



As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 3

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a
Economia e o Meio Ambiente 3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 3 [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 3) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-432-0 DOI 10.22533/at.ed.320192506 1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Série. CDD 658.5
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS CERÂMICOS DE ALUMINA-ZIRCÔNIA PARA APLICAÇÃO COMO FERRAMENTAS DE CORTE	
Miguel Adriano Inácio Maria do Carmo de Andrade Nono José Vitor Cândido de Souza Sergio Luiz Mineiro Daniel Alessandro Nono	
DOI 10.22533/at.ed.3201925061	
CAPÍTULO 2	10
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE MODELO ELASTOPLÁSTICO EM ROCHA CARBONÁTICA CARSTIFICADA	
Rayane Conceição Ribeiro da Silveira Mattos Daniel Araújo Farias de Melo Marinésio Pinheiro de Lima Tiago de Freitas Viana Igor Fernandes Gomes Leonardo José do Nascimento Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.3201925062	
CAPÍTULO 3	26
A INFLUÊNCIA DO NITROGÊNIO EM AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS COM APLICAÇÃO EM PRÓTESES ORTOPÉDICAS	
Glauber Rodrigues Cerqueira de Cerqueira Pedro Eliézer de Araújo Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.3201925063	
CAPÍTULO 4	42
MICROPOROUS ACTIVATED CARBON FIBER FELT FROM BRAZILIAN TEXTILE PAN FIBER: PREPARATION, CHARACTERIZATION AND APPLICATION AS SUPERCAPACITOR ELECTRODE	
Jossano Saldanha Marcuzzo Aline Castilho Rodrigues Andres Cuña Nestor Tancredi Eduardo Mendez Heide Heloise Bernardi Mauricio Ribeiro Baldan	
DOI 10.22533/at.ed.3201925064	
CAPÍTULO 5	55
ANÁLISE COMPARADA DE UM AGREGADO DE ESCÓRIA DE ACIARIA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LASTRO DE VIAS FÉRREAS DO TIPO <i>HEAVY HAUL</i> POR MEIO DE ENSAIOS TRIAXIAIS	
Bruno Guimarães Delgado Antônio Viana da Fonseca Eduardo Fortunato Daniela Raquel Ferreira Coelho	
DOI 10.22533/at.ed.3201925065	

CAPÍTULO 6	71
CARACTERIZAÇÃO EM FADIGA POR FLEXÃO ROTATIVA DE FIOS DE ARAME DE SOLDA	
Ingrid Ariani Belineli Barbosa	
Heide Heloise Bernardi	
William Marcos Muniz Menezes	
DOI 10.22533/at.ed.3201925066	
CAPÍTULO 7	80
ESTUDO DA MICROESTRUTURA NA ZONA TERMICAMENTE AFETADA COM A VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM	
Luís Henrique Pires da Silva	
Alex Sander Chaves da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.3201925067	
CAPÍTULO 8	92
ESTUDO DA USINAGEM DA SUPERLIGA A BASE DE FERRO-NÍQUEL UTILIZANDO FERRAMENTA CERÂMICA	
Eduardo Pires Bonhin	
Sarah David Müzel	
Marcel Yuzo Kondo	
Lúcia de Almeida Ribeiro	
José Vitor Candido de Souza	
Marcos Valério Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.3201925068	
CAPÍTULO 9	100
CONSTRUÇÃO DE UMA MÁQUINA DE NÉVOA SALINA ATENDENDO AOS REQUISITOS MÍNIMOS CONTIDOS NAS NORMAS ISO 9227 e ASTM B-117	
Leonardo de Souza Coutinho	
Alexandre Alvarenga Palmeira	
DOI 10.22533/at.ed.3201925069	
CAPÍTULO 10	111
MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA: COLHEITADEIRAS AXIAIS X RADIAIS	
Filipi José Arantes Lemos	
João Mario Mendes de Freitas	
DOI 10.22533/at.ed.32019250610	
CAPÍTULO 11	127
MÉTODO DE OTIMIZAÇÃO TOPOLÓGICA PARA O PROJETO DE MODELOS DE BIELAS E TIRANTES	
Jamile Maria Araujo Tavares	
Rejane Martins Fernandes Canha	
DOI 10.22533/at.ed.32019250611	
CAPÍTULO 12	142
ESTUDO NUMÉRICO DE UM EQUIPAMENTO DE SECAGEM	
Eduardo Dal Piva Schuch	
Magaiver Gabriel Lamp	
Conrado Mendes Morais	
Ângela Beatrice Dewes Moura	
DOI 10.22533/at.ed.32019250612	

CAPÍTULO 13	153
SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA A COMBUSTÃO DE GASOLINA	
Felipe Michael Grein	
Jean Lucas Pereira	
Luiz Felipe Weck	
Olaf Graupmann	
DOI 10.22533/at.ed.32019250613	
CAPÍTULO 14	156
MODELAGEM DE PID PARA SISTEMA DE CONTROLE DE RAMPAS DE TEMPERATURA EM BRASSAGEM	
Gabriel Queiroz	
Marcelo Barros de Almeida	
Márcio Jose da Cunha	
DOI 10.22533/at.ed.32019250614	
CAPÍTULO 15	168
MODELAGEM MATEMÁTICA DE SISTEMAS DINÂMICOS: UMA ABORDAGEM DIDÁTICA	
Lucas Divino Alves	
Neylor Makalister Ribeiro Vieira	
Emerson Paulino dos Reis	
DOI 10.22533/at.ed.32019250615	
CAPÍTULO 16	183
APLICAÇÃO E ANÁLISE VIA MEC EM PROBLEMAS DE TERMOELASTICIDADE 2D	
Luis Vinicius Pereira Silva	
Gilberto Gomes	
João Carlos Barleta Uchôa	
DOI 10.22533/at.ed.32019250616	
CAPÍTULO 17	198
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA INJEÇÃO DE ÁGUA EM RESERVATÓRIO DE PETRÓLEO HETEROGÊNIO	
Raquel Oliveira Lima	
José Arthur Oliveira Santos	
Antônio Jorge Vasconcellos Garcia	
Felipe Barreiros Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.32019250617	
CAPÍTULO 18	207
TANQUES FLASH: DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE CUSTOS NO SOFTWARE DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO EMSO	
Erich Potrich	
Sérgio Correia da Silva	
Larissa Souza Amaral	
DOI 10.22533/at.ed.32019250618	

CAPÍTULO 19	215
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE DEPOSIÇÃO ORGÂNICA EM OPERAÇÕES DE MISTURA DE PETRÓLEOS NO TANQUE DE ESTOCAGEM EM REFINARIAS DE PETRÓLEO	
Rosberguer de Almeida Camargo	
Mauren Costa da Silva	
Rafael Beltrame	
Darci Alberto Gatto	
Antônio Carlos da Silva Ramos	
DOI 10.22533/at.ed.32019250619	
CAPÍTULO 20	223
AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA EMBARCADO PARA MENSURAR A ILUMINÂNCIA EM UM AVIÁRIO EXPERIMENTAL	
Giovanni Polette Dalla Libera	
Victor Moreira Leão	
Vitor Augusto de Sousa	
Matheus Fernando Lima Zuccherelli de Souza	
Renata Lima Zuccherelli de Oliveira	
Marcelo Eduardo de Oliveira	
Adriano Rogério Bruno Tech	
DOI 10.22533/at.ed.32019250620	
CAPÍTULO 21	230
CONTROLADOR FUZZY SINTONIZADO POR ALGORITMO GENÉTICO EM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA	
Lenon Diniz Seixas	
Diego Solak Castanho	
Hugo Valadares Siqueira	
Fernanda Cristina Corrêa	
DOI 10.22533/at.ed.32019250621	
CAPÍTULO 22	243
CONTROLADORES ROBUSTO APLICADO A CONVERSORES CC-CC	
Luiz Otávio Limurci dos Santos	
Luiz Antonio Maccari Junior	
DOI 10.22533/at.ed.32019250622	
CAPÍTULO 23	261
PROPOSTA DE PLATAFORMA PARA ESTUDO DE MOTOR A RELUTÂNCIA VARIÁVEL 8/6	
Marcos José de Moraes Filho	
Luciano Coutinho Gomes	
Darizon Alves de Andrade	
Josemar Alves dos Santos Junior	
Wanberton Gabriel de Souza	
Cássio Alves de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.32019250623	

CAPÍTULO 24	275
ESTUDO COMPARATIVO DE MODELAGENS DE ENROLAMENTOS DE UM TRANSFORMADOR UTILIZANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS PARA ANÁLISES DE ESFORÇOS ELETROME CÂNICOS	
Pedro Henrique Aquino Barra Arnaldo José Pereira Rosentino Junior Antônio Carlos Delaiba	
DOI 10.22533/at.ed.32019250624	
CAPÍTULO 25	287
PROCEDIMENTO PARA AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DO LAÇO DE HISTERESE MAGNÉTICA	
Vitor Hörbe Pereira Da Costa Antônio Flavio Licarião Nogueira Leonardo José Amador Salas Maldonado	
DOI 10.22533/at.ed.32019250625	
CAPÍTULO 26	294
SIMULAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE CAMPO E CORRENTE ELÉTRICA EM TECIDOS BIOLÓGICOS	
Guilherme Brasil Pintarelli Afrânio de Castro Antonio Jr. Raul Guedert Sandra Cossul Daniela Ota Hisayasu Suzuki	
DOI 10.22533/at.ed.32019250626	
CAPÍTULO 27	307
SISTEMA DE PRESENÇA UTILIZANDO IDENTIFICAÇÃO POR RADIOFREQUÊNCIA	
Giovani Formaggio Mateus Ricardo Barroso Leite	
DOI 10.22533/at.ed.32019250627	
CAPÍTULO 28	322
SISTEMAS DEFASADORES EM ALTA FREQUÊNCIA UTILIZANDO MICROFITA EM SUBSTRATO FR4	
Jobson De Araújo Nascimento José Moraes Gurgel Neto Alexsandro Aleixo Pereira da Silva Regina Maria de Lima Neta	
DOI 10.22533/at.ed.32019250628	
CAPÍTULO 29	333
ANÁLISES DA RUPTURA EM TRECHO DA BR-060 NO MUNICÍPIO DE ALEXÂNIA, GOIÁS, E CONDIÇÕES APÓS SEIS ANOS DA RECUPERAÇÃO	
Rideci Farias Tiago Matias Lino Haroldo da Silva Paranhos Itamar de Souza Bezerra Ranieri Araújo Farias Dias Alexsandra Maiberg Hausser	
DOI 10.22533/at.ed.32019250629	
SOBRE O ORGANIZADOR	346

TANQUES FLASH: DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE CUSTOS NO SOFTWARE DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO EMSO

Erich Potrich

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
São Carlos – SP

Sérgio Correia da Silva

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR)
Campo Mourão - PR

Larissa Souza Amaral

Universidade de São Paulo (USP)
São Carlos – SP

RESUMO: Equipamentos industriais são a base da engenharia, pois para funcionarem corretamente precisam do dimensionamento correto, além de uma análise de custos para verificar a viabilidade econômica do processo. O tanque flash é um dos equipamentos mais utilizados na indústria, como também um dos mais complexos. Esse trabalho tem o objetivo de propor uma sequência de equações de dimensionamento e de cálculo de custos, que sejam de fácil implementação em softwares de modelagem e simulação. O software usado para esse fim foi o EMSO, que contém entre os seus modelos de equipamentos o equipamento flash, mas sem apresentar equações de dimensionamento e de análise de custos. Nesse trabalho foi calculado, a partir de correlações, o diâmetro, a altura e o volume do tanque flash e, se utilizando desse último valor, o custo

do equipamento por meio da regra dos seis décimos. A metodologia aqui utilizada mostrou-se de fácil implementação e fácil convergência na simulação, facilitando o dimensionamento e a análise econômica de diferentes tanques flash.

PALAVRAS-CHAVE: Tanque flash, Dimensionamento, Custo de equipamentos, Regra dos seis décimos, EMSO.

ABSTRACT: Industrial equipment is the basis of engineering, because in order to function properly they need the correct sizing, as well as a cost analysis to verify the economic viability of the process. The flash tank is one of the most used equipment in the industry, as well as one of the most complex. This work has the objective of proposing a sequence of design and costing equations that are easy to implement in modeling and simulation software. The software used for this purpose was the EMSO, which contains among its equipment models the flash equipment, but without presenting equations of dimensioning and cost analysis. In this work, the diameter, height and volume of the flash tank were calculated from correlations, and if using the latter value, the cost of the equipment by means of the six tenths rule. The methodology used here was easy to implement and easy convergence in the simulation, facilitating the economical design and analysis of different

flash tanks.

KEYWORDS: Flash tank, Sizing, Cost of equipment, Rule of six tenths, EMSO.

INTRODUÇÃO

A destilação é um processo de separação amplamente utilizado na indústria. Ela se baseia na separação dos componentes de uma mistura pela diferença de volatilidade entre eles. Durante esse processo, uma fase vapor entra em contato com uma fase líquida, havendo transferência de massa e de energia entre essas fases, aumentando a concentração do componente mais volátil no vapor e aumentando a concentração do componente menos volátil no líquido (GAUTO e ROSA, 2011).

O tanque flash é um equipamento de destilação de um único estágio. Nesse equipamento uma corrente líquida, composta por diferentes componentes de diferentes pontos de ebulição, tem parte de seus componentes mais voláteis evaporados por aquecimento e/ou por queda de pressão

O simulador de processos orientado a equações EMSO (Environment for Modeling, Simulation and Optimization) apresenta uma ampla gama de modelos de equipamentos dos principais processos da indústria química e petroquímica, sendo o tanque flash um desses equipamentos.

O EMSO foi criado em 2003 para simular processos estacionários e transientes da indústria, sendo gratuito para fins acadêmicos. O software é multitarefas e é baseado em equações, ou seja, para a obtenção da solução o simulador agrupa as equações de todas as unidades do processo em um único sistema. (SOARES, 2003; SOARES e SECCHI, 2003).

Se há o conhecimento de o custo de um equipamento, mas numa configuração diferente, esse valor pode ser ajustado para a configuração desejada por meio da regra dos seis décimos. Essa regra heurística foi criada por Williams (1947) e se apresenta satisfatória quando um custo de cerca de 35% de precisão é requerido.

MATERIAIS E MÉTODOS

O tanque flash geralmente se encontra na posição vertical, conforme a Figura 1, mas dependendo do cálculo de dimensionamento pode ficar na posição horizontal. Os cálculos são realizados primeiramente considerando um tanque vertical (Equações 1 a 7 e a Equação 10), contudo se não respeitar todos os parâmetros estabelecidos o reator deverá ser horizontal (Equações 1 a 3 e as Equações 8 a 10).

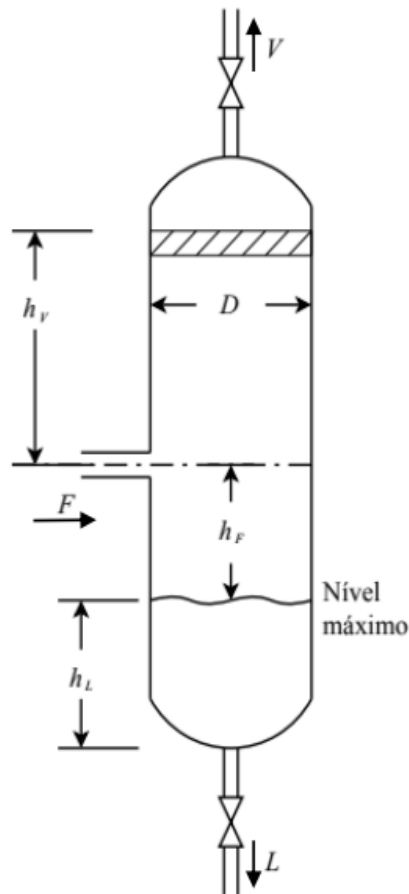


Figura 1. Tanque flash vertical com os seus principais componentes.

Fonte: Adaptado de Wankat (2012).

Em que:

D = diâmetro do tanque flash, em m;

F = vazão de entrada, em unidades de massa por segundo;

L = vazão líquida de saída, em unidades de massa por segundo;

V = vazão gasosa de saída, em unidades de massa por hora;

h_l = altura do volume do líquido de compensação, em m;

h_f = altura do nível de líquido até a linha de carga, em m;

h_v = altura da linha de carga até o demister, em m.

No processo industrial é necessário conhecer a vazão e a composição de entrada, como também a composição de interesse após o processo de flash. Após ter-se determinado as composições e as vazões das correntes de saída do vapor e do líquido, usa-se fórmulas empíricas para determinar-se o tamanho do tanque flash. Primeiramente calcula-se a velocidade de vapor permitida pela Equação 1 (Wankat, 2012):

$$u_{perm} = K_{tranque} \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V}} \quad (1)$$

Em que:

u_{perm} = velocidade de vapor máxima permitida na área máxima da seção

transversal (m/s);

ρ_L = densidade da corrente líquida;

ρ_V = densidade da corrente vapor;

K_{tanque} = constante empírica que depende do tipo do tanque (m/s).

O valor do K_{tanque} foi primeiramente correlacionado graficamente por Watkins (1967), considerando 85% de inundação sem demister. Nessa configuração, aproximadamente 5% de líquido é arrastado com o vapor. O uso do mesmo projeto com um demister reduz o arrastamento para menos de 1%. Blackwell (1984) ajustou a correlação de Watkins por meio das Equações 2 e 3. Geralmente o valor de K_{tanque} varia entre 0,03048 m/s e 0,10668 m/s (Wankat, 2012).

$$K_{tanque} = (Const.) \exp[A + B \cdot \ln F_{lv} + C(\ln F_{lv})^2 + D(\ln F_{lv})^3 + E(\ln F_{lv})^4] \quad (2)$$

$$F_{lv} = \frac{L}{V} \sqrt{\frac{\rho_V}{\rho_L}} \quad (3)$$

Em que Const.; A; B; C; D; e E são constantes cujos valores são, respectivamente:

Const. = 0,3048 m/s;

A = -1,877478097;

B = -0,8145804597;

C = -0,1870744085;

D = -0,0145228667;

E = -0,0010148518.

Wankat (2012) fornece que o cálculo da área da seção transversal (A_C) é dado pela Equação 4, enquanto o diâmetro (D) é dado pela Equação 5. A Equação 4 fornece a área da seção transversal horizontal.

$$A_C = \frac{V}{\mu_{perm} \cdot \rho_V} \quad (4)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A_C}{\pi}} \quad (5)$$

A altura total da coluna (h_{total}) é calculado por meio das Equações 6 e 7 (SILLA, 2003). Ambas as equações das alturas são dimensões verticais.

$$h_{total} = h_L + 1,5 \cdot D + 0,4572m \quad (6)$$

$$h_L = \frac{L \cdot t_s}{A_C \cdot \rho_L} \quad (7)$$

O menor valor de h_L deve ser de 0,6096 m, caso a Equação 7 dê um valor menor, deve ser ajustado para 0,6096 m. t_s é uma constante de tempo, seu valor para tanques

flashes verticais é de 180 e 300 s, geralmente se usa o valor de 240 s (SILLA, 2003). O valor de h_L deve ser entre 3 a 5 vezes o valor do diâmetro, ou seja, h_L/D deve estar entre 3 e 5. Caso o valor de h_L seja menor que 3 vezes o diâmetro, o valor de h_L deve ser ajustado para ser 3 vezes o diâmetro. Caso o valor do h_L seja maior que 5 vezes o valor do diâmetro, um tanque flash horizontal deve ser utilizado no lugar de um tanque horizontal. (WALKAT, 2012).

No caso de um tanque flash horizontal, a sequência das Equações 4 a 7 são substituídas, respectivamente, pelas Equações 8 e 9:

$$A_C = \frac{V}{0,625 \cdot \mu_{perm} \cdot \rho_V} \quad (8)$$

$$h_{total} = \frac{L \cdot t_s^*}{0,5 \cdot A_C \cdot \rho_L} \quad (9)$$

A Equação 8 fornece a área da seção transversal vertical. t_s^* é uma constante de tempo e seu valor para tanques flashes horizontais é em torno de 525 s. A Equação 9 fornece uma altura horizontal, ou seja, pode ser chamado de comprimento do tanque flash horizontal. O cálculo do volume do tanque flash é o mesmo tanto para tanque vertical e horizontal e é dado pela Equação 10.

$$Volume = A_C \cdot h_{total} \quad (10)$$

Após o cálculo do volume, e conhecendo o custo (C_1) de um determinado equipamento a um dado volume, é possível calcular o custo (C_2) para qualquer volume por meio da regra dos seis décimos, dada pela Equação 11.

$$C_2 = C_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{0,6} \quad (11)$$

A razão adimensional P_2/P_1 é definida como um “fator de tamanho” e pode ser expresso em termos de área, potência, vazão e, nesse caso, volume. Um valor de preço de tanque flash levantado com fornecedores é de US\$ 21.695,00 para um tanque flash de 11,3 m³.

Todas essas equações foram inseridas no software EMSO academic beta version 0.10.9, utilizando o sistema operacional Windows 10 de 64 bits. Como componentes da simulação foi utilizado óleo de soja, ácido graxo livre, etanol e água. Os componentes óleo de soja e ácido graxo são pseudocomponentes constituídos da mistura molar de outros componentes, cujas composições e propriedades termodinâmicas foram estimadas pela metodologia de Potrich *et al.* (2019).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para testar e validar as equações aqui mencionadas, foi escolhido o processo de desacidificação do óleo de soja por etanol de uma indústria de porte padrão. O processo tradicional de fabricação de óleo de soja processa 125 t/h, produzindo 25 t/h de óleo bruto com uma acidez de 1%. Esse óleo, para estar apto ao consumo humano, precisa passar pelo processo de desacidificação, ou seja, eliminar os ácidos graxos livres. Meirelles *et al.* (2001) propõe um processo de desacidificação desse óleo por etanol hidratado de 90% em massa, sendo os outros 10% de água. Para essa vazão de óleo bruto de soja é necessário 22,2 t/h de etanol. Essas correntes entram em contracorrente em um desacidificador de pratos produzindo duas correntes, uma corrente de refinado e outra de extrato.

A vazão de refinado vai para o tanque flash 1 que, segundo a metodologia aqui apresentada, tem uma configuração horizontal, uma área de seção transversal vertical de 0,28 m² e um comprimento horizontal de 28,47 m. Totalizando um volume de 8,04 m³ e um custo de US\$ 17.698,5.

A vazão de extrato vai para o tanque flash 2 que apresenta configuração vertical, uma área de seção transversal horizontal de 16,37 m² e uma altura vertical de 13,70 m. Com isso, o volume total é de 224,28 m³ e o custo é de US\$ 130.312. Apesar de ter uma vazão de entrada menor, a vazão de vapor do flash 2 é muito maior que o do flash 1 dada a quantidade de etanol sendo vaporizada, necessitando um volume de reator muito maior.

A simulação teve ao total 761 variáveis, 691 equações e 445 especificações, zerando o número de graus de liberdade. A Figura 2 ilustra a o fluxograma simplificado do processo, enquanto a Tabela 1 ilustra os principais dados obtidos do processo simulado.

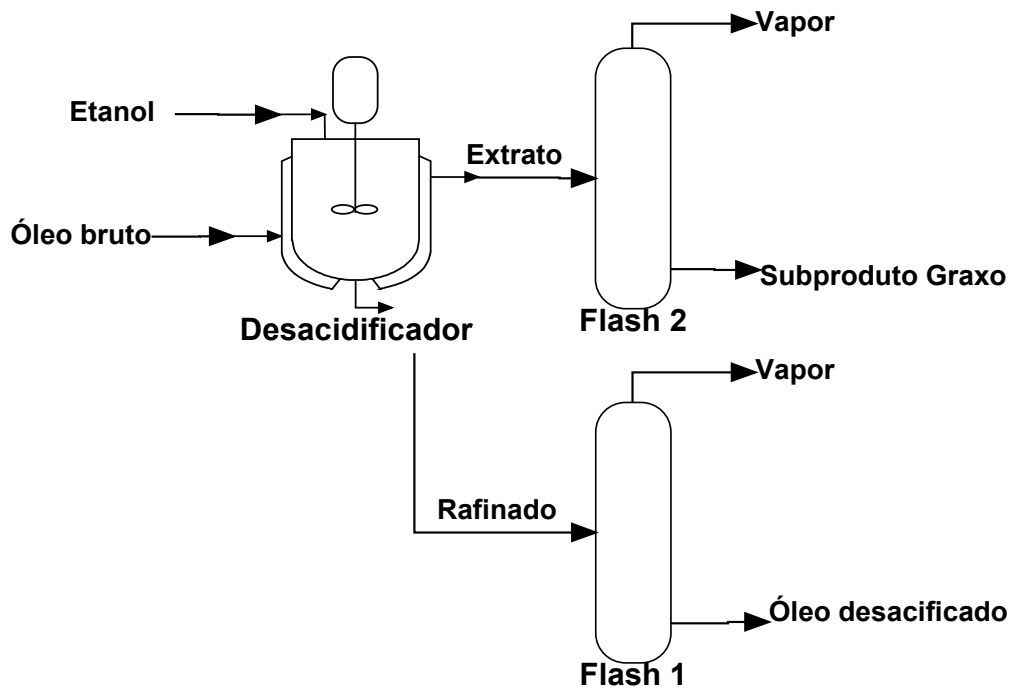


Figura 2. Fluxograma do processo de desacidificação do óleo de soja por etanol.

	Desacidificador		Flash 1		Flash 2	
	Extrato 20,3 kg/h	Rafinado 26,9 kg/h	Vapor 2,3 kg/h	Líquido (Óleo desacidificado) 24,6 kg/h	Vapor 20,2 kg/h	Líquido (Subproduto graxo) 0,1 kg/h
Água (%)	10,65	0,41	4,77	0,00	10,70	0
Etanol (%)	87,00	7,91	92,43	0,03	88,40	0
Óleo (%)	0,52	91,38	0,02	99,90	0,07	100
Acidez (%)	0,83	0,30	2,78	0,07	0,83	0

Tabela 1. Valores das correntes mássicas dos principais equipamentos do processo simulado.

CONCLUSÕES

As equações utilizadas se mostraram de fácil implementação e não acarretaram diferenças na demanda computacional, já que a velocidade de convergência do EMSO se manteve a mesma. O dimensionamento do tanque flash pode ser feita por equações mais complicadas, mas que não acarretariam em grande ganho de precisão, essas equações podem ser vistas nas referências utilizadas nesse trabalho. O conhecimento das dimensões e do custo de tanques flashes é de enorme importância para o setor industrial.

REFERÊNCIAS

BLACKWELL, W. W. **Chemical Process Design on a Programmable Calculator**. McGraw-Hill, New York, 1984.

MEIRELLES, A. J. A.; RODRIGUES, C. E. C.; GONÇALVES, C. B.; BATISTA, E. A. C.; KATEKAWA, M. E. **Processo de desacidificação de óleos e gordura por extração líquido-líquido de processo de purificação de biodiesel e de tratamento do reagente alcoólico**. Patente PI0900869-1 A2, 2011.

POTRICH, E.; CHAMAS, B. E. S.; CRUZ, A. J. G.; GIORDANO, R. C. **Produção de Biodiesel pela Transesterificação Supercrítica Etanólica: Modelagem e Simulação**. Impactos das Tecnologias na Engenharia Química 3, 1ª ed, Atena Editora, p. 123-128, 2019.

SILLA, H. **Chemical process engineering: design and economics**. New York: Marcel Dekker, 2003.

SOARES, R. P.; SECCHI, A. R. EMSO: **A new environment for modelling, simulation and optimization**. Computer Aided Chemical Engineering, v. 14, p. 947-952, 2003.

SOARES, R. P. Desenvolvimento de um Simulador Genérico de Processos Dinâmicos. 2003. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

WANKAT, P. C. **Separation process engineering: includes mass transfer analysis**. 3. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2012.

WATKINS, R. N. **Sizing Separators and Accumulators**. Hydrocarbon Processing, v. 46 (1), p. 253, 1967.

WILIANS, R. **Six-tenths Factor Aids in Approximating Costs**. Chemical Engineering magazine, dez. 1947.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-432-0

