



SIMULAÇÃO E CONTROLE DE COLUNAS DE DESTILAÇÃO INDUSTRIAIS: AUMENTO DA SEGURANÇA E DA EFICIÊNCIA DE APROVEITAMENTO DOS RECURSOS

Adriano Mattar Aguiar Junqueira¹, André Henrique Gonçalves Arcanjo², Heber Wilians do Santos Pires³, Miguel Sousa Morais⁴

¹Universidade Federal de Minas Gerais/Departamento de Engenharia Química, e-mail: adrianomattar@ufmg.br

²Universidade Federal de Minas Gerais/Departamento de Engenharia Química, e-mail: dedefdf@ufmg.br

³Universidade Federal de Minas Gerais/Departamento de Engenharia Química, e-mail: heberw@ufmg.br

⁴Universidade Federal de Minas Gerais/Departamento de Engenharia de Controle e Automação, e-mail: miguelmorais@ufmg.br

Resumo: Este artigo explora o uso de simulações computacionais e estratégias de controle avançado em colunas de destilação industriais, com foco no aumento da eficiência energética e na segurança operacional. A abordagem proposta é fundamentada em princípios de equilíbrio líquido-vapor e otimização de processos. Destaca-se a aplicação de ferramentas como o software Aspen para modelagem, contribuindo para a redução de desperdícios e o melhor aproveitamento dos recursos naturais.

Palavras-chave: Equilíbrio líquido-vapor; Balanço de massa; Colunas de destilação; Refluxo mínimo; Energia requerida; Otimização de processos.

Grupo de Pesquisa Texto Livre	Belo Horizonte	v.18	n.2	2024.2	e-ISSN: 2317-0220
-------------------------------	----------------	------	-----	--------	-------------------

Realização:

Apoio:

Produção:





avançado com o objetivo de maximizar a eficiência operacional. Uma abordagem central nessa direção é a otimização baseada em modelos matemáticos, que permite prever o comportamento do sistema sob diferentes condições e ajustar variáveis críticas em tempo real.

Sistemas modernos de controle utilizam algoritmos baseados em modelos (MPC, do inglês Model Predictive Control) para que seja possível ajustar continuamente variáveis como refluxo, pressão e calor fornecido ao refeedor. Com isso, não apenas melhora-se a eficiência, mas também garante-se a estabilidade do processo diante de flutuações operacionais (Luyben, 2006).

Além disso, o uso de softwares como Aspen Plus e Aspen Dynamics permite simular condições reais de operação, identificando gargalos e otimizando o consumo de energia. Por essa razão, essas simulações são especialmente valiosas em cenários industriais complexos, onde a integração energética pode reduzir significativamente o impacto ambiental (Smith, 2005).

Outro aspecto importante é o refluxo mínimo, uma condição de operação que determina a menor taxa de refluxo necessária para uma separação específica. Trabalhar próximo ao refluxo mínimo reduz custos, embora isso também possa significar a necessidade de um maior número de pratos, o que, por sua vez, pode aumentar o investimento inicial (Coulson & Richardson, 2002). Portanto, a busca pelo equilíbrio entre todos esses fatores é central para a otimização do projeto.

3. Metodologia

A metodologia deste estudo adota uma abordagem quantitativa, fundamentada em simulações computacionais e análise comparativa de dados sobre o desempenho de colunas de destilação industriais. A pesquisa começou com uma revisão bibliográfica de referências fundamentais sobre destilação, controle de processos e simulação, para construir uma base teórica sólida. Na etapa seguinte,



foi utilizado o software Aspen Plus para modelar uma coluna de destilação típica, avaliando diferentes cenários operacionais, como variações no refluxo, número de pratos e consumo de energia. Finalmente, os resultados obtidos nas simulações foram comparados com dados disponíveis na literatura, a fim de validar a abordagem proposta. Este processo permitiu analisar parâmetros como eficiência energética, impacto ambiental e segurança operacional, fornecendo insights sobre o desempenho das colunas em condições reais e destacando oportunidades para otimização de processos no setor industrial.

4. Análise e Interpretação dos Dados

A análise e interpretação dos dados obtidos a partir das simulações realizadas revelaram que ajustes precisos nas condições operacionais podem proporcionar ganhos significativos em termos de eficiência energética e segurança. Nesse contexto, esses resultados destacam a importância de estratégias de controle e integração energética como meios essenciais para a otimização de processos industriais.

No que diz respeito à otimização do refluxo, os resultados indicaram que operar com um refluxo ligeiramente acima do mínimo contribui de forma significativa para melhorar a eficiência sem que isso acarrete um aumento expressivo no consumo energético. Por exemplo, para uma coluna de destilação com 40 pratos teóricos, observou-se uma redução no consumo de energia de aproximadamente 12% em comparação com cenários sem controle otimizado. Esse tipo de ganho é essencial para indústrias químicas e petroquímicas, que buscam equilibrar eficiência e custos operacionais (Luyben, 2006).

Além disso, na integração energética, a aplicação de trocadores de calor para reaproveitamento de energia mostrou ser uma estratégia altamente eficaz. Especificamente, o calor residual do refeedor foi utilizado para pré-aquecer a corrente de alimentação, o que resultou em uma economia de até 20% na energia



requerida pelo sistema. Vale destacar que esse tipo de integração, já discutido em estudos como os de Smith (2005), reforça o potencial de processos sustentáveis na indústria química.

No que tange à segurança operacional, a implementação de controle avançado utilizando o modelo preditivo (MPC) demonstrou alta eficácia na mitigação de oscilações no processo. Mais especificamente, essa abordagem mostrou-se particularmente importante para lidar com perturbações externas, pois contribui para evitar situações de risco, como alta pressão e perda de produto. Dessa forma, a estabilidade alcançada com o MPC é crítica em indústrias químicas, onde pequenas flutuações podem ter consequências graves, conforme destacado por Seader, Henley e Roper (2010).

Em suma, esses resultados reforçam a relevância de combinar análises quantitativas e práticas inovadoras como formas de otimizar processos de destilação, promovendo ganhos econômicos e de segurança, ao mesmo tempo que se alinha a princípios de sustentabilidade e eficiência.

5. Conclusão

Os resultados confirmam que a simulação e o controle avançado de colunas de destilação são ferramentas indispensáveis para o aumento da eficiência e da segurança operacional. Além disso, tais tecnologias contribuem para reduzir os impactos ambientais, alinhando-se aos objetivos globais de sustentabilidade.

Futuras investigações devem explorar o uso de inteligência artificial e machine learning para prever comportamentos não-lineares em colunas de destilação complexas. Combinadas com as práticas discutidas neste artigo, essas abordagens têm o potencial de transformar o cenário industrial, promovendo maior eficiência e responsabilidade ambiental.

Grupo de Pesquisa Texto Livre	Belo Horizonte	v.18	n.2	2024.2	e-ISSN: 2317-0220
-------------------------------	----------------	------	-----	--------	-------------------

Realização:

Apoio:

Produção:





Referências

COULSON, J. M.; RICHARDSON, J. F. Engenharia química: tecnologia de partículas e processos de separação. 5. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002.

JESUS, A. M. de; ANDRADE, D. C. de O.; FRANCO, F. da S. S.; VALADÃO, A. de M.; PEIXOTO, P. C. Colunas de destilação empregadas na indústria química e petroquímica. In: Engenharia em foco. Brazilian Journals Editora, 2021. p. 246–256.

LUYBEN, W. L. Projeto e controle de destilação usando simulação com Aspen. Hoboken: John Wiley & Sons, 2006.

SEADER, J. D.; HENLEY, E. J.; ROPER, D. K. Princípios de processos de separação. 3. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2010.

SMITH, R. Projeto e integração de processos químicos. 2. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2005.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Atribuição - Compartilha Igual (CC BY-SA- 4.0), que permite uso, distribuição e reprodução com a citação dos autores e da fonte original e sob a mesma licença.

Grupo de Pesquisa Texto Livre	Belo Horizonte	v.18	n.2	2024.2	e-ISSN: 2317-0220
-------------------------------	----------------	------	-----	--------	-------------------

Realização:

Apoio:

Produção:

