} \right)$

Fonte: Koretsky, 2007.

Os discentes se adaptaram bem ao método PBL, que permitiu que as turmas integrassem os conhecimentos teóricos referentes à disciplina com outros fatores importantes para a construção do profissional de engenharia. Entre essas características foi possível notar, por exemplo, o trabalho em grupo para resolução das problemáticas apresentadas e a comparação do caso proposto com outras vivências dos alunos que enriqueciam a discussão para aqueles que ainda não haviam ingressado em estágios. Além disso, foi possível contextualizar os assuntos discutidos nas disciplinas em problemas mais fáceis de assimilar o impacto na profissão. Desta maneira, o PBL proporcionou momentos interessantes no quesito ensino-aprendizagem que colocou em foco o aluno como papel principal na construção do conhecimento. Por isso, em relação às demais questões, os alunos não apresentaram dificuldades, elaboraram textos explicativos e coerentes sobre as simulações e souberam identificar os modelos que melhor se ajustavam aos dados experimentais fornecidos. A Figura 3 mostra alguns resultados obtidos pela simulação realizada pelos alunos, para realizar a comparação para métodos (UNIFAC, NRTL, Lei de Raoult) e misturas (acetona/metanol, água/metanol, acetato de metila/etanol) distintas.

Figura 3 - Gráficos do ELV obtidos pelos alunos relativos à mistura a) acetona(1)/metanol(2) a 75 kPa pelo modelo UNIFAC; b) água(1)/metanol(2) a 323,15 K pelo modelo NRTL; c) mistura acetato de metila(1)/etanol(2) a 101,30 kPa pelo modelo lei de Raoult.





Fonte: Autores, 2023.

O *feedback* obtido através do formulário de avaliação revelou que ambas as turmas unanimemente julgaram como interessante o uso do simulador aplicado ao ensino do ELV, pois puderam perceber como os diferentes modelos alteravam as curvas do gráfico.

Outro fato relatado no formulário foi que mais de 40% da primeira turma e 60% da segunda não possuía afinidade com o uso de *softwares* em geral, e 58% da primeira turma e 57% da segunda nunca haviam utilizado um simulador termodinâmico antes da atividade proposta. Apesar disso, os alunos conseguiram realizar as simulações com o auxílio da apostila.

14% dos alunos da segunda turma relataram que não conseguiram realizar as simulações no *software*, e atribuíram esse fato a problemas técnicos no computador. Dificuldades no computador também foram apontadas pelos alunos como fatores que influenciaram negativamente o aprendizado utilizando o simulador. Esse tipo de problema foi relatado por 48% da segunda turma.

Apesar dos resultados positivos, ressalta-se que mais de 75% dos alunos na primeira turma e 60% da segunda turma realizavam mais de uma atividade extracurricular. Desta forma, os estudantes possuíam pouco tempo disponível para a resolução dos exercícios, tornando improdutiva a aplicação de listas muito extensas. Essa condição também foi observada no trabalho de Rocha (2021), onde os estudantes apontaram como um fator negativo a quantidade de atividades aplicadas no ensino remoto durante o período da pandemia.

4 CONCLUSÃO

O presente trabalho conseguiu avaliar o uso do *COCO Simulator* em conjunto com o método PBL no ensino de ELV, foi observado um resultado positivo pelo *feedback* dos alunos no formulário de satisfação. As respostas da lista de exercício foram coerentes e

de acordo com o que era esperado, indicando uma boa absorção do conteúdo teórico e prático com o auxílio da apostila fornecida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaríamos à Fapemig e CAPES pelo fomento e incentivo a pesquisa e permanência na universidade, e, de maneira similar ao PET Ciência & Tecnologia por ser um programa fundamental para permanência e na disseminação de conhecimentos que enriquecem a formação pessoal e profissional dos alunos que passam por ele. Por último, porém não menos importante, agradecemos ao Centro de Tecnologia e a Universidade Federal de Alagoas por oferecer um ensino público de qualidade que transforma a realidade de inúmeras pessoas todos os anos.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Eduardo F. ; MOURA, Dácio G. de. Metodologias ativas de aprendizagem no ensino de engenharia. In: International Conference on Engineering and Technology Education, 2014, Cairo, Egito. **Anais** da International Conference on Engineering and Technology Education, p. 110-116, 2014.

DÍAZ MJ, ÁLVAREZ-GALLEGO CJ, CARO I, PORTELA JR, Incorporating Augmented Reality Tools into an Educational Pilot Plant of Chemical Engineering. **Education Sciences** v.13, p. 84, 2023

FERREIRA MC, VIEIRA FT, Diagnóstico do uso de softwares computacionais no Ensino de Engenharia Química. In: V Semana de Engenharia Química UFES – V SEQUFES, 2016, Alegre - ES. **Anais** da V Semana de Engenharia Química UFES – V SEQUFES, 2016.

GREPINO PHF, RODRIGUES FA, Utilização de softwares livres no ensino da engenharia química. **Revista de Engenharia Química e Química**. v.1, n.1, p. 0016-029, 2015.

MD, KORETSKY. **Termodinâmica para engenharia química**. Rio de Janeiro, LTC, 2007.

LEITE JP, ESTEBANEZ IC, BELTRÃO MC, Avaliação Preliminar Do Impacto De Softwares De Simulação No Ensino Das Engenharias Química E De Petróleo. **Engevista**, v. 16, n. 1, p. 28–40, 2014.

LIMA RM, POUBEL WM, Importância do uso do software livre aplicado à engenharia química. In: XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica - COBEQIC, 2015, Campinas - SP. **Anais** do XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica - COBEQIC, 2015.

LOVATO FL, MICHELOTTI A, DA SILVA LORETO EL, Metodologias ativas de aprendizagem: uma breve revisão. **Acta Scientiae**, v. 20, n. 2, 2018.

ROCHA GL, **Análise da percepção dos alunos em relação ao uso de programação computacional nas disciplinas do curso de engenharia química UFC**. Trabalho de

Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

SILVA, M.T da et al. **Simulação no COCO-COFE**. Disponível em: <<http://pet.ufal.br/cet/downloads/12/>>. Acesso em: 19/05/2023.

SOLETTI JI, CARVALHO SHV, A Utilização da Programação Matemática no Ensino da Engenharia Química. In: XXVII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia - COBENGE 99, 1999, Natal - RN. **Anais** do XXVII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia - COBENGE 99, 1999.

TEIXEIRA RLP, SILVA PCD, BRITO MLA, Applicability of Active Problem- Engineering Courses. **Humanidades e Inovação**, v. 6, n. 8, p. 139–147, 2019.

USE OF COCO SIMULATOR SOFTWARE AS AN ACTIVE METHODOLOGY IN TEACHING LIQUID-VAPOR EQUILIBRIUM IN THERMODYNAMICS

Abstract: *The study addresses the use of active teaching methodologies, such as Problem Based Learning (PBL), combined with the use of COCO Simulator software, in teaching Liquid-Vapor Equilibrium (LVE) in the Thermodynamics 2 course of Chemical Engineering. COCO Simulator is a free tool that allows the simulation of thermodynamic processes, and its use allows for better visualization of content and reduction of costs related to process optimization tests in companies. However, the use of software alone is not sufficient for effective learning, and it is necessary to adopt an active teaching methodology, such as PBL, which uses the presentation of a real or fictitious problem so that students can seek applicable concepts and arrive at a possible solution. The study was conducted in distance learning mode, in two sequential classes, and evaluated students' receptivity to the use of COCO Simulator combined with PBL methodology. A booklet was prepared with instructions for creating LVE curves and inserting experimental data into the graph. The study concluded that PBL methodology combined with the use of COCO Simulator was effective in teaching LVE and well received by students due to feedback received via Google Forms.*

Keywords: COCO Simulator, PBL, Thermodynamics.