



2ª Mostra de Trabalhos de *Engenharia Química*



URI | SANTO
ÂNGELO



ENGENHARIA QUÍMICA





ANAIS da II Mostra de Trabalhos de Engenharia Química

II MTEQ

Santo Ângelo – RS
FuRI
2018



FORMATAÇÃO

Gabriella de Fátima Feix Suski, Secretária, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS, Brasil

CATALOGAÇÃO NA FONTE

M916a Mostra de Trabalhos de Engenharia Química (2018 : Santo Ângelo, RS)
Anais da II Mostra de Trabalhos de Engenharia Química-
II MTEQ / Organização: Isaac dos Santos Nunes. – Santo Ângelo
: FuRI , 2018.
148 p.

ISBN 978-85-7223-486-3

1. Engenharia química - Anais. I. Nunes, Isaac dos Santos (org.)

CDU: 66.0:061.3

RESPONSÁVEL PELA CATALOGAÇÃO

Fernanda Ribeiro Paz, Bibliotecária CRB 10/ 1720, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS, Brasil



**UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO
URUGUAI E DAS MISSÕES – URI**

Reitor: Luiz Mario Silveira Spinelli

Pró-Reitor de Ensino: Arnaldo Nogaro

Pró-Reitor de Pesquisa, Extensão e Pós-Graduação: Giovani Palma Bastos

Pró-Reitor de Administração: Nestor Henrique de Cesaro

CAMPUS DE SANTO ÂNGELO

Diretor Geral: Gilberto Pacheco

Diretor Acadêmico: Marcelo Paulo Stracke

Diretora Administrativa: Berenice Beatriz Rossner Wbatuba

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO**

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

**ANAIS DA II MOSTRA DE TRABALHOS DE ENGENHARIA
QUÍMICA – II MTEQ**



ORGANIZAÇÃO

Isaac dos Santos Nunes, Mestre, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS, Brasil

COMITÊ CIENTÍFICO

Daiane Skupin Da Silva, Doutora, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS, Brasil;

Elizandra Gomes Squisani, Química, Instituto Federal Farroupilha, RS, Brasil;

Enrique Chaves Peres, Mestre, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS, Brasil;

Estela Bresolin Pereira Mestre, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS, Brasil;

Gabriel Porto Quadros, Eng. Químico, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil;

Isaac dos Santos Nunes, Mestre, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS, Brasil;

Juliane Froncheti de Moura, Mestre, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS, Brasil;

Michel Brondani, Mestre, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil;

Nataly Leidens, Mestre, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS, Brasil;

Patrícia Siqueira Alves, Doutora, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS, Brasil.



2ª Mostra de Trabalhos de *Engenharia Química*



SUMÁRIO

EXPEDIENTE

Pág. 1

PÔSTERES

Pág. 10

A INDÚSTRIA DA CERÂMICA VERMELHA NO BRASIL

Bruna Schacht Mittmann, Rodrigo Sacks, Thayrny Ribeiro, Patrícia Siqueira Alves

Pág. 11

ANÁLISE DE MICROPROCESSADOR DE COMPUTADORES OBSOLETOS EM MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

Dinalva Schein, Mauro César Marchetti, Antônio Vanderlei dos Santos, Estela Bresolin Pereira

Pág. 14

ANÁLISE DE SEDIMENTAÇÃO DESCONTÍNUA EM SUSPENSÃO DE CaCO_3 E Ca(OH)_2

Ariele dos Santos Pirola, Bruna Luísa Weschenfelder, Cacieli da Costa, Jéssica Annaira Krüger, Rogerio Lodi, Isaac dos Santos Nunes

Pág. 17

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE UMA AMOSTRA DE CALCÁRIO POR PENEIRAMENTO

Fabiana R. Kinsel, Taynan J. Bender, Andressa T. Maboni, Cristiane F. Lautharte, Isaac Nunes

Pág. 20

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS MÉIS COMERCIALIZADOS DA REGIÃO MISSIONEIRA – RS

Gisela Taís Demari, Gean Carla Demari, Ivan Carlos Casagrande

Pág. 23

AVALIAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS EM SÉRIE E PARALELO

Gabriele Kuhn Dupont, Júlia Cristina Diel, Cláudia Luisa Hahn, Keli Taís Sallet, Isaac dos Santos Nunes

Pág. 26



AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO DIÂMETRO NA PERDA DE CARGA EM TUBOS DE AÇO INOX

Glauber dos Santos, Taynan Bender, Nataly Leidens
Pág. 29

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO DIÂMETRO NA PERDA DE CARGA EM TUBOS DE PVC

Gabriela Benchimol Garcia, Yasmin Veridiana Furtado da Silva, Nataly Leidens
Pág. 32

AVALIAÇÃO DA PERDA DE CARGA EM TUBO DE FERRO GALVANIZADO EM DIFERENTES VAZÕES

Dinalva Schein, Viviane Fernanda Piveta, Nataly Leidens
Pág. 35

AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE TEMPO E AGITAÇÃO EM ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DA ERVA DE TERERÊ

Paula Gabriela Dalla Porta, Larissa de Oliveira Liberalesso, Mirela Araujo Reis, Caroline Camargo, Yasmin Veridiana Furtado da Silva, Isaac dos Santos Nunes
Pág. 38

AVALIAÇÃO DA SEPARAÇÃO DE UMA MISTURA DE CORANTES POR CROMATOGRAFIA EM CAMADA DELGADA E EM COLUNA

Suely R. Hollas, Bruna T. K. Tusset, Danieli E. Becker, Gabrieli C. Grás, Mariana T. Follmann, Isaac dos S. Nunes
Pág. 41

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO DE COZINHA USADO

Yasmin Veridiana Furtado da Silva, Michele Cristiane Musialowski, Nataly Leidens
Pág. 44

AVALIAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DE UM TROCADOR DE CALOR CASCO E TUBOS EM ESCOAMENTO PARALELO E CONTRACORRENTE

Cláudia Luísa Hahn, Keli Taís Sallet, Gabriele Kuhn Dupont, Júlia Cristina Diel, Isaac dos S. Nunes
Pág. 47

CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPO DE CENTRÍFUGA DE CESTO PARA SEPARAÇÃO DE MISTURA ÁGUA/AREIA

Jéssica M. Kumm, Nadine A. Löeblein, Paula F. Weber, Wagner Frizon, Isaac dos S. Nunes
Pág. 50



CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPO DE FILTRO DE LEITO GRANULAR PARA FILTRAÇÃO DE ÓLEO PROVENIENTE DE USO DOMÉSTICO

Caroline Camargo Dahmer, Larissa de Oliveira Liberalesso, Mirela Araujo Reis, Paula Gabriela Dalla Porta, Yasmin Veridiana Furtado da Silva, Isaac dos Santos Nunes
Pág. 53

CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPO DE TRANSPORTADOR DE CAÇAMBAS PARA ENSINO DE OPERAÇÕES UNITÁRIAS

Gabriela A. K. Bremm, Carolina S. Fronza, Dinalva Schein, Gabriele D. Ávila, Isaac dos S. Nunes
Pág. 56

DETERMINAÇÃO DA DIFUSIVIDADE MÁSSICA DO ETANOL NO AR COM EMPREGO DA CÉLULA DE ARNOLD

Gabriele D. Ávila, Gabriela A. Bremm, Carolina S. Fronza, Nataly Leinds
Pág. 59

DETERMINAÇÃO DA GRANULOMETRIA E ANÁLISE DAS CONDIÇÕES OPERACIONAIS DO PENEIRAMENTO DE PANICUM MILIACEUM

Carolina S. Fronza, Dinalva Schein, Gabriela A. K. Bremm, Gabriele D. Ávila, Isaac dos S. Nunes
Pág. 62

DETERMINAÇÃO DA PERDA DE CARGA DISTRIBUÍDA EM UM TUBO DE AÇO INOX 12 MM DE DIÂMETRO EM DIFERENTES VAZÕES

Kamilla Osório Rodrigues, Lucieli Miranda Mosqueira, Nataly Leidens
Pág. 65

DETERMINAÇÃO DA PERDA DE CARGA DISTRIBUÍDA EM UM TUBO DE PVC COM 16,5 MM DE DIÂMETRO EM DIFERENTES VAZÕES

Jéssica Macuglia Kumm, Nadine Andréia Löeblein, Paula Fernandes Weber, Nataly Leidens
Pág. 68

DETERMINAÇÃO DA PERDA DE CARGA EM UM TUBO DE AÇO INOX COM 16,2 mm DE DIÂMETRO EM DIFERENTES VAZÕES

Andressa T. Maboni, Gabriele D. Avila, Nataly Leidens
Pág. 71

DETERMINAÇÃO DE TEOR DO PIRITONATO DE ZINCO EM XAMPUS MANIPULADOS E INDUSTRIAIS

Gisela Taís Demari, Gean Carla Demari, Ivan Carlos Casagrande
Pág. 74



DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DIFUSIVIDADE MÁSSICA DA ACETONA NO AR, ATRAVÉS DA CÉLULA DE ARNORLD

Taynan José Bender, Dinalva Schein, Larissa Oliveira Liberalesso, Nataly Liedens
Pág. 77

DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE REAÇÃO DE VERDE MALAQUITA E HIDRÓXIDO DE SÓDIO EM REATORES CSTR E PFR

Bruna Luísa Weschenfelder, Ariele dos Santos Pirola, Emanuele dos Santos Silva, Gabriela Menin, Isaac dos Santos Nunes
Pág. 80

DISPOSITIVO CARREGADOR: TRANSPORTADOR DE CORREIA PARA SÓLIDOS

Bianca M. Marques, Caroline Pereira, Kamilla Osório, Lucieli Mosqueira, Isaac dos S. Nunes
Pág. 83

EFEITO DA CONCENTRAÇÃO E TEMPERATURA SOBRE A VELOCIDADE DE REAÇÃO ENTRE OS ÍONS PERMANGANATO E OXALATO

Andreola, L.; Kuhn, G.R; Aimi, N.E.; Dutra, M.E.P.; Moura, J.F de
Pág. 86

ESTUDO CINÉTICO DA ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO EM BAGAÇO E SEMENTES DE UVA

Taynan J. Bender, Bruno Colovini, Milena Santiago Chiquim, Isaac dos S. Nunes
Pág. 89

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO MATERIAL NA PERDA DE CARGA EM TUBOS DE PVC E AÇO INOX DO MESMO DIÂMETRO

Caroline Camargo Dahmer, Larissa de Oliveira Liberalesso, Nataly Leidens
Pág. 92

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO MATERIAL NA PERDA DE CARGA EM TUBOS DE PVC E FERRO GALVANIZADO DE MESMO DIÂMETRO

Carolina S. Fronza, Gabriela A. K. Bremm, Nataly Leidens
Pág. 95

EXTRAÇÃO ÁCIDO-BASE DOS COMPONENTES DO DORIL® ENXAQUECA

Laura Maria Vieira, Bruna Corim, Felipe Roque Kuhn, Alexandra Hanus, Daiane Skupin da Silva
Pág. 98



EXTRAÇÃO DA CAFEÍNA DE AMOSTRA DE CHÁ MATE

Layza Kowalski, Bianca Sulzbacher, Flávia Pauli Mielke, Kamylla Flores, Thiago Rígoli, Daiane Skupin da Silva
Pág. 101

EXTRAÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO: CAFEÍNA DE AMOSTRA DE CAFÉ SOLÚVEL

Bianca Porto, Caroline Martins, Kauanne Tobin, Lorenzo Lombarde, Maurício Maders, Maurício Volpato, Daiane Skupin da Silva
Pág. 103

FUNCIONAMENTO DE UM TROCADOR DE CALOR DE CASCO E TUBOS EM ESCOAMENTO PARALELO E CONTRACORRENTE

Emanuele dos Santos Silva, Ariele dos Santos Pirola, Bruna Luísa Weschenfelder, Gabriela Menin, Isaac dos Santos Nunes
Pág. 106

IDENTIFICAÇÃO DO MODELO APROPRIADO PARA A DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE SÓLIDOS FINOS E ULTRAFINOS DE AREIA

Lucieli Miranda Mosqueira, Bianca M. Marques, Caroline Pereira, Kamilla Osório Rodrigues, Isaac dos S. Nunes
Pág. 109

IDENTIFICAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO APROPRIADO PARA A DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO SAL GROSSO IODADO

Jéssica M. Kumm, Nadine A. Löeblein, Paula F. Weber, Wagner Frizon, Isaac dos S. Nunes
Pág. 112

IDENTIFICAÇÃO E TESTE DE SOLUBILIDADE DOS CÁTIONS DO GRUPO I

Andreola, L.; Kuhn, G.R.; Aimi, N.E.; Dutra, M.E.P.; Moura, J.F de
Pág. 115

INFLUÊNCIA DA VAZÃO NA PERDA DE CARGA DE UM TUBO DE PVC COM 21 mm DE DIÂMETRO

Nehring, D.F.; Pereira, C.; Leidens, N.
Pág. 117

INFLUÊNCIA DO pH NA EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS DO BAGAÇO DE JABUTICABA

Larissa de Oliveira Liberalesso, Nataly Leidens
Pág. 120



MODELAGEM DE UMA COLUNA DE DESTILAÇÃO DIFERENCIAL

Gabriela Menin, Emanuele dos Santos Silva, Tiago Medeiros Heirich, Enrique Chaves Peres
Pág. 123

MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE EVAPORADOR DE SIMPLES EFEITO

Jéssica Annaira da Silva Krüger, Ana Cristina Steffen, Cacieli da Costa, Gabriele Kuhn Dupont, Júlia Cristina Diel, Enrique Chaves Peres
Pág. 126

MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE TRÊS REATORES CSTR EM SÉRIE UTILIZANDO SOFTWARE MATLAB

Ariele dos Santos Pirola, Bruna Luísa Weschenfelder, Juliane Falk Bueno, Rogerio Lodi, Enrique Chaves Peres
Pág. 129

PREPARO DE AROMATIZANTE ARTIFICIAL: ACETATO DE ISOAMILA

Alexandra Hanus, Carmem Salete Glassmann, João Vitor Machry, Daiane Skupin da Silva
Pág. 132

PROTÓTIPO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS

Cristiane Fernanda Lautharte, Andressa Tainá Maboni, Fabiana Rosa Kinsel, Taynan José Bender, Isaac dos S. Nunes
Pág. 135

RECICLAGEM, PROCESSO E APLICAÇÕES DE MATERIAIS POLIMÉRICOS LEVES

Camila Moreira Reinaldo, Gabriel da Rosa Lutchemeyer, Guilherme Pellat dos Santos, Patrícia Siqueira Alves
Pág. 138

SÍNTESE E PURIFICAÇÃO DO ÁCIDO ACETILSALICÍLICO (AAS)

Amanda Roratto, Aline Hammes, Carmem Salete Glassmann, Lilian Leonarda Costa Mattos, Marcell Werle, Daiane Skupin da Silva
Pág. 141

UMA NOVA FORMA DE QUEBRAR AS LIGAÇÕES QUÍMICAS DO POLIETILENO TEREFALATO

Donizete Frank, Eugenio Warpechowski, Alencar Minikel, Patrícia Siqueira Alves
Pág. 144



PÔSTERES



A INDÚSTRIA DA CERÂMICA VERMELHA NO BRASIL

Bruna Schacht Mittmann¹, Rodrigo Sacks², Thayrny Ribeiro³, Patrícia Siqueira Alves⁴

¹⁻⁴Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Cerro Largo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia de Produção

*sacksrodrigo@yahoo.com.br

RESUMO

A cerâmica vermelha é produzida a partir da mistura de argila com ferro, areia e brita. Destes, a principal matéria prima utilizada é a argila, que é um item encontrado na natureza, sua textura é fina e quando umedecida fica com um grau ótimo de plasticidade para ser trabalhada, a mesma pode ser submetida a altas temperaturas, adquirindo resistência e rigidez. São consideradas cerâmicas vermelhas as telhas, lajes, tijolos, blocos, tubos cerâmicos, elementos vazados e argilas expandidas, todos esses de coloração avermelhada.

No setor cerâmico há três tipos de cerâmicas, mas o tipo que mais é produzido é a cerâmica vermelha, ela representa mais da metade da produção total de cerâmicas no Brasil, e esse aumento continua cada vez mais devido ao aumento significativo da construção civil. No Brasil as regiões que mais produzem o material são o Sul e Sudeste, devido ao fácil acesso à matéria prima e bom custo do transporte de materiais.

Palavras-chave: *cerâmica vermelha, processo.*

1. INTRODUÇÃO

A cerâmica é caracterizada pela forma e resultado da moldagem a frio de uma matéria inorgânica argilosa e após endurecida pelo calor (SILVA, 2012). O processo produtivo da cerâmica vermelha é padrão, em fases sucessivas, diferencia apenas a tecnologia de cada fabrica. Isso faz com que os blocos sejam menos impactantes ao Meio Ambiente. A característica essencial da argila é a sua plasticidade no estado úmido, qualidade quase não superada por nenhuma outra matéria-prima, que adquire rigidez ao secar e dureza ao ser queimada. O produto utiliza fontes renováveis no seu processo de produção e trabalha com 70% a menos de água ao comparar com outros processos de produção (SALEMA, 2016).

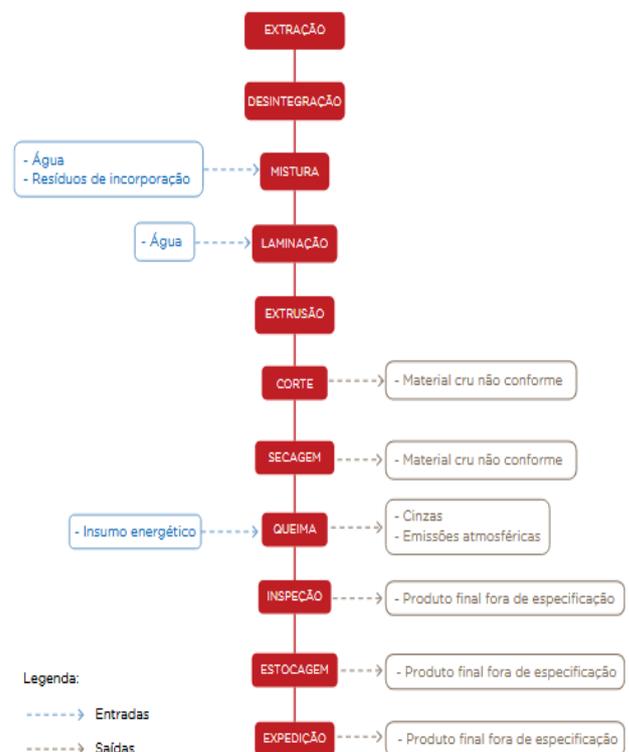
2. Processo

As características gerais das cerâmicas vermelhas e seus pontos positivos são:

As matérias primas utilizadas no processo produtivo são de baixo custo e encontradas em grande quantidade. São de menor densidade e maior resistência ao calor que os metais e polímeros.

Possui alta capacidade calorífica, boa condutividade térmica e baixo coeficiente de expansão térmica. A ligação atômica é mista em cerâmicas, podem ser iônicas e, ou covalentes, são duros, resistentes ao desgaste e corrosão, porém frágeis.

Os processos de produção da indústria de cerâmica vermelha estão representados abaixo no Fluxograma da figura 1.



Fonte: fluxograma do processo produtivo. Entrada e saída de insumos. Adaptado da Associação Brasileira de Cerâmica.



2.1 EXTRAÇÃO DA ARGILA

É realizada a céu aberto, nos meses do ano com baixa precipitação.

2.1.2 RECEBIMENTO DA MATÉRIA-PRIMA

Nesse processo a argila é armazenada separadamente, por lotes menores para que o processo de decomposição de orgânicos e sais solúveis seja acelerado, nesse processo o material fica estocado e descansando para que o resultado final do produto seja sempre o melhor.

2.1.3 PREPARAÇÃO DA MASSA

Nada mais é que a mistura de diversos tipos de argila com água e resíduos. Para se obter o melhor resultado é necessário que a massa fique bem homogênea. A água deve ser acrescentada de forma centralizada e a mesma deve estar quente para agilizar o processo de absorção de água pelo centro do grão argiloso. Os grãos devem ser reduzidos e é essencial um descanso de 24 a 48 horas da massa cerâmica.

2.1.4 LAMINAÇÃO

É a etapa onde as partículas são direcionadas, isso determina a qualidade do acabamento dos produtos.

2.1.5 EXTRUSÃO

Processo onde a massa é compactada e forçada, a mesma passa por um bocal adequado para o tipo de peça a ser feita.

2.1.6 CORTE

Realizado de forma manual ou automática, nesse processo o produto ganha a forma desejada. Os produtos aprovados na inspeção são encaminhados para a secagem, já os com defeito, voltam para o processo de preparação da massa cerâmica.

2.1.7 SECAGEM

Pode ser de forma natural ou artificial.

2.1.8 QUEIMA

Essa é a última etapa do processo, onde ocorre uma série de transformações físico-químicas das peças como: perda de massa, desenvolvimento de novas fases cristalinas, formação de fase vítrea e a soldagem dos grãos. Para esse processo existem fornos intermitentes (caieira, paulistinha ou retangular, abóboda ou

redondo, vagão e metálico) e fornos contínuos (hoffmann e túnel).

2.1.9 EXPEDIÇÃO

Local de armazenagem do produto final, o transporte até o local deve ser feito com todo o cuidado para evitar batidas desnecessárias e comprometer o resultado final do produto.

2.2 ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

Os impactos ambientais associadas à indústria de cerâmica vermelha estão diretamente associados a fatores como: degradação das áreas de extração da argila, consumo de energia, geração de resíduos sólidos decorrentes de perdas por falhas na qualidade do produto, emissão de poluentes atmosféricos e gases de efeito estufa. Esses fatores podem ser observados em várias etapas do processo.

2.3 Absorção de um bloco cerâmico

Segundo a NBR 7171/1992 a absorção de um bloco deve estar dentro de 8% e 25%. Caso não cumpram esses requisitos mínimos não passarão pelo INMETRO. Exemplo: Um bloco de 2486 g foi colocado por 24 horas em um balde de água após seu peso passou para 2715 g, nota se que houve uma absorção de relativa de água, mas será que está dentro do padrão de absorção. Para saber se está, basta resolver o seguinte cálculo:

$$AA = (M_u - M_s) / M_s * 100$$

Mostrando o exemplo fica:

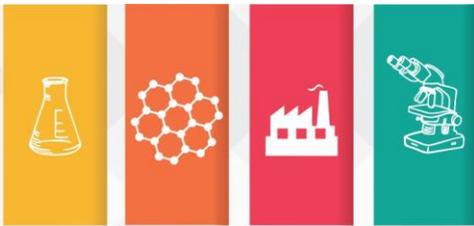
$$AA = (2715 - 2486) / 2486 * 100 = 9,212\%$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trabalho mostra como deve se seguir o processo das cerâmicas, mas isso não significa que todas as fabricas de cerâmica vermelha devem seguir, é apenas um fluxograma de processos apresentada pela Associação Brasileira de Cerâmica. O método de resfriamento das cerâmicas varia diversamente pois depende muitos dos fornos que são utilizados na queima, e também a forma de resfriamento, como por exemplos em grandes fabricas de cerâmica que contem recursos mais avançados tem processo de resfriamento com ventiladores, eles ajudam a reduzir o tempo de resfriamento do produto final, assim agilizando no processo de classificação das cerâmicas.

4. CONCLUSÃO

Com a análise final do trabalho podemos observar que se seguir os passos que a ABCRAM



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



nos fornece, conseguiremos entender os processos que a cerâmica vermelha passa, desde sua extração da natureza até a expedição.

Podemos observar em nosso cotidiano ela está muito presente principalmente em construções e também dentro de nossas casas, por exemplo em nossas casas ela seve para decorar como azulejos e telhas e objetos de uso como por exemplo vasos entre e na construções os tijolos, assim não podemos deixar de falar sobre a qualidade que eles devem ter, pois como nas construções eles são peças fundamentais nas estruturas.

Por isso deve se seguir os padrões mínimos da produção da cerâmica, selecionando desde a melhor matéria prima até o melhor processo, para que no final teremos a cerâmica de qualidade e confiável.

REFERÊNCIAS

DA SILVA, Isabelle Caroline Santos. Cerâmica vermelha. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAFYZcAC/ceramica-vermelha>. Acessado em 14 e 18 de maio de 2018.

SALEMA, Cerâmica Salema. Disponível em: <http://www.ceramicasalema.com.br/processo-produtivo-ceramica-vermelha/>. Acessado em 16 de maio de 2018.

SEBRAE, Sebrae. Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/b877f9b38e787b32594c8b6e5c39b244/\\$File/5846.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/b877f9b38e787b32594c8b6e5c39b244/$File/5846.pdf). Acessado em 16 de maio de 2018.

NUNES E RESENDE, Antônio Carlos Nepumoceno Nunes e Sergio da Silva Resende. Disponível em: http://www.feam.br/images/stories/producao_sustentavel/GUIAS_TECNICOS_AMBIENTAIS/guia_ceramica.pdf. Acessado em 17 de maio de 2018.

WIKIPEDIA, Wikipedia. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Cer%C3%A2mica_vermelha. Acessado em 17 de maio de 2018.

ABCRAM, Associação Brasileira de Cerâmica. Disponível em: <https://abceram.org.br/ceramica-vermelha/>. Acessado em 14 e 18 de maio de maio.

INMETRO disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/tijolo.asp> Acessado dia 05 de junho de 2018.



ANÁLISE DE MICROPROCESSADOR DE COMPUTADORES OBSOLETOS EM MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

Dinalva Schein^{1,*}, Mauro César Marchetti¹, Antônio Vanderlei dos Santos¹, Estela Bresolin Pereira¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*dinalvaschein@aluno.santoangelo.uri.br

RESUMO

Nas três últimas décadas a produção de lixo urbano no mundo aumentou três vezes mais que a população. O Brasil é um dos países com maior geração de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos. Considerando que quem compra um eletrônico acaba se desfazendo de outro, surge a necessidade de novas tecnologias de recuperação/reciclagem dos materiais presentes nestes, tendo em vista todos os danos que os mesmos causam ao meio ambiente. A realização da análise no equipamento de microscopia eletrônica de varredura permite identificar e quantificar os elementos presentes na amostra, além de produzir uma imagem de alta ampliação e alta resolução. Analisaram-se microprocessadores de computadores obsoletos no equipamento de microscopia eletrônica de varredura, com o objetivo de identificar os metais de valor agregado presentes na amostra. Ao analisar, as amostras obtiveram-se resultados satisfatórios, identificou-se a presença de ouro em maior massa percentual, sendo esse um metal de alto valor agregado, acredita-se que os pinos dos microprocessadores são somente revestidos de ouro pelo fato de não conseguir analisar os pinos na parte interior e apresentar em alguns pontos alumínio.

Palavras-chave: *resíduos eletroeletrônicos, metal de valor agregado, microscopia eletrônica de varredura.*

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países com maior geração de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE). Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), estima-se que em 2017 foi produzido cerca de 50 milhões de toneladas destes resíduos no mundo (ONU, 2017).

Considerando que quem compra um eletrônico acaba se desfazendo de outro, surge à necessidade de novas tecnologias para a recuperação dos metais presentes nestes equipamentos, tendo em vista todos os danos que os mesmos causam ao meio ambiente (Veit e Bernardes, 2015).

Para a detecção de componentes presentes em uma amostra sólida, deve-se realizar uma análise no aparelho de microscopia eletrônica de varredura (MEV), este que é capaz de produzir uma imagem com ampliação de até 300.000 vezes e com alta resolução. Este equipamento consiste na emissão de feixes de elétrons, através de um eletrodo negativo, mediante uma aplicação de diferença de potencial. Um acessório é utilizado quando se trata de caracterização microscopia de materiais, chamado EDS, *energy dispersive x-ray*. No momento em que o feixe de elétrons incide sobre um mineral, os elétrons são excitados, mudando de níveis energéticos, ao voltarem ao seu

nível inicial, liberam a energia adquirida que emite um comprimento de onda no espectro de raio-x. Visando que os elementos possuem energias diferentes, o detector mede essa energia associada ao elétron fazendo com que seja possível identificar os elementos químicos presentes naquela área (Dedavid, Gomes e Machado, 2007).

Sendo assim, analisaram-se microprocessadores de computadores obsoletos no MEV, com o objetivo de identificar os metais presentes na amostra.

2 METODOLOGIA

Primeiramente, analisaram-se os computadores obsoletos, separados para descarte da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Santo Ângelo a fim de realizar a retirada dos microprocessadores localizados no interior do CPU. Retirou-se dois modelos da marca *Dell* na qual se classificou em modelo 1 e 2.

Em seguida, coletou-se uma amostra de cada microprocessador e analisaram-se os mesmos no equipamento de microscopia eletrônica de varredura. O equipamento apresenta a morfologia e quantifica os elementos, que pode ser observado na Figura 1.



Figura 1: Equipamento de microscopia eletrônica de varredura (Fonte: o Autor).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira amostra a passar pelo processo foi referente ao modelo 1. A mesma foi analisada em 3 pontos, como apresentado na Figura 2.



Figura 2: Pontos analisados no microprocessador 1 (Fonte: o Autor).

Ao realizar a varredura, foi possível obter estanho (Sn), ouro (Au), e alumínio (Al). O metal que apresentou maior percentual de massa, em ambos os pontos analisados, foi o Au. Os valores em porcentagem de massa podem ser analisados na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados de Au presentes na amostra 1 (Fonte: o Autor)

Pontos analisados	Massa [%]
1	48,22
2	92,48
3	90,67

Em seguida analisou-se o modelo 2 em quatro pontos, como é apresentado na Figura 3.

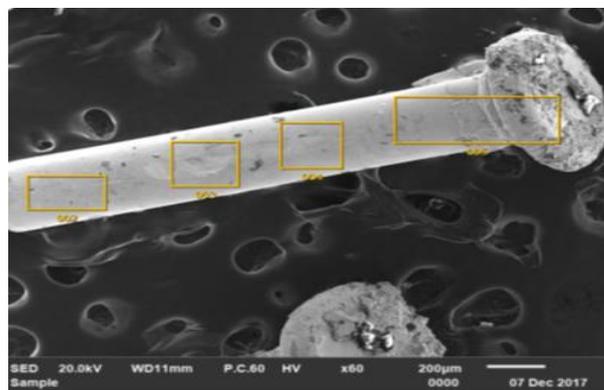


Figura 3: Pontos analisados no microprocessador 2 (Fonte: o Autor).

Após a análise, identificou-se também o Au como o metal com maior percentual de massa na amostra, onde os mesmos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados de Au presentes na amostra 2 (Fonte: o Autor)

Pontos analisados	Massa [%]
1	99,68
2	99,70
3	99,63
4	49,57

Apesar das amostras apresentarem boa porcentagem de Au, metal de alto valor agregado, acredita-se que os pinos dos microprocessadores são somente revestidos de ouro pelo fato de não se conseguir analisar os pinos na parte interior e por apresentar, em alguns pontos, alumínio.

4 CONCLUSÃO

Visando que, com as novas tecnologias, o acúmulo de resíduos sólidos vem crescendo gradativamente, no Brasil e no mundo, e tendo em vista a preocupação com o meio ambiente, busca-se novas tecnologias menos agressivas e de recuperação ou reciclagem dos materiais já utilizados. Sendo assim, a partir dos resultados obtidos, utilizando a microscopia eletrônica de varredura, se quantificou e identificou os metais presentes na amostra, sendo Sn, Al e, em maior percentual de massa, o Au. Esses resultados afirmam a presença de metais de alto valor agregado em resíduos tecnológicos obsoletos, fazendo com que haja um interesse maior na recuperação dos mesmos.



REFERÊNCIAS

DEDAVID, A, B; GOMES, I, C; MACHADO, G. **Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores.** Porto Alegre: EDIPUCS, 2007. Disponível em: <<https://bit.ly/2GGIXNY>>. Acessado em: 21 maio 2018.

ONU prevê que mundo terá 50 milhões de toneladas de lixo eletrônico em 2017. Arquivo digital disponível em: <<https://bit.ly/295pLeY>>. Acessado em: 17 Jan. 2018.

VEIT, H. M; BERNARDES, A. M. **Evaluation of gold and silver leaching from printed circuit board of cellphones.** Waste Management, v. 34, 475-482, 2015.



ANÁLISE DE SEDIMENTAÇÃO DESCONTÍNUA EM SUSPENSÃO DE CaCO_3 E Ca(OH)_2

Ariele dos Santos Pirola^{1*}, Bruna Luísa Weschenfelder¹, Cacieli da Costa¹, Jéssica Annaira Krüger¹, Rogerio Lodi¹, Isaac dos Santos Nunes¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*arieledspirola@santoangelo.uri.br

RESUMO

A sedimentação é utilizada de uma maneira geral nas indústrias, pois separa gravitacionalmente partículas sólidas em suspensão. Neste trabalho, estudou-se a sedimentação, a velocidade e a concentração da suspensão do carbonato de cálcio (CaCO_3) e do hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) nas concentrações de 30, 50 e 70 g/L, respectivamente. Assim, com os valores obtidos, elaborou-se as curvas de sedimentação de cada concentração e comparou-se com dados teóricos encontrados na literatura. Isto posto, analisou-se que a taxa de variação da altura é proporcional com o tempo de suspensão, logo, quando um aumenta o outro diminui, independente do componente da suspensão. Notou-se também, variações na relação da velocidade e concentração para o CaCO_3 , pois quanto maior a concentração submetida menor foi a velocidade de sedimentação dos sólidos, devido a diminuição dos caminhos livres para queda das partículas. Já para o Ca(OH)_2 essa relação ocorreu de forma desregular comparada a composição do CaCO_3 . Na relação de concentração e altura, verificou-se que em ambos os componentes e concentrações, aumentaram conforme a variação da altura diminuía, devido encontro de todos os sólidos sedimentados.

Palavras-chave: *sedimentação, velocidade de sedimentação, concentração da suspensão.*

1 INTRODUÇÃO

Com a crescente preocupação com o meio ambiente e com o objetivo de recuperar a água utilizada, os sedimentadores estão aparecendo com mais frequência nas indústrias de tratamento de efluentes. Na sedimentação, a separação de sólidos e líquidos são baseados nas diferenças de massas específicas entre eles, ou propriedades, como o diâmetro de partícula (MEDEIROS, 2014).

De acordo com Foust *et al.* (2011), esse processo de separação pode ser contínuo ou descontínuo, em tanques de decantação, que são classificados em clarificadores ou espessadores.

O objetivo deste estudo foi determinar as curvas de sedimentações de dois componentes em diferentes concentrações, e assim, avaliar os seus comportamentos durante o processo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram preparadas as soluções de CaCO_3 e Ca(OH)_2 nas concentrações de 3, 5 e 7%. Assim, com as soluções já sedimentadas, verificou-se as alturas iniciais dos sólidos no fundo das provetas, em seguida, agitou-se as mesmas para a homogeneização das partículas com a água. Logo após, as provetas foram deixadas em descanso para as sedimentações das partículas, então, com

auxílio de um cronômetro, registrou-se o tempo a cada 3 cm de altura de sedimentação do sólido.

A partir do tempo de sedimentação obtido para cada suspensão, construiu-se as curvas de altura de suspensão *versus* tempo de sedimentação. Desta forma, aplicando-se as Equações 1 e 2, determinou-se as velocidades e concentrações das suspensões, e, a partir destes dados, interpolou-se as curvas características para cada suspensão.

$$v_s = \frac{z_0 - z_L}{t_L} \quad \text{Equação 1}$$

$$C = \frac{C_0 z_0}{z_L} \quad \text{Equação 2}$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de sedimentação características para o CaCO_3 estão apresentadas na Figura 1.

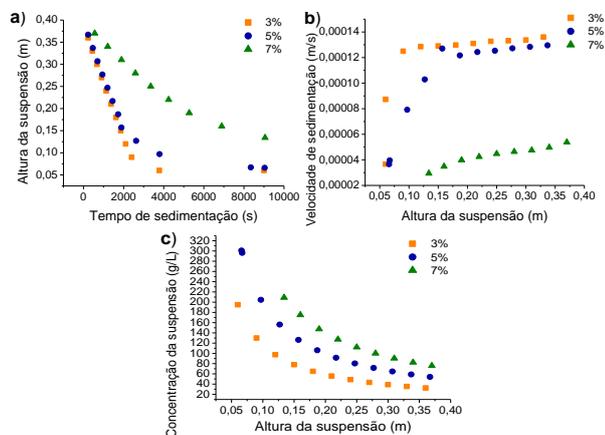


Figura 1. Curvas de sedimentação do CaCO₃, onde (a) altura versus tempo, (b) velocidade versus altura e (c) concentração versus altura (Fonte: os Autores).

A Figura 1 (a), mostra que a altura diminui e o tempo de sedimentação aumenta. Resultado semelhante ao de Klinger *et al* (2017), que analisaram a suspensão com as mesmas concentrações utilizadas neste ensaio, porém, com algumas divergências entre as curvas. De acordo com Medeiros (2014), estas divergências, podem ser relativas aos pré-tratamentos das amostras, concentrações dos sólidos e as áreas dos sedimentadores, ou até mesmo, por erros nas aferições do tempo durante as análises.

Na Figura 1 (b), nota-se que quanto maior a concentração menor é velocidade de sedimentação. Souza *et al* (2016), obtiveram resultados semelhantes em suas análises utilizando CaCO₃ em diferentes concentrações, os mesmos avaliaram que isto ocorre devido a influência da maior interação entre as partículas e diminuição dos caminhos livres para as quedas das mesmas.

Por fim, a Figura 1 (c), fundamenta as considerações anteriores, tendo em vista que quanto menor a altura maior é a concentração do reagente. Segundo Arouca (2007), isso ocorre, pois, a concentração aumenta com o tempo no sentido da base da coluna de dispersão.

As curvas de sedimentação características para o Ca(OH)₂ estão apresentadas na Figura 2.

Averiguando-se Figura 2 (a), percebe-se que as curvas de 3 e 5 % estão agrupadas, isto pode ter ocorrido, devido a difícil visibilidade da zona de líquido límpido e a de concentração da suspensão. Spirandeli *et al.* (2015), encontram curvas semelhantes para as mesmas

concentrações, e, de acordo com os mesmos, o Ca(OH)₂ apresenta baixa solubilidade, fazendo o clarificado ter uma cor aparente.

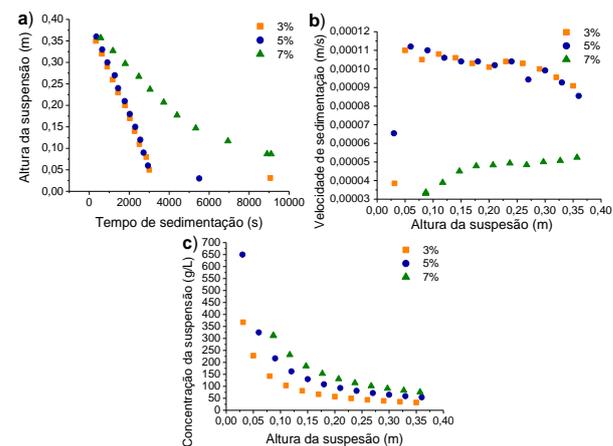


Figura 2. Curvas de sedimentação do Ca(OH)₂, onde (a) altura versus tempo, (b) velocidade versus altura e (c) concentração versus altura (Fonte: os Autores).

concentrações, e, de acordo com os mesmos, o Ca(OH)₂ apresenta baixa solubilidade, fazendo o clarificado ter uma cor aparente.

Na Figura 2 (b), constatou-se uma maior variação de velocidade nas concentrações de 3 e 5%. Dados semelhantes aos de Anibele *et al* (2017), que determinaram estas curvas com as concentrações de 5 e 7% de Ca(OH)₂, e, observaram que a velocidade de sedimentação da concentração de 5% além de ser maior, também teve mais variações do que a concentração de 7%.

Os dados da Figura 2 (c), demonstram um crescimento da concentração a medida em que se diminui a altura da suspensão, e, destacado por Gra (2008), está é uma zona onde todos os sólidos sedimentados estão presentes, além de ter um predomínio de partículas mais pesadas e com sedimentações rápidas, ou seja, onde as concentrações são maiores.

4 CONCLUSÃO

Na análise de ambas as suspensões, verificou-se que as taxas de alturas foram diminuíram ao longo do tempo. Já a velocidade da suspensão ocorreu de forma proporcional com CaCO₃, e desproporcional para o Ca(OH)₂, devido as interações das partículas. Para as concentrações, constatou-se que as mesmas



aumentavam à medida que a altura diminuía, pois é uma zona onde todos os sólidos sedimentados se encontram.

Assim, apesar de algumas divergências nos resultados, os mesmos foram próximos aos das bibliografias estudadas.

NOMENCLATURA

v_s	Velocidade de sedimentação	[m/s]
z_0	Altura inicial da suspensão	[m]
z_L	Altura da suspensão para a concentração C	[m]
t_L	Tempo	[s]
C	Concentração da suspensão	[g/L]
C_0	Concentração inicial da suspensão	[g/L]

REFERÊNCIAS

ANIBELE, Tatiéli P. *et al.* Avaliação da sedimentação descontínua de $\text{Ca}(\text{OH})_2$. In: I MOSTRA DE TRABALHOS DE ENGENHARIA QUÍMICA DA URI, p. 29. **Anais eletrônicos**. Santo Ângelo: URI, 2017.

AROUCA, Fábio O. **Uma contribuição ao Estudo da Sedimentação Gravitacional em Batelada**. 2007. 162p. Tese para doutorado – Programa de pós-graduação em Engenharia Química – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

FOUST, Alan S. *et al.* **Princípios das Operações Unitárias**. Tradução de Horácio Macedo. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

GRA, Brunno D. K. **Avaliação da estabilidade de fluidos de perfuração a base água**. Monografia de graduação – Programa de recursos humanos da agência nacional do petróleo – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

KLINGER, Caroline *et al.* Ensaio de sedimentação descontínua de CaCO_3 . In: I MOSTRA DE TRABALHOS DE ENGENHARIA QUÍMICA DA URI, p. 43. **Anais eletrônicos**. Santo Ângelo: URI, 2017.

MEDEIROS, Fernando A. **Dimensionamento da área de um sedimentador contínuo**. Tese de graduação – Programa de graduação em Química Industrial – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

SOUZA, Talysson S. B. *et al.* Efeito da mistura de partículas e concentração na identificação dos regimes de sedimentação: suspensão de carbonato de cálcio. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 2016.

Anais eletrônicos. Campina Grande: Realize, 2016.

SPIRANDELI, A.B.L. *et al.* Projeto e construção de um sedimentador em escala de laboratório. In: XXXVII ENEMPI, p.1267-1275. **Anais eletrônicos**. São Carlos: UFSCAR, 2015.



ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE UMA AMOSTRA DE CALCÁRIO POR PENEIRAMENTO

Fabiana R. Kinsel^{1,*}, Taynan J. Bender¹, Andressa T. Maboni¹, Cristiane F. Lautharte¹ Isaac Nunes¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*almirfabi@yahoo.com.br

RESUMO

Diversos setores da indústria utilizam a análise granulométrica através de peneiras com diferentes diâmetros, do maior para o menor, como objetivo de calcular a quantidade de massa retida em cada peneira. Nesse experimento, uma amostra de calcário foi separada em diferentes peneiras e feito modelos granulométricos para descobrir a melhor forma de separar ou distribuir a amostra. Diferentes vibrações e tempos, notou-se que a melhor distribuição da amostra foi de 15 minutos com vibração 9, teve um índice de linearidade de 0,9862, mais próximo de 1 do que comparado com os outros métodos.

Palavras-chave: *Peneiramento, modelo granulométrico, calcário.*

1 INTRODUÇÃO

As partículas se apresentam em dimensões muito variadas. Dependendo o material com o qual se está trabalhando, pode apresentar uma variação de decímetros até metros de diâmetro. A análise das dimensões de partículas é importante, pois revela questões como proveniência (origem do elemento), transporte e depósito. (Dias, 2004)

A análise granulométrica é utilizada em diversos setores da indústria. Ela é expressa, normalmente, em função da frequência relativa das partículas que detém certo diâmetro. Podem ocorrer em função da massa (utilizando o peneiramento), volume (difração a laser), e número de partículas (análise de imagens). (Cremasco, 2014).

No caso de peneiramento a distribuição de tamanho é dada pela fração mássica em cada intervalo de tamanho. Nessa técnica faz-se passar uma quantidade de material por uma série de peneiras. Após um tempo determinado de agitação é pesado o material retido de cada peneira.

Em uma análise granulométrica geralmente refere-se a ela em termos de diâmetro máximo e mínimo (abertura da passante e da retida), diâmetro médio (média das aberturas das peneiras); dimensão máxima característica.

Qualquer que seja a análise granulométrica é possível descrever por meio de modelos matemáticos. Há o modelo Gates, Gaudin e Schumann (GGS) e o de Rosin, Rammler e Bennet (RRB).

O modelo GGS está representado pela Equação 1.

$$X_i = \left(\frac{D_i}{K}\right)^m \quad \text{Equação 1}$$

O modelo RRB está representado pela Equação 2.

$$X_i = 1 - \exp\left[-\left(\frac{D_{pi}}{D'}\right)^n\right] \quad \text{Equação 2}$$

Neste experimento foi utilizada a técnica de peneiramento para fazer a distribuição granulométrica de uma amostra de calcário, identificando a melhor maneira de distribuição das partículas.

2 MATERIAL E MÉTODO

Para realização dos testes foram utilizadas peneiras na classificação de Mesh de 35, 48, 65, 100, 150, 200, mais o fundo. Pesou-se 100 g de calcário e fez-se teste com diferentes vibrações e tempos.

Primeiramente com vibração 8 nos tempos de 5, 10 e 15 minutos. Depois com vibração 9 nos mesmos tempos, e por final com vibração máxima 10, nesses períodos novamente, totalizando 9 baterias de peneiramento.

Modelos para a distribuição granulométrica foi realizado e para encontrar a melhor maneira de distribuição que as partículas de calcário se separaram, assim comparou-se os R², um índice padrão de linearidade indicado através de

equações da reta em gráficos, que melhor se enquadra para esse fragmento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão representados os valores de massa retidos em cada peneira e os coeficientes de determinação para a reta (R^2), calculado, de cada gráfico construído nos diferentes modelos matemáticos, ao qual o mais próximo de 1 significa a melhor forma de representação dos diâmetros das partículas de calcário.

Podendo observar, que os melhores valores pertencem ao modelo de RRB, sendo que, o que mais representa a distribuição das partículas de calcário é RRB na vibração 9 com o tempo de 15 minutos, melhor agitação, onde as partículas tiveram uma representatividade significativa de distribuição. Isso indica que esta é a melhor agitação, pois o R^2 mais se aproxima de 1, foi o que melhor ajustou os dados ao modelo. A agitação 10 provavelmente foi excessiva, diminuindo a eficiência. E a agitação 8 não atingiu a máxima eficiência.

A melhor agitação está representada na figura 1.

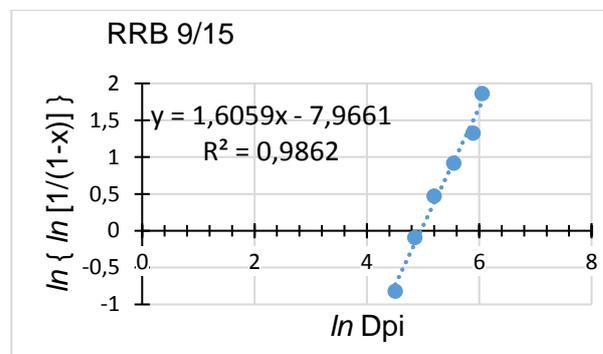


Figura 1: Gráfico do modelo RRB, vibração 9 no tempo 15 minutos.

Através da equação da reta da Figura 1, pode-se encontrar a equação que representa a granulométrica acumulada passante (AGAP) em função do diâmetro médio de partícula. Assim, após alguns cálculos, encontrou-se a seguinte equação:

$$X_i = 1 - \exp \left[- \left(\frac{D_{pi}}{142,67} \right)^{1,6058} \right] \quad \text{Equação 3}$$

Tabela 1. Valores de massa retida em cada agitação e tempo (Fonte: os Autores)

Vibração		8			9			10		
Peneiras/tempo		5	10	15	5	10	15	5	10	15
+35		0,06	0,09	0,10	0,10	0,09	0,16	0,07	0,10	0,10
-35	+48	2,02	2,14	2,22	2,60	2,10	2,16	2,02	2,19	2,25
-48	+65	5,94	6,18	6,09	6,43	5,86	5,88	5,82	6,50	5,68
-65	+100	12,51	11,32	11,52	11,55	12,42	11,85	11,95	11,04	11,62
-100	+150	26,30	20,65	20,58	21,55	21,03	20,11	20,54	20,20	20,80
-150	+200	29,32	23,97	25,01	23,10	25,47	24,23	25,66	22,10	23,92
- 200		23,82	35,61	34,43	34,65	33,02	35,59	33,91	37,86	35,62
Massa total		99,97	99,96	99,95	99,98	99,99	99,98	99,97	99,99	99,99
R ² - GGS		0,8112	0,8599	0,8528	0,8676	0,8501	0,8593	0,8478	0,8751	0,8588
R ² - RRB		0,9748	0,9828	0,9821	0,9806	0,9833	0,9862	0,9817	0,9835	0,9827

CONCLUSÃO

Embora o calcário seja um material muito fino, ele teve uma boa separação nas peneiras, e percebe-se que a vibração tem seu papel importante na análise, juntamente com o tempo.

Esse experimento mostra que o calcário tem um comportamento de melhor separação em uma vibração 9 no tempo de 15 minutos, segundo o modelo de granulometria RRB, e os outros testes

não tiveram uma eficiência tão significativa nas distribuições de partículas.

NOMENCLATURA

X_i	Fração passante	[]
D_i	Diâmetro	[m]
K	Diâmetro máximo de partícula	[m]
m	Coefficiente angular no modelo GGS	[]



D'	Diâmetro máximo de partícula	[m]
n	Coeficiente angular no modelo RRB	[]

REFERÊNCIAS

CREMASCO, Marco Aurélio. Operações unitárias em sistemas particulados e fluidodinâmicos. 2. Ed. São Paulo: Blucher, 2014.

DIAS, J. Alveirinho. Análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos. 2004.

Disponível em:
<http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/ebooks/Sedim/Sedim_B_AG.pdf>. Acesso em: 22 maio 2018.



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS MÉIS COMERCIALIZADOS DA REGIÃO MISSIONEIRA - RS

Gisela Taís Demari^{1,*}, Gean Carla Demari¹, Ivan Carlos Casagrande¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Química Industrial

*giselatdemari@aluno.santoangelo.uri.br

RESUMO

Nos dias de hoje, está aumentando a comercialização de méis da região missioneira, a qual estimula o desenvolvimento na produção do produto. O trabalho tem como objetivo analisar 10 amostras de méis comercializadas de 10 produtores rurais de 10 municípios da região Missioneira – RS. Para as análises físico-químicas foram realizadas: análises microscópicas, determinação da densidade, análise de teor de água, análises de cinzas, análise de pH, acidez livre (titulação ácido-base), Reação de Lund, determinação de teor dos açúcares redutores, reação cromática, pesquisa das enzimas diastásicas, e pesquisa de corantes. Assim, têm-se os resultados seguintes. Os méis são moderadamente ácidos a partir do pH (potencial hidrogeniônico) entre 3,66 e 4,28. Eles têm a riqueza mineral de acordo com os teores de cinzas entre ≈0,14 a ≈0,50%. Além disso, os méis são legítimos em relação à legislação de acordo com as informações seguintes: a densidade entre 1,0998 a 1,1175 g/cm³; e os teores de umidade entre 14,14 a ≈44,00% das amostras em sua maioria; entre outros.

Palavras-chave: *méis, legislação, análises físico-químicas.*

1 INTRODUÇÃO

A apicultura é uma atividade que promove a criação de postos de trabalho, o fluxo de renda e a qualidade de vida (EMBRAPA, 2002).

O Brasil exibe características específicas de flora e clima, que associadas à abelha, atribuem ao país um contexto para a apicultura com milhares de toneladas de mel, consumido pelo mercado internacional (EMBRAPA, 2002).

A coloração, a viscosidade, o aroma, o paladar, a umidade, as propriedades medicinais e a composição de açúcares, minerais e outros componentes do mel; tudo isso depende dos fatores seguintes: a fonte de néctar, o tipo de clima e solo, a coleta pela apicultura, o processamento, e a abelha (EMBRAPA, 2002).

O mel está sendo o motivo da pesquisa, cujo objetivo é a análise da qualidade do produto e dos parâmetros físico-químicos, viabilizando a caracterização dos méis da região missioneira de acordo com a legislação vigente.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1.1 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

As análises físico-químicas com as 10 amostras de méis coletadas de 10 produtores rurais das feiras populares de 10 municípios da região missioneira – RS foram realizadas no Laboratório de Tecnologia dos Alimentos e no Laboratório de

Química – prédios 13 e 17, respectivamente, da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI) – Campus Santo Ângelo. A determinação de cerca de 250g de cada uma das 10 amostras foi realizada em triplicata, ou seja, 3 análises da mesma amostra, o que completou o número de 30 análises.

2.1.2 Análises microscópicas e macroscópicas

A análise macroscópica pela observação avaliou as características organolépticas, por exemplo, a coloração, e as características externas de embalagens. A análise microscópica com o microscópio comprovou a existência de sujidade e larvas.

2.1.3 Análise do teor de água

Utilizaram-se os picnômetros para medir a densidade dos méis. Calculou-se a densidade segundo a fórmula seguinte:

$$\delta = \frac{P_3 - P_1}{P_2 - P_1} \quad \text{Equação 1}$$

2.1.4 Análise do teor de água

Pesaram-se o resíduo seco de amostra submetido à evaporação. Calculou-se o teor de água segundo a fórmula seguinte:



$$\% \text{ de Umidade} = 100 \times \left(\frac{\text{Massa inicial} - \text{Massa Final}}{\text{Massa da Amostra}} \right)$$

Equação 2

2.1.5 Análise de cinzas

Fez-se a pesagem de cinzas de determinada amostra submetida à calcinação. Calculou-se o teor de cinzas segundo a fórmula seguinte:

$$\% \text{ de cinzas} = \left(\frac{\text{Massa da cápsula com cinzas} - \text{Massa da cápsula vazia}}{\text{Massa da amostra}} \right) \times 100$$

Equação 3

2.1.6 Análise de pH

Determinou-se o pH (potencial hidrogeniônico) com pHmetro através do Método Potenciométrico.

2.1.7 Acidez livre (titulação ácido-base)

Aplicou-se uma titulação simples com o Hidróxido de Sódio (NaOH), e um pHmetro. Calculou-se a acidez livre segundo a fórmula seguinte:

$$\text{Acidez em meq./} = V \times f \times 10$$

Equação 4

2.1.8 Reação de Lund

Determinaram-se com a solução do ácido tânico as substâncias albuminoides precipitáveis.

2.1.9 Determinação de teor dos açúcares redutores

Aplicou-se a técnica volumétrica conhecida como Método de Lane Eynon ou Método de Fehling com as soluções seguintes: A, B, de Fehling, do Hidróxido de Sódio, do Azul de Metileno, do Acetato de Zinco, e do Ferricianeto de Potássio.

2.1.10 Reações cromáticas

Promoveu-se pela decantação a Reação de Jagerschmidt para identificar o hidroximetilfurfuraldeído (HMF).

2.1.11 Pesquisa das enzimas diastásicas

Promoveu-se pelo sistema de banho-maria a determinação das enzimas diastásicas.

2.1.12 Pesquisa de corantes

Determinou-se com o ácido sulfúrico (H₂SO₄) se existiram os corantes artificiais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O pH (potencial hidrogeniônico) entre 3,66 e 4,28 determinou as amostras moderadamente ácidas, que estão dentro do conhecimento de Jay (2005), do qual considera-se a acidez moderada a partir de pH igual ou menor a 4,5. Os autores Finco; Moura; Silva (2010) apontam que o pH (potencial hidrogeniônico) de méis é influenciado pelo pH (potencial hidrogeniônico) do néctar das flores e pelas mandíbulas das abelhas, e que a acidez estabiliza o mel, por isso, quanto maior a sua acidez, será menor a ação microbiana.

A densidade entre 1,0998 a 1,1175 g/cm³ das amostras em sua maioria está de acordo com o valor igual ou superior a 1,099 g/cm³ de parâmetro para méis, o qual é abordado pela Sociedade Brasileira de Farmacognosia (2017). Esta aborda que quanto maior a densidade, será menor a deterioração do alimento. O teor de cinzas entre ≈0,14 a ≈0,50% representou os minerais em méis presentes. As cinzas são a riqueza em minerais do mel (FINCO; MOURA; SILVA, 2010). O teor de água entre 14,14 a 19,28% das amostras em sua maioria está em concordância com o máximo de 20% preconizado pela legislação de Brasil (2000) e da Sociedade Brasileira de Farmacognosia (2017). A umidade representa a água em méis contida (FINCO; MOURA; SILVA, 2010).

4 CONCLUSÃO

Comprova-se a eficácia satisfatória das análises físico-químicas dos méis comercializados, já que se determinou o pH (potencial hidrogeniônico) entre 3,66 e 4,28; e os teores de cinzas entre ≈0,14 a ≈0,50%; tudo isso representa a legitimidade dos méis. Além disso, a pureza dos méis foi comprovada de acordo com a legislação a partir da determinação dos valores de densidade entre 1,0998 e 1,1175 g/cm³, e dos teores de água entre 14,14 a 19,28% das amostras em sua maioria.

NOMENCLATURA

Os dados utilizados para as análises de densidade, de acidez, e dos teores de água e cinzas estão disponíveis na Tabela 1.



Tabela 1. Dados de símbolos, definições e unidades de medidas (Fonte: o Autor).

Símbolos	Definições	Unidades de medidas
δ	Densidade	[g/mL]
P_1	Peso do picnômetro vazio	[g]
P_2	Peso do picnômetro com água	[g]
P_3	Peso do picnômetro com amostra	[g]
$\delta\%$ de Umidade	Percentual de água na amostra	[%]
% de cinzas	Percentual de cinzas na amostra	[%]
meq./kg	Mili-equivalentes por quilograma	[meq./kg]
V	Volume de solução do Hidróxido de Sódio (NaOH) gasto	[mL]
f	Fator de correção de solução do Hidróxido de Sódio (NaOH)	[1]

REFERÊNCIAS

BRASIL, Leis, Decretos, etc - **Instrução Normativa nº 11 de 20 de outubro de 2000**, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Diário Oficial, Brasília, 23 de outubro de 2000. Brasília. Seção I, p.23. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=7797>>. Acesso em: 31 mai. 2017.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistemas de Produção – Produção de Mel**. Teresina: [s. n.], p.136, 2002. Disponível: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/80709/1/sistemaproducao-3.PDF>>. Acesso em: 24 abr. 2017, p. 06; 23-25; 27-30.

FINCO, Fernanda D. B. A.; MOURA, Luciana L.; SILVA, Igor G. **Propriedades físicas e químicas do mel de Apis mellifera L.** Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas, Set. 2010, v.30, n°.3, p. 706 – 712. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v30n3/v30n3a22.pdf>> . Acesso em: 28 mai. 2017.

JAY, James M. Microbiologia de Alimentos. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005, p. 380.

SBFGNOSIA – SOCIEDADE BRASILEIRA DE FARMACOGNOSIA - **Análise de Mel**. Disponível em: <http://www.sbfgnosia.org.br/Ensino/analise_mel.html>. Acesso em: 12 abr. 2018.



AVALIAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS EM SÉRIE E PARALELO

Gabriele Kuhn Dupont¹, Júlia Cristina Diel¹, Cláudia Luisa Hahn¹, Keli Taís Sallet¹, Isaac dos Santos Nunes¹
¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química
*gabrielekdupont@aluno.santoangelo.uri.br

RESUMO

As curvas características das bombas traduzem o funcionamento do equipamento, sendo produzidas a partir de dados experimentais. Muitas vezes, por motivos de sobrecarga de vazão ou de pressão, se opta por operar com duas ou mais bombas dispostas em paralelo, em série ou ainda com a combinação série-paralelo. Neste trabalho, utilizando-se de um módulo de associação de bombas, verificou-se o funcionamento isolado de duas bombas, construindo-se curvas características por meio dos dados experimentais obtidos. Em seguida, operou-se o sistema numa associação em paralelo e em série. Com o sistema operando em paralelo, verificou-se que somando-se as vazões, nos primeiros pontos ocorreram desvios, por serem utilizados valores não cobertos pelas curvas. Já para o sistema operando em série, observaram-se também alguns desvios, uma vez que, nesse tipo de operação as vazões devem ser constantes.

Palavras-chave: *Bombas, Associação em paralelo, Associação em série.*

1 INTRODUÇÃO

As bombas são dispositivos fluidomecânicos, que fornecem energia mecânica a um fluido incompressível para movimentá-lo de um lugar para outro. Podem ser aplicadas em diversas situações, como: abastecimento de água; sistema de esgotos e de tratamento de resíduos; sistemas de irrigação para fins agrícolas; nas indústrias químicas, petroquímicas, álcoolquímicas, farmacêuticas e alimentícias (TERRON, 2015, CREMASCO, 2014).

As curvas características de bombas são produzidas, a partir de dados empíricos (experimentais) do próprio fabricante do equipamento, fazendo a bomba vencer diversas alturas de coluna de líquido, variando a vazão do líquido e ao mesmo tempo verificando a potência fornecida pelo eixo da bomba e a sua eficiência (ROITMAN, 2002).

Muitas vezes, por motivos de sobrecarga de vazão ou de pressão, se opta por utilizar-se de duas ou mais bombas dispostas em série, em paralelo ou ainda com a combinação das duas. Este tipo de operação é denominado de associação de bombas, e com base nisso, tem-se como propósito neste trabalho levantar curvas características das bombas e avaliar o comportamento de acordo com o modo de operação, sendo em série ou em paralelo.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.2 Módulo de associação de bombas

Realizou-se o procedimento experimental no módulo de associação de bombas, apresentado na Figura 1, composto por: duas bombas, denominadas B-01 e B-02; sete válvulas, numeradas de 1 a 7, conforme ilustrado, sendo a V-07 para ajuste e controle da vazão; um rotâmetro, para medida da vazão; quatro manômetros, para medida da pressão, denominados como M-S (manômetro do sistema), M-S1 (manômetro de sucção da B-01), M-D1 (manômetro de descarga da B-01) e M-D2 (manômetro de descarga da B-02); um tanque reservatório de água; uma chave liga/desliga para as bombas; e tubulações.

Inicialmente, ajustaram-se as válvulas para levantamento dos dados das bombas B-01 e B-02 separadamente, controlando-se a vazão do sistema para: 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500 e 4000 L/h. Para cada medição de vazão da bomba B-01 e B-02, aferiu-se a pressão nos manômetros M-D1 e M-S e nos manômetros M-D2 e M-S, respectivamente.

Posteriormente, visando-se o levantamento de dados para a construção das curvas de associação em paralelo e em série, ajustaram-se as válvulas do módulo características para cada associação, com as mesmas vazões mencionadas anteriormente.



Figura 1. Módulo de associação de bombas (Fonte: os Autores).

2.3 Curva das bombas

Empregando-se os dados de vazão e pressão de descarga da bomba, medidos no rotâmetro e no manômetro, respectivamente, plotaram-se curvas de operação para as bombas B-01 e B-02, obtendo-se a equação linear da reta para cada bomba. Com as equações das retas, para o sistema operando em paralelo, determinaram-se os valores de vazão de descarga para cada bomba. Para o sistema operando em série, encontraram-se a vazão para a queda de pressão da bomba B-01 e a vazão de descarga da bomba B-02.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Curvas de operação das bombas

Com os dados pressão de descarga da bomba B-01, da bomba B-02 e com as vazões pré-determinadas para o rotâmetro, construíram-se os gráficos apresentados pela Figura 2, os quais representam a operação isolada da bomba B-01 e B-02.

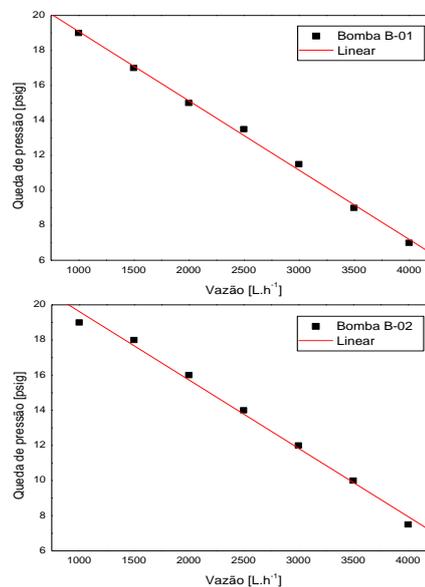


Figura 2. Curvas de operação da bomba B-01 e B-02 (Fonte: os Autores).

Encontraram-se pela linearização das curvas valores de R^2 de 0,9968 e 0,9921 e de equações da reta de $y = -0,004x + 23,054$ e $y = -0,0039x + 23,518$, para a bomba B-01 e B-02, respectivamente. Ambas as curvas apresentaram uma boa linearidade, uma vez que os valores do coeficiente de correlação foram próximos de 1. Ainda, verificou-se que em ambas as bombas, os valores de queda de pressão aumentaram com o aumento da vazão do fluido.

3.2 Associação em série e paralelo

Os resultados da associação das bombas em série e paralelo em comparação com as leituras do rotâmetro, estão expressas pelas Figuras 4 e 5, respectivamente.

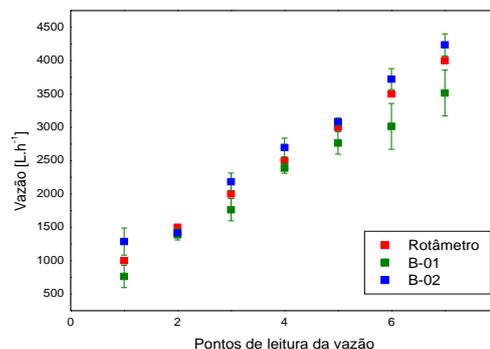


Figura 4. Associação em série (Fonte: os Autores).



Em uma associação em série, de acordo com Terron (2015), a pressão total deve ser a soma de todas as pressões a uma determinada vazão constante. Com isso, pode-se dizer, que se sucedeu maior semelhança no ponto 2. Já nos demais pontos, ocorreram maiores desvios dos valores encontrados para as bombas, em relação aos apresentados pelo rotâmetro.

Tratando-se da associação em paralelo, pode-se verificar que as vazões encontradas desviavam-se consideravelmente das vazões do rotâmetro nos pontos 1, 2 e 3. Já nos demais pontos, os valores experimentais totais foram mais semelhantes. De acordo com Terron (2015), as disparidades encontradas ocorrem, pois, bombas associadas em paralelo produzem uma menor vazão do que se utilizada apenas uma bomba. Com base nisso, as discrepâncias averiguadas podem ser justificadas pelo fato de que, as curvas das bombas foram plotadas com valores de vazão a partir de 1000/L, e como em paralelo a vazão total das bombas é a soma de todas as vazões, nos primeiros pontos as vazões são inferiores a 1000 L/h, o que resulta em valores não cobertos pelas equações, acarretando os desvios apontados.

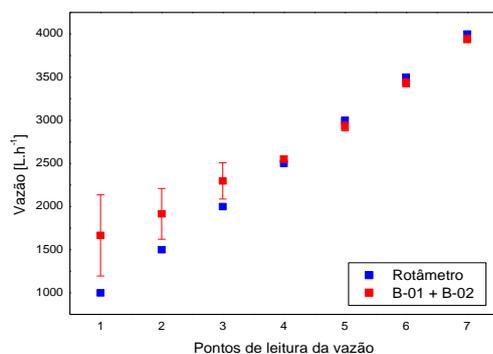


Figura 5. Associação em paralelo (Fonte: os Autores).

4 CONCLUSÃO

Pode-se dizer que na associação em paralelo, em alguns pontos a soma das vazões das bombas aproximaram-se satisfatoriamente das vazões pré-estabelecidas para o rotâmetro. Já operando-se em série, os pontos das vazões das duas bombas trabalhando isoladamente apresentaram-se mais discrepantes aos apresentados pelo rotâmetro.

REFERÊNCIAS

- CREMASCO, M. A. *Operações Unitárias em Sistemas Particulados e Fluidomecânicos*. 2.ed. São Paulo: Blucher, 2014.
- TERRON, R. L. *Operações Unitárias para Químicos, Farmacêuticos e Engenheiros*. Rio de Janeiro: LTC, 2015.
- ROITMAN, V. *Curso de formação de operadores de refinaria: Operações unitárias*. Curitiba: Petrobras, 2002.



AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO DIÂMETRO NA PERDA DE CARGA EM TUBOS DE AÇO INOX

Glauber dos Santos^{1,*}, Taynan Bender¹, Nataly Leidens¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*glaubers79@gmail.com

²Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Curso de Química Industrial

RESUMO

A análise proposta nesse artigo, foi comparar a diferença da perda de carga entre dois tubos de aço inoxidável, com diferentes diâmetros. O método usado para obter os resultados, foi através das equações da perda de carga distribuída, teórica e experimental, que tem a função de medir a perda de pressão ou perda de energia durante o escoamento do fluido, que nesse caso é turbulento. Após efetuar os cálculos necessários, obteve-se o Re, o fator de atrito (através do Diagrama de Moody), que são necessários para calcular a perda de carga. A tubulação de diâmetro 16,2 mm, teve perda de carga teórica e experimental, de 0,021 m e 0,0126 m, respectivamente, já a de diâmetro 12,0 mm, de 0,0768 m teórica e 0,0482 m experimental. Assim, concluiu-se que o tubo de diâmetro maior tem uma perda de energia menor que o outro tubo de diâmetro menor, pois o diâmetro influencia na equação de perda de carga.

Palavras-chave: *Diâmetros, perda de carga distribuída, equações teórica e experimental.*

1 INTRODUÇÃO

O aço inoxidável é uma liga com vários elementos químicos, sendo os principais ferro e carbono, é inimigo natural dos metais, tem em sua superfície uma camada passiva extremamente fina, contínua e estável, e resistente a corrosão, pela quantidade de cromo, presente em sua estrutura cerca de 10,5%, que combina com o oxigênio do ar. Possui resistência mecânica adequada, resistente a altas e baixas temperaturas, fácil de limpar, manutenção barata, e um material reciclável e de baixo custo (ABINOX).

Outro ponto importante que deve ser introduzido é as características da mecânica dos fluidos. Que é uma subcategoria da mecânica definida como a mecânica que explana o comportamento dos fluidos, mesmo esses fluidos estando em repouso ou em movimento, interagindo com algum sólido ou com outro fluido (Çengel, 2007).

Sendo bastante usual em mecânica dos fluidos a equação de Bernoulli possui uma relação de proximidade entre a pressão, velocidade e elevação. Além disso a equação pode suprir em regiões de regime permanente e de escoamento incompressível, esse abastecimento ocorre pelo fato de essas regiões terem forças desprezíveis. Na forma mais deduzida da equação despreza-se os efeitos viscosos, pois tornam-se insignificantes

quando comparados as aplicações da inércia, gravidade e pressão (Çengel, 2007).

Podemos descrever a equação de Bernoulli desta forma:

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2} + z_1 = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2} + z_2 \quad \text{Equação 1}$$

Em um sistema de tubos, normalmente ocorre perda de pressão. Essa perda de pressão pode ser expressa, quando a altura equivale a coluna de um fluido, esse processo é chamado de perda de carga. Representada pela altura adicional que o fluido consegue superar com a ajuda de uma bomba, essa mesma que ajuda na superação das perdas de atrito do tubo (Çengel, 2007).

A perda de carga distribuída ocorre devido ao atrito do escoamento, onde podemos expressá-la através de duas equações. A teórica:

$$h_D = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} \quad \text{Equação 2}$$

Há algumas diferenças quando comparada as equações teórica e experimental. No momento em que não há variação de pressão podemos expressar a equação experimental, pela equação 3:



$$h_D = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad \text{Equação 3}$$

O objetivo do trabalho foi aplicar os conceitos discorridos na disciplina de mecânica dos fluidos aplicada, podemos determinar a perda de carga distribuída teórica e experimental, e compará-las. Neste estudo determinou-se a perda de carga também comparou-se a vazão, o diâmetro dos tubos de aço inoxidável e a influência que o material teve em relação a perda de carga distribuída.

2 MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi realizado em um módulo hidráulico com tubulação de aço inoxidável de diâmetro menor de 12,0 mm e diâmetro maior de 16,1 mm, com uma vazão controlada por um rotâmetro e com um leitor manométrico, da entrada e da saída do fluido, de C₂Cl₄ (tetracloroetileno) como fluido, sua variação é a leitura manométrica.

Tabela 1. Dados experimentais (Fonte: o Autor).

	Tubo 16,1 mm	Tubo 12,0 mm
Vazão	0,0001 m ³ /s	0,0001 m ³ /s
Leitura manométrica	0,034 m	0,124 m
Comprimento tubulação	0,5 m	0,5 m
ρ H ₂ O	1000 Kg/m ³	1000 Kg/m ³
ρ C ₂ Cl ₄	1620 Kg/m ³	1620 Kg/m ³
Gravidade	9,8 m/s ²	9,8 m/s ²

Sabendo a vazão, pode-se encontrar a velocidade do fluido, pela equação da continuidade, e o Re, conforme equação 4 e 5.

$$Q = v \times A_t \quad \text{Equação 4}$$

$$Re = \frac{\rho \times v \times D}{\mu} \quad \text{Equação 5}$$

O Fator de atrito se encontra através do diagrama de Moody, um gráfico de Re versus Fator de atrito, e cada curva representada nesse gráfico é uma função relativa entre a razão da espessura do material pelo diâmetro (\square/D).

O ΔP vai depender da leitura manométrica apresentada no manômetro, a água aplica uma força no fluido de C₂Cl₄ causando uma distância, que através de equações comparativas se determina a variação de pressão.

Após, com as informações calculadas, utilizou-se as equações 2 e 3, e determinou-se a

perda de carga distribuída teórica e experimental, comparando-os seus valores.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Depois dos ensaios feitos em laboratório, com os valores de vazão e da leitura manométrica em ambos os diâmetros, fez-se os cálculos matemáticos necessários para determinar a perda de carga, resultados representados na Tabela 1.

Tabela 1. Dados experimentais (Fonte: o Autor).

	Tubo 16,1 mm	Tubo 12,0 mm
Velocidade	0,485 m/s	0,884 m/s
Re	7850	10600
\square/D	0,00012	0,00016
Fator de atrito	0,034	0,029
h _D Experimental	0,0126 m	0,0482 m
P ₁ -P ₂	206 Pa	753 Pa
h _D teórico	0,021 m	0,0768 m

A diferença entre a perda de carga teórica e experimental se explica porque o fator de atrito varia de acordo com o material segundo o diagrama de Moody, ou também pelo motivo de uma variação irregular da altura manométrica. Entretanto, o experimento foi um grande êxito, pelo fato de encontrarmos os valores de perda de carga próximos entre o teórico e o experimental (Porto, 2006).

Conforme mostra a equação 3, pode-se perceber que o diâmetro é inversamente proporcional a perda de carga. Dessa forma, sua influência é que quanto maior o diâmetro do tubo, menor será sua perda de energia, da mesma maneira, quanto menor o diâmetro maior a perda (Porto, 2006).

4 CONCLUSÃO

Aço inoxidável possui uma boa resistência mecânica, capaz de aguentar grandes pressões.

A tubulação de diâmetro maior, teve perda de carga teórica e experimental, de 0,021 e 0,0126 m, respectivamente. Já a de diâmetro menor, de 0,0768 m teórica e 0,0482 m experimental. Devido a equação de perda de carga que se percebe a influência do diâmetro, e isso se confirma após o experimento ao qual a tubulação de diâmetro grande exerce pouca pressão e a de diâmetro menor, alta pressão.

NOMENCLATURA

P	Pressão do sistema	[Pa]
v	Velocidade do fluido	[m/s]
z	Diferença de altura	[m]



ρ	Massa específica	[Kg/m ³]
g	Gravidade	[m/s ²]
ΔP	Varição de pressão	[Pa]
h_D	Perda de carga distribuída	[m]
f	Fator de atrito	[-]
L	Comprimento da tubulação	[m]
D	Diâmetro da tubulação	[m]
Q	Vazão volumétrica	[m ³ /s]
A_t	Área da tubulação	[m ²]
μ		[m]
Re	Número de Reynolds	[-]
\square	Espessura do material	[m]

REFERÊNCIAS

ABINOX. **ABC do aço inox**. Associação brasileira do aço inoxidável. Disponível em <<http://www.abinox.org.br/site/aco-inox-abc-do-aco-inox.php>> acesso em 14/05/2018.

ÇENGEL, Yunus A; CIMBALA, John M. **Mecânica dos fluidos: fundamentos e aplicações**. São Paulo: McGraw-Hill, c2007. xxvi, 816 p. ISBN 9788586804588.

CETESB. **Ficha de informação de produto químico: tetracloroetileno**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=TETRACLOROETILENO>. Acessado em 5 maio 2018.

PORTO, Rodrigo de Melo. **Hidráulica básica**. 2. ed. São Carlos: EESC-USP, 2006. xxvi, 540 p. ISBN 87-7656-084-4.



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO DIÂMETRO NA PERDA DE CARGA EM TUBOS DE PVC

Gabriela Benchimol Garcia^{1,*}, Yasmin Veridiana Furtado da Silva¹, Nataly Leidens¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*gabrielabenchimol96@gmail.com

RESUMO

Uma substância no estado líquido ou gasoso é denominada fluido. O mesmo deforma-se continuamente sob a influência da tensão de cisalhamento, não importando quão pequena ela seja. Nos fluidos a tensão é proporcional à taxa de deformação. A perda de carga é independente da orientação do tubo. Para determinar a perda de carga os parâmetros a serem avaliados são: o número de Reynolds, a rugosidade e o fator de atrito. O presente estudo teve por objetivo calcular a perda de carga teórica e experimental em tubos de PVC de diâmetros diferentes, comparando os mesmos. Os resultados teóricos e experimentais obtidos podem ser relacionados com o diâmetro, onde o mesmo tem influência na perda de carga. Os valores experimentais encontrados para os tubos de PVC 1 e 2 são: $7,4 \times 10^{-3}$ m e $2,2 \times 10^{-2}$ m. Em relação aos dados apresentados, percebeu-se que os valores experimentais encontrados não condizem com o teórico.

Palavras-chave: *tubos de PVC, diâmetro, perda de carga.*

1 INTRODUÇÃO

Uma substância no estado líquido ou gasoso é denominada fluido. O mesmo deforma-se continuamente sob a influência da tensão de cisalhamento, não importando quão pequena ela seja. Nos fluidos a tensão é proporcional à taxa de deformação. (Çengel e Cimbala, 2007).

O cloreto de polivinila (PVC) é um plástico sintético amplamente utilizado que possui o segundo maior porte de venda do mundo e sua vasta utilização é atribuída à alta resistência química. (Smith e Hashemi, 2012).

A perda de carga total é considerada como a soma das perdas maiores, ou seja, mudanças bruscas de seção, causadas por efeitos de atrito no escoamento completamente desenvolvido em tubos de seção constante, com as perdas localizadas, causadas por entradas, acessórios, variações de área e outras. (Fox *et al.*, 2006).

A perda de carga para escoamento completamente desenvolvido em tubos de área constante depende tão somente dos detalhes do escoamento através do duto. A perda de carga é independente da orientação do tubo. Para determinar a perda de carga os parâmetros a serem avaliados são: o número de Reynolds, a rugosidade e o fator de atrito. (Fox *et al.*, 2006).

O conhecimento sobre as perdas de carga em tubulações e acessórios hidráulicos são de grande importância, pois influenciam nos dimensionamentos dos projetos hidráulicos e das

maquinas de fluxos. (Amaral, Elbert e Amaral, Tatiane, 2016).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é calcular a perda de carga teórica e experimental em tubos de PVC de diâmetros diferentes. Após comparou-se os resultados obtidos.

2 MATERIAL E MÉTODO

Para realizar o experimento utilizou-se um módulo hidráulico, como pode ser observado na Figura 1.



Figura 1. Módulo Hidráulico utilizado no experimento (Fonte: o Autor).

Foram realizados cálculos da perda de carga teórica e experimental em dois tubos de PVC com diâmetros diferentes.



Para a medição da vazão utilizou-se um rotâmetro com válvula de globo (regulagem). Os testes foram efetuados em tubos de PVC. A partir da medição da vazão foi calculado a velocidade de escoamento do fluido através da Equação 1.

$$Q = vA \quad \text{Equação 1}$$

Para a realização dos cálculos teóricos foi utilizada a equação de Re e também foi calculada a ε/D para então podermos localizar o f do escoamento completamente desenvolvido no diagrama de Moody para o uso na relação da equação de Darcy-Weisbach, ou seja, perda de carga. Para os cálculos utilizou-se a massa específica da água. As equações 2 e 3 foram utilizadas para realizar estes cálculos.

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad \text{Equação 2}$$

$$hD = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad \text{Equação 3}$$

Para a realização do cálculo da perda de carga experimental, utilizou-se um manômetro do tipo U, onde pode ser visualizado na Figura 1. A partir deste manômetro calculou-se o ΔP usando a massa específica do tetracloretileno, logo, efetuou-se o cálculo da perda de carga conforme descrito na Equação 4. (Ficha de dados de segurança, 2017).

$$hD = \frac{\Delta P}{\rho g} \quad \text{Equação 4}$$

Com os valores obtidos da perda de carga teórica e experimental podemos comparar os resultados encontrados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados utilizados para efetuar os cálculos para os tubos de PVC um e dois estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Dados para efetuar os cálculos (Fonte: o Autor).

Dados	PVC (1)	PVC (2)
D	$2,1 \times 10^{-2}$ m	0,0165 m
Q	2×10^{-3} m ³ /s	2×10^{-3} m ³ /s
Δh	$1,2 \times 10^{-2}$ m	$7,4 \times 10^{-2}$ m
L	0,5 m	0,5 m

v	0,58 m/s	0,95 m/s
f	$2,9 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-2}$
ΔP	72,912 Pa	224,812 Pa
g	9,81 m/s ²	9,81 m/s ²
Re	$1,22 \times 10^4$	$1,5 \times 10^4$
ρ	$1,62 \times 10^3$ Kg/m ³	$1,62 \times 10^3$ Kg/m ³
ρ_{H_2O}	1×10^3 Kg/m ³	1×10^3 Kg/m ³

Calculou-se o hD teórico e experimental para cada um dos tubos de PVC. Estes resultados podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados obtidos (Fonte: o Autor).

hD	PVC (1)	PVC (2)
Teórico	$1,2 \times 10^{-2}$ m	$3,6 \times 10^{-2}$ m
Experimental	$7,4 \times 10^{-3}$ m	$2,2 \times 10^{-2}$ m

A perda de carga acontece ao longo de uma tubulação em consequência do atrito das partículas da água com a parede da tubulação. Sendo assim, ao observarmos os dados da Tabela 1 e os resultados teóricos e experimentais obtidos na Tabela 2, podemos dizer que o diâmetro tem influência na perda de carga. Quanto menor for o diâmetro, maior será o atrito com as paredes da tubulação, ou seja, maior a perda de carga e quanto maior for o diâmetro, menor a perda de carga. (Amaral, Elbert e Amaral, Tatiane, 2016).

Percebeu-se que os valores experimentais encontrados não condizem com o teórico. Para o primeiro tubo de PVC, ocorreu um erro relativo de 38,33% e para o segundo 38,88%.

Essa diferença entre os valores obtidos podem ter ocorrido devido a natureza do fluido escoado, natureza das paredes dos tubos como o diâmetro e seu envelhecimento, o regime de escoamento do fluido a velocidade do escoamento e também a leitura do diagrama de Moody pode incidir em erros por não termos valores precisos.

4 CONCLUSÃO

O presente trabalho analisou a perda de carga teórica e experimental em tubos de PVC de diâmetros diferentes. Em relação aos cálculos efetuados experimentalmente para o primeiro tubo de PVC encontrou-se um valor $7,4 \times 10^{-3}$ m e para o segundo $2,2 \times 10^{-2}$ m, em relação ao mesmo obtivemos valores abaixo do teórico. A partir dos resultados encontrados espera-se obter maiores conhecimentos referente sobre a influência do diâmetro na perda de carga.



NOMENCLATURA

D	Diâmetro	[m]
Q	Vazão	[m ³ /s]
Δh	Diferença de altura	[m]
L	Comprimento	[m]
v	Velocidade	[m/s]
f	Fator de atrito	[-]
ΔP	Diferença de pressão	[Pa]
g	Aceleração gravitacional	[m/s ²]
Re	Número de Reynolds	[-]
ρ	Massa específica	[Kg/m ³]
ε	Rugosidade	[-]

REFERÊNCIAS

Amaral, E. R., Amaral, T. R. **Análise dos fatores que influenciam nas perdas de carga em tubulações e acessórios hidráulicos**. Disponível em:

<<https://www.ifnmg.edu.br/arquivos/2016/proppi/sic/resumos/64ddd471-17b3-4218-8c2f-02b86282f985.pdf>>. Acessado em 20 de maio de 2018.

ÇENGEL, Yunus A., CIMBALA, John M.. **Mecânica dos Fluidos: Fundamentos e Aplicações**. 3. ed. São Paulo: Mcgraw-hill, 2007. 816 p.

Ficha de dados de segurança. Disponível em: <https://www.carlroth.com/downloads/sdb/pt/4/SD_B_4737_PT_PT.pdf>. Acessado em 18 de maio de 2018.

FOX, Robert W. *et al.* **Mecânica dos Fluidos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2006. 695 p.

SMITH, William F., HASHEMI, Javad. **Fundamentos de Engenharia e Ciência dos Materiais**. 5. ed. Porto Alegre: Mcgraw-hill, 2012. 691 p.



AVALIAÇÃO DA PERDA DE CARGA EM TUBO DE FERRO GALVANIZADO EM DIFERENTES VAZÕES

Dinalva Schein^{1,*}, Viviane Fernanda Piveta¹, Nataly Leidens¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*dinalvaschein@aluno.santoangelo.uri.br

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido para avaliar a perda de carga em um tubo de ferro galvanizado em diferentes vazões, através do aparelho Módulo Hidráulico. Durante o escoamento, determinou-se a leitura manométrica para a posterior determinação da diferença de pressão e a perda de carga experimental para a comparação com a perda de carga teórica. Os dados finais obtidos teoricamente e experimentalmente para as perdas de carga apresentaram-se aproximados quando comparados, visto que a perda de carga distribuída ao longo do tubo aumenta em decorrência do aumento da velocidade, da vazão e depende também da rugosidade do material.

Palavras-chave: *perda de carga, vazão, tubo de ferro galvanizado, escoamento turbulento.*

1 INTRODUÇÃO

Os escoamentos internos são aqueles que estão completamente limitados por superfícies sólidas como tubos, dutos, bocais, difusores, contrações súbitas e expansões, válvulas e acessórios. Estes escoamentos podem ser laminares ou turbulentos, os mesmos são determinados pelo número de Reynolds (Fox e McDonald, 1998).

As variações de pressão, geralmente são resultado de variações de elevação, de velocidade e do atrito decorrentes do escoamento. Em escoamentos, os efeitos causados pelo atrito resultam em uma queda de pressão, causando uma perda, quando comparado com um escoamento sem atrito. Estas perdas são divididas em localizadas e distribuídas, na qual as perdas localizadas são causadas por acessórios localizados ao longo do escoamento, como válvulas, cotovelos, entre outros. Já perda de carga distribuída ocorre devido ao atrito do fluido com as paredes ao longo do comprimento do tubo, causando uma queda de pressão gradativa (Fox e McDonald, 1998).

A perda de carga distribuída depende de alguns fatores, tais como o diâmetro e o comprimento do tubo, da rugosidade da parede, das propriedades do fluido, massa específica, viscosidade e da velocidade que está ocorrendo o escoamento (Çengel e Cimbala, 2011).

Medidores de vazão são dispositivos que permitem determinar a quantidade de líquidos, sólidos ou gases que passam por um determinado

local na unidade de tempo. Um dos medidores de vazão é o Rotâmetro. Este é baseado no fato da força de arrasto ser proporcional ao quadrado da velocidade média do escoamento da seção. O Rotâmetro é constituído por um tubo transparente cônico graduado onde ocorre o escoamento do fluido, e por um flutuador, posicionado dentro do tubo cônico em conformidade com o valor da vazão (Beyer, 2014). Com isso, deseja-se avaliar a perda de carga em um tubo de ferro galvanizado sob diferentes vazões.

2 MATERIAL E MÉTODO

Para a determinação da diferença de pressão, e conseqüentemente a perda de carga, em tubos de diferentes materiais, com diferentes diâmetros e vazões, usa-se o equipamento denominado Módulo Hidráulico.

Definiu-se o material do tubo e o diâmetro na qual será realizado o experimento, sendo esse material de ferro galvanizado e 16,3 mm de diâmetro e 500 mm de comprimento. Utilizou-se água como fluido com propriedades $\rho_{H_2O} = 1000 \text{ kg/m}^3$ e $\mu = 10^{-3} \text{ kg/m.s}$. Regulou-se as vazões desejadas de 6 L/min e posteriormente de 12 L/min, em seguida ligou-se a bomba e abriu-se as válvulas fazendo com que a água escoasse no tubo. Fez-se a leitura manométrica, através de um manômetro acoplado no módulo hidráulico, tendo um fluido tetracloretileno de $\rho_{C_2Cl_4} = 1620 \text{ kg/m}^3$, a fim de determinar a diferença de pressão para o cálculo experimental.



Após a realização do experimento, calculou-se a velocidade de escoamento da água, através da Equação 1:

$$\dot{V} = v A \quad \text{Equação 1}$$

Em seguida, calculou-se o número de Reynolds, Equação 2, para que pudesse encontrar o fator de atrito com o intuito de determinar a perda de carga teórica.

$$Re = \frac{\rho_{H_2O} v D}{\mu} \quad \text{Equação 2}$$

Para a determinação do fator de atrito, utilizou-se o Diagrama de Moody, este que relaciona o número de Reynolds e a rugosidade relativa. O valor da rugosidade relativa é calculado pela razão entre a rugosidade, na qual varia de acordo com o material utilizado, e o diâmetro do tubo.

Após calculou-se a perda de carga distribuída teórica. A Equação 3 e 4 possibilitam o cálculo da diferença de pressão e a perda de carga distribuída, respectivamente.

$$\Delta P = f \frac{L}{D} \frac{\rho_{H_2O} v^2}{2} \quad \text{Equação 4}$$

$$h_D = \frac{\Delta P}{\rho_{H_2O} g} \quad \text{Equação 5}$$

Para obter-se o valor da perda de carga experimental, calculou-se a diferença de pressão, através da Equação 6, utilizando diferença de altura apresentada no manômetro e sequentemente determinou-se a perda de carga distribuída experimental através da Equação 5.

$$\Delta P = h \rho_{C_2Cl_4} g - h \rho_{H_2O} g \quad \text{Equação 6}$$

Com os valores conhecidos é possível verificar a eficiência do experimento de análise da perda de carga em tubo de ferro galvanizado em diferentes vazões, comparando os valores teóricos com os experimentais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização da prática, calcularam-se as diferenças teóricas e experimentais de pressão e de perda de carga, os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados obtidos através das equações empíricas (Fonte: o Autor).

\dot{V}	100×10^{-6}	200×10^{-6}
v	0,479	0,958
Re	7807,7	15615,4
ε/D	0,0092	0,0092
f	0,042	0,041
$\Delta P_{teórico}$	147,8	577,1
$h_{Dteórico}$	0,015	0,05888
$\Delta P_{exp.}$	188,35	571,14
$h_{Dexp.}$	0,019	0,05827

Observa-se que os valores teóricos e experimentais são aproximados e, ao compararem-se as vazões, pode-se observar o aumento da perda de carga distribuída ao longo do tubo. Segundo Fox e McDonald (1998), a perda de carga em escoamentos turbulentos aumenta de acordo com o aumento da velocidade, da vazão, bem como ocorre uma variação de acordo com a rugosidade do material.

Ainda que os resultados tenham apresentado valores próximos, calculou-se o erro experimental através da relação da perda de carga experimental e teórica. Para a vazão de 6 L/min, obteve-se um erro experimental de 26,7% e para a vazão de 12 L/min obteve-se 1,036% a menos de erro experimental, sendo que este apresentou-se mais satisfatório ao comparar com a vazão de 6 L/min.

Um motivo para essa variação nos resultados é, provavelmente, erro na leitura da altura apresentada pelo manômetro, visto que o mesmo apresentava alterações. Constata-se também que o fator de atrito é uma variável importante na determinação da perda de carga, porém o valor encontrado não pode-se afirmar com precisão, pois é determinado pelo Diagrama de Moody, podendo assim ter sido outra fonte de erro visto que a leitura do mesmo necessita ser muito precisa.

4 CONCLUSÃO

Por meio das equações e da diferença de pressão, possibilitou-se determinar a perda de carga distribuída em tubo de ferro galvanizado em diferentes vazões. Os valores obtidos foram aproximados aos teóricos apresentando um erro maior para a primeira vazão, e para a segunda um erro minimamente significativo. Esses erros podem ser justificados devido a incorreta interpretação da



leitura do manômetro, pois observou-se uma pequena variação durante a leitura da altura do manômetro e pela não precisão do fator de atrito.

O aumento da perda de carga ocorre por conta do aumento da velocidade, da vazão e do fator de atrito, este que depende da rugosidade relativa do material, justificando assim a diferença das perdas de cargas das duas vazões.

NOMENCLATURA

ρ_{H_2O}	Massa específica da água	[kg/m ³]
μ	Viscosidade cinemática	[m ² /s]
$\rho_{C_2Cl_4}$	Massa específica do tetracloretileno	[kg/m ³]
\dot{V}	Vazão volumétrica	[m ³ /s]
v	Velocidade	[m/s]
A	Área	[m ²]
Re	Reynolds	[-]
ΔP	Diferença de pressão	[Pa]
f	Fator de atrito	[-]
L	Comprimento	[mm]
D	Diâmetro	[mm]
ε	Rugosidade	[mm]
h_D	Perda de carga distribuída	[m]
g	Gravidade	[m/s ²]
h	Altura	[m]

REFERÊNCIAS

BEYER, D. S. **Construção de um medidor de vazão para uma bancada didática do tipo turbina pelton**. FAHOR: Faculdade Horizontina, 2014. Disponível em: <<https://bit.ly/2L8wNQh>>. Acesso em: 17 maio 2018.

ÇENGEL, Y. A.; CIMBALA, J. M.. **Mecânica dos fluidos: fundamentos e aplicações**. São Paulo: McGraw-Hill, 2007. p. 290 - 297.

FOX, R. W.; McDONALD, A. T. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998. p. 269 – 280.

AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE TEMPO E AGITAÇÃO EM ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DA ERVA DE TERERÊ

Paula Gabriela Dalla Porta ^{1*}, Larissa de Oliveira Liberalesso¹, Mirela Araujo Reis¹, Caroline Camargo ¹, Yasmin Veridiana Furtado da Silva, Isaac dos Santos Nunes¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*paulagabrieladallaporta@hotmail.com

RESUMO

O peneiramento é um procedimento muito utilizado para a separação de partículas sólidas heterogêneas de diferentes tamanhos tais como erva de tererê, grãos, sementes entre outros. Alguns tipos de peneiras industriais podem ser feitas de telas metálicas, barras metálicas, pratos metálicos perfurados ou fios em forma de cunha na seção transversal. Uma das classificações dos tipos de peneiras são as peneiras vibratórias que possuem alta capacidade e eficiência principalmente em materiais mais finos ao analisar a distribuição do tamanho de partículas. Neste experimento, peneirou-se a amostra de erva de tererê a cada 5, 10 e 15 minutos nas agitações de 3, 5 e 8 (rpm), logo sendo pesada e calculada a sua massa retida. Por meio dos modelos de análise granulométrica que consiste na determinação das dimensões das partículas que constituem as amostras, verificou-se que o melhor modelo que se ajusta melhor a curva de distribuição é o RRB na agitação de 8 (rpm) em um tempo de 10 minutos, resultando em um valor mais elevado do fator de correlação (R^2) de 0,9928.

Palavras-chave: *Erva tererê, peneiramento, granulometria, modelos, Tyler.*

1 INTRODUÇÃO

A análise granulométrica é um método de classificação das partículas de uma amostra sólida pelos respectivos tamanhos (Aguiar *et al.*, 2002). Refere-se a ela, usualmente, em termos de diâmetro máximo e mínimo, diâmetro médio e dimensão máxima característica. As dimensões das aberturas são dadas em milímetro, micrômetro ou em Mesh, o qual se refere ao número de aberturas por polegada linear medida ao longo de um fio série Tyler (Cremasco, 2014).

No peneiramento a distribuição de tamanho de partícula é a massa retida, ou seja, a fração mássica, onde a distribuição de partícula é associada a mesma dentro de cada intervalo de tamanho. Na técnica de peneiramento, as peneiras são agrupadas e nelas são adicionados uma quantidade de material através de uma série de peneiras (Cremasco, 2014). O agitador eletromagnético e peneiras podem ser visualizados na Figura 1.

Os modelos para distribuição granulométrica podem ser descritos por modelos matemáticos, onde são classificados como GGS e RRB.



Figura 2. Agitador eletromagnético e peneiras (Fonte: O Autor).

Diante do exposto, o objetivo do trabalho é determinar a distribuição do tamanho de partícula da erva de tererê, utilizando o agitador eletromagnético e comparar os modelos matemáticos GGS e RRB.

2 MATERIAL E MÉTODO

A metodologia adotada para realização do experimento segue o esquema apresentado pela Figura 2. Onde primeiramente separou-se a amostra a ser peneirada no conjunto de peneiras de série de Tyler, aferindo as massas das mesmas antes e após o processo, para assim determinar a granulometria de estudo.

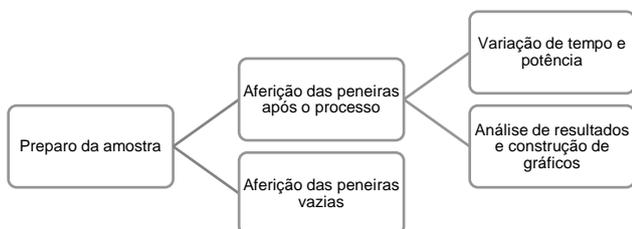


Figura 2. Fluxograma de organização experimental. (Fonte: Os autores).

Tomando por embasamento o fluxograma organizacional, tornou-se possível a análise granulométrica e assim a análise do melhor modelo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente fizeram-se os cálculos para obter a massa retida em cada peneira. Os dados experimentais das partículas de erva de tererê, em forma de fração mássica, se encontram na Tabela 1, nas respectivas agitações 3, 5 e 8 (rpm). Logo após foram feitos os modelos para determinar o mais adequado para este tipo de peneiramento.

Tabela 1. Dados experimentais do peneiramento da erva de tererê (Fonte: o Autor).

Agitação	3			5			8		
Tyler	t _{5min} (g)	t _{10min} (g)	t _{15min} (g)	t _{5min} (g)	t _{10min} (g)	t _{15min} (g)	t _{5min} (g)	t _{10min} (g)	t _{15min} (g)
10	21,42	24,13	21,51	18,17	20,36	21,09	20,21	18,66	22,03
14	17,37	17,56	17,12	14,7	14,46	16,68	13,7	19,4	18,19
20	13,75	14,31	13,83	12,85	14,62	11,89	15,22	9,83	16,51
28	13,88	11,87	12,09	12,89	9,66	12,72	10,38	15,59	14,48
35	10,37	9,7	9,72	9,85	10,85	9,38	9,73	10,22	9,93
48	8,19	7,84	8,28	10,31	10,28	9,06	8,17	9,06	5,97
65	5,28	6,78	7,11	8,21	8,16	6,6	7,56	4,81	4,11
100	5,45	6,09	5,92	6,41	6,2	5,67	6,42	6,07	5,18
Fundo	3,07	2,18	3,85	6,85	6,13	5,77	8,15	7,26	4,04
RRB (R ²)	0,9749	0,9389	0,9689	0,9835	0,9782	0,9853	0,9889	0,9928	0,9897

Desse modo ao ser colocado a amostra de erva na primeira peneira, há um acúmulo de partículas, ou seja, impossibilitando a passagem dos mais finos. À medida que vão sendo agitados os grãos vão mudando de posição liberando então a passagem. Conseqüentemente as partículas mais grossas ficam retidas em peneiras com maior abertura, e as partículas finas ou o pó ficam nas menores e no fundo, como visto neste experimento.

Através destes valores verificou-se que houve perdas de amostra em alguns ensaios de peneiramento, isso pode ser explicado por falhas humanas ou pelo próprio equipamento. Em relação aos modelos, ao fazer os cálculos, percebeu que o modelo mais apropriado para os dados experimentais das partículas da erva de tererê foi o RRB, como citado os R² na Tabela 1. Já o modelo GGS não poderá ser aplicado, pois seus coeficientes de relação são menores que 0,9999, ou seja, inferior ao RRB e inutilizável para este caso. O melhor coeficiente de determinação foi da agitação 8 no tempo de dez minutos, sendo o mais próximo de 1, ou seja, um valor de 0,9928.

Na Figura 3 indica a curva de granulometria do modelo RRB, na agitação de 8 no tempo de 10 minutos.

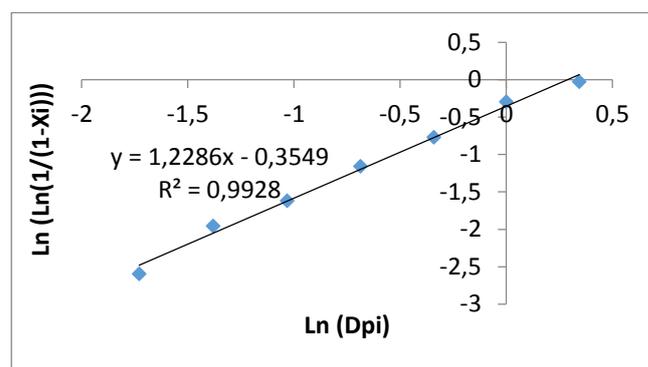


Figura 3. Gráfico do modelo do RRB agitação de 8 e tempo 10 minutos (Fonte: os Autores).

Entretanto foi possível realizar a equação de distribuição do modelo através dos dados obtidos do experimento e do gráfico acima, conforme a Equação 1.



$$X_i = 1 - \exp \left[- \left(\frac{D_i}{1,33} \right)^{1,23} \right] \quad \text{Equação 1}$$

4 CONCLUSÃO

Através dos cálculos realizados de análise granulométrica da erva de tererê, foi possível verificar que quanto maior for o tempo de agitação melhor será a dispersão das partículas na peneira.

O modelo GGS não pode ser utilizado para prever a distribuição de tamanho da erva de tererê. Já o modelo RRB ajustou-se satisfatoriamente aos dados experimentais obtendo-se um coeficiente de determinação de 0,9928, no tempo de 10 minutos e agitação de 8 rpm.

NOMENCLATURA

t _{5min}	Tempo de 5 minutos	[min]
t _{10min}	Tempo de 10 minutos	[min]
t _{15min}	Tempo de 15 minutos	[min]
GGG	Gates-Gaudin-Shaumann	[-]
RRB	Rosin-Rammler-Bennet	[-]
D _{pi}	Diâmetro médio da partícula	[µm]
X _i	Fração passante	[-]
D _i	Diâmetro da partícula	[µm]

REFERÊNCIAS

Aguiar, M. R. M. P. *et al.* (2002). **Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos** Rio de Janeiro: Química Nova.
 Cremasco, Marco Aurélio. (2014). **Operações unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher. 423 p.



AVALIAÇÃO DA SEPARAÇÃO DE UMA MISTURA DE CORANTES POR CROMATOGRAFIA EM CAMADA DELGADA E EM COLUNA

Suely R. Hollas^{1*}, Bruna T. K. Tusset¹, Danieli E. Becker¹, Gabrieli C. Grás¹, Mariana T. Follmann¹, Isaac dos S. Nunes¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*suellyhollas@yahoo.com.br

RESUMO

Dentre os diversos métodos de separação, temos a cromatografia, técnica empregada para separação, purificação e identificação de compostos. Apesar de seu nome significar “escrita com cores” (*chrom* = cor e *graphie* = escrita), pode-se identificar não somente compostos coloridos, mas também incolores – onde são utilizadas soluções reveladoras, que ao reagirem, formam complexos coloridos. Os diferentes tipos de cromatografia são classificados conforme a forma física do sistema cromatográfico empregado, a fase móvel (*fm*) e estacionária (*fe*) utilizada e o modo de separação. Neste trabalho é dada ênfase à cromatografia em camada delgada (ou planar) e em coluna, com a aplicação destes métodos na separação de uma mistura de corantes (azul de metileno e alaranjado de metila). A partir dos resultados obtidos em ambos os processos, foi possível verificar que a polaridade está diretamente associada à interação entre os compostos da mistura e as fases móvel/estacionária, regidos pela adsorção, mecanismo fundamental para a separação na cromatografia planar e em coluna.

Palavras-chave: *separação de misturas, cromatografia, adsorção, polaridade.*

1 INTRODUÇÃO

A cromatografia é um método físico-químico muito utilizado para separação de misturas, identificação e purificação de diversos compostos. Sua metodologia é fundamentada pela distribuição dos componentes dessa mistura em duas fases imiscíveis: a fase móvel e a fase estacionária (Oliveira; Silva, 2017). Durante a migração da fase móvel através da fase estacionária, os componentes se distribuem seletivamente entre essas fases, resultando em migrações diferenciais (Collins *et al.*, 2010), que estão diretamente ligadas à polaridade dos compostos envolvidos.

Existem diferentes formas de aplicação da cromatografia, que são classificadas, segundo Collins *et al.* (2010), de acordo com a forma física do sistema empregado (planar ou em coluna), o mecanismo de separação envolvido e os diversos tipos de fases utilizadas. Um exemplo são os processos sólido-líquido (*fe* sólida e *fm* líquida), como a cromatografia em camada delgada (CCD) e em coluna, métodos que utilizam a adsorção como mecanismo de separação – onde são observadas a ordem das forças de interação: formação de sais > coordenação > ligações de hidrogênio > dipolo-dipolo > Van der Waals (Collins *et al.*, 2010).

O experimento realizado teve como objetivo a separação de uma mistura de soluções alcoólicas de azul de metileno e alaranjado de metila, com uso das técnicas da cromatografia em camada delgada e em coluna, com a análise das interações entre os compostos em ambos os casos.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Cromatografia em camada delgada

Neste caso, aplicou-se as amostras a serem analisadas em uma placa cromatográfica. A mistura das soluções alcoólicas de alaranjado de metila e azul de metileno, e as soluções individuais, foram aplicadas com o auxílio de pipetas Pasteur em três pontos distribuídos a 0,5 cm da borda inferior da placa.

Em seguida, posicionou-se a placa cromatográfica em um béquer contendo uma pequena quantidade de etanol, que posteriormente foi tampado com um vidro de relógio. Decorrido o tempo necessário para a eluição das amostras, retirou-se a placa do béquer e a deixou-se secar à temperatura ambiente. Após mediram-se as distâncias percorridas pelo solvente e as soluções, para posterior cálculo do fator de retenção (*R_f*), a partir da Equação 1.

$$Rf = \frac{ds}{d_{fm}}$$

Equação 1

2.2 Cromatografia em coluna

Para este método utilizou-se uma coluna cromatográfica fixa em um suporte universal com auxílio de duas garras. A coluna de vidro foi preenchida cuidadosamente com uma pasta fluida – preparada a partir da mistura de 15 g de sílica com 30 mL de hexano –, que foi vertida sobre uma pequena quantidade de hexano, de modo que a deixasse bem empacotada (sem espaços ou bolhas de ar). Sobre a pasta fluida, colocou-se um pequeno chumaço de algodão para impedir a passagem da amostra pela fase estacionária (que foi mantido sempre coberto pelo solvente).

Em seguida, adicionou-se 7 gotas da mistura formada pelas soluções dos corantes azul de metileno e alaranjado de metila na coluna. Após acrescentou-se cerca de 30 mL de hexano e eluiu-se a amostra de modo a deixar aproximadamente 1 cm de solvente acima do algodão. O mesmo procedimento foi realizado com acetato de etila, etanol, água destilada e ácido acético, respectivamente – para cada solvente utilizou-se um erlenmeyer para armazenar as frações de amostra recolhidas. Anotaram-se as observações e mudanças de coloração do sistema.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Cromatografia em camada delgada

Na técnica da CCD foi possível visualizar que ao ascender (por capilaridade), o solvente (fase móvel) arrastou mais facilmente o composto menos adsorvido na fase estacionária, ou seja, o alaranjado de metila (Figura 1).

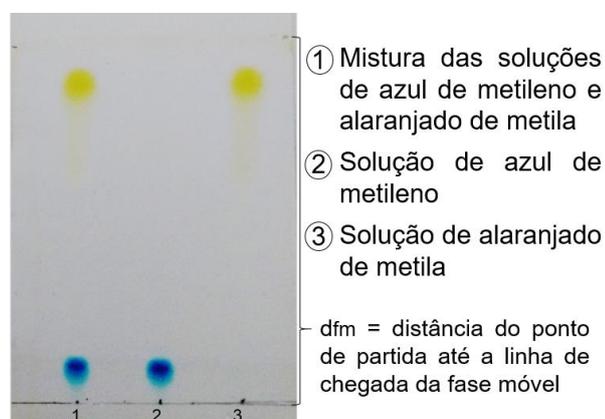


Figura 1. Resultado do experimento. (Fonte: o Autor).

Com os valores das distâncias de eluição de cada corante, pôde-se então calcular o valor de Rf . As distâncias percorridas pelas substâncias (ds) foram iguais a 6,0 cm para o alaranjado de metila e 0,7 cm para o azul de metileno; já a distância percorrida pela fase móvel (d_{fm}) foi de 6,5 cm. Disso, obteve-se um valor de 0,923 e 0,108 para o fator de retenção (Rf) do alaranjado de metila e o azul de metileno, respectivamente.

Os valores de Rf encontrados são condizentes com a teoria para analitos de retenção forte, que, segundo Hage (2012), são maiores que zero e menores que um. Além disso, tais resultados estão de acordo com Oliveira e Silva (2017), pois o valor mais próximo de 1 – obtido para o alaranjado de metila – foi correspondente ao componente da amostra que foi mais arrastado; e mais próximo de 0 para o componente que ficou mais retido – o azul de metileno.

A partir do resultado, é possível explicar que a separação dos compostos (alaranjado de metila e azul de metileno) ocorreu pela diferença de polaridade entre o etanol e cada um dos corantes da mistura. O alaranjado de metila eluiu mais facilmente devido à sua polaridade ser próxima à da fm ; já o azul de metileno ficou mais retido na fase estacionária devido à sua baixa interação com o etanol. Para que fosse possível eluir o azul de metileno, seria necessário a substituição do solvente utilizado por outro de maior polaridade; isso acarretaria não só na eluição do azul, mas também do alaranjado, o que não resultaria na separação das cores da mistura.

3.2 Cromatografia em coluna

A cromatografia em coluna baseia-se na separação da amostra em questão pela adsorção na fase estacionária e a eluição dos componentes por meio da fase móvel, processo que ocorre segundo a sua polaridade e pela ação da gravidade (Collins *et al.*, 2010). Isso pôde ser observado durante a passagem dos diferentes solventes pela coluna, que foram adicionados de acordo com um aumento crescente de polaridade: hexano < acetato de etila < etanol < água < ácido acético.

Portanto, é possível afirmar que o alaranjado de metila eluiu primeiro, pois possui menor polaridade e consequentemente uma maior interação com o etanol (que também apresenta uma polaridade mais baixa). Como a fase estacionária era composta pela sílica, composto



polar, houve a retenção do azul de metileno (também polar), que só foi possível ser removido ao passarmos um eluente com maior polaridade pela coluna, ou seja, o ácido acético.

4 CONCLUSÃO

Com a realização deste experimento, pôde-se verificar que o etanol foi o solvente mais adequado para atuar como fase móvel, pois a sua afinidade com o alaranjado de metila permitiu a separação da mistura em ambos os processos. Além disso, pode-se concluir que os métodos de separação por CCD e em coluna são muito efetivos, desde que utilizados solventes adequados, e que o mecanismo de separação está diretamente ligado à polaridade dos compostos a serem analisados e as suas interações com as fases móvel e estacionária.

NOMENCLATURA

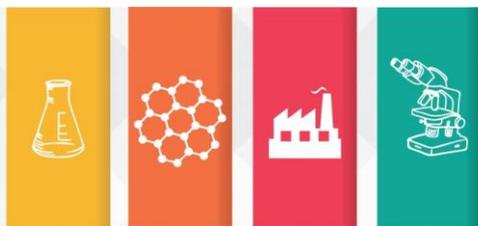
R_f	Fator de retenção	-
d_s	Distância percorrida pela substância	[cm]
d_{im}	Distância percorrida pela fase móvel	[cm]

REFERÊNCIAS

COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. *Fundamentos de cromatografia*. Campinas, SP: UNICAMP, 2010.

HAGE, David S. *Química analítica e análise quantitativa*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012.

OLIVEIRA, G.; SILVA, F. Cromatografia em papel: reflexão sobre uma atividade experimental para discussão do conceito de polaridade. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 39, n. 2, p. 162-169, maio 2017. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/>>. Acesso em: 18 maio 2018.



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO DE COZINHA USADO

Yasmin Veridiana Furtado da Silva^{1*}, Michele Cristiane Musialowski¹, Nataly Leidens¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*yasminvsilva@aluno.santoangelo.uri.br

RESUMO

O óleo vegetal é uma gordura obtida através das plantas, predominantemente das sementes. Boa parte dos alimentos preparados diariamente em nossos lares ou em restaurantes utilizam óleos vegetais, especialmente aqueles que sofrem o processo de fritura por imersão. O consumo de óleo vegetal no Brasil é consideravelmente elevado, de aproximadamente três bilhões de litros de óleo de fritura por ano. As principais matérias-primas vegetais utilizadas para a obtenção de óleo para a alimentação humana são soja, girassol, arroz, canola, linhaça, algodão, amendoim, caroço de azeitona e milho. O presente estudo teve por objetivo realizar a caracterização do óleo de cozinha usado, sendo elas índice de acidez, densidade relativa, índice de saponificação e pH. Os valores apresentados pelo índice de acidez possuem valores de no máximo 0,6 mg KOH/g e para o índice de saponificação está dentro dos valores aceitáveis, onde óleos vegetais devem estar entre 189 e 198 mg KOH/g. Considerando que o pH igual a 7 é neutro, pH superior a 7 é básico e pH inferior a 7 é ácido, podemos dizer que o óleo de cozinha usado tem caráter ácido. A densidade é inversamente proporcional à temperatura, ou seja, à medida que a temperatura aumentou, a densidade decresceu. Em relação às análises citadas, todos os parâmetros apresentaram valores dentro da legislação.

Palavras-chave: *parâmetros físico-químicos, óleo vegetal, óleo de cozinha usado.*

1 INTRODUÇÃO

O óleo vegetal é uma gordura obtida através das plantas, predominantemente das sementes. As principais matérias-primas vegetais utilizadas para a obtenção de óleo para a alimentação humana são soja, girassol, arroz, canola, linhaça, algodão, amendoim, caroço de azeitona e milho. (Wildner e Hillig, 2012). O consumo de óleo vegetal no Brasil é consideravelmente elevado, de aproximadamente três bilhões de litros de óleo por ano. (Costa et al., 2015).

Pode-se dizer que, para qualquer que seja a forma de obtenção ou emprego dos óleos vegetais, o conhecimento de propriedades termofísicas, tais como densidade, viscosidade, condutividade e difusividade térmica é de fundamental importância para a consecução das etapas de projeto de equipamentos e de processos ou mesmo para especificação do produto. (Brock et al., 2007). As propriedades físico-químicas da matéria-prima, como índice de acidez, índice de saponificação e pH estão diretamente relacionadas com a qualidade do produto, influenciando nos projetos de plantas de produção de biodiesel, por exemplo, e assim nos custos totais de produção (Campos, 2009).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é apresentar a caracterização do óleo de cozinha usado. Os parâmetros físico-químicos analisados foram índice de acidez, densidade relativa, índice de saponificação e pH, em amostras de óleo de fritura usado.

2 MATERIAL E MÉTODO

O óleo de cozinha utilizado nos experimentos foi arrecadado como parte de um projeto de extensão do curso de engenharia química. Este projeto busca a correta destinação do óleo vegetal que foi usado em processos de fritura. Foram realizados os ensaios físico-químicos de índice de acidez, índice de saponificação, densidade relativa e pH, sendo que todos os experimentos realizados foram feitos em triplicata, conforme descrito a seguir.

2.1 Índice de Saponificação

Primeiramente preparou-se uma solução de hidróxido de potássio (KOH) e a mesma foi titulada com ácido clorídrico (HCl) 0,5M. Misturou-se a massa pesada de óleo com o KOH, sendo que usamos uma concentração de 0,5 M do mesmo, ajustou-se o condensador de refluxo em banho maria com agitação ocasional. Por fim, foi titulado o



excesso de hidróxido de potássio com ácido clorídrico. (Medham et al., 2002). O índice de saponificação foi calculado a partir da Equação 1.

$$I_s = \frac{(a - b)C_{KOH} 56,11}{m} \quad \text{Equação 1}$$

2.2 Índice de Acidez

Determinou-se o índice de acidez a partir de uma alíquota de óleo que foi pesada, dissolvida em uma solução de álcool-éter titulada com hidróxido de potássio 0,1 M. (Almeida et al., 2011). A partir do volume de titulante, foi calculado o índice de acidez através da Equação 2.

$$I_{Ac} = \frac{VFcC_{KOH} 56,11}{m} \quad \text{Equação 2}$$

2.3 Densidade Relativa

Iniciou-se o procedimento de densidade relativa com a pesagem dos picnômetros. Após colocou-se o conjunto em banho maria até alcançar 80 °C e nas temperaturas de 40 °C, 60 °C e 80 °C, foi removido o conjunto que estava em banho maria, e pesou-se os mesmos para obtenção da densidade naquela temperatura. (Almeida et al., 2011). Após o experimento realizado efetuou-se o cálculo para a determinação da densidade relativa, conforme a Equação 3.

$$d = \frac{m}{V} \quad \text{Equação 3}$$

O pH foi medido através de pHmetro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Realizou-se a caracterização do óleo, ressaltando que como é óleo de cozinha usado, devemos considerar que são diferentes tipos e marcas misturadas em cada recipiente. Os resultados de índice de saponificação, índice de acidez e pH podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 3. Resultados obtidos nas análises (Fonte: o Autor).

Análise	Resultado
I_s	161,1 ± 0,68 (mg KOH/g)
I_{Ac}	0,27 ± 0,752 (mg KOH/g)
pH	4,57 ± 0,025

O valor apresentado pelo índice de acidez encontra-se de acordo com a RDC nº 270 (Brasil,

2005), que possui como referência óleos e gorduras refinados com uma acidez de no máximo 0,6 mg KOH/g, pode-se observar que o valor do desvio padrão esta maior que o índice de acidez e maior que o permitido pela legislação, isso ocorreu pelo fato de que o óleo já esta muito velho e foi utilizado para fritura varias vezes e isto também acaba influenciando no pH. O valor obtido de índice de acidez está dentro dos parâmetros da legislação.

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o valor encontrado para o índice de saponificação está de acordo com a instrução normativa Nº 49, onde óleos vegetais devem estar entre 189 e 198 mg KOH/g. (Brasil, 2006). Quanto ao valor de pH encontrado, pode-se dizer que o óleo de cozinha usado têm caráter ácido.

A Tabela 2 apresenta os resultados experimentais das análises de densidade para diferentes temperaturas.

Tabela 4. Resultado obtido para densidade relativa (Fonte: o Autor).

Temperatura (°C)	Massa (g)	Densidade (g/cm³)
40	40,59 ± 3,13	1,62
60	40,15 ± 3,13	1,60
80	39,84 ± 3,10	1,59

Como é característica de cada substância, a densidade tem um importante papel nas indústrias de alimentos, tais como verificar se houve adulteração nos produtos com a adição de água ou substâncias dissolvidas dentro das amostras, como a presença de contaminantes. (Almeida et al., 2011). Pode-se observar na Tabela 2, que a densidade é inversamente proporcional à temperatura, ou seja, a medida que a temperatura aumentou, a densidade decresceu.

4 CONCLUSÃO

O presente trabalho analisou o pH, índice de acidez, índice de saponificação e densidade relativa do óleo de cozinha usado. Em relação às análises citadas, todos os parâmetros apresentaram valores dentro da legislação. A partir dos resultados obtidos, espera-se obter maiores conhecimentos sobre os parâmetros físico-químicos de óleos vegetais.

NOMENCLATURA

I_s	Índice de saponificação	[mg KOH/g]
-------	-------------------------	------------



a	Volume de titulante gasto na titulação em branco	[mL]
b	Volume de titulante gasto na titulação com amostra	[mL]
C_{KOH}	Concentração do KOH	[0,5 M]
m	Massa de amostra do óleo	[g]
I_{Ac}	Índice de Acidez	[mg KOH/g]
V	Volume de titulante	[mL]
F_c	Fator de correção da solução titulante	[-]
d	Densidade	[g/mL]
V	Volume do picnômetro	[mL]
I_{Iodo}	Índice de Iodo	[g/100g amostra]

óleo comestível e fabricação de sabão como instrumentos de educação ambiental. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Panambi, Rio Grande do Sul.

REFERÊNCIAS

- Almeida, J. K. P., Nunes, G. P., Teixeira, C. C. M., Rodrigues, D. P., & Mello, J. R. (2011). *Caracterizações físico-químicas de óleos vegetais utilizados para produção de biodiesel com metodologias alternativas simples*. Belo Horizonte: Enegep. Cesumar (EPCC), Maringá, Paraná.
- Brasil, Ministério da Saúde. (2005). *Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 379, de 26 de abril de 1999; e dá outras providências (Lei nº 270, de 22 de Setembro de 2005)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil.
- Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2006). *Instrução normativa nº 49, de 22 de dezembro de 2006*. Sistema Integrado de Legislação.
- Brock, J., Nogueira, M. R., Zakrzewski, C., Corazza, F. C., Corazza, M. L. & Oliveira, J. V. (2007). *Determinação experimental da viscosidade e condutividade térmica de óleos vegetais*. Erechim: Universidade Regional Integrada – URI. (2008).
- Campos, R.J.A. (2009). *Metodologia de análise energética e exergética aplicada à planta piloto de biodiesel de caetés-PE* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Costa, D. A., Lopes, R. G., & Lopes, J. R. (2015). *Reutilização do óleo de fritura como uma alternativa de amenizar a poluição do solo*. (Ed. Especial IFMT). Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. (2015).
- Mendham, J. et al. *Análise química quantitativa*. 6. ed. Rio de Janeiro: Ltc - Livros Técnicos e Científicos Editora, 2002. 452 p.
- Wildner, L.B.A., Hillig, C. (2012). *Reciclagem de*



AVALIAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DE UM TROCADOR DE CALOR CASCO E TUBOS EM ESCOAMENTO PARALELO E CONTRACORRENTE

Cláudia Luísa Hahn^{1*}, Keli Taís Sallet¹, Gabriele Kuhn Dupont¹, Júlia Cristina Diel¹, Isaac Nunes¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*clauhahn@yahoo.com

RESUMO

Um trocador de calor pode ser definido como sendo um dispositivo utilizado para a realização da troca térmica entre dois ou mais fluidos de temperaturas diferentes. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi observar o funcionamento de um trocador de calor casco e tubos nas configurações de escoamento paralelo e contracorrente, elaborar gráficos de temperatura ao longo do comprimento do trocador de calor, e ainda, determinar a quantidade de calor trocada entre os dois fluidos, assim como, o coeficiente global de transferência de calor nestas configurações. Em relação aos perfis de temperatura ao longo do comprimento do trocador de calor, verificou-se que os mesmos seguem o comportamento encontrado na literatura. Ainda, é possível constatar que a configuração contracorrente é a mais efetiva, pois os valores encontrados para a diferença de temperatura média logarítmica são maiores nesta configuração, ocorrendo uma maior troca térmica na vazão de fluido quente 20 L.s⁻¹ e de frio 20 L.s⁻¹.

Palavras-chave: *transferência de calor, trocador de calor casco e tubo, perfil de temperatura, coeficiente global de troca térmica.*

1 INTRODUÇÃO

Conforme Mattjie (2013), um trocador de calor pode ser definido como sendo um dispositivo utilizado para a realização da troca térmica entre dois ou mais fluidos de temperaturas diferentes. Em processos industriais são encontradas várias formas para a transferência de calor. O trocador de calor aquece ou esfria um determinado fluido e isso é de suma importância para a eficiência do processo como um todo (MATTJIE *et al.*, 2013).

Os trocadores de calor de casco e tubos representam algo em torno de 60% de todos os trocadores de calor empregados nos processos industriais, pois podem ser projetados para operar em diferentes escalas de pressão e temperatura em inúmeras aplicações (RUBBO, 2014).

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi observar o funcionamento de um trocador de calor casco e tubos nas configurações de escoamento paralelo e contracorrente, elaborar gráficos de temperatura ao longo do comprimento do trocador de calor, e ainda, determinar a quantidade de calor trocada entre os dois fluidos, assim como, o coeficiente global de transferência de calor nestas configurações.

2 MATERIAL E MÉTODO

Empregou-se neste trabalho um módulo de trocador de calor o qual estava equipado com um

software. Utilizou-se como fluido à água. Primeiramente, inseriu-se no software do módulo a temperatura de setpoint, associada a temperatura de entrada do fluido quente, a 50°C. A temperatura de entrada do fluido frio foi à temperatura ambiente. E ainda, adicionaram-se as vazões do escoamento para o fluido quente e frio, 20-20; 20-15; 20-10; 15-20 e 10-20 L.s⁻¹, respectivamente.

2.1 Determinação da quantidade de calor trocada entre os fluidos e coeficiente global de transferência de calor

Calculou-se a quantidade de calor trocada entre os fluidos (q), para as duas configurações de escoamento, por meio da Equação 1.

$$q = \dot{m} \times C_p \times \Delta t \quad \text{Equação 1}$$

Onde o Δt é dependente do fluido, se for fluido frio é a diferença da temperatura de saída com a da entrada, e se for fluido quente é a subtração da temperatura de entrada com a da saída.

Para o cálculo do coeficiente global de transferência de calor (U), para as duas configurações de escoamento, aplicou-se a Equação 2.

$$U = q/A \cdot \Delta t_{lm} \quad \text{Equação 2}$$

Sendo o Δt_{lm} expresso pela Equação 3, o qual está relacionado ao Método da média logarítmica das diferenças de temperaturas.

$$\Delta T_{lm} = \frac{(\Delta T_1 - \Delta T_2)}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)} \quad \text{Equação 3}$$

Onde o ΔT_1 e ΔT_2 são variáveis vinculadas à configuração do escoamento.

Utilizou-se como valor da área de troca térmica (A) correspondente a 0,1 m². Já para o calor específico da água (C_p), segundo Rodríguez (2015) empregou-se 4,18 KJ.Kg⁻¹.K⁻¹.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, plotou-se os gráficos de temperatura ao longo do comprimento do trocador de calor, para cada vazão do fluido quente e frio empregados, nas configurações de escoamento paralelo e contracorrente, representados na Figura 1 e 2, respectivamente.

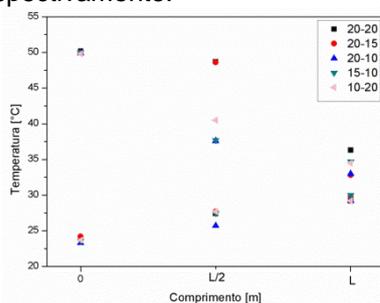


Figura 1 – Perfil de Temperatura na Configuração de escoamento paralelo.

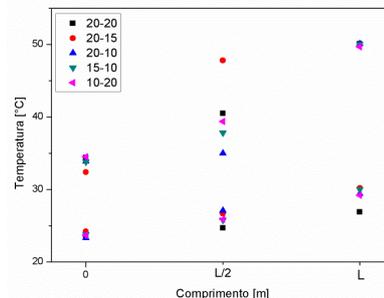


Figura 2 – Perfil de Temperatura Configuração de escoamento contracorrente.

Observando-se as Figuras 1 e 2, verificou-se que as mesmas seguem o perfil de temperatura ao longo do comprimento do trocador de calor conforme o esperado teoricamente, de acordo com Silva Júnior (2016).

Seguidamente, determinou-se a quantidade de calor trocado entre os dois fluidos e o coeficiente global de transferência de calor. Os resultados estão apresentados na Tabela 1. Analisando os dados da Tabela 1, relacionados ao calor do fluido quente e frio, os mesmos deveriam ser similares, uma vez que o calor cedido é igual ao calor absorvido. Este fato está relacionado com o uso da Equação 1, onde é considerado que não haja perdas térmicas para a vizinhança. De acordo com Mattjie *et al.*, (2013) a utilização de fórmulas empíricas dificultam a modelagem deste fenômeno, resultando em erros que podem ser essenciais para a determinação do coeficiente global de transferência.

Tabela 1- Quantidade de calor trocado e coeficientes de transferência de calor para cada experimento, nas duas configurações de escoamento.

Vazão [L.s ⁻¹] (quente-frio)	Paralelo					Contracorrente				
	20-20	20-15	20-10	15-20	10-20	20-20	20-15	20-10	15-20	10-20
q frio [Kw]	443,08	351,12	246,62	535,04	459,8	275,88	376,2	254,98	518,32	459,8
q quente [Kw]	1162,04	1437,92	1412,84	959,31	639,54	1312,52	1471,36	1354,32	1015,74	635,36
ΔT_{lm} [°C]	14,66	10,6	11,72	12,57	13,05	16,22	13,16	15,09	14,43	15,13
U quente [KW/m ² . °C]	302,19	331,37	210,48	425,65	352,42	809,32	285,9	168,96	359,2	303,79
U frio [kW/m ² K]	792,53	1357,05	1205,82	763,17	490,18	170,11	1118,17	897,44	703,91	419,78



Comparando os valores de Δt_{lm} de cada experimento nas duas configurações de escoamento (Tabela 1), nota-se que os mesmos são maiores na configuração de escoamento contracorrente, na vazão de fluido quente 20 L.s⁻¹ e de frio 20 L.s⁻¹.

4 CONCLUSÃO

Em relação aos gráficos de temperatura, verificou-se que os mesmos seguem o perfil de temperatura desejado ao longo do comprimento do trocador de calor, nas configurações de escoamento paralelo e contracorrente, conforme apresentado na literatura. Ainda, é possível constatar que a configuração contracorrente é a mais efetiva, pois os valores encontrados para a diferença de temperatura média logarítmica são maiores nesta configuração, ocorrendo uma maior troca térmica na vazão de fluido quente 20 L.s⁻¹ e de frio 20 L.s⁻¹.

Em virtude dos fatos mencionados, pode-se afirmar que os objetivos propostos para este trabalho foram encontrados de maneira satisfatória.

NOMENCLATURA

q	Quantidade de calor trocada entre os fluidos	[KW]
\dot{m}	Vazão mássica	[m ³ .s ⁻¹]
C_p	Calor específico do fluido	[KJ.Kg ⁻¹ .K ⁻¹]
Δt	Variação da temperatura	[°C]
A	Área de troca térmica	[m ²]
U	Coeficiente global de transferência de calor	[KW.m ⁻² .°C ⁻¹]
Δt_{lm}	Diferença de temperatura média logarítmica	[°C]
ΔT_1	Variação da temperatura do lado direito	[°C]
ΔT_2	Variação da temperatura do lado esquerdo	[°C]

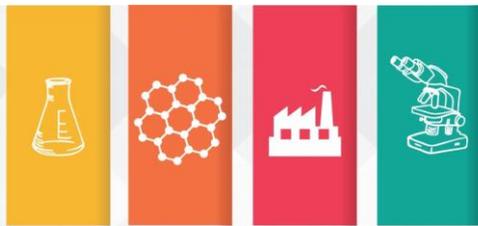
REFERÊNCIAS

FERREIRA, A. C. Estudo comparativo da troca térmica em trocadores de calor dos tipos casco/tubos e de placas. Unoesc & Ciência - ACET, Edição Especial, p. 57-66, Joaçaba, 2014.
 MATTJIE, C.A. *et al.* Projeto de um trocador de calor para resfriamento de fluido em um circuito hidráulico utilizado na agricultura de precisão. In: 3ª semana internacional das engenharias da Fabor. Horizontina, 2013.

RODRÍGUEZ, M.B.R. *et al.* Impacto ecológico de losintercambadores de calor de tubo y coraza. Ingeniería Energética, vol. XXXVI, n. 1, p.104-112, Enero/Abril, 2015.

RUBBO, P.N. *Determinação do coeficiente global de transferência de calor de um condensador do tipo casco e tubo de umchiller por adsorção de amônia em NaBr.* Trabalho de conclusão de curso – Universidade federal de Santa Catarina. Araranguá, 2014.

SILVA JÚNIOR, J. A. Análise de um trocador de calor tipo serpentina de uma planta de hipoclorito de sódio. 2015. 49 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015.



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPO DE CENTRÍFUGA DE CESTO PARA SEPARAÇÃO DE MISTURA ÁGUA/AREIA

Jéssica M. Kumm¹, Nadine A. Löeblein¹, Paula F. Weber¹, Wagner Frizon^{1,*}, Isaac dos S. Nunes¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*wagnerfrizon@hotmail.com

RESUMO

Centrífugas são equipamentos utilizados para separar sólidos de líquidos, como também líquidos imiscíveis entre si, onde as suspensões giram em altas velocidades no interior de um vaso cilíndrico. O giro está associado a um campo centrífugo de forças que responde pela movimentação das partículas através do líquido em direção às paredes do vaso, sobre as quais se depositam. Com base nesse conhecimento, o objetivo desse trabalho foi realizar a separação de areia e água através de um protótipo de centrífuga sedimentadora de cesto. Com os resultados da operação foi possível determinar a eficiência do processo para o caso em específico, sendo esta de 77,71%.

Palavras-chave: *Centrífuga, secagem, areia, operações unitárias, protótipo.*

1 INTRODUÇÃO

A centrifugação é uma operação unitária muito utilizada em praticamente todos os tipos de separação de sólidos em suspensão nos líquidos ou de líquidos imiscíveis entre si de densidades diferentes. Essa técnica é amplamente utilizada em laboratórios químicos e no segmento industrial, para auxiliar nos processos de secagem, remoção de agregados coloidais, quebra de emulsões e purificação de matérias primas (BASTOS; AFONSO, 2015).

Esta operação unitária pode ser entendida como uma operação de separação mecânica que permite acelerar o fenômeno de sedimentação. A intensidade do campo centrífugo depende somente da velocidade de rotação da bacia (CREMASCO, 2014).

Por conter muitas peculiaridades, as centrífugas são equipamentos caros quando comparadas a outros equipamentos de separação sólido-líquido, além dos custos de manutenção e operação e, por conseguinte, o preço unitário final do produto processado também é elevado (PEÇANHA, 2014).

As centrífugas industriais podem dividir-se em: sedimentadoras e filtrantes, a primeira divide-se ainda em dois grupos, as tubulares e as de cesto, que operam em batelada (PEÇANHA, 2014).

A centrífuga de cesto é um equipamento que possui um cesto rotativo que logo quando a mistura é posta na máquina, através de um cone rotativo, gira e emite as partículas para suas paredes, desta forma separando o sólido do líquido,

retirando a umidade. O teor de umidade é um valor percentual relacionado à massa de água contida na areia. Em tempo seco e ensolarado, a areia exposta nessas condições costuma apresentar teor de umidade até 2%, valor muito pouco significativo. Em dias chuvosos a umidade da areia aumenta, dependendo da precipitação e do tempo de exposição. De um modo geral, entre os teores de umidade 6% e 10% ocorrem os maiores aumentos de volume, que podem chegar a 30%, valor de grande influência em processo de produção de argamassas em obra por exemplo (BASTOS; COUTO, 2009).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi construir uma centrífuga sedimentadora de cesto, com funcionamento em batelada, afim de separar uma mistura de água e areia e assim verificar a eficiência.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Elaboração do protótipo

Partindo-se da base de um liquidificador, projetou-se a parte externa, utilizou-se um tubo de policloreto de vinila (PVC) de 100 mm, uma união, um tampão de mesmo diâmetro e uma torneira reguladora de fluxo, que se pode visualizar na Figura 1. Já a parte interior, foi feita uma peça móvel com um tubo de PVC com diâmetro de 50 mm com cavidades, revestido por uma tela de malha 0,5 mm conforme a Figura 2, Formando um protótipo de uma centrífuga sedimentadora de cesto, operando em batelada.



Figura 1. Protótipo da centrífuga (Fonte: os Autores).



Figura 2. Cesto da centrífuga (Fonte: os Autores).

2.2 Determinação da eficiência do protótipo

Saturou-se a amostra de areia seca em 150 mL de água e submeteu-a para centrifugação no protótipo, após dois minutos de operação retirou-se a amostra sólida. Com base nessa foi possível realizar o cálculo da eficiência do projeto por meio da equação 1.

$$\eta = \frac{m_{\text{coletado}}}{m_{\text{alimentado}}} \quad \text{Equação 1}$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido à alta rotação do equipamento utilizado, em pouco tempo de funcionamento obteve-se uma separação de partículas bem significativa. Alimentou-se a centrífuga com uma massa de 39,3934 g e 150 mL de água, ao final do processo coletou-se uma massa de 30,6153 g.

Por meio da Equação 1, utilizando-se os dados descrito anteriormente foi possível

determinar que o protótipo apresenta uma eficiência de 77,71%.

Notou-se que após o processo de centrifugação a fração do fluido coletado apresentou turbidez, devido ao arraste das sujidades contidas na amostra, além de alguns fragmentos sólidos. Segundo Cremasco (2014), a força centrífuga faz com que as partículas se afastem radialmente do eixo de rotação, com isso a água é lançada para fora da parte interior arrastando consigo as menores partículas de areia, o que pode ser visualizado quando retirada pela válvula, conforme Figura 3.

Figura 3. Fluido coletado após a operação (Fonte: os Autores).



O fato da eficiência não ser tão significativa é decorrente de perdas durante o processo, devido o material utilizado para a confecção do protótipo não ser ideal para esse tipo de secagem. Tendo em vista que a amostra em estudo apresenta variações de diâmetro de partícula onde uma fração é passante pelo cesto da centrífuga.

Uma solução para o problema em questão seria realizar, previamente, uma análise granulométrica da amostra, para assim definir o diâmetro ideal da tela no interior do cesto a ser utilizado. Outra possibilidade para aumentar a eficiência do processo seria a elevação da velocidade de rotação do cesto que contém a mistura.

Segundo Peçanha (2014) a eficiência global da coleta depende da velocidade angular das centrifugas, ou seja, pelo número de rotações por minuto (rpm), portanto, quanto maior a rotação maior será a eficiência da coleta.

4 CONCLUSÃO

A centrífuga testada se encontra em boas condições de uso, apresentando uma eficiência



moderada de 77,71% na separação da mistura de areia e água. Contudo, são necessários alguns ajustes para o pleno funcionamento do equipamento. Como o ajuste de angulação, diminuição de trepidações, a realização de testes prévios para melhor conhecimento da amostra a ser centrifugada e o aumento da velocidade de rotação do cesto.

NOMENCLATURA

<i>m coletada</i>	Massa coletada	[g]
<i>m alimentada</i>	Massa alimentada	[g]
η	Eficiência da centrífuga	[%]

REFERÊNCIAS

- BASTOS, A. R.; AFONSO, J. C. **Separação sólido-líquido: centrífugas e papéis de filtro.** Quim. Nova, Vol. 38, No. 5, 749-756, 2015.
- BASTOS, P. K. X.; COUTO, M. L. **Influência do teor de umidade dos agregados nas argamassas de revestimento.** Técnica, Vol. 146, 2019.
- CREMASCO, M.A. **Operações unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos.** Edgard Blucher, 2014.
- GEANKOPLIS, Christie John. **Transport processes and separation process principles.** 4 ed. New Jersey: Prentice Hall, 2003.
- PEÇANHA, R. **Sistemas particulados: operações unitárias envolvendo partículas e fluídos.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPO DE FILTRO DE LEITO GRANULAR PARA FILTRAÇÃO DE ÓLEO PROVENIENTE DE USO DOMÉSTICO

Caroline Camargo Dahmer^{1*}, Larissa de Oliveira Liberalesso¹, Mirela Araujo Reis¹, Paula Gabriela Dalla porta¹, Yasmin Veridiana Furtado da Silva¹, Isaac dos Santos Nunes¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*caroline.dhamer@outlook.com

RESUMO

A filtração é uma operação unitária que refere-se à separação mecânica entre duas fases: a particulada e a fluida. O processo de separação ocorre utilizando um meio poroso que retém a fase particulada e é permeável à fase fluida. O óleo de cozinha usado se descartado de forma indevida, acarreta um grande prejuízo para o meio ambiente e para o solo. A sua reutilização é muito importante devido a ser um produto de fácil acesso, onde a partir dele pode-se realizar a fabricação de sabão caseiro. Com isso este trabalho tem como objetivo a realização de uma filtração semi-contínua de água e óleo utilizando brita e areia. Foi realizada a determinação da velocidade experimental com que o líquido percolaria o meio filtrante, onde os valores médios em cm/min para a água e para o óleo são respectivamente, $4,24 \cdot 10^{-03} \pm 7,18 \cdot 10^{-04}$ e $9,17 \cdot 10^{-05} \pm 1,02 \cdot 10^{-05}$. A fim de comprovação da eficácia, calculou-se a velocidade teórica de cada um dos fluidos de estudo, sendo que os valores de velocidade teórica encontrada para água é de $3,1 \cdot 10^{-03}$ cm/min e para o óleo $4,36 \cdot 10^{-05}$ cm/min. Os valores teóricos e experimentais para a água obtiveram valores próximos, já os valores para o óleo se distanciaram bastante devido a influência da viscosidade.

Palavras-chave: *filtração, óleo de cozinha usado, água, velocidade, Arduino.*

1 INTRODUÇÃO

A filtração é uma operação unitária que, segundo Cremasco (2014), refere-se à separação mecânica entre duas fases: a particulada e a fluida. Encontra-se numa determinada suspensão utilizando um meio poroso que retém a fase particulada e é permeável a fase fluida. O meio poroso na filtração é chamado filtro ou meio filtrante e o fluido que abandona o filtro é chamado de meio filtrado. A fase particulada poderá acumular-se sobre o filtro atuando como meio filtrante chamando-se de torta de filtração.

A escolha adequada do meio filtrante deve ser baseada na sua capacidade de produzir um filtrado límpido possibilitando uma retirada fácil da torta, ser resistente o suficiente para não romper-se (Londe, 2002).

Vários tipos de materiais são utilizados para meio filtrante entre eles o algodão, polímeros sintéticos resistentes a produtos químicos e tolerantes a variações térmicas, metais (refratários). Os mais utilizados são cascalho, areia, antracito, carvão ativado (Londe, 2002).

A operação unitária de filtração, segundo Costa *et al.* (2015) pode fazer parte do processo de reutilização da água ou também em óleos vegetais saturados. O óleo vegetal quando descartado

incorretamente acarreta um grande prejuízo para o meio ambiente e para o solo.

Deste modo, este trabalho tem como objetivo principal a filtração semi-contínua, de diferentes fluidos, fazendo uso de um protótipo de filtro de leito granular.

2 MATERIAL E MÉTODO

Primeiramente foi realizada a confecção do filtro constituído de um tubo de PVC com 100 mm de diâmetro. Escolheu-se como meio filtrante, pedras de quatro diferentes granulometrias e areia, respectivamente dentro do filtro.

Para tornar o filtro semi-contínuo foi utilizado um microprocessador Arduino UNO, que possui plataforma *Open Source*, facilitando assim a prototipagem industrial.

Além do Arduino, foram utilizados sensores de temperatura, vazão e nível. O sensor de temperatura foi utilizado para manter o óleo a 40 °C, para diminuir sua viscosidade. O equipamento possui um relé que controla a resistência, que é ativada ou desativada de acordo com a necessidade de manter a temperatura constante.

O sensor de nível também está conectado a um relé, que ao alcançar determinado nível estabelecido, a bomba utilizada para encher o filtro

se desliga automaticamente, mantendo assim um nível ideal para a formação de torta.

Para os cálculos teóricos foi utilizada a equação da permeabilidade que relaciona a forma das partículas com a granulometria e a porosidade. Sendo calculada pela equação de Carman-Kozeny descrita na Equação 1.

$$K = \frac{(\Phi D_p)^2 \varepsilon^3}{150 (1-\varepsilon)^2} \quad \text{Equação 1}$$

Logo após descobrir o K, podemos utilizar a equação da velocidade teórica do filtro descrita na Equação 2.

$$v = \frac{\rho g \sum L_i}{\mu \sum \left(\frac{L_i}{K_i} \right)} \quad \text{Equação 2}$$

Com os dados obtidos através do sensor de vazão, pode-se comparar a velocidade experimental da água e do óleo com a velocidade teórica obtida através das equações empíricas.

Na Figura 1, está descrito o processo experimental semi-contínuo utilizada na filtração do óleo.

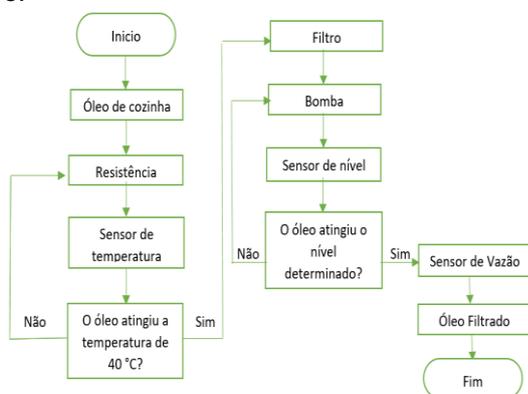


Figura 1: Fluxograma do processo realizado. (Fonte: os Autores)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a construção do protótipo de filtração, foram feitos testes para determinação da velocidade experimental. Os líquidos escolhidos para o experimento foram a água e o óleo e os valores obtidos estão descrito na Tabela 1.

Embasando-se na Tabela 1, e na observação durante a realização do experimento, infere-se que a viscosidade do fluido é fator importante para o processo de filtração, uma vez que o óleo apresenta velocidades significativamente menores que água enquanto percola o meio filtrante.

Tabela 1. Dados experimentais (Fonte: o Autor).

Vazão (L/min)		Velocidade (cm/min)	
Água	Óleo	Água	Óleo
2,17	0,04	3,79E-03	7,77E-05
2,70	0,06	4,71E-03	1E-04
2,94	0,06	5,13E-03	1,03E-04
1,90	0,05	3,32E-03	8,62E-05

Propõe-se a relação com a velocidade teórica, com o intuito de verificar a funcionalidade do protótipo construído. Necessita-se então realizar o cálculo de permeabilidade e determinar a esfericidade (Φ) a partir dos diâmetros de cada granulometria. Considera-se que, segundo Tomaz, 2010, a porosidade da brita é de 30% e que a da areia, segundo Santos, 2013, está em torno de 40%. Ainda é preciso levar-se em conta os valores para óleo, segundo Brandão, Machado e Suarez, 2009, ($\rho=0,891\text{g/cm}^3$ e $\mu = 0,635\text{ g/cm s}$) e para água, segundo Gomes e Clavico, 2005, ($\rho=1\text{ g/cm}^3$ e $\mu = 0,01\text{ g/cm s}$). Faz-se então a determinação da velocidade teórica de cada um dos fluidos de estudo, com o uso da Equação 2.

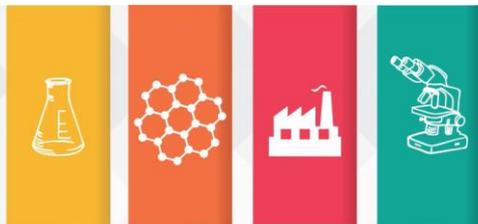
Os valores de velocidade teórica encontrada para água e para óleo foram de $3,11\text{E}^{-03}\text{cm/min}$ e $4,36\text{E}^{-05}\text{ cm/min}$, respectivamente. Pode-se observar que tais valores se aproximam dos encontrados experimentalmente, o que comprova a eficácia do protótipo construído assim como o da técnica empregada. As pequenas variações podem ser decorrentes das impurezas de óleo que ficam retidas, além do fato de que as propriedades do mesmo variam em função da degradação térmica, também consideram-se erros na realização do experimento ou das considerações para base de cálculo.

4 CONCLUSÃO

Pode-se notar que o protótipo é eficaz para se fazer a filtração tanto de óleo de cozinha usado quanto para água. Afirma-se que há uma proximidade em relação as velocidades teóricas, obtidas através de cálculos, com as velocidades experimentais realizadas no protótipo.

NOMENCLATURA

Φ	Esfericidade da partícula	[-]
D_p	Diâmetro de partícula	[cm]
ε	Porosidade	[-]
ρ	Massa específica do fluido	[g/cm ³]
g	Aceleração da gravidade	[m/s ²]



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



μ	Viscosidade cinemática do fluido	[g/cm.s]
K_i	Permeabilidade da camada	[cm ²]
L_i	Altura da camada	[cm]

REFERÊNCIAS

BRANDÃO, R.r.; MACHADO, Patrícia F. L.; SUAREZ, Paulo A. Z.. **As interações intermoleculares nos óleos vegetais e no biodiesel: As interações intermoleculares nos óleos vegetais e no biodiesel.** In: 32ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 32., 2009, Fortaleza. Anais. Fortaleza: Adaltech, 2009. p.1-1. Disponível em: <<http://sec.s bq.org.br/cdrom/32ra/resumos/T0859-1.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

COSTA, Daniela Alves da; LOPES, Gilmeire Rulim; LOPES, José Roberto. Reutilização do óleo de fritura como uma alternativa de amenizar a poluição do solo. **Revista Monografias Ambientais - Remoa**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p.243-253, abr. 2015.

CREMASCO, Marco Aurélio. **Operações unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos.** 2. Ed., rev. São Paulo: Blucher, 2014.

GOMES, Abílio Soares; CLAVICO, Etiene. **Propriedades Físico-Químicas da Água.** 2005. Disponível em: <<http://www.uff.br/ecosed/PropriedadesH2O.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

LONDE, Luciane de Resende. **Eficiência de filtração lenta no tratamento de efluentes de leitos cultivados.** 2002. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Unicamp, Campinas, 2002. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIT/257314/1/Londe_Lucianaderesende_M.pdf>. Acesso em: 22 maio 2018.

SANTOS, Márcio. **Hidrologia - Água subterrânea:** Paracatu: Márcio Santos, 2013. 15 slides, color. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/marciotecsoma/hidrologia-a-permeabilidade>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

TOMAZ, Plínio. **Capítulo 17- Infiltração e condutividade hidráulica K.** 2010. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/capitulo17_hidraulica.pdf>. Acesso em: 03 jun.



CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPO DE TRANSPORTADOR DE CAÇAMBAS PARA ENSINO DE OPERAÇÕES UNITÁRIAS

Gabriela A. K. Bremm^{1*}, Carolina S. Fronza¹, Dinalva Schein¹, Gabriele D. Ávila¹, Isaac dos S. Nunes¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*gabrielabremm@hotmail.com

RESUMO

O transporte de sólidos é indispensável na operação industrial, pois permite a alimentação, carregamento e elevação no decorrer do processo. Existem diversos tipos de transportadores. Dentre eles destaca-se o transportador de caçambas, que é aplicado no transporte de materiais como grãos e minérios, a longas distâncias. No entanto, o estudo dos transportadores é dificultado pelas variáveis envolvidas no seu funcionamento e capacidade, como a velocidade e o tamanho das caçambas. Diante disso, destaca-se a importância da elaboração de um protótipo de transportador de caçambas para o transporte de grãos de painço, tendo como objetivo o estudo e a análise da operação unitária envolvida no processo. Por conseguinte, verificou-se que o módulo construído trabalha com apenas 30% de sua capacidade total e transporta cerca de 149,15 g/min de grãos a 2 m/min.

Palavras-chave: *operações unitárias, protótipo, transportador de caçambas.*

1 INTRODUÇÃO

A operação unitária de transporte de sólidos é indispensável no meio industrial, pois permite a alimentação, carregamento e elevação no decorrer de todo o processo. Dentre as variedades de transportadores destacam-se o transportador e o elevador de caçamba, que consistem em caçambas fixadas em cabos ou correias, horizontais, verticais ou inclinados, que se movem em trilhos, roldanas ou esteiras (Gomide, 1980).

De acordo com Gomide (1980), esses modelos, semelhantes entre si, podem trabalhar em velocidades de 20 m/min quando horizontais ou até 90 m/min quando na posição vertical. Eles são aplicáveis no transporte de longas distâncias, de materiais como grãos, minérios e reagentes químicos. Por exemplo, o painço, *Panicum miliaceum*, planta utilizada na rotação de cultura e ração animal, é um grão de forma convexa, oval ou elíptica que possui as características de $\rho_{Pa} = 1,17 \text{ g cm}^{-3}$, $\bar{D}_{Ps} = 1,68 \text{ mm}$ e $\phi = 0,83$ (Pereira, 2010).

O estudo desses transportadores é dificultado pelas variáveis que envolvem seu funcionamento, como a velocidade de transporte e as medidas das caçambas. Dessa forma, é conveniente a construção de um protótipo que, segundo Alcorforado *et al.* (2015), consiste no artefato físico ou digital desenvolvido para

compreender, explorar, avaliar e comunicar um ou mais atributos do produto que está sendo desenvolvido.

Assim sendo, destaca-se a elaboração de um protótipo de transportador/elevador de caçambas, para transporte de grãos de painço vermelho, tendo como objetivo, o estudo e a análise da operação unitária referente ao transporte de sólidos.

2 MATERIAL E MÉTODO

Uma vez escolhido o equipamento a ser construído, um transportador/elevador de caçambas, estabeleceu-se como construí-lo. Primeiramente, dimensionou-se e escolheu-se o material para se desenvolver o protótipo. Optou-se por um suporte de madeira, por ser de fácil manuseio e baixo custo. Os roletes, nos quais se incorporou a esteira, foram feitos com cilindros de ferro acoplados à carretéis de linha, de 1,5 cm de diâmetro, permitindo assim, o movimento livre destes. Em seguida, furou-se o suporte de madeira, com intervalos de 8 cm, onde anexou-se os roletes prontos. Na parte inferior da esteira foi acoplado um cilindro de diâmetro e comprimento maior que dos demais roletes, sendo este fixo ao carretel, formando um eixo rotatório que provoca o acionamento da esteira.

Após, fixou-se o transportador em uma base de madeira, dispondo-se de um local adequado para a sua alimentação, da mesma

forma, conectou-se um recipiente para armazenamento na outra extremidade do transportador, ou seja, na descarga do sólido. O ângulo de inclinação do transportador de caçambas foi escolhido de forma que este fosse ideal para o transporte, sendo de aproximadamente 45°, de acordo com Gomide, 1980.

Ainda na base, uniu-se um motor, de aproximadamente 22 rpm, ao eixo rotatório do transportador por meio de um conjunto de polias, que aumentam a sua rotação em três vezes. As caçambas, responsáveis pelo transporte do sólido, foram fixadas a uma esteira constituída de lona, material resistente e flexível. Já o modelo das caçambas foi projetado no software *Solidworks*, de acordo com a necessidade do protótipo e com dimensões proporcionais, como exibido na Figura 1. Estas foram impressas em plástico ABS (*acrylonitrile butadiene styrene*), em impressora 3D.



Figura 1: Modelo de caçamba (Fonte: os autores).

Tendo finalizado a construção do protótipo, realizou-se testes de velocidade, para determinar o número de voltas por minuto, com a Equação 1, e calculou-se a velocidade experimental do transportador por meio da Equação 2.

$$v = L/t \quad \text{Equação 1}$$

$$v_e = \pi df \quad \text{Equação 2}$$

Também calculou-se a capacidade real, Equação 2, e a capacidade máxima do transportador, Equação 3.

$$C = v \cdot n \cdot c_c \quad \text{Equação 3}$$

$$C_{max} = v \cdot n \cdot c_{c_{max}} \quad \text{Equação 4}$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao término da construção do transportador de caçambas, Figura 2, obteve-se um módulo com 17 caçambas tendo espaçamento de 6 centímetros entre elas.

Os cálculos de velocidade e capacidade real foram realizados em triplicata. Por meio da Equação 1, encontrou-se um valor médio de aproximadamente 2 m/min para a velocidade das caçambas. No entanto, para a velocidade experimental, se utilizou a Equação 2 e obteve-se um valor de 3,11 m/min, indicando que a velocidade real é 35,7 % menor. Essa diferença se deve, provavelmente, aos atritos causados entre a madeira e os cilindros de ferro empregados na estrutura do protótipo.

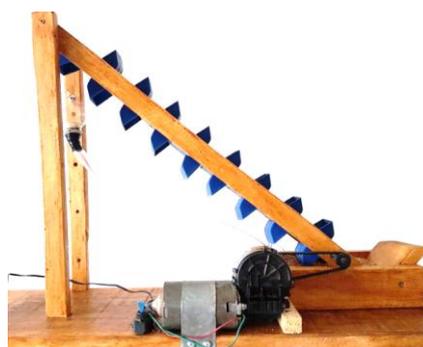


Figura 2: Protótipo de transportador de caçambas (Fonte: as Autoras).

Já para a capacidade real e máxima, encontrou-se 3 massas transportadas para uma única caçamba. Com a Equação 3, realizou-se o cálculo da capacidade real e com a Equação 4, os cálculos para a capacidade máxima. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Capacidades do protótipo (Fonte: as Autoras).

Amostra	1	2	3
c_c [g/min]	4,39	4,30	4,47
C [g/min]	149,26	146,20	151,98
$c_{c_{max}}$ [g/min]	15,14	14,65	14,71
C_{max} [g/min]	514,76	498,10	500,14

Com os valores da triplicata obteve-se uma capacidade média real e máxima de 149,15 g/min e 504,33 g/min, respectivamente. Com isso, constata-se que o módulo opera em aproximadamente 30% da sua capacidade máxima, consequência da alimentação



inadequada, que deveria ser constante e proporcionar uma carga máxima.

4 CONCLUSÃO

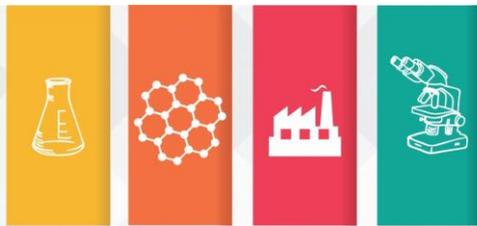
Com o término do protótipo, constatou-se a relevância da construção do módulo para o ensino de operações unitárias, visto que possibilita analisar o processo de construção, operação e as variáveis envolvidas na mesma, bem como, as dificuldades encontradas ao longo de todo projeto, como o atrito gerado entre as peças e a alimentação inadequada. Além disso, verificou-se que o módulo trabalha com apenas 30 % de sua capacidade total, transportando 149,15 g/min de grãos de painço a 2 m/min. Observou-se também que a alimentação do transportador é a responsável pela menor eficiência do módulo, já que não é suficiente para completar as caçambas.

NOMENCLATURA

ρ_{Pa}	Massa específica aparente	[g/cm ³]
\bar{D}_{Ps}	Diâmetro médio de Sauter	[mm]
ϕ	Esfericidade	[-]
v	Velocidade	[m/min]
v_e	Velocidade experimental	[m/min]
π	Pi	[-]
d	Diâmetro do cilindro	[m]
f	Frequência	[rpm]
L	Comprimento da fita	[m]
t	Tempo	[min]
C	Capacidade	[g/min]
n	Número de caçambas	[-]
c_c	Capacidade mássica	[g]

REFERÊNCIAS

- ALCOFORADO, M. G, *et al.* Metodologia centrada nos protótipos: um caminho para inclusão de usuários no processo de design. 2015. In: **XV ERGODESIGN**. Recife: Blucher Proceedings, 2015. Disponível em: <bit.ly/2IrejbQ>. Acesso em: 16 maio 2018.
- GOMIDE, R. **Operações unitárias: operações com sistemas sólidos granulares**. São Paulo: R. Gomide, 1980. 1. v.
- PEREIRA, A. V. **Caracterização e secagem de sementes de painço**. 2010, 92 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010. Disponível em: <bit.ly/2Ku2jqX>. Acesso em: 16 maio 2018.



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



DETERMINAÇÃO DA DIFUSIVIDADE MÁSSICA DO ETANOL NO AR COM EMPREGO DA CÉLULA DE ARNOLD

Gabriele D. Ávila^{1,*}, Gabriela A. Bremm¹, Carolina S. Fronza¹, Nataly Leinds¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*gabrieledavila@aluno.santoangelo.uri.br

RESUMO

A difusão de massa refere-se à transferência de massa provocada pelo movimento aleatório das moléculas, sendo definido como um processo espontâneo de fluxo de massa. A difusão de uma espécie A em uma espécie B pode ser calculada por meio da difusividade mássica ou coeficiente de difusão binária, D_{AB} , que se origina da Equação Diferencial da Difusão de Massa. O objetivo do presente trabalho foi efetuar o cálculo do coeficiente de difusão do etanol no ar utilizando-se a célula de Arnold, bem como comparar o resultado obtido experimentalmente com o valor teórico da literatura. Logo, adquiriu-se um valor experimental de $1,046 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ para a difusividade do etanol, com um erro percentual de 20,8 % em relação ao valor teórico.

Palavras-chave: *Transferência de massa; Coeficiente de difusividade; Etanol.*

1 INTRODUÇÃO

Ao borrifarmos um perfume suas moléculas se difundem no ar, espalhando seu cheiro pelo ambiente. Este e outros fenômenos do dia a dia têm em comum a difusão mássica, um processo espontâneo de fluxo de massa que se caracteriza pela transferência de massa da região de maior concentração para de menor concentração da substância (Barrozo, 2015).

Uma vez que o espaçamento molecular influencia a transferência de massa, a difusão ocorre mais facilmente em gases do que em líquidos. Sendo assim, a difusão de uma espécie A em uma espécie B é um importante parâmetro na descrição de sistemas e pode ser calculada por meio da difusividade mássica ou coeficiente de difusão binária, D_{AB} (Barrozo, 2015; Incropera, 2012).

Para o cálculo de D_{AB} , faz-se necessário considerar que a única forma de transporte de massa no meio estudado é a difusão (Incropera, 2012). A equação tem condições preestabelecida, como sistema unidimensional, em estado pseudo-estacionário e sem reação química, apresentadas na Equação 1.

$$\frac{\delta t^2 - \delta t_0^2}{2} = \frac{C \cdot D_{AB} \cdot MM_A}{\rho_A} \cdot \ln \left(\frac{1 - y_{A\delta}}{1 - y_{A0}} \right) \cdot t \quad \text{Equação 1}$$

Como a difusão relaciona valores de variação de nível de A em B à medida que o tempo passa, trata-se a Equação 1 como uma equação de reta linear $y = a + bx$. Neste caso, considera-se

que o t da Equação 1 corresponde a x . Já, o termo y é representado na equação de difusividade pelo termo que relaciona tempo e delta de variação, Equação 2. Deste modo, b representa o restante da equação, como pode ser visto na Equação 3.

$$y = \frac{\delta t^2 - \delta t_0^2}{2} \quad \text{Equação 2}$$

$$b = \frac{C \cdot D_{AB} \cdot MM_A}{\rho_A} \cdot \ln \left(\frac{1 - y_{A\delta}}{1 - y_{A0}} \right) \quad \text{Equação 3}$$

O termo y relaciona os valores da variação do caminho de A na difusão e o tempo registrado. O símbolo δ representa o caminho de difusão do elemento A em B, que depende do tempo. Deste modo, a espécie A difunde na espécie B, fazendo com que o caminho de difusão entre eles aumente com o passar do tempo, havendo para cada tempo um δt diferente. Já o termo b compreende os termos C , D_{AB} , MM_A , ρ_A , $y_{A\delta}$, y_{A0} .

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi efetuar o cálculo do coeficiente de difusão do álcool etílico (espécie A) no ar (espécie B) utilizando a célula de Arnold, bem como, comparar o resultado experimental com o valor teórico. O álcool etílico, etanol, é um dos principais combustíveis da atualidade, sua molécula é composta por dois átomos de carbono ligados entre si e uma hidroxila (OH). Possui difusividade mássica no ar de $1,32 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ à 298 K (Cremasco, 2015), massa específica igual 783 kg/

m^3 e massa molar de 46 g/mol (Çengel e Ghajar, 2012).

2 MATERIAL E MÉTODO

Com o objetivo de determinar a difusividade mássica do etanol no ar, montou-se uma célula de Arnold, dispositivo simples que possibilita retirar as medidas dos coeficientes de difusividade dos mais diferentes compostos. A célula de Arnold foi montada com tubos de PVC, como mostrado na Figura 1, onde fechou-se uma das extremidades e adicionou-se sílica gel, enquanto que a outra extremidade foi mantida aberta. Além disso, a célula de Arnold foi composta por um tubo de ensaio, no qual fixou-se uma tira de papel milimetrado para o acompanhamento da difusão mássica do etanol. Também se acoplou um termômetro ao módulo para realizar a medição da temperatura durante o experimento. Por último, adicionou-se o álcool ao tubo de ensaio até uma altura de 10 cm , já que o tubo de ensaio apresentava altura de $14,6 \text{ cm}$ e, então, se inseriu o tubo de ensaio na célula. A partir desse momento, monitorou-se o aumento do caminho de difusividade, a temperatura e o horário, por um período de 5 dias, de segunda a sexta-feira.



Figura 1. Célula de Arnold para determinação do coeficiente de difusividade mássica (Fonte: os Autores).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização do experimento e coleta dos dados, montou-se a Tabela 1 e, com os mesmos, plotou-se um gráfico de $(\delta t^2 - \delta t_0^2)/2$ em função do tempo, com o objetivo de encontrar a equação característica da difusão, Figura 2.

Tabela 1. Dados experimentais de variação de caminho de difusividade com o tempo (Fonte: os Autores).

Tempo [s]	$(\delta t^2 - \delta t_0^2)/2 \text{ [m}^2\text{]}$
-----------	--

0	0
25200	$7,0125 \cdot 10^{-5}$
90000	$1,425 \cdot 10^{-4}$
111600	$1,92 \cdot 10^{-4}$
177300	$2,94 \cdot 10^{-4}$
197100	$3,465 \cdot 10^{-4}$
262800	$4,545 \cdot 10^{-4}$
285300	$5,1 \cdot 10^{-4}$
351900	$6,24 \cdot 10^{-4}$
370800	$6,825 \cdot 10^{-4}$

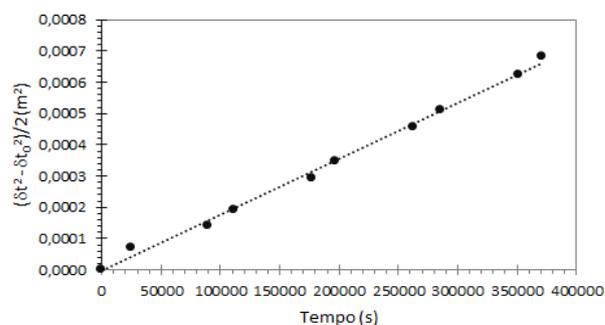


Figura 2: Gráfico $(\delta t^2 - \delta t_0^2)/2$ vs. t (Fonte: os Autores).

Por meio do gráfico encontrou-se uma linearidade entre os pontos da reta, sendo R^2 equivalente a $0,9956$. Com o gráfico também obteve-se a equação da reta, $y = -3,12586 \cdot 10^{-6} + 1,78813 \cdot 10^{-9}x$, com a qual pode-se calcular a difusividade do etanol por meio da Equação 3 e pelos dados da Tabela 2.

Tabela 2. Dados utilizados no cálculo da difusividade (Fonte: os Autores).

Variável	Valor
C	$0,04063 \text{ kmol/m}^3$
MM_A	46 kg/kmol
ρ_A	783 kg/m^3
$y_{A\delta}$	$0,06993$
y_{A0}	0

Efetuosos os cálculos, obteve-se difusividade mássica de $1,033 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, à 296 K . Convertendo-se este valor para 298 K , a fim de comparar valores teóricos e experimentais, adquiriu-se um valor experimental de $1,046 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. Por fim, encontrou-se o erro entre o valor experimental e o valor teórico, que é de $1,32 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, tendo uma porcentagem de erro



de 20,8 %, considerada acima do desejável pois o ideal seria menos que 20 %.

Percebe-se que a temperatura e a concentração influenciam na difusividade. A capacidade de difusão de A em B depende da concentração desses componentes, já que o movimento das moléculas de uma das espécies ocorre sempre do sentido de maior concentração desta, para onde a sua concentração é menor. Além disso, quando a temperatura do sistema é mais elevada, a taxa mássica de difusão sofre influência devido a maior agitação das moléculas da espécie, o que facilita o movimento aleatório.

4 CONCLUSÃO

Ao fim da determinação do D_{AB} experimental, encontrou-se um valor de $1,046 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ à 298 K para o mesmo. Ao compará-lo com o valor teórico, apresentou-se satisfatório, 20,8 % de erro. Ressalta-se que a temperatura e a concentração da espécie tem relação direta com a taxa mássica de difusão. Outro fato observado é que uma maior variação do caminho de difusão, em menor intervalo de tempo, eleva o coeficiente de difusividade, sinalizando maior facilidade de locomoção de A em B.

NOMENCLATURA

D_{AB}	Coeficiente de difusividade mássica	$[\text{m}^2/\text{s}]$
t	Tempo	$[\text{s}]$
δt	Caminho de difusão em função do tempo	$[\text{m}]$
C	Concentração molar	$[\text{kmol}/\text{m}^3]$
MM_A	Massa molar	$[\text{kg}/\text{kmol}]$
ρ_A	Massa específica	$[\text{kg}/\text{m}^3]$
y_A	Fração molar	$[-]$

REFERÊNCIAS

- BARROZO, S.; BENEDETTI, A. V. Compreensão matemática da difusão no contexto eletroquímico. **SciELO**, 2015. Disponível em: < bit.ly/2wXR6Nc >. Acesso em: 22 maio 2018.
- ÇENGEL, Y. A.; GHAJAR, A. J. **Transferência de calor e massa: uma abordagem prática**. 4. ed. Porto Alegre: AMGH, 2012.
- CREMASCO, M. A. **Fundamentos de transferência de massa**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2015.
- INCROPERA, F. P. *et al.* **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



DETERMINAÇÃO DA GRANULOMETRIA E ANÁLISE DAS CONDIÇÕES OPERACIONAIS DO PENEIRAMENTO DE *Panicum miliaceum*

Carolina S. Fronza^{1*}, Dinalva Schein¹, Gabriela A. K. Bremm¹, Gabriele D. Ávila¹, Isaac dos S. Nunes¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*carolsmaniottof@gmail.com

RESUMO

A separação granulométrica visa separar materiais de acordo com seus diâmetros. Um método em destaque é o peneiramento, que consiste em alimentar um conjunto de peneiras com uma quantidade de massa predeterminada e agitar o conjunto até a massa passar ou reter-se nas peneiras conforme seu diâmetro de abertura. O objetivo do presente trabalho foi determinar a granulometria dos grãos de painço em diferentes condições operacionais. Logo, averiguou-se que a peneira que mais reteve foi a de 10 Mesh, para cerca de 90% dos grãos e o modelo que melhor descreve o ensaio foi o modelo matemático GGS, para uma condição operacional de 5 minutos e agitação 9.

Palavras-chave: *Panicum miliaceum*, granulometria, peneiramento, condições operacionais.

1 INTRODUÇÃO

Os processos de separação e classificação granulométrica visam separar materiais de acordo com seus diâmetros (Correia, 2010). Dentre as diversas técnicas de separação de partículas, como a elutriação e câmara de poeira, destaca-se o peneiramento.

No peneiramento, um conjunto de peneiras, que variam decrescentemente quanto ao diâmetro de abertura, é alimentado com uma certa massa. Com agitação, a massa irá passar ou reter-se nas peneiras conforme seu tamanho (Cremasco, 2014). Essa técnica pode ser realizada a seco ou a úmido, adicionando-se água, para auxiliar a passagem pelas peneiras quando o material já possui certa úmida ou é muito aderente.

Essa técnica é empregada na separação e classificação de sólidos esféricos e não esféricos como grãos, minérios, alimentos. O painço, *Panicum miliaceum*, mostrado na Figura 1, é planta utilizada na rotação de cultura e para ração animal. Trata-se de um grão de forma convexa, oval ou elíptica que possui as características de $\rho_{Pa} = 1,17 \text{ g cm}^{-3}$, $\bar{D}_{Ps} = 1,68 \text{ mm}$ e $\phi = 0,83$ (Pereira, 2010).

A realização do peneiramento é de suma importância dentro das diversas áreas industriais, devido à necessidade de um material mais homogêneo e também quando o tamanho das partículas torna-se uma variável de controle dos processos consequentes (Correia, 2010).



Figura 1. Painço Vermelho. (Fonte: as Autoras).

Assim sendo, destaca-se o peneiramento como técnica de separação, determinação da faixa granulométrica do painço vermelho e avaliação das condições operacionais do conjunto de peneiras. Como finalidade, tem-se o estudo e a análise da operação unitária referente ao peneiramento de sólidos particulados.

2 MATERIAL E MÉTODO

Em agitador eletromagnético de peneiras, apresentado na Figura 2, executou-se o peneiramento dos grãos de painço vermelho. Realizaram-se ensaios de agitação em três velocidades (oito, nove e dez). Para cada velocidade realizou-se o processo em três diferentes tempos (cinco, dez e quinze minutos), totalizando nove ensaios de peneiramento.



Figura 2: Agitador eletromagnético de peneiras. (Fonte: as Autoras).

Primeiramente, selecionou-se as peneiras utilizadas, sendo as mesmas de 6 a 20 Mesh. Em seguida, pesou-se em balança analítica cada uma das cinco peneiras utilizadas e o fundo, registrando-se a massa vazia das mesmas. Após, pesou-se 100 gramas de painço em um béquer e colocou-se os grãos sobre a primeira peneira. Acionou-se o agitador, realizando o peneiramento para cada velocidade no tempo preestabelecido. Passado o tempo de agitação, pesou-se novamente as peneiras e o fundo, registrando-se as massas com o painço, sendo a diferença entre a massa final menos a massa da peneira vazia, a massa retida de grãos. Após cada peneiramento, executou-se a limpeza das peneiras para a realização do próximo ensaio. Em seguida, fez-se a análise da operação nas diferentes agitações e a faixa granulométrica da melhor análise obtida.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização prática do experimento, calculou-se as massas de painço retidas em cada uma das peneiras, conforme o Quadro 1, onde T_5 , T_{10} e T_{15} correspondem aos tempos de 5, 10 e 15 minutos, respectivamente, e A_8 , A_9 e A_{10} , equivalem a agitação de 8, 9 e 10.

Quadro 1: Massas, em gamas [g], de painço retidas nas peneiras. (Fonte: as Autoras).

T/A	Mesh					Fun.
	6	8	10	14	20	
5/8	0	0,03	93,81	5,45	0,68	0,03
10/8	0	0,05	91,41	7,68	0,83	0,03
15/8	0	0,06	88,29	10,79	0,79	0,07
5/9	0	0,07	92,18	7,15	0,56	0,04
10/9	0	0,05	89,64	9,54	0,73	0,04
15/9	0	0,05	87,88	11,03	0,97	0,07
5/10	0	0,05	92,72	6,72	0,48	0,03

10/10	0	0,03	87,94	11,36	0,63	0,04
15/10	0	0,04	89,87	9,67	0,36	0,06

Com os valores de massa retida, encontrou-se os modelos de distribuição granulométrica para cada uma das condições operacionais do peneiramento. Dentre os modelos matemáticos RRB e GGS, ambos calculados, o modelo GGS, na Equação 1, teve melhor ajuste quando linearizado. Seus respectivos valores são apresentados no Quadro 2.

$$X_i = (D_i/k)^m \quad \text{Equação 1}$$

Quadro 2: Modelo de distribuição granulométrica GGS (Fonte: as Autoras).

GGG	R ² [-]	m [-]	k [mm]
T_5/A_8	0,9957	7,69	2855
T_{10}/A_8	0,9932	7,73	2855
T_{15}/A_8	0,9987	7,08	2855
T_5/A_9	0,9999	7,55	2855
T_{10}/A_9	0,9972	7,57	2855
T_{15}/A_9	0,9977	7,04	2855
T_5/A_{10}	0,9998	7,83	2855
T_{10}/A_{10}	0,9960	7,65	2855
T_{15}/A_{10}	0,9916	7,38	2855

Os valores representados por R^2 indicam a linearidade do modelo de distribuição granulométrica. Quanto mais próximos à 1, mais representativo é o modelo e melhor ele se ajusta a amostra. Com isto, considera-se que a melhor condição operacional para o peneiramento de painço foi em um período de 5 minutos em agitação 9, representado pelo modelo GGS, já que o valor de R^2 foi de 0,9999. Pode-se visualizar o modelo GGS, para T_5/A_9 , na Figura 3, onde encontrou-se a equação da reta com sua linearidade, R^2 .

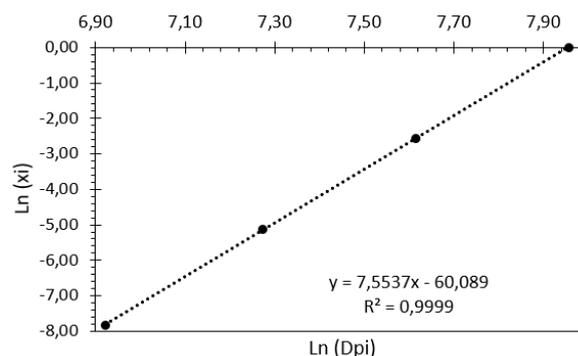




Figura 3: Gráfico do modelo GGS para T_5/A_9 (Fonte: as Autoras).

O gráfico apresentado na Figura 3 representa um excelente ajuste do modelo GGS linearizado. O modelo GGS descreve um comportamento bastante exato de todos os diâmetros de partículas no peneiramento, visto que não apresentam afastamento de pontos em relação à reta.

4 CONCLUSÃO

Ao fim da determinação granulométrica e da avaliação das condições de operação, averiguou-se que para todas as condições operacionais, a peneira que mais reteve foi a de 10 *Mesh*, portanto, cerca de 90% dos grãos possuem diâmetros entre 2360 μm e 1700 μm . O modelo GGS ajusta-se melhor na descrição do peneiramento de painço e, analisando o coeficiente de determinação de todas as condições operacionais, conclui-se que o tempo de cinco minutos e uma agitação de 9, apresentou-se como melhor condição de trabalho, tendo um R^2 de 0,9999.

NOMENCLATURA

ρ_{Pr}	Massa específica real	[g/cm ³]
\bar{D}_{PS}	Diâmetro médio de Sauter	[mm]
ϕ	Esfericidade	[s]
T	Tempo de agitação	[min]
A	Agitação	[-]
X_i	Fração mássica	[g]
D_i	Diâmetro	[mm]
k	Diâmetro de 100% passante	[mm]
m	Coeficiente angular	[-]
R^2	Coeficiente de determinação	[-]

REFERÊNCIAS

CORREIA, J. C. G. Classificação e peneiramento. In: ADÃO, B. L.; SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A. **Tratamento de minérios**. 5. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010, p. 196-238. Disponível em: <bit.ly/2KtTSvJ>. Acesso em: 16 maio 2018.

CREMASCO, M. A. **Operações unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2014.

PEREIRA, A. V. **Caracterização e secagem de sementes de painço**. 2010, 92 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Química) - Universidade

Federal de São Carlos, São Carlos, 2010. Disponível em: <bit.ly/2Ku2jqX>. Acesso em: 16 maio 2018.



DETERMINAÇÃO DA PERDA DE CARGA DISTRIBUÍDA EM UM TUBO DE AÇO INOX 12 MM DE DIÂMETRO EM DIFERENTES VAZÕES

Kamilla Osório Rodrigues^{1*}, Lucieli Miranda Mosqueira¹, Nataly Leidens¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*kamilla_or@hotmail.com

RESUMO

O escoamento de líquidos através de tubos ou dutos sofre a influência das paredes e de obstáculos no seu interior, devido ao atrito do fluido com a parede do tubo, o fluido de tais aplicações em geral é forçado por um ventilador ou uma bomba, a escoar através de uma seção de escoamento. A queda de pressão não pode ser avaliada analiticamente, devemos recorrer a resultados experimentais e utilizar a análise dimensional para correlacioná-los. Para realizar o cálculo de perda de carga usa-se como destaque a equação de Darcy-Weisbach, e com isso determinada a perda de carga teórica e experimental através de dados coletados em laboratório, através de um manômetro de tubo U com fluidos possuindo massas específicas diferentes, analisados em vazões de 3 L.min⁻¹ e 6 L.min⁻¹.

Palavras-chave: *perda de carga, tubo de aço inox, mecânica dos fluidos aplicada.*

1 INTRODUÇÃO

Um fluido de um sistema de escoamento, passa por tubos, válvulas, conexões, acessórios diversos e, também, podem ocorrer mudanças da área de escoamento. Haverá perda de carga, em consequência do resultado do atrito com a parede, da alteração na direção de escoamento, obstruções na trajetória do fluido e mudanças abruptas ou graduais na área de escoamento (CREMASCO, 2014).

O escoamento turbulento é caracterizado por flutuações aleatórias e rápidas de regiões em redemoinho de fluido, sua velocidade se baseia tanto na análise quanto nas medições e, portando eles tem natureza semi-empírica, com constantes determinadas por dados experimentais (ÇENGEL, 2011).

As perdas de cargas distribuídas ocorrem em trechos retilíneos das tubulações, onde a pressão imposta pela parede do tubo diminui gradativamente ao longo de seu comprimento, e a geometria da área interna permanece constante, e as perdas de cargas localizadas ocorrem em trechos singulares dos condutos tais como: junções, derivações, curvas, válvulas, entrada, saídas e etc (FOX, 2010).

No escoamento turbulento, não pode-se avaliar a queda de pressão analiticamente, devemos recorrer a resultados experimentais e utilizar a análise dimensional para correlacioná-los. A queda de pressão ΔP , causada pelo atrito em

um tubo horizontal de área constante, depende do diâmetro D , do comprimento L , e da rugosidade ϵ , da velocidade média de escoamento v , da massa específica ρ , e viscosidade do fluido μ (FOX, 2010).

Este trabalho tem o objetivo de calcular as perdas de cargas distribuídas localizadas experimentais e teóricas em um tubo de aço inox com o intuito de comparar os resultados alcançados.

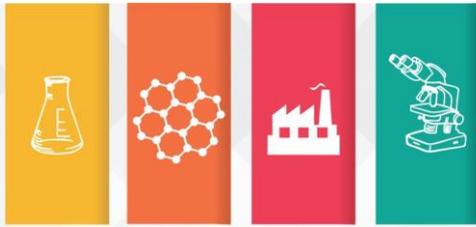
2 MATERIAL E MÉTODO

Um fluido de um sistema de escoamento, passa por tubos

Para realização do procedimento experimental, em laboratório, utilizou-se um tubo de aço inox com 12 mm de diâmetro e 500 mm de comprimento foi utilizado, o mesmo, de uma extremidade ligado à uma válvula do tipo globo e de outra à uma válvula esfera, a vazão pôde ser determinada por um rotâmetro e a pressão através um manômetro de tetracloretileno ($\rho = 1.620 \text{ Kg. m}^{-3}$).

O fluido em estudo é água ($\rho = 1000 \text{ Kg.m}^{-3}$ e $\mu = 0,001 \text{ Kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$), para determinar-se a variação da pressão, empregou-se uma vazão de 3 L.min⁻¹, e após 6 L.min⁻¹.

Calculou-se a velocidade de escoamento a partir da equação 4, devido conhecer-se as vazões e a área da tubulação, em seguida, determinou-se o número de Reynolds pela equação 3 para cada caso.



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



$$A = \pi \frac{D^2}{4} \quad \text{Equação 1}$$

$$\dot{Q} = v \cdot A \quad \text{Equação 2}$$

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \quad \text{Equação 3}$$

Depois de calculadas suas componentes, determinou – se a perda de carga distribuída, com a fórmula universal chamada de perda de carga de Darcy - Weisbach, equação 4 e 5. Desprezou- se a perda de carga pela bomba.

$$h_D = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad \text{Equação 4}$$

$$h_D = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} \quad \text{Equação 5}$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente foi calculada a perda de carga teórica pela equação 4, onde o fator de atrito (f) foi determinado pelo diagrama de Moody utilizando a rugosidade do aço inox de 0,002, tendo como resultados $f = 0,038$ para a vazão de 3 L.min⁻¹ e $f = 0,03$ para 6 L.min⁻¹.

Após, os valores experimentais foram determinados a partir da variação da pressão analisada no manômetro aplicada à equação 5. Os resultados obtidos constam no tabela 1.

Tabela 1: Resultados obtidos. (Fonte: O autor).

Vazão (L.min ⁻¹)	Perda de carga experimental (m)	Perda de carga teórica (m)
3	0,016	0,025
6	0,049	0,078

Analisou – se que as perdas ocorridas experimentalmente foram menores que as teóricas. Para a perda de carga, utilizou – se em laboratório o manômetro de tudo em U, e visualizadas suas diferenças de valores com a perda de carga teórica. A variação é dada através da leitura das diferenças de alturas das colunas do manômetro, no qual estava com uma quantidade a menos de tetracloretoetileno, decorrente de um

vazamento, que consequentemente pode ter alterado os resultados.

Logo observou – se que a perda de carga apresentou um pequeno aumento na vazão, ocasionado pelo atrito gerado através turbulência no escoamento no interior do tubo. Nesse procedimento calculou – se a perda de carga distribuída (h_d), pois é uma tubulação longa, de seção reta e não possui acessórios que possam gerar uma perda de carga localizada. No entanto notou – se que a perdas de carga calculadas experimentalmente obtiveram menores resultados das calculadas teoricamente.

4 CONCLUSÃO

Os resultados apresentados experimentais e teóricos sobre perdas cargas, são decorrentes do atrito nas paredes do interior do tubo, para a vazão de 3 (L.min⁻¹) obteve – se os valores de 0,016m experimental e 0,025m teórica, e para vazão de 6 (L.min⁻¹) obteve – se os valores de 0,049m experimental e 0,078m teórica . O conhecimento do estudo das perdas é diretamente ligado ao correto direcionamento de sistemas de máquinas de fluxo e de tubulações de projetos hidráulicos, assim sendo importante para várias aplicações dentro das indústrias.

NOMENCLATURA

\dot{V}	Vazão volumétrica	[L.m ⁻³]
v	Velocidade	[m.s ⁻¹]
A	Área	[m ²]
Re	Número de Reynolds	[-]
D	Diâmetro	[m]
ρ	Massa específica	[Kg.m ⁻³]
μ	Viscosidade dinâmica	[Kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]
h_D	Perda de carga distribuída	[m]
ΔP	Variação da pressão	KPa]
f	Fator de atrito de Darcy-Weisbach	[-]
g	Aceleração da gravidade	[m ² .s ⁻¹]



REFERÊNCIAS

CREMASCO, M.A. **Operações unitárias em sistemas particulados e fluidos mecânicos.**

Edgard Blucher, 2014.

ÇENGEL, Y.A.; CIMBALA, J.M. **Mecânica dos fluidos – fundamentos e aplicações.** São Paulo: McGraw Hill, 2011.

FOX, R. W., MCDONALD, A. T., PRITCHARD, P. J., **Introdução a Mecânica dos fluidos.** 7. ed. LTC, 2010.



DETERMINAÇÃO DA PERDA DE CARGA DISTRIBUÍDA EM UM TUBO DE PVC COM 16,5 MM DE DIÂMETRO EM DIFERENTES VAZÕES

Jéssica Macuglia Kumm^{1*}, Nadine Andréia Löeblein¹, Paula Fernandes Weber¹, Nataly Leindes¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*jessicamkumm@aluno.santoangelo.uri.com

RESUMO

O escoamento interno em tubulações sofre forte influência das paredes, dissipando energia devido ao atrito. As partículas em contato com a parede, adquirem a velocidade da mesma, ou seja, velocidade nula, e passam a influir nas partículas vizinhas através da viscosidade e turbulência, o que provoca uma redução da pressão total do fluido ao longo do escoamento, chamada perda de carga. Com o objetivo de comparar teórica e experimentalmente essas perdas de carga em um tubo de PVC com 16,5 mm de diâmetro e 500 mm de comprimento ligado a um manômetro de tetracloroetileno, utilizou-se água com vazões de 8 L.min⁻¹ e 12 L.min⁻¹, os resultados obtidos demonstraram uma maior perda de carga experimental, cerca de 25% para ambas vazões.

Palavras-chave: *mecânica dos fluidos aplicada, perda de carga, tubo de PVC.*

1 INTRODUÇÃO

O transporte de fluidos ocorre, geralmente, no interior de tubulações, e são deslocados através de bombas ou compressores. O dimensionamento das tubulações depende do conhecimento das perdas de cargas ocasionadas nas seções retas e nos acessórios que compõem o sistema de escoamento (CREMASCO, 2014).

Haverá perda de carga em um fluido por consequência do resultado do atrito com a parede, da alteração na direção, obstruções na trajetória do fluido e mudanças abruptas ou graduais na área. Essas perdas de carga decorrem da separação de uma camada do escoamento e da formação de correntes turbulentas, que transformam energia mecânica ou perda da energia de pressão do fluido em energia cinética, e esta converte-se em calor e se dissipa (CREMASCO, 2014).

Alves (2014) explica que podem-se distinguir dois tipos de perdas de carga, a distribuída e a local. A perda de carga distribuída ocorre em tubos retos de seção constante, em decorrência do atrito mútuo entre as partículas do fluido. É considerável em trechos relativamente longos, uma vez que o atrito vai ocorrer de forma distribuída ao longo destes.

Já a perda de carga local está associada a pontos ou trechos onde o fluido sofre perturbações bruscas de escoamento, neste caso as perdas podem ser elevadas mesmo em pontos relativamente curtos da instalação. Podem ser

geradas em cotovelos, válvulas, mudanças bruscas de direção, alargamentos ou estreitamentos acentuados, obstruções parciais, entre outros. (ALVES, 2014).

Durante o escoamento do fluido no tubo, o atrito vai resultar em queda de pressão e perda de carga, posteriormente esta queda de pressão é utilizada para calcular os requisitos de vazão necessários ao funcionamento da rede (FOX, 2010).

O cálculo de perdas permite a otimização de projetos, gerando economia na produção e eficiência das instalações hidráulicas. O estudo das perdas de carga é importante para o correto dimensionamento de sistemas de máquinas de fluxo e de tubulações em projetos hidráulicos, significando minimização dos custos do projeto e maior eficiência do sistema (FOX, 2010).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi comparar as perdas de carga distribuídas teóricas e experimentais do fluido água em um tubo de policloreto de vinila (PVC) com 16,5 mm de diâmetro e 500 mm de comprimento, nas vazões de 8 e 12 L.min⁻¹.

2 MATERIAL E MÉTODO

Utilizou-se um tubo de PVC (D= 16,5 mm e L= 500 mm) de um lado ligado a uma válvula do tipo globo e de outro a uma válvula esfera, e ao centro um manômetro de tetracloroetileno ($\rho = 1.630 \text{ Kg.m}^{-3}$, dados segundo a tabela FISPQ). Ao rotâmetro



empregou-se inicialmente uma vazão de 8 L.min⁻¹, e após 12 L.min⁻¹ do fluido em estudo ($\rho = 1000 \text{ Kg.m}^{-3}$ e $\mu = 0,001 \text{ Kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$).

Segundo Çengel (2011), a perda de carga distribuída pode ser calculada por diferentes equações, a contribuição mais importante é expressa pelas equações 1 e 2, de Darcy-Weisbach, as quais representam a queda de pressão (ΔP) quando um fluido de massa específica (ρ) escoar através de um tubo de diâmetro constante (D) e comprimento (L) à velocidade média (v).

$$h_D = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad \text{Equação 1}$$

$$h_D = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} \quad \text{Equação 2}$$

Teoricamente, calculou-se a velocidade de escoamento a partir da equação 4, em seguida, determinou-se o número de Reynolds (equação 5), por fim, aplicou-se os dados na equação 1, o fator de atrito (f) foi determinado pelo diagrama de Moody, considerando que não há rugosidade em tubos de PVC, tais valores foram dispostos na tabela 1. Desprezou-se a perda de carga gerada pela bomba.

Tabela 1: Dados determinados.

Vazão (L.min ⁻¹)	Velocidade e (m/s)	Re	Pressão (KPa)
8	0,6220	1,0263x10 ⁴	234,6120
12	0,9353	1,5432x10 ⁴	481,5720

$$A = \pi \frac{D^2}{4} \quad \text{Equação 3}$$

$$\dot{V} = v \cdot A \quad \text{Equação 4}$$

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \quad \text{Equação 5}$$

Na prática calculou-se a perda de carga a partir dos dados de pressão no manômetro e aplicou-se os mesmos à equação 2.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido a tubulação ser alongada, de seção reta e não possuir acessórios obstruindo a passagem do fluido, determinou-se somente a perda de carga distribuída. Verificou-se que as perdas experimentais foram mais significativas que

as teóricas para ambas vazões, conforme indicado na tabela 2.

Tabela 2: Resultados obtidos.

Vazão (L.min ⁻¹)	Perda de carga experimental (m)	Perda de carga teórica (m)
8	0,0239	0,0178
12	0,0491	0,0365

Nota-se que a perda de carga apresentou aumento com a vazão, essa é proporcional à Re , o que demonstra um maior desordenamento no escoamento do interior do tubo, que segundo Cremasco (2014) faz gerar mais atrito entre uma partícula e outra e também entre as paredes do tubo.

Parte da variação é decorrente de erros como na leitura das colunas do manômetro, devido este não estar calibrado e ser de difícil aferição, em razão do mesmo apresentar vazamento de tetracloreto de carbono. Bem como equívocos na compreensão do Diagrama de Moody, devido este não ser de completa exatidão, variando assim o valor da perda de carga.

Muito embora haja cerca de 25% de discrepância dos valores, é comum haver diferenças na prática, porém o experimento foi útil na demonstração da influência da vazão sobre a perda de carga.

4 CONCLUSÃO

As perdas apresentadas para a vazão de 8 L.min⁻¹ (teórica 0,0178 m e experimental 0,02394 m) e 12 L.min⁻¹ (teórica 0,0365 m e experimental 0,04914 m) são consequência do atrito do fluido com as paredes da tubulação e devido as sucessivas colisões entre as moléculas. As variações entre as perdas de carga experimental e teórica, cerca de 25%, são em decorrência de erros na realização dos experimentos. O conhecimento sobre as perdas de carga em tubulações e acessórios hidráulicos são de grande importância, pois influenciam nos dimensionamentos dos projetos hidráulicos e de máquinas de fluxos.

NOMENCLATURA

\dot{V}	Vazão volumétrica	[L.m ⁻³]
v	Velocidade	[m.s ⁻¹]
A	Área	[m ²]
Re	Número de Reynolds	[-]
D	Diâmetro	[m]
ρ	Massa específica	[Kg.m ⁻³]
μ	Viscosidade dinâmica	[Kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]



h_D	Perda de carga distribuída	[m]
ΔP	Varição da pressão	[KPa]
f	Fator de atrito de Darcy-Weisbach	[-]
g	Aceleração da gravidade	[m ² .s ⁻¹]

REFERÊNCIAS

ALVES, Dennys Lopes. **Análise da perda de carga em redes de distribuição de fluidos derivados de petróleo.** 2014. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Petróleo e Gás) – Universidade Potiguar, Natal, 2014.

CREMASCO, M.A. **Operações unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos.** Edgard Blucher, 2014.

ÇENGEL, Y.A.; CIMBALA, J.M. **Mecânica dos fluidos – fundamentos e aplicações.** São Paulo: McGraw Hill, 2011.

FOX, R. W., MCDONALD, A. T., PRITCHARD, P. J., **Introdução a Mecânica dos fluidos.** 7. ed. LTC, 2010.



DETERMINAÇÃO DA PERDA DE CARGA EM UM TUBO DE AÇO INOX COM 16,2 mm DE DIÂMETRO EM DIFERENTES VAZÕES

Andressa T. Maboni^{1*}, Gabriele D. Avila¹, Nataly Leidens¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química
andressa_maboni@hotmail.com

RESUMO

Para que o controle de um processo industrial seja executado de sua melhor forma é necessário o conhecimento da quantidade de matéria que entra e sai do sistema. A vazão de uma tubulação interfere diretamente na pressão manométrica do escoamento e a diferença de pressão manométrica do sistema determina a perda de carga no decorrer do escoamento de fluido pela tubulação. Neste sentido, o objetivo do presente trabalho é determinar a perda de carga no escoamento de água em um tubo de aço inox em duas vazões diferentes e discutir o quanto a pressão e a vazão interferem nos resultados. Diante disso, as perdas de carga obtidas foram 0,0133 m pelo método teórico e 0,0145 m pelo método experimental para uma vazão de 6 m³/s e 0,0319 m pelo método teórico e 0,0378 m pelo método experimental para uma vazão de 10 m³/s. Encontrou-se o erro entre o valor teórico e experimental, que apresentou um percentual de 7,91%.

Palavras-chave: *Vazão, perda de carga, diferença de pressão.*

1 INTRODUÇÃO

Para controlar um processo industrial é essencial conhecer a quantidade de matéria que entra e sai do sistema, ou seja, a vazão do fluido. Além disso, é também necessário conhecer as propriedades do material e a tubulação em que é transportado. Para medir a vazão há diversos dispositivos que podem ser utilizados, chamados medidores de vazão. Outros dispositivos utilizados são os medidores de pressão. Para este experimento foi utilizado um manômetro. (Terron, 2015)

Os manômetros são geralmente utilizados para medir pequenas pressões. Este consiste em um tubo em forma de U, que contém um fluido, neste experimento o tetracloreto etileno. Esse medidor mede a diferença de pressão entre dois pontos específicos, é conectado os dois lados do manômetro aos dois pontos que se quer determinar. A pressão em qualquer ponto pode ser determinada a partir de uma pressão conhecida e adicionando ou subtraindo os termos ρgh , Equação 1. (Çengel; Cimbala, 2007).

$$P_A = P_B \pm \rho gh \quad \text{Equação 1}$$

Através deste cálculo é possível determinar a queda de pressão experimental ocorrida no sistema. Sendo que uma queda de pressão devido aos efeitos viscosos representa uma perda

irreversível de pressão. Já para a queda de pressão teórica foi utilizada a Equação 2.

$$\Delta P_L = f \frac{L}{D} \frac{\rho V^2}{2} \quad \text{Equação 2}$$

O f da Equação corresponde ao fator de atrito, que para escoamentos turbulentos é encontrado utilizando o diagrama de *Moody*. Para isso é necessário conhecer o número de Reynolds (Equação 3), e a rugosidade do material. O termo $\rho v^2/2$ é a pressão dinâmica.

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu} \quad \text{Equação 3}$$

Para o cálculo da velocidade, incógnita encontrada no cálculo do Reynolds e da queda de pressão, é utilizada a Equação da vazão, pois a vazão já é conhecida, Equação 4.

$$Q = A \cdot v \quad \text{Equação 4}$$

Esta queda de pressão, quando relacionado a tubos, é normalmente expressa em termos de altura equivalente da coluna de fluido, chamada de perda de carga, h_L . Ela é calculada através da Equação 5.

$$h_L = \frac{\Delta P_L}{\rho g} \quad \text{Equação 5}$$

A perda de carga h_L representa a altura que um fluido deve ser elevado para superar as perdas por atrito do tubo. Ela está diretamente ligada a tensão de cisalhamento nas paredes do tubo.

A partir destas equações objetivou-se nesse experimento descobrir qual a perda de carga em um tubo de aço inox, escoando um mesmo fluido, água, porém em vazões diferentes.

2 MATERIAL E MÉTODO

Um módulo hidráulico foi utilizado para realizar os experimentos de queda de pressão (Figura 1). Sua tubulação é de aço inox com 16,2 mm de diâmetro e comprimento de 500 mm. Passando um fluido, água, em duas vazões distintas, primeiramente 6 L/min, e logo após 10 L/min. Junto ao módulo estava acoplado um medidor de vazão, e um manômetro.

Sendo já conhecido que quanto maior a velocidade, maior será a perda de carga, realizou-se os testes.

Através destes testes, coletou-se alguns dados. A Tabela 1 mostra os dados experimentais e teóricos para os cálculos serem realizados.

Tabela 1. Dados experimentais e teóricos (Fonte: o Autor).

Dados experimentais			
L	0,5 m	d	$16,2 \cdot 10^{-3}$ m
Q1	$1,67 \cdot 10^{-4}$ m ³ /s	h1	0,06 m
Q2	$1 \cdot 10^{-4}$ m ³ /s	h2	0,023 m
Pa	1000 kg/m ³	g	9,8 m/s ²
Pt	1630 kg/m ³	μa	10^{-3} kg/m.s



Figura 1. Módulo hidráulico. (Fonte: o Autor).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após executados todos os cálculos necessários, determinou-se as diferenças de pressão experimental e teórica para cada uma das vazões, bem como as perdas de carga ocorridas em cada escoamento. A Tabela 2 mostra os resultados dos cálculos.

Tabela 2. Resultados dos cálculos teórico e experimental (Fonte: o Autor).

Vazão 6 L/min		Vazão 10 L/min	
v	0,485 m/s	v	0,809 m/s
Re	$8 \cdot 10^3$	Re	$1,3 \cdot 10^4$
f	0,036	f	0,031
ΔPt	130,76Pa	ΔPt	312,78Pa
hdt	0,0133 m	hdt	0,0319 m
ΔPe	142Pa	ΔPe	370,44Pa
hde	0,0145 m	hde	0,0378 m

Comparando os resultados de ambas as vazões, é possível verificar que as diferenças de pressão teóricas são menores que a experimentais, e conseqüentemente as perdas de carga. Através de um simples calculo aritmético encontrou-se o erro entre o valor teórico e experimental, que apresentou um percentual de 7,91%. Isso se deve ao fato de que há muita variação no método teórico,



como por exemplo, o fator de atrito que é bastante variável devido ao diagrama de *Moody* não ser exato.

Outro fato que pode ser analisado é as diferenças de pressão de cada um por vazão. Quanto maior a vazão, maior é a diferença de pressão no sistema, e assim maior será a perda de carga seja ele no cálculo teórico ou experimental.

Desse modo é possível afirmar que a vazão influencia diretamente a perda de carga, e esta é influenciada diretamente pela pressão do sistema, como é mostrado na Equação 5. Ela influencia a perda de carga devido à velocidade com que o fluido está escoando pelo tubo. Quanto maior a velocidade, maior será a perda de carga no sistema.

A rugosidade da tubulação também influencia na perda de carga. O fluido em contato com a parede da tubulação assume a mesma velocidade do material, ou seja, zero. E através do contato com as demais partículas, acaba provocando a dissipação de energia, que afeta diretamente a pressão do fluido ao longo do escoamento, que por sua vez provoca perda de carga.

4 CONCLUSÃO

Ao encerramento do experimento e efetuados todos os cálculos, verificou-se que a vazão interfere diretamente na pressão do sistema, e conseqüentemente na perda de carga. A vazão está interferindo na velocidade do fluido que escoar pelo tubo de aço inox.

A partir do cálculo do erro, observa-se que as diferenças de pressão teórica e experimental apresentam um percentual de 7,91%. O experimento teve êxito visto que os resultados são considerados próximos.

NOMENCLATURA

V	Velocidade do fluido	[m/s]
Re	Número de Reynolds	[-]
Q	Vazão volumétrica	[m ³ /s]
f	Fator de atrito	[-]
ΔP	Queda de pressão	[kPa]
h_d	Perda de carga	[m]
μ_a	Viscosidade dinâmica da água	[Kg/m.s]
ρ_t	Viscosidade dinâmica tetracloreto etileno	[Kg/m.s]

ρ_a	Massa específica da água	[Kg/m ³]
h	Altura	[m]
L	Comprimento do tubo	[m]
D	Diâmetro do tubo	[m]
g	Aceleração gravitacional	[m/s ²]
A	Área	[m ²]

REFERÊNCIAS

CETESB. Ficha de informação de produto químico: Tetracloreto de etileno. Disponível em <<https://bit.ly/2rLeEz0>> Acesso em: 15 maio 2018
 ÇENGEL, Yunus A.; CIMBALA, John M. Mecânica dos fluidos Fundamentos e Aplicações. São Paulo. McGraw – Hill, 2007.
 TERRON, Luiz Roberto, Operações unitárias (Para químicos farmacêuticos e engenheiros). Rio de Janeiro, 2015.



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



DETERMINAÇÃO DE TEOR DO PIRITIONATO DE ZINCO EM XAMPUS MANIPULADOS E INDUSTRIAIS

Gisela Taís Demari^{1,*}, Gean Carla Demari¹, Ivan Carlos Casagrande¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Química Industrial

*giselatdemari@aluno.santoangelo.uri.br

RESUMO

Atualmente cresce a utilização de xampus manipulados e industriais, sendo que os xampus anticasca comprovam um aumento no seu consumo mundial. A produção de xampus anticasca manipulados e industrializados está passando a ser uma tendência industrial. Com um público consumidor exigente, que utiliza o seu próprio xampu, aguardando a adaptação farmacêutica e industrial das matérias-primas para produzir os xampus de acordo com as necessidades pessoais, os xampus anticasca manipulados e industrializados são importantes e se dissipam pelo país nas farmácias de manipulação e indústrias. Nesse sentido, esse trabalho visa à determinação e análise de 10 amostras de xampus anticasca diferentes, sendo 5 preparadas em farmácias de manipulação, e 5 adquiridas em farmácias comerciais do município de Santo Ângelo. Um dos principais componentes do xampu, o Piritionato de Zinco (PTZ), foi determinado a partir das faixas seguintes: 0,21 a 3,68% em xampus industriais, e 2,41 a 4,52% em xampus manipulados, sendo que foi realizada a comparação dos valores finais de teor do composto de cada uma das amostras dos xampus analisados em relação ao rótulo dos produtos elaborados. Todas as análises foram realizadas em triplicata, e os valores percentuais compreenderam determinadas faixas de variação. Os resultados distintos entre as amostras podem ser devido a diferentes origens industriais dos xampus e a sua inadequação à técnica. A variância nos teores de Piritionato de Zinco (PTZ) pode ter origem na exposição industrial dos produtos às condições de umidade e temperatura inadequadas, no manejo, processamento ou armazenamento dos xampus.

Palavras-chave: *xampus, anticasca, Piritionato de Zinco (PTZ).*

1 INTRODUÇÃO

A pele e suas estruturas anexas, entre elas, os pelos do couro cabeludo, ou seja, os cabelos compõem o sistema tegumentar (RABITO e TRUITI, 2009).

Pesquisas realizadas em diferentes países estimam que doenças dermatológicas sejam frequentes, e que o atendimento a tais doenças representa custo elevado para os programas de saúde de países. Portanto, dentre as várias doenças que a pele está suscetível, estão aquelas originadas ou agravadas por fungos, as dermatomicoses. As micoses superficiais são infecções comuns, que podem prejudicar os cabelos. Assim, a caspa é uma queixa comum à maioria parte dos seres humanos. A caspa se caracteriza por descamação excessiva, difusa e visível do couro cabeludo com irritação e coceira (RABITO e TRUITI, 2009).

O tratamento é feito pela utilização de produtos denominados anticasca, podendo disponibilizar o Piritionato de Zinco (PTZ) que é um dos principais antifúngicos utilizados em xampus

anticasca manipulados e industriais de uso tópico (RABITO e TRUITI, 2009).

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1.1 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

Promoveu-se a determinação de teor do Piritionato de Zinco (PTZ) a partir das 10 amostras de xampus anticasca manipulados e industrializados. As análises procederam no Laboratório de Química – prédio 17, da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI) – Campus Santo Ângelo. A determinação de cada uma das 10 amostras foi realizada em triplicata, ou seja, 3 análises da mesma amostra, o que totalizou o número de 30 análises. Analisou-se cerca de 15 mL de cada uma das 10 amostras adquiridas, já que foram comprados 3 frascos de 50 mL de cada uma das 10 amostras dos xampus anticasca em 5 farmácias de manipulação, e em 5 farmácias comerciais do município de Santo Ângelo, perfazendo 750 mL dos produtos.



2.1.2 Determinação de teor de Piritionato de Zinco (PTZ)

A metodologia das análises foi sugerida pelas informações da literatura (MENDHAN, 2002; HARRIS, 2015)

Material: erlenmeyer de 250 mL, bureta de 25 mL, pipetas de 10 mL, conta-gotas, proveta de 20 mL.

Reagentes: água destilada, solução padrão de Ácido Etilenodiaminotetracético (EDTA) 0,01 M, solução de Hidróxido de Sódio (NaOH) 4%, amostra de xampu manipulada e industrializada, indicador de Negro de Eriocromo T, solução tampão de Amônia com pH 10.

Procedimento: Para a análise de teor do Piritionato de Zinco (PTZ) por esse método, inicialmente transferiu-se com uma pipeta 10 mL da amostra de xampu em um erlenmeyer. Fez-se a diluição até 20 mL com água destilada. Adicionaram-se com um conta-gotas 2 gotas de solução do Hidróxido de Sódio (NaOH). Transferiu-se com uma pipeta 1 mL de solução tampão de Amônia. Dissolveu-se cerca de 100mg de indicador do Negro de Eriocromo T. Titulou-se com o uso do Ácido Etilenodiaminotetracético (EDTA) 0,01 M até a mudança de cor da solução do erlenmeyer. Anotou-se o volume gasto de titulante. Fizeram-se os cálculos de teor de Piritionato de Zinco (PTZ) cuja Massa Molecular é 317,7g/mol.

A Equação 1 é utilizada para o cálculo da massa de Zinco (em g) que reagiu, com base no volume de Ácido Etilenodiaminotetracético (EDTA) consumido:

$$m_{PTZn, \text{ em massa (g)}} = \left(\frac{m_{PTZn}}{MM_{PTZn}} \right) = M_{EDTA} \times V_{EDTA}$$

Equação 1

A Equação 2 é aplicada para o cálculo de teor do Piritionato de Zinco, com base na massa de Zinco (em g) da reação:

$$\%_{PTZn} = \left(\frac{m_{PTZn} \times 100}{m_{xampu}} \right)$$

Equação 2

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores obtidos para a quantidade de massa do Piritionato de Zinco (PTZ) titulada e o teor do mesmo obtido dos xampus estão disponíveis na Tabela 1. A massa do Piritionato de Zinco (PTZ) existe na faixa média de 0,1239 a 0,2265g dos xampus manipulados, e a massa do componente

existe na faixa média de 0,0108 a 0,1858g dos xampus industrializados. O teor do Piritionato de Zinco (PTZ) calculado está na variância de 2,41 a 4,52% dos xampus manipulados, e o teor do composto existe na variação de 0,21 a 3,68% dos xampus industrializados. Os percentuais obtidos foram abaixo do teor de 5% determinado para a formulação dos xampus manipulados, ao passo que os percentuais resultantes dos xampus industrializados foram muito inferiores em relação ao teor de 5% definido para a composição dos produtos manipulados. Todavia, os rótulos dos xampus industrializados apresentaram a indicação da existência do Piritionato de Zinco (PTZ) sem a quantificação do teor do componente. A amostra "A" comprovou o menor teor de 2,41% do Piritionato de Zinco (PTZ), e a amostra "D" apresentou o maior percentual de 4,52%, o qual é o ideal como anticasca, sendo ambas as amostras relacionadas às demais dos xampus manipulados. Ao passo que, a amostra "J" comprovou o menor teor de 0,21% do Piritionato de Zinco (PTZ), e a amostra "H" apresentou o maior percentual de 3,68%, o qual é o ideal como anticasca, sendo ambas as amostras comparadas às outras dos xampus industrializados. A variância de resultados entre as amostras pode ser por causa da diversidade dos xampus industrial, de técnica inadequada, da exposição industrial dos produtos à umidade e temperatura, de manipulação, processamento ou armazenamento dos xampus.

Tabela 1. Dados obtidos da determinação de Massa e Teor do Piritionato de Zinco (PTZ) (Fonte: o Autor).

Xampu manipulado	Massa (g)	Teor (%)	Xampu industrial	Massa (g)	Teor (%)
A	0,12	2,41	F	0,07	1,56
B	0,14	2,93	G	0,05	1,10
C	0,15	3,14	H	0,18	3,68
D	0,22	4,52	I	0,02	0,51
E	0,19	3,82	J	0,01	0,21

4 CONCLUSÃO

Comprova-se a eficácia relativamente satisfatória da determinação do Piritionato de Zinco (PTZ), já que se obtiveram a faixa média de 2,41 a 4,52% de teor do componente com a redução da substância em relação ao valor de 5% comercial dos xampus manipulados, e a faixa média de 0,21



a 3,68% de teor do composto com a presença da substância dos xampus industrializados.

NOMENCLATURA

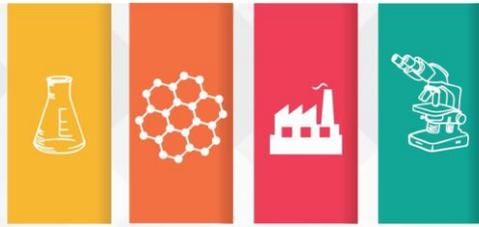
Os dados utilizados para a determinação do Piritionato de Zinco (PTZ) estão disponíveis na Tabela 2.

Tabela 2. Dados de símbolos, definições e unidades de medidas (Fonte: o Autor).

Símbolo	Definição	Unidades de medidas
PTZ_n	Piritionato de Zinco (PTZ)	-
m_{PTZ_n}	Massa titulada/existente	[g]
MM_{PTZ_n}	Massa Molecular	[g/mol]
$\%_{PTZ_n}$	Teor	%
$EDTA$	Ácido	-
	Etilenodiaminotetracético	
M_{EDTA}	Molaridade	[mol/L]
V_{EDTA}	Volume gasto	[L]
m_{xampu}	Massa da amostra pesada	[g]

REFERÊNCIAS

- HARRIS, Daniel C. **Análise Química Quantitativa**. 8. Ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 2015, p. 181-183, 185-187, 189, 218-219, 250-251, 253, 256-261, 263-267, 269-270.
- MENDHAN, J. et al. **Vogel - Análise Química Quantitativa**. 6. Ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 2002, p. 214.
- RABITO, M. F.; TRUITI, M. C. T. – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ - Disponível em: <http://www.uem.br/> **Antifúngicos de uso tópico no tratamento de micoses cutâneas e caspa**. Maringá: v. 31, n. 2, p. 107-111, 2009. Departamento de Farmácia e Farmacologia, UEM, [Acesso em 12 de outubro de 2017]. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciHealthSci/article/viewFile/6760/6760>>.



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DIFUSIVIDADE MÁSSICA DA ACETONA NO AR, ATRAVÉS DA CÉLULA DE ARNOLD

Taynan José Bender^{1,*}, Dinalva Schein¹, Larissa Oliveira Liberalesso¹, Nataly Liedens¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*taynanjbender@aluno.santoangelo.uri.br

RESUMO

Na presença de duas regiões de diferentes composições químicas ocorre à chamada transferência de massa, em outras palavras, diferentes concentrações capazes de interagir. A constante de proporcionalidade na Lei de Fick é relacionada como uma propriedade de transporte chamada de coeficiente de difusão binária ou difusividade mássica, um valor que representa a facilidade de um soluto em particular de se mover em um solvente determinado, sendo importante na transferência de massa. Nessa lógica, o objetivo deste trabalho é encontrar a difusividade mássica da acetona no ar, através de um experimento utilizando a célula de Arnold, tendo base os conceitos teóricos desenvolvidos na disciplina de Transferência de Calor e Massa II. Dessa forma, calculou-se D_{AB} da acetona, encontrou-se o valor de $1,25 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ e ao comparar com a literatura encontrou-se um erro de 26,0%.

Palavras-chave: *Transferência de massa; acetona; difusividade mássica.*

1 INTRODUÇÃO

Para ocorrer à transferência de massa, necessita-se a presença de duas regiões sendo elas de diferentes composições químicas e remetendo-as ao movimento da espécie química, partindo da região de concentração mais elevada em direção à região de menor concentração (Çengel e Ghajar, 2012).

A Lei de Fick, Equação 1, afirma que a taxa da difusão da espécie química em um local e em uma mistura de gases (ou solução de líquido ou sólido) é proporcional ao gradiente de concentração dessa espécie nesse local (Çengel e Ghajar, 2012).

$$N_{A,z} = -C D_{AB} \frac{dy_A}{dz} + y_A(N_{A,z} + N_{B,z}) \quad \text{Eq.* 1}$$

A constante de proporcionalidade na lei de Fick é relacionada como uma propriedade de transporte chamada de difusividade de massa (Çengel e Ghajar, 2012).

Considera-se que o sistema unidimensional, não possui reação química, estado estacionário e que à medida que o líquido A difunde no gás B, por exemplo, líquido a acetona em ar atmosférico. O caminho de difusão aumenta sobre um longo período, ou seja, sendo pseudo-estacionário, de acordo com a Equação 2.

$$\frac{\delta t^2 - \delta t_0^2}{2} = \frac{C D_{AB} M M}{\rho C_3 H_6 O} \ln \frac{(1 - y_{A\delta})}{(1 - y_{A0})} t \quad \text{Eq.* 2}$$

A concentração molar, Equação 3, relaciona pressão total do sistema, a constante universal dos gases ideais e a temperatura média do sistema experimental. E as frações molares podem ser calculadas através das Equações 4 e 5. Segundo Perry's (2008), a pressão de vapor da acetona pode ser determinada pela Equação 6, sendo C_1 , C_2 , C_3 , C_4 e C_5 constantes encontradas na literatura e T é a temperatura média do sistema experimental.

$$C = \frac{P}{RT} \quad \text{Eq.* 3}$$

$$y_{A0} = \frac{p_v}{P} \quad \text{Eq.* 4}$$

$$y_{A\delta} = y_{A0} \phi \quad \text{Eq.* 5}$$

$$\ln P = C_1 + \frac{C_2}{T} + C_3 \ln T + C_4 T^{C_5} \quad \text{Eq.* 6}$$

Desta forma, o objetivo é calcular o coeficiente de difusão mássica e comparar os valores obtidos com a literatura, analisando a variação da altura do líquido acetona com o passar do tempo, utilizando a Célula de Arnold.

2 MATERIAL E MÉTODO

Com intuito de determinar a difusividade mássica da acetona no ar, montou-se a célula de Arnold, conforme a Figura 1. O experimento consiste em um tubo de ensaio onde um líquido é colocado dentro até uma determinada altura e o restante é composto por ar.

Para calcular o coeficiente de difusão mássica, são feitas leituras da variação da altura deste líquido com o passar do tempo, sendo o objetivo deste trabalho.



Figura 1. Representação da Célula de Arnold (Fonte: os Autores).

Colocou-se em um tubo de ensaio papel milimetrado para controlar a altura. Adicionou-se acetona até um determinado caminho de difusão inicial e acoplou-se a célula de Arnold. Observou-se e anotou-se a quantidade evaporada duas vezes ao dia, em um período de cinco dias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, mediu-se o caminho de difusão inicial, sendo esse de 4 cm. Após isso calculou a variação de altura, os resultados podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1: Temperatura e caminho de difusão em determinado tempo (Fonte: os Autores).

t	$\bar{\delta}t$	$\frac{\delta_t^2 - \delta_{t_0}^2}{2}$
0	4×10^{-2}	0
28800	$4,5 \times 10^{-2}$	$2,1 \times 10^{-4}$
86400	$5,5 \times 10^{-2}$	$7,1 \times 10^{-4}$
111600	$5,8 \times 10^{-2}$	$8,8 \times 10^{-4}$
172800	$6,7 \times 10^{-2}$	$1,44 \times 10^{-3}$
198000	7×10^{-2}	$1,65 \times 10^{-3}$
259200	$7,6 \times 10^{-2}$	$2,08 \times 10^{-3}$
284400	$7,9 \times 10^{-2}$	$2,32 \times 10^{-3}$
345600	$8,5 \times 10^{-2}$	$2,81 \times 10^{-3}$

370800	$8,8 \times 10^{-2}$	$3,07 \times 10^{-3}$
--------	----------------------	-----------------------

Posteriormente considerou-se a Equação 2 como sendo linear, sendo assim, fez-se regressão linear onde encontrou-se a equação da reta, $y = -9,04 \times 10^{-6} + 8,23 \times 10^{-9}x$ e seu fator de correlação (R^2) igual a 0,9994. Em seguida, calculou-se a difusividade mássica experimental através da Equação 2, os resultados e as variáveis utilizadas são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Variáveis utilizadas para os cálculos e seus respectivos resultados (Fonte: os Autores).

Variáveis	Resultados
C_1	69,01
C_2	-5599,6
C_3	-7,1
C_4	$6,22 \times 10^{-6}$
C_5	2
P_V	25662,92
P	10^5
$Y_{A\delta}$	0
Y_{A0}	0,26
C	0,04
$MM_{C_3H_6O}$	58,08
$\rho_{C_3H_6O}$	792
D_{exp}	$9,25 \times 10^{-6}$

Segundo Frank Incropera (1998), a difusividade da acetona no ar, a 21 °C é $1,25 \times 10^{-5}$ m²/s. Pode-se então, calcular o erro obtido no experimento, o mesmo foi de 26 %. Este erro pode ser justificado pelo fato da acetona interagir facilmente com o ar fazendo com que a difusividade ocorra rapidamente. Também se observou que mesmo utilizando o papel milimetrado não se possuía uma medição muito precisa, pois o fundo do tubo de ensaio, onde encontrava-se a acetona, era curvado e não pode-se fazer uma verificação exata dessa medida.

4 CONCLUSÃO

Pode-se afirmar que o objetivo proposto foi alcançado, encontrar a difusividade mássica da acetona no ar, tendo como valor encontrado de $1,25 \times 10^{-5}$ m²/s e ao comparar com o valor apresentado pela literatura, obteve-se um erro percentual de 26%. Esse erro já era esperado, pois a acetona possui grande interação com o ar, fazendo com que evaporasse rapidamente.

NOMENCLATURA

$N_{A,Z}$	Fluxo molar A	[mol/m ² .s]
C	Concentração	[mol/L]



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



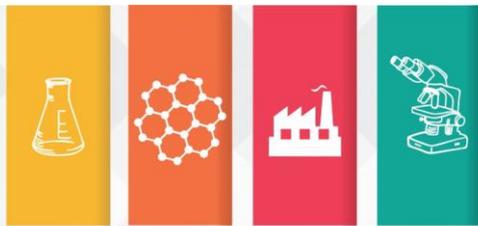
D_{AB}	Difusividade de mássica	[m ² /s]
$N_{B,Z}$	Fluxo molar B	[mol/m ² .s]
δ_t	Caminho de difusão em determinado tempo	[m]
δ_{t0}	Caminho de difusão no tempo 0	[m]
MM	Massa molar	[g/mol]
$\rho_{C_3H_6O}$	Massa específica	[Kg/m ³]
$y_{A\delta}$	Fração molar	[-]
y_{A0}	Fração molar	[-]
t	Tempo	[s]
P	Pressão	[Pa]
R	Constante universal dos gases ideais	[atm.L/K.mol]
T	Temperatura	[K]
P_V	Pressão de vapor	[Pa]
Φ	Umidade relativa do ar	[%]

REFERÊNCIAS

Çengel, YA; Ghajar, AJ. **Transferência de calor e massa: uma abordagem prática**. 4. ed. Porto Alegre: AMGH, 2012.

Incropera, FP; Dewitt, DP. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 4 ed. Rio de Janeiro- RJ: LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora- S.A, 1998.

Perry, RH; Green, DW. **Perry's Chemical Engineers' Handbook**. 8. ed, New York: McGraw-Hill, 2008.



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE REAÇÃO DE VERDE MALAQUITA E HIDRÓXIDO DE SÓDIO EM REATORES CSTR E PFR

Bruna Luísa Weschenfelder^{1*}, Ariele dos Santos Pirola¹, Emanuele dos Santos Silva¹, Gabriela Menin¹, Isaac dos Santos Nunes¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*brunalweschenfelder@aluno.santoangelo.uri.br

RESUMO

A projeção de reatores envolve muitos aspectos da Engenharia Química como transferências de massa e calor, sempre com o foco em uma reação com máxima eficiência do produto de desejo e com menor custo de operação. Neste trabalho realizou-se o estudo em reatores ideais contínuos CSTR e PFR, para determinar os parâmetros da reação (conversão) de verde malaquita e hidróxido de sódio, além da constante de velocidade no reator CSTR. Para isso, construiu-se uma curva de calibração no espectrofotômetro UV-Vis com diferentes concentrações de verde malaquita, para posteriormente utilizar a equação da reta de concentração e absorvância com o intuito de determinar as concentrações das amostragens dos reatores. No reator CSTR com agitação, empregou-se 500 mL de solução de verde malaquita e 500 mL de hidróxido de sódio, com concentração de $7,0 \cdot 10^{-5}$ mol. L⁻¹ e $3,0 \cdot 10^{-2}$ mol. L⁻¹, respectivamente, para então, a cada 30 segundos realizar amostragem e verificação de absorvância. No PFR, com vazão de 10 L/h, alimentou-se o reator com fluxo contínuo de solução de verde malaquita e hidróxido de sódio com concentração de $7,0 \cdot 10^{-5}$ mol. L⁻¹ e $3,0 \cdot 10^{-2}$ mol. L⁻¹, respectivamente, coletando-se após 5 minutos, amostras em 3 pontos do mesmo. Os dados determinados apontaram que nos dois reatores houve conversão satisfatória (de aproximadamente 90%) em ambos os reatores, com uma constante de velocidade de $0,00817$ s⁻¹ no reator CSRT, estando de acordo com a literatura pesquisada.

Palavras-chave: *Reatores ideais, contínuo, CSTR, PFR, conversão de reagentes.*

1 INTRODUÇÃO

O uso de reatores na indústria é muito amplo, sendo principalmente utilizado em fármacos, alimentos e petroquímicas. Nakama (2016) diz que os reatores mais utilizados são os CSTR e os PFR.

O reator CSTR é agitado e contínuo, ou seja, os elementos presentes numa mistura nesse tipo de reator devem possuir as mesmas propriedades do efluente. Já o reator PFR possui um escoamento pistonado onde os fluidos que entram no reator devem ter velocidades constantes (SOUZA e MIRANDA, 2014).

Neste trabalho, utilizou-se um módulo com um reator CSTR e um PFR, com alimentação de verde malaquita e hidróxido de sódio com o intuito de se determinar os parâmetros de reação dos mesmos.

2 MATERIAL E MÉTODO

Realizou-se uma curva de calibração do verde malaquita a partir de uma solução inicial e diluindo-se a mesma, assim, foram medidos a

absorvância das amostras, em comprimento de onda de 615 nm, com o auxílio do

espectrofotômetro UV-vis, com concentrações de verde malaquita e hidróxido de sódio de 7; 5; 3,5; 3; 2; 1,5; 0,5 e 0 mol. L⁻¹, em um picnômetro de 50 mL.

Para o reator CSTR, alimentou-se o mesmo com 500 mL de cada solução (verde malaquita e hidróxido de sódio, com concentrações de $7,0 \cdot 10^{-5}$ mol. L⁻¹ e $3,0 \cdot 10^{-2}$ mol. L⁻¹, respectivamente) e ligou-se o misturador, então, coletou-se as amostras com auxílio de uma pipeta graduada na parte superior do reator, com intervalos de aproximadamente 30 segundos para verificação da absorvância. A partir de um gráfico de concentração x tempo, determinou-se a constante cinética (k). Já, para o reator PFR, ajustou-se a vazão do reator para 10 L/h com concentração de verde malaquita e hidróxido de sódio de, respectivamente, $7,0 \cdot 10^{-5}$ mol. L⁻¹ e $3,0 \cdot 10^{-2}$ mol. L⁻¹, no rotâmetro e aguardou-se o reator ser totalmente preenchido com a mistura. Após 5 minutos, realizou-se coletas em 3 pontos ao

longo do reator, sendo assim possível fazer um levantamento do perfil de concentração ao longo do tempo de escoamento do reator.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da calibração em comprimento de onda de 615 nm, obteve-se um R² de 0,99748. De acordo com Pereira *et al.* (2013), possui uma linearidade satisfatória. A equação da reta obtida na calibração está descrita na Equação 1.

$$y = 1373,03006 x + 0,0251 \quad \text{Equação 1}$$

3.1 REATOR CSTR

A partir da Equação 1, calculou-se as concentrações obtidas no reator, considerando o x como absorbância das leituras nos 10 minutos, e até se estabilizar após aproximadamente 5 minutos. Utilizando a Equação 2, transformou-se as concentrações em conversão e, utilizando a Equação 3, calculou-se a constante cinética (k), que serve para reações irreversíveis de primeira ordem com temperatura constante, para então, com esses dados, plotar um gráfico, apresentado na Figura 1, obtendo-se um valor de 0,00817 s⁻¹.

$$xa = \frac{Ca_0 - Ca}{Ca_0} \quad \text{Equação 2}$$

$$\ln(1 - xa) = -kt \quad \text{Equação 3}$$

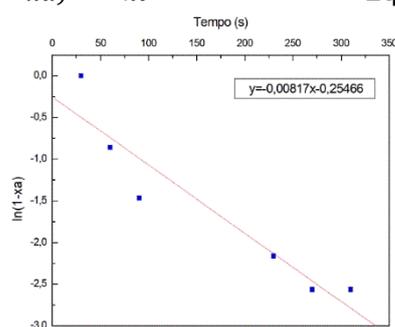


Figura 1. Curva para encontrar a constante cinética (k). Fonte: Os Autores).

Sabendo que a constante cinética é função da energia de ativação seguindo a equação de Arrhenius, Castilhos (2015), salienta que a importância da determinação da constante cinética é relacionar a variação da velocidade da reação de acordo com as concentrações dos reagentes. Sendo assim, pode-se considerar que a constante de velocidade encontrada é baixa, já que a medida

que a concentração cai, a velocidade, sendo proporcional, também cai.

3.2 REATOR PFR

Após aguardar 5 minutos para estabilizar a mistura dentro do reator, realizou-se as coletas nos 3 pontos do reator e verificou-se as absorbâncias, e, a partir das absorbâncias, utilizando a Equação 2, obteve-se os dados de concentração (mol/L) x posição (L). Com esses dados, plotou-se o gráfico presente na Figura 2 (a e b), onde estão representadas as variações de conversão crescente de verde malaquita em hidróxido de sódio, e do decréscimo da concentração do verde malaquita ao longo do reator PFR, respectivamente.

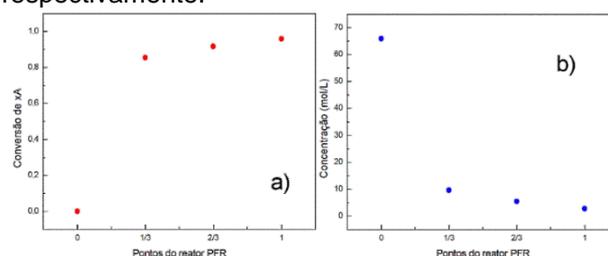


Figura 2. Variação da conversão (a) e concentração (b) do verde malaquita em função da posição do reator PFR. (Fonte: Os autores).

Observa-se que ao longo da extensão do reator PFR, o verde malaquita perde concentração, chegando ao final do sistema com uma conversão quase total em hidróxido em menos tempo do que o reator CSTR leva para atingir a mesma conversão, de cerca de 90%.

Para Souza e Miranda (2014), neste tipo de reator, todas as partículas escoam com a mesma velocidade na direção do fluxo e a concentração apenas varia em função do espaço e não varia em função do tempo, tendo assim uma maior eficiência no controle de reação e na mistura dos reagentes, tendo em vista que o tempo da reação é determinado pelo fluxo e pelo volume do reator (tempo de residência).

4 CONCLUSÃO

Ao analisar os dados obtidos e comparar com os princípios encontrados na literatura, é possível afirmar que as reações no reator PFR aconteceu de maneira mais rápida e mais eficiente do que no reator CSTR, isso porque, observando a sua constante de velocidade, a qual pode ser considerada baixa, afeta a velocidade de



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



conversão dos reagentes, e com isso, conforme a concentração de verde malaquita cai, a velocidade também cai, sendo proporcional os valores de concentração e velocidade de reação.

Portanto, apesar de alguns pontos com divergências, possivelmente por algum erro durante a aferição de absorvância no equipamento de UV-Vis ou na contagem de tempo, os resultados determinados estão de acordo com o esperado conforme a literatura analisada, já que ambos os reatores obtiveram uma conversão de mais de 90% do reagente.

NOMENCLATURA

C	Concentração	[mol/L]
V	Volume	[mL]
xa	Conversão de reagente	-
Ca	Concentração de A	[mol/L]
Ca_0	Concentração inicial de A	[mol/L]
k	Constante cinética	[s ⁻¹]
t	Tempo	[s]

REFERÊNCIAS

CASTILHOS, S. **Emprego de ozonização para o tratamento de efluente têxtil**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, p. 55. 2015.

NAKAMA, C. S. M. **Modelagem estocástica da dispersão axial: aplicação em um reator tubular de polimerização**. Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 70. 2016.

SOUZA, R. O.; MIRANDA, L. S. Reações Sob Fluxo Contínuo: da Química Verde a um Processo Verde. **Revista Virtual de Química**, Rio de Janeiro, v. 6, p. 34-43, Janeiro 2014.

PEREIRA, F. K. D. et al. **Construção de curva de calibração por padrão externo para determinação de teor de cobre em água potável da cidade Brejo do Cruz - Paraíba por Espectrofotometria de Absorção Molecular**. 5º Congresso Norte-nordeste de Química. Natal: UFRN. 2013. p. 7.



DISPOSITIVO CARREGADOR: TRANSPORTADOR DE CORREIA PARA SÓLIDOS

Bianca M. Marques^{1*}, Caroline Pereira¹, Kamilla Osório¹, Lucieli Mosqueira¹, Isaac dos S. Nunes¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*biancamaciemarkes@hotmail.com

RESUMO

O transporte de sólidos tem grande importância no custo operacional, substituindo a mão de obra, automatizando a produção e tornando o transporte mais versátil para vários tipos de sólidos. Assim, aplicando os conhecimentos vistos em Operações Unitárias, objetivou-se construir uma esteira transportadora, uma variante do transportador de correia, de baixo custo e em pequena escala, utilizando-se de materiais reaproveitados, que fosse eficiente para o transporte de sólidos pesados, no caso brita n°2, para na sequência fazer uma comparação com outros dois diferentes sólidos, milho e soja.

Palavras-chave: *transportador, sólidos, Operações Unitárias, esteira.*

1 INTRODUÇÃO

O estudo do transporte de sólidos surgiu por algumas necessidades industriais, dentre elas, pode-se ressaltar fatores como o econômico, sendo que esse processo chega a atingir 80% do custo total de algumas operações, o encarecimento da mão-de-obra, levando as indústrias cada vez mais à necessidade de substituir a mão-de-obra do homem pelas máquinas, a variabilidade das condições de transporte, capacidade, espaço disponível economia do processo e a variedade dos sólidos a serem transportados (GOMIDE, 1980).

Os equipamentos a serem utilizados para o transporte devem ser selecionados de modo que obedeça a algumas especificações, como atender à capacidade requisitada pelo processo, apresentar a distância e desnível necessário para carga e descarga, seja adequado para a natureza do sólido a ser transportado e seja viável economicamente. Os transportadores fixos são classificados em carregadores, arrastadores, elevadores, alimentadores e pneumáticos (GOMIDE, 1980).

O transportador de correia que é classificado como um dispositivo carregador, é uma correia sem fim que se movimenta entre um tambor livre, no ponto de alimentação e outro de acionamento na extremidade de descarga, é uma solução ideal no transporte de sólidos a baixo custo (GOMIDE, 1980).

Em um projeto de um transportador de correia, devem ser levadas em conta considerações como o ângulo de inclinação,

velocidade de transporte, largura da correia e a potência consumida (MATOS, 2015).

O transportador de correia é utilizado na indústria para o transporte de sólidos devido ao seu baixo custo, construção compacta e excelente desempenho (MATOS, 2015).

Constituídos de uma correia sem fim, que trabalha sob força de atrito. A correia é estendida em dois tambores (motriz e retorno), com estrutura constituída de perfis de aço e pares de roletes, onde a correia desliza com baixo coeficiente de atrito, possibilitando o transporte de cargas pesadas, com baixo consumo de energia. O sistema é acionado por um motor elétrico e a transmissão é realizada através de polias e correias.

A eficiência do projeto pode variar por dois fatores:

Fatores de projeto: dimensões do equipamento como o comprimento, angulação, potência, entre outros.

Fatores de processo: vazão, temperatura, tipo de sólido (geometria, massa específica, umidade, entre outros).

2 MATERIAL E MÉTODO

Objetivando-se construir um transportador de correia com roletes, de maneira prática utilizando-se de materiais reutilizáveis, de forma em que o protótipo seja de baixo custo e eficiente no transporte das pedras britas n°2 comparando com milho e soja, utilizou-se duas barras de ferro de 1 metro para a construção da estrutura, dois cilindros de ferro ocós e madeira no formato do cilindro para

a construção dos roletes. Para a construção da superfície, utilizou-se de uma lona. A movimentação do sistema se dá através de um motor reaproveitado de uma máquina de lavar roupas.

A estrutura foi montada com barras de ferro, com perfil de ferro e dois pares de roletes, no qual a correia desliza. A correia é estendida sobre dois tambores (motriz e retorno), sendo os dois móveis. O sistema é acionado através de um motor elétrico e a transmissão realizada por polias e correntes até o eixo.

A função dos roletes na estrutura é dar suporte e guiar a movimentação, mas também, por ter estarem dispostos de forma côncava, mantêm as seções da correia côncava, formando uma calha. Deste modo, objetivou-se a construção de um transportador de correia de baixo custo em pequena escala para ser mais eficiente e substituir a mão de obra bruta de sólidos pesados. Visto que em larga escala, seria necessário fazer alguns ajustes, como no comprimento do transportador e na potência do motor.

A Figura 1 demonstra a estrutura aberta, sem a correia.



Figura 1: Vista lateral do transportador sem a correia. (Fonte: Os autores)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a montagem da esteira, foram feitos os testes da mesma para o transporte dos grãos de milho, grãos de soja e brita ambos com a mesma quantidade de massa (5kg), porém a vazão volumétrica em que os sólidos caíram no equipamento não foi constante e seguiu-se de modo manual.

Como o projeto não possui uma caixa de redução, devido a potência do motor não ser a mais adequada para pequena distância, de início, o teste foi feito utilizando brita nº2 (destinada a projetos de alta resistência). Devido à massa específica da brita

comum ser relativamente alta ($2,7 \text{ g/cm}^3$), e a frequência com que um transportador trabalha diariamente em uma pedreira, este modelo de transportador, com motor de 400 W de potência é adequado para este tipo de processo. O transportador apresentou bom funcionamento, com alta potência no transporte de brita. O equipamento também foi testado no transporte de grãos (soja e milho), claramente apresentando uma potência maior do que a necessária para esse tipo de sólido.

Pela geometria dos grãos de soja, eles tiveram uma maior descontinuidade de movimento, o milho pela geometria mais comprida, aderiu-se mais a superfície do transportador, ocasionando algumas perdas no transporte, perdas essas que diminuiriam com o aumento do volume de sólido, devido ao aumento de tensão sobre a correia do equipamento. Houve algumas perdas durante o transporte dos grãos que não foram calculadas devido ao nosso interesse no transporte de brita, que se mostrou de extrema eficiência para um transporte em grande quantidade.

Logo, o transportador foi eficiente para o transporte do sólido de interesse e suporta grandes vazões como os transportadores que transportam uma quantidade aproximada de 400 m de brita por dia em uma pedreira. Seriam necessários poucos ajustes para poder empregar esse transportador em uma pequena indústria.

4 CONCLUSÃO

Tendo em vista o objetivo principal da realização do protótipo, que é reunir os conhecimentos de transportadores, anteriormente visto na matéria de Operações Unitárias, em um projeto simples e de baixo custo, que apresentasse eficiência para transporte de sólidos, objetivo, obtivemos eficiência ao transportar a brita nº2, porém no transporte dos grãos de soja e milho houve perdas.

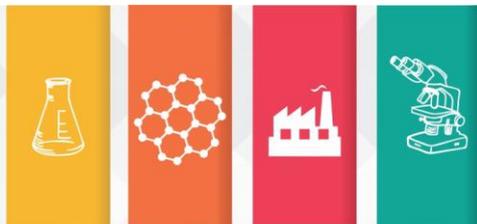
Os materiais utilizados para a construção da esteira foram todos reutilizados, demonstrando a possibilidade de um sistema operar com materiais recicláveis, mesmo que em pequena escala e demonstrando também a possibilidade da criação de equipamentos com um valor agregado bastante acessível ou totalmente livre de despesas, como no caso desse protótipo.



REFERÊNCIAS

GOMIDE, Reynaldo. **Operações Unitárias:** Operações com Sistemas de Sólidos Granulares. 1ª ed. São Paulo: Edição do Autor, 1980.

MATOS, Simone Pires de; **Operações unitárias:** fundamentos, transformações e aplicações dos fenômenos físicos e químicos. 1ª ed. São Paulo: Érica, 2015.



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



EFEITO DA CONCENTRAÇÃO E TEMPERATURA SOBRE A VELOCIDADE DE REAÇÃO ENTRE OS ÍONS PERMANGANATO E OXALATO

Andreola, L.^{1*}; Kuhn, G.R.¹; Aimi, N.E.¹; Dutra, M.E.P.¹; Moura, J.F de¹.

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*leticiaandreola03@outlook.com

RESUMO

A velocidade de uma reação é a rapidez com que se formam os produtos ao passo que se consomem os reagentes. Todavia, muitos fatores, como temperatura e concentração, influenciam na velocidade dessa reação. Sendo que, o objetivo proposto foi de analisar a variação da velocidade da reação entre o íon Permanganato e o íon Oxalato, sob a influência da alteração de fatores como temperatura e concentração. A metodologia empregada foi de observar o tempo de decoloramento, primeiramente em diferentes concentrações de Ácido Clorídrico (HCl) 5M, Ácido Oxálico (H₂C₂O₄) 0,5 M e Permanganato de Potássio (KMnO₄) 0,04 M mantendo temperatura constante, e, posteriormente em diferentes temperaturas mantendo a concentração constante. Com base nos resultados obtidos, constatou-se que quanto maior a temperatura ou a concentração dos reagentes, mais rápido é a velocidade de reação.

Palavras-chave: *velocidade de reação, influência, concentração, temperatura.*

1 INTRODUÇÃO

A cinética ou dinâmica química é uma ciência que estuda a velocidade das reações químicas e os fatores que a influenciam (RUSSELL, 1994).

A concentração é um dos fatores que alteram o tempo de duração de uma reação. Quando a concentração de uma reação diminui, a sua velocidade também diminui, mostrando-nos que a velocidade é proporcional à concentração. Assim, quanto menor a velocidade de uma reação, maior será o tempo necessário para a sua ocorrência. (ATKINS, 2012).

A temperatura está associada ao grau de agitação das moléculas. Se a temperatura aumenta, a energia cinética das moléculas também aumenta. Sendo assim, a velocidade da reação aumenta.

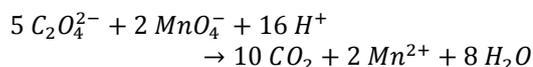
Segundo Atkins (2012), a lei de Guldberg e Waage esclarece que a velocidade de uma reação é diretamente proporcional ao produto das concentrações molares dos reagentes, elevadas a potências determinadas experimentalmente. Conforme equação abaixo:

$$V = k[A]^a \times [B]^b \quad \text{Equação 1}$$

Sendo que, a concentração final da solução é dada pela seguinte equação:

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2 \quad \text{Equação 2}$$

Para realizar os procedimentos utilizou-se a reação do íon permanganato (MnO₄⁻) juntamente com o Oxalato (C₂O₄⁻²), conforme descrita abaixo, onde possibilita observar, de maneira visível, a forma com que diferentes concentrações e temperaturas interferem na velocidade das reações. Sendo que, o íon permanganato (MnO₄⁻) apresenta uma coloração violeta ao reagir com o oxalato (Mn₂O₄⁻²) forma o Óxido de Manganês II (MnO), uma substância transparente em meio ácido.



Nesse contexto, o objetivo proposto foi de analisar a variação da velocidade da reação entre o íon Permanganato e o íon Oxalato, sob a influência da alteração de fatores como concentração e temperatura.

2 MATERIAL E MÉTODO

Materiais utilizados: béquer de 100 mL; béquer de 125 mL; béquer de 150 mL; béquer de 200 mL; chapa de aquecimento; 2 pipetas graduada de 5 mL; pipeta graduada de 2 mL; proveta de 100 mL; termômetro; barra magnética.



Reagentes utilizados: ácido clorídrico (HCl) 5M; ácido oxálico ($H_2C_2O_4$) 0,5 M; permanganato de potássio ($KMnO_4$) 0,04 M e água destilada.

2.1 Influência da concentração

De acordo com a tabela 1, neste procedimento houve variação da concentração dos

REAGENTES	Béquer 1	Béquer 2	Béquer 3	Béquer 4
água destilada		50 mL	100 mL	150 mL
(HCl) 5M	5 mL	5 mL	5 mL	5 mL
($H_2C_2O_4$) 0,5 M	2,5 mL	2,5 mL	2,5 mL	2,5 mL
($KMnO_4$) 0,04 M	2 mL	2 mL	2 mL	2 mL

reagentes a uma temperatura constante. Sendo que, após adição do último reagente, cronometrou-se o intervalo de tempo para o descoramento da solução.

Tabela 1. Metodologia de testes, no qual variou-se as concentrações de (HCl), ($H_2C_2O_4$) e ($KMnO_4$).

2.2 Influência da temperatura

Conforme tabela 2, neste procedimento manteve-se a concentração constante e variou-se a temperatura.

Tabela 2. Metodologia de teste, no qual manteve-se a concentração constante e variou-se a temperatura.

Béquer	água destilada	(HCl) 5M	($H_2C_2O_4$) 0,5 M	($KMnO_4$) 0,04 M	Temperatura (°C)
1	5 mL	5 mL	2,5 mL	2 mL	25
2	5 mL	5 mL	2,5 mL	2 mL	35
3	5 mL	5 mL	2,5 mL	2 mL	45
4	5 mL	5 mL	2,5 mL	2 mL	55

Dessa forma, após a adição do ($KMnO_4$) 0,04 M, cronometrou-se o intervalo de tempo para o descoramento da solução.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 3 engloba os resultados da influência da concentração dos reagentes sobre a velocidade. Sendo que, foi possível observar que, quanto menor a concentração, mais tempo a reação leva para ocorrer.

Tabela 3. Influência da concentração dos reagentes sobre a velocidade de reação (Fonte: Letícia Andreola).

CONCENTRAÇÃO (g.L ⁻¹)	TEMPO(S)
0,0084	56,62
0,0013	225,89
0,00073	310,50
0,00050	376,09

Ademais, a tabela 4 envolve os resultados da influência da temperatura sobre a velocidade. Assim foi possível observar que quanto maior a temperatura, mais rápida é a velocidade de reação.

Tabela 4. Influência da temperatura sobre a velocidade de reação (Fonte: Letícia Andreola).

TEMPERATURA (°C)	TEMPO(S)
25	72,01
35	19,39
45	12,41
55	7,27

4 CONCLUSÃO

As reações químicas ocorrem em diferentes velocidades, uma vez que, essa diferença de velocidades depende da variação de diversos fatores como concentração, temperatura, catalizadores, luminosidade, superfície de contato e natureza dos reagentes.

Nesta prática, objetivou-se variar apenas dois fatores – temperatura e concentração. Observou-se que, quanto maior a concentração dos reagentes, mais rápido é a velocidade de reação. Da mesma forma se dá a influência da temperatura – quanto menor a temperatura mais lenta é a velocidade de reação.

Contudo, a importância deste tipo de experimento é muito ampla, principalmente para o curso de Engenharia Química, já que um conhecimento sobre a velocidade das reações é essencial para o sucesso de muitos processos químicos industriais, permitindo selecionar as condições de uma reação de modo a obter a velocidade superior nas condições mais econômicas.



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



NOMENCLATURA

v	Velocidade	
k	Constante cinética	
a	Ordem do reagente A	
b	Ordem do reagente B	
$[]$	Concentração Molar	mol/L
C_1	Concentração inicial	mol/L
V_1	Volume inicial	L
C_2	Concentração final	mol/L
V_2	Volume final	L

REFERÊNCIAS

ATKINS, P.W. & SHRIVER, D.F., **Química Inorgânica**, 5ª ed., Porto Alegre, Editora: S.A., companhia editora Bookman, 2012.
RUSSELL, JOHN B. **Química Geral** 2ªed. Ed. Makron Books, São Paulo, 1994.



ESTUDO CINÉTICO DA ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO EM BAGAÇO E SEMENTES DE UVA

Taynan J. Bender^{1,*}, Bruno Colovini², Milena Santiago Chiquim¹, Isaac dos S. Nunes¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

²Colégio Teresa Verzeri, aluno do Ensino Médio bolsista de pesquisa PIIC/URI-EM.

*taynanjbender@aluno.santoangelo.uri.br

RESUMO

Indústrias buscam sustentabilidade e preservação ambiental principalmente em relação a efluentes, com esse propósito necessitam investir em operações para o tratamento dos mesmos, neste contexto surge a adsorção. Com o intuito de remover o corante azul de metileno (AM) de uma solução sintética, foram realizados testes para avaliar a capacidade adsorvente do bagaço (BU) e sementes de uva (SU) para o AM na concentração de 50 mg/L, empregando massas de 0,1 g de adsorvente. Os perfis cinéticos mostraram que os adsorventes BU e SU atingiram o equilíbrio nos tempos de 120 e 90 minutos, respectivamente. Resultando em quantidades de corante AM removido maiores que 60%, no qual o BU apresentou maior eficiência de remoção em comparação às SU.

Palavras-chave: *Adsorção, azul de metileno, bagaço de uva, sementes de uva.*

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, há um grande interesse na exploração de resíduos gerados no setor industrial, a preocupação é em como preservar o meio ambiente. No caso do setor têxtil, a maior preocupação é com o tratamento dos compostos presentes em efluentes, sobretudo os corantes (Marques *et al.*, 2018). Corantes são utilizados para colorir produtos das indústrias têxteis, couro, papéis e alimentos, essas substâncias têm sua importância em aplicações em diversas áreas (Georgin *et al.*, 2018).

Os tratamentos usados para remover corantes de efluentes são precipitação química, filtração por membrana, flotação, trocas iônicas, processos oxidativos avançados, adsorção, biossorção e métodos eletrolíticos (VANNI *et al.*, 2018). A adsorção é processo de menor custo e é um método que se fundamenta na transferência de compostos da fase fluida para a sólida (Marques *et al.*, 2018). Desta forma, muitos estudos são realizados com diferentes adsorventes na busca de tratamentos que forneçam elevadas eficiências de remoção para esses corantes nos efluentes aquosos (VANNI *et al.*, 2018).

O Estado do Rio Grande do Sul é um grande produtor de uva, graças ao seu clima e relevo típicos para o cultivo desse fruto. A viticultura é uma atividade econômica muito significativa para o estado. Sobre os resíduos da industrialização da uva, o bagaço representa 15 % da massa total do

grão, e é constituído pela casca e restos da polpa da uva, sendo o principal resíduo do processo de vinificação. Já a semente representa apenas 5 % da massa, e seu resíduo é importante pelo óleo presente nesse material, rico em ácidos graxos, compostos fenólicos e elevada quantidade de vitamina E (Portinho, 2016).

Desta forma, esse trabalho teve como objetivo o estudo da cinética dos adsorventes bagaço (BU) e sementes de uva (SU) para remoção do corante azul de metileno (AM), avaliando o perfil cinético, empregando massas de 0,1 g de adsorvente.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Preparo do adsorvente

Os biossorventes utilizados, bagaço (BU) e sementes de uva (SU), foram separados e secos em estufa por 24 h a 60 °C, e logo depois foram trituradas em moinho de facas (tipo Willey).

2.2 Curvas de calibração

Curvas de calibração com solução de AM foram realizadas em espectrofotômetro UV/visível, em comprimento de onda 664 nm em diferentes concentrações, para a quantificação do corante em solução.

2.3 Estudo cinético

Os testes de cinética de adsorção foram realizados empregando 0,1 g de ambas as

biomassas, em 100 mL de solução em 50 mg/L de AM, em sala com temperatura controlada em 18 °C. As absorbâncias foram medidas inicialmente de 5 em 5 min, até 30 min, e após, a cada 30 min até, pelo menos, 180 min.

Com as concentrações determinadas, as capacidades adsorptivas do BU e SU, e suas porcentagens de remoção foram calculadas pela Equação 1 e Equação 2, respectivamente.

$$q_t = \frac{V \times (C_o - C_t)}{m} \quad \text{Equação 1}$$

$$\%_{\text{Remoção}} = \frac{(C_o - C_t)}{C_o} \cdot 100 \quad \text{Equação 2}$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é apresentado o comportamento cinético de adsorção para BU e SU. Os dados mostram que inicialmente há um crescimento na capacidade adsorptiva, que vai diminuindo o crescimento, até que se atinja o equilíbrio.

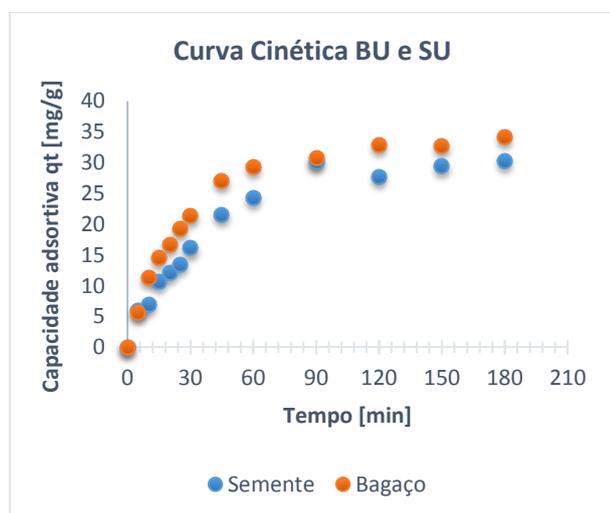


Figura 1. Gráfico da capacidade adsorptiva com o tempo (Fonte: os Autores).

É possível observar que o BU e as SU tiveram tempo de equilíbrio de 120 e 90 minutos, respectivamente. E, nesses tempos, nota-se que o BU adsorve cerca de 65,8 %, uma quantidade maior que de SU, 60,1 %.

Vinni *et al.* (2018) avaliaram a adsorção de dois corantes encontrados em efluentes (azo e trifenilmetano) com SU com uma dosagem de 0,5 g

L⁻¹ e obtiveram quantidade de remoção acima de 80%. Tiveram um resultado mais favorável em relação ao encontrado nesse trabalho.

Portinho (2016) estudou o comportamento do engajo de uva na adsorção de cafeína, através de um gráfico de porcentagem de remoção em relação ao pH das amostras de biomassas e obteve como maior remoção cerca de 44,2 %. Entende-se que o comportamento de adsorção dos resíduos da uva também depende muito do adsorbato, mas os resultados mostram que os resíduos provenientes da industrialização da uva podem ser aplicados na adsorção.

Os resultados obtidos neste estudo são favoráveis, mas podem ser melhorados empregando-se o adsorvente com uma maior área superficial para a remoção do corante AM, ou até mesmo com adição de maior quantidade dos biossorventes. Outra alternativa, que se pretende contemplar nos próximos estudos é a modificação por tratamentos químicos (ácido ou base) ou físicos.

4 CONCLUSÃO

As análises cinéticas de BU e SU indicam que o processo de adsorção, atinge o equilíbrio em tempos de 120 minutos para BU e 90 minutos para SU. Isso resultou em quantidade de corante AM removido maiores de 60 %, em ambas. Esses dados mostram que o BU teve maior rendimento em comparação a SU, embora que em maior tempo.

Em resumo, esses resultados são favoráveis, se considerar o baixo custo dos resíduos da uva, entretanto ainda não é viável, porque embora adsorva bem ainda terá quantidades de corantes dispersos em efluentes.

NOMENCLATURA

q_t	Capacidade de adsorção	[mg/g]
V	Volume da solução de efluente sintético	[m ³]
C_o	Concentração inicial	[mg/L]
C_t	Concentração no tempo t	[mg/L]
m	massa	[g]

REFERÊNCIAS

GEORGIN *et al.* Uso da casca do abacate modificada quimicamente na adsorção do corante vermelho procion. **12º Encontro Brasileiro sobre Adsorção** Gramado, abr. 2018. Disponível em: <



http://scheneventos.com.br/eba/envio/files/21_arq1.pdf>. Acessado em: 18 maio 2018.

MARQUES, B.S.; DOTTO, G.L. Adsorção do corante azul de metileno utilizando fibra de piaçava.

12° Encontro Brasileiro sobre Adsorção.

Gramado, abr. 2018. Disponível em: <http://scheneventos.com.br/eba/envio/files/30_arq1.pdf>. Acessado em: 18 maio 2018.

PORTINHO, Rodrigo. **Dissertação de mestrado:**

Aproveitamento do engaço da uva para remoção de cafeína por adsorção. UFRGS - Escola de Engenharias. Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/157757/001018836.pdf?sequence=1>> Acessado em 23 maio 2018.

VINNI, G et al. Semente de uva em pó como alternativa eficiente de biosorvente para remover corantes de soluções aquosas. **12° Encontro Brasileiro sobre Adsorção.** Gramado, abr. 2018.

Disponível em: <http://scheneventos.com.br/eba/envio/files/25_arq1.pdf>. Acessado em: 22 maio 2018.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à URI campus Santo Ângelo, pelo apoio financeiro e bolsas concedidas (PIIC/URI e PIIC/URI-EM), e ao Grupo de Pesquisa e Desenvolvimento em Engenharia de Processo (GDEP).



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO MATERIAL NA PERDA DE CARGA EM TUBOS DE PVC E AÇO INOX DO MESMO DIÂMETRO

Caroline Camargo Dahmer^{1,*}, Larissa de Oliveira Liberalesso¹, Nataly Leidens¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*caroline.dahmer@outlook.com

RESUMO

A perda de carga acontece quando o fluido é viscoso e há certa resistência no escoamento, outro motivo é pela inércia das partículas. A perda de carga pode ser influenciada pela rugosidade da parede do tubo, diâmetro da tubulação e a velocidade do fluido. O regime desta tubulação é considerado turbulento, sendo assim dependendo do atrito formado entre o tubo e o fluido. O objetivo deste trabalho foi verificar a influência dos materiais na perda de carga em tubos de PVC e aço inox de mesmo diâmetro. Foi utilizado o módulo hidráulico para obter as informações de vazão, altura manométrica, diâmetro e o comprimento do tubo, para serem feitos os cálculos. A perda de carga do PVC foi menor que a do aço inoxidável, sendo respectivamente de 0,033 e 0,039, ao ser comparado com o valor teórico obteve um erro aproximadamente de 34% e 26%. Esse resultado deve-se ao fato de que o aço inoxidável possui maior rugosidade, ou seja, dissipa mais energia para o fluido por meio do atrito, do que o PVC.

Palavras-chave: *rugosidade, PVC, Aço inox, perda de carga.*

1 INTRODUÇÃO

A perda de carga ocorre devido a decorrente resistência do escoamento oferecida pela viscosidade do fluido e pela inércia das partículas, sendo variável com a rugosidade da parede do tubo, diâmetro da tubulação e com a velocidade da água. (Çengel e Cimbala, 2011)

O atrito ou a resistência da passagem do fluido, ocorre devido a rugosidade que deforma a parede do tubo. A consequência dessa deformação é a perda de pressão ou energia distribuída ao longo do mesmo. (Giles *et al.*, 1997)

Quanto maior for a rugosidade da parede da tubulação, isto é, a altura das asperezas, maior será a turbulência do escoamento e logo, maior será a perda de carga. (Porto, 2004).

Se o regime da tubulação for considerado turbulento a perda de carga passa a depender somente da rugosidade. Tal situação é chamada de regime de escoamento hidráulicamente rugoso ou completamente turbulento. Neste regime, o fator de atrito depende apenas de ϵ/D . (Porto, 2004).

O trabalho tem como objetivo verificar a influência dos materiais na perda de carga em tubos de PVC e Aço inox de mesmo diâmetro.

2 MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi realizado no laboratório de Engenharia Química, utilizando o módulo hidráulico.

A perda de carga foi obtida através do diferencial da pressão, utilizando um manômetro em coluna de mercúrio "U", conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1: Módulo Hidráulico (Fonte: o Autor).



Para medir a vazão utilizou-se um rotâmetro. O controle foi feito com uma válvula globo, que foi mantida com uma vazão constante de 10 L/mim.



Os testes foram feitos em dois tubos, sendo um de PVC com diâmetro de 16,5 mm e um tubo de Aço Inox com o diâmetro de 16,2 mm.

Em cada situação colocada em teste, envolveu-se dados de: vazão, velocidade, diâmetro, número de Reynolds, coeficiente de atrito e perda de carga total, verificadas no equipamento e nas equações utilizadas.

Para obter o valor de perda de carga experimental utilizou-se o diferencial de pressão que foi indicado no manômetro, e também a Equação 1.

$$hD = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} \quad \text{Equação 1}$$

Para realizar os cálculos teóricos utilizou-se primeiramente a equação de Re para podermos descobrir o coeficiente de atrito através do diagrama de Moody, que relaciona Re por ϵ/D . Obtendo-se o valor de Re pela Equação 2, podemos encontrar o coeficiente de atrito (f).

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \quad \text{Equação 2}$$

Com essa informação podemos utilizar a equação de Darcy-Weisbach, que nos fornece a perda de carga na tubulação.

$$hD = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad \text{Equação 3}$$

Com os dados obtidos através do módulo hidráulico pode-se comparar a perda de carga total experimental com o teórico a partir de equações empíricas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 se encontram os valores característicos do fluido utilizado (água) no experimento em tubos de 500 mm, cada um.

Tabela 1. Dados obtidos do manômetro (Fonte: o Autor).

	D	V	v	Δh
Aço	16,2	10	0,81	63
PVC	16,5	10	0,781	54

Como mostrado na Tabela 1, à vazão foi utilizada a mesma e os diâmetros parecidos, sendo assim pode-se notar que a variação da altura e as velocidades calculadas são diferentes. Para isso, fizeram-se os cálculos de perda de carga

experimental e teórico para analisar o erro do experimento.

Na Tabela 2 se encontram os resultados obtidos através de cálculos feitos através das leituras do equipamento, sendo a perda de carga teórica e experimental.

Tabela 2. Perda de carga experimental e teórica (Fonte: o Autor).

	Experimental	Teórico
Aço	0,039 m	0,029 m
PVC	0,033 m	0,026 m

Pode-se notar que houve um erro experimental no aço de 34 % e no PVC de 26 %, isso se deve ao fato de falhas humanas, de não se ter a precisão das alturas manométricas ou do próprio equipamento não estar calibrado corretamente.

Já em relação aos valores obtidos, podemos afirmar que o PVC possui uma perda de carga menor que o aço. Como os dois tubos são de mesmo tamanho e diâmetros parecidos, não há influência. Na literatura não consta valores para tubos de PVC e aço inox para diâmetros de 16 mm com vazão de 10 L/s, sendo assim não há possibilidade de comparação de resultados

Entretanto essa diferença pode ser explicada pela questão da rugosidade e o atrito presente nos tubos. Como o PVC é um tubo liso, o líquido escoar facilmente e sua rugosidade tende a ser zero. O aço como possui uma rugosidade maior, sofre forte influência das paredes, dissipando energia ao fluido devido ao atrito. Outro fator que pode influenciar é a questão da conservação do material, ou seja, um tubo novo terá uma rugosidade menor do que um tubo usado.

Para se escolher o melhor material dependerá do tipo de fluido, viscosidade, velocidade entre outras variáveis.

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho podemos afirmar que o PVC é um tubo liso por causa de sua rugosidade ser próxima de zero, assim obtendo um erro experimental maior que o aço sendo ele de 34 %. O aço por sua vez possui uma rugosidade maior, ou seja, dissipa energia para o fluido por meio do atrito, já em relação ao erro obteve um valor de 26 %.

NOMENCLATURA

hD	Perda de carga total	m
------	----------------------	---



ρ	Massa específica	Kg/m ³
v	velocidade	m/s
L	Comprimento do tubo	m
D	Diâmetro do tubo	mm

μ	Viscosidade dinâmica	Pa.s
ΔP	Diferencial de pressão	Pa
V	Vazão volumétrica	L/min

REFERÊNCIAS

ÇENGEL, Yunus A; CIMBALA, John M. Mecânica dos fluidos: fundamentos e aplicações. São Paulo: McGraw-Hill, 2011.

GILES, R.V; EVETT, J.B; LIU, C. Mecânica de Fluidos e Hidráulica. 2ªed. São Paulo: McGraw-Hill, 1997.

PORTO, R.de M. Hidráulica Básica. 3ªed. São Paulo: EESC – USP, 2004. 540p.



ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO MATERIAL NA PERDA DE CARGA EM TUBOS DE PVC E FERRO GALVANIZADO DE MESMO DIÂMETRO

Carolina S. Fronza^{1*}, Gabriela A. K. Bremm¹, Nataly Leidens¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*carolsmaniottof@gmail.com

RESUMO

Um fluido sofre resistência durante seu percurso, ocorrendo perda de carga. Essa, que se caracteriza pela dissipação da energia do fluido para vencer a resistência imposta pelas paredes ao longo do tubo, denomina-se perda de carga distribuída. Quanto mais rugosa a superfície interna da tubulação, maior a turbulência e por consequência, maior a dissipação de energia. Para a determinação da perda de carga, pode-se realizar cálculos teóricos ou experimentais, portanto, este trabalho detém-se a análise da perda de carga distribuída em tubos de PVC e ferro galvanizado em um módulo hidráulico, com o objetivo de estudar a influência do material das tubulações na perda de carga de um fluido em escoamento. Logo, adquiriu-se uma perda de carga teórica de 0,0180 m e em valor experimental de 0,0223 m, para a tubulação de PVC. Já, para o tubo de ferro galvanizado, obteve-se perda de carga teórica e experimental de 0,0268 m e 0,0298 m, respectivamente.

Palavras-chave: *perda de carga, mecânica dos fluidos aplicada, PVC, ferro galvanizado.*

1 INTRODUÇÃO

Um fluido, ao escoar por canalizações ou tubulações sofre resistência durante seu percurso, ocasionando, como consequência, perda de carga distribuída e/ou localizada (Cavalcanti *et al*, 2009).

Essa perda de carga se caracteriza pela dissipação da energia do fluido para que o mesmo possa vencer a resistência imposta. A perda de carga localizada se dá por meio de obstáculos presentes no sistema, como válvulas e curvas, enquanto que a perda de carga distribuída transcorre ao longo de toda a tubulação, devido ao atrito e a viscosidade do fluido (Souza, 2015).

Tratando-se da perda de carga distribuída, quanto mais rugosa a superfície interna da tubulação, maior a turbulência e por consequência, maior a dissipação de energia. Além disso, fluidos mais viscosos, ou seja, com grande atrito intermolecular, sofrem maior perda de carga (Cavalcanti *et al*, 2009).

A determinação da perda de carga pode ser realizada teoricamente ou de forma experimental.

Para os cálculos teóricos, considera-se a Equação 1, que trata da perda de carga distribuída considerando o fator de atrito, f .

$$h_D = f \frac{L v^2}{D 2g} \quad \text{Equação}$$

Para a determinação de f , os cálculos são efetuados considerando-se o regime de escoamento do fluido, ou seja, se este é laminar ou turbulento, através da Equação 2.

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad \text{Equação}$$

Se o escoamento for de regime laminar ($Re < 2300$), utiliza-se a Equação 3. Caso seja turbulento ($Re > 4000$), é preciso consultar o Diagrama de Moody, que relaciona Re , f e ϵ/D (Souza, 2015).

$$f = \frac{64}{Re} \quad \text{Equação}$$

Já, para os cálculos experimentais, faz-se, geralmente, testes em equipamento em que há variação de pressão. Para esses cálculos se utiliza a Equação 4, que relaciona a diferença de pressão e a massa específica do fluido que escoar na tubulação.

$$h_D = \frac{\Delta P}{\rho g} \quad \text{Equação}$$

Neste equipamento, há um manômetro que indica a diferença de altura em função da diferença de pressão. A partir desta variação de



altura é possível encontrar a diferença de pressão pela Equação 5, para posterior aplicação na Equação 4.

$$\Delta P = \rho_a g h_1 \quad \text{Equação 5}$$

Sendo assim, este trabalho detém-se a análise da perda de carga distribuída em tubos de PVC e ferro galvanizado em um módulo hidráulico, com o objetivo de estudar a influência do material das tubulações na perda de carga de um fluido em escoamento.

2 MATERIAL E MÉTODO

Com o objetivo de avaliar a perda de carga distribuída em tubos de PVC e ferro galvanizado, recorreu-se a um módulo hidráulico, onde primeiramente acionou-se uma bomba de água para a alimentação dos tubos. Após, abriu-se as válvulas do tubo de PVC e escolheu-se uma vazão constante de 8 L/min por meio de um rotâmetro. Desta forma pode-se fazer a leitura da diferença de altura no manômetro de tetracloreto de carbono, C_2Cl_4 , que indicava a variação de pressão no interior do tubo, no qual escoava água. Na sequência, realizou-se o mesmo procedimento para o tubo de ferro galvanizado. Após, realizados todos os experimentos, calculou-se a perda de carga teórica e experimental para cada tubo, considerando que ambos apresentavam as seguintes características da Tabela 1.

Tabela 1. Dados para as tubulações de PVC e ferro galvanizado. (Fonte: os Autores).

Variável	Valor utilizado
L	0,5 m
D_{Fe}	0,0163 m
D_{PVC}	0,0165 m
\dot{V}	$1,33 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$
$\rho_{\text{água}}$	$1000 \text{ kg}/\text{m}^3$
$\mu_{\text{água}}$	$0,001 \text{ kg}/\text{m} \cdot \text{s}$
$\rho_{C_2Cl_4}$	$1620 \text{ kg}/\text{m}^3$
v_{Fe}	$0,639 \text{ m}/\text{s}$
v_{PVC}	$0,623 \text{ m}/\text{s}$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a prática do experimento, iniciou-se os cálculos para as perdas teóricas e experimentais de ambos os tubos. Levantou-se os dados do tubo de PVC e de ferro galvanizado, calculando Re pela

Equação 2, o valor de f , por meio do Diagrama de Moody e ΔP pela Equação 5, apresentando-os na Tabela 2.

Tabela 2. Dados calculados para as tubulações de PVC e Ferro Galvanizado. (Fonte: os Autores).

Variável	PVC	Ferro Galvanizado
Δh	0,036 m	0,048 m
Re	10^{-4}	10^{-4}
ε/D	0	0,0092
f	0,03	0,042
ΔP	218,74 Pa	291,65 Pa

Utilizando-se, assim, a Equação 1, encontrou-se uma perda de carga teórica de 0,0180 m e uma experimental, Equação 4, de 0,0223 m, para a tubulação de PVC.

Para os cálculos da perda de carga do tubo de ferro galvanizado, seguiram-se os mesmos procedimentos, onde obteve-se os resultados teórico e experimental, iguais a 0,0268 m e 0,0298 m, respectivamente

Ao fim, calculou-se a porcentagem de erro para os valores experimentais, dado que os valores teóricos possuem melhor acurácia, pois os dados experimentais dependem da leitura do operador. Assim, encontrou-se 23,9 % de erro para o tubo de PVC e 11,2 % para o de ferro galvanizado.

Observa-se que há diferença entre a perda de carga da tubulação de PVC e a de ferro galvanizado, apesar de possuírem regime de escoamento semelhante, como o D , ρ , \dot{V} . A discrepância se deve ao tipo de material, visto que na tubulação de PVC as paredes do mesmo não apresentam rugosidade e por consequência oferecem menor resistência ao escoamento, tendo menor perda de carga. Já, na superfície do tubo de ferro galvanizado não há uniformidade, apresentando rugosidade, o que contribui para a dissipação da energia do fluido.

4 CONCLUSÃO

Após a determinação da perda de carga teórica e experimental de ambos os tubos, verificou-se que há discrepância entre a teoria e a prática, 23,9 % para o PVC e 11,2 % para o ferro galvanizado. Observa-se, também, diferença na perda de carga entre os tubos de PVC e ferro galvanizado, sendo, respectivamente, 0,0223 m e 0,0298 m. Conclui-se que a primeira se deve a erros na execução da prática, enquanto que a



diferença entre a perda de carga dos tubos é causada pela rugosidade desses, pois, quanto mais rugosa a parede do tubo, maior a resistência oferecida ao fluido.

NOMENCLATURA

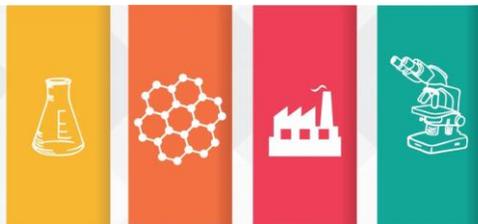
h_D	Perda de carga distribuída	[m]
f	Fator de atrito	[-]
L	Comprimento	[m]
v	Velocidade	[m/s]
D	Diâmetro	[m]
g	Aceleração da gravidade	[m/s ²]
Re	Número de Reynolds	[-]
ρ	Massa específica	[kg/m ³]
μ	Viscosidade Dinâmica	[kg/m.s]
ε/D	Rugosidade relativa	[-]
ΔP	Variação de Pressão	[Pa]
h	Altura	[m]

REFERÊNCIAS

CAVALCANTI, R. A, *et al.* Determinação da perda de carga em tubo de PVC e comparação nas equações empíricas. In: Seminário Iniciação Científica do IF Triângulo Mineiro, 2009, Uberaba.

Anais do 2º Seminário de Iniciação Científica do IFTM. Disponível em: <bit.ly/2GqZhB2>. Acesso em: 17 maio 2018.

SOUZA, R. P. A. **Cálculos de perda de carga para seleção de uma bomba de alimentação de água de um gerador de vapor em uma unidade FPSO.** 2015, 45 f. Projeto de graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <bit.ly/2INEe0Y>. Acesso em: 17 maio 2018.



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



EXTRAÇÃO ÁCIDO-BASE DOS COMPONENTES DO DORIL® ENXAQUECA

Laura Maria Vieira^{1,*}, Bruna Corim¹, Felipe Roque Kuhn¹, Alexandra Hanus¹, Daiane Skupin da Silva²

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Ciências da Saúde, Curso de Farmácia

*lauramariavieira@yahoo.com.br

²Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Curso de Engenharia Química e Curso de Farmácia

RESUMO

Na extração ácido-base, são utilizadas sucessivas extrações líquido-líquido a fim de separar e recuperar componentes de uma amostra. O presente trabalho teve por objetivo a extração ácido-base dos componentes de comprimidos Doril® Enxaqueca e posterior recuperação das frações ácida, básica e neutra. O comprimido de Doril® Enxaqueca é composto de ácido acetilsalicílico (250 mg), cafeína (65 mg) e paracetamol (250 mg). Os rendimentos obtidos experimentalmente foram: 46,3% para o ácido acetilsalicílico, 45,6% para cafeína e 33,4% para o paracetamol. Os baixos rendimentos devem-se, provavelmente, a possíveis perdas de reagentes durante transferências e separação de fases durante a extração dos componentes e etapas de filtração.

Palavras-chave: *extração*, ácido-base, *Doril®* Enxaqueca.

1 INTRODUÇÃO

A extração é um método utilizado em química orgânica para separar um ou mais componentes em uma mistura. Na extração ácido-base, utilizam-se repetidas extrações líquido-líquido para que sejam purificadas as fases ácida e básica da extração (VOGEL, 1989 *apud* STRACKE; NUNES, 2017).

A eficiência da extração líquido-líquido depende da afinidade do soluto pelo solvente de extração, da razão das fases e do número de extrações (JARDIM *et al.*, 2001).

O Doril® Enxaqueca é apresentado como um comprimido revestido, medicamento utilizado para o alívio de enxaqueca, dores de cabeça (causadas por resfriado e sinusite), dores musculares, dores pré-menstruais e dor de dente. O Doril® Enxaqueca é composto de paracetamol (250 mg), ácido acetilsalicílico (250 mg) e cafeína (65 mg).

O objetivo do presente trabalho foi a extração dos componentes ácido, básico e neutro de comprimidos de Doril® Enxaqueca e posterior recuperação das frações.

2 MATERIAL E MÉTODO

Separou-se três balões de fundo chato e pesou-os. Triturou-se seis comprimidos de Doril® Enxaqueca com o pistilo e graal e dissolveu-se em um béquer com 50 mL de clorofórmio (CHCl₃).

Filtrou-se a solução e transferiu-se para um funil de separação.

2.1 Extração da Fase Básica

Adicionou-se 20 mL da solução de ácido clorídrico (HCl) 5% ao funil de separação, agitou-se e deixou-se em repouso até a separação das fases ocorrer (aquosa e orgânica). Retirou-se a fase aquosa para um balão de fundo chato. A operação foi repetida adicionando-se mais 20 mL de HCl 5% e separando a fase aquosa para o mesmo balão de fundo chato.

2.2 Extração da Fração Ácida

Adicionou-se 20 mL da solução de bicarbonato de sódio (NaHCO₃) 5% ao funil de separação, agitou-se e deixou-se em repouso até a separação das fases ocorrer. Retirou-se a fase aquosa para um balão de fundo chato. A operação foi repetida adicionando-se mais 20 mL de NaHCO₃ 5% e separando a fase aquosa para o mesmo balão de fundo chato.

2.3 Extração da Fração Neutra

A substância neutra, o paracetamol, permaneceu como o único composto da fase orgânica. Transferiu-se essa fase para o erlenmeyer e adicionou-se o sulfato de sódio anidro, agitou-se e por alguns minutos deixou-se

em repouso. Por fim, filtrou-se para o balão de fundo chato.

2.4 Recuperação do Componente Neutro

Destilou-se o conteúdo do balão de fundo chato até restarem cerca de 10 mL de líquido no balão. Desligou-se o aquecimento e transferiu para a capela para ocorrer a evaporação total do solvente. Depois, pesou-se o resíduo.

2.5 Recuperação da Base

Adicionou-se uma solução de NaOH 10% à Fração Básica até o pH básico ser atingido (pH=7), para isso utilizou-se o papel indicador. Transferiu-se esta mistura neutralizada para o funil de separação e extraiu-se com 30 mL de clorofórmio. Separou-se a fase aquosa e a fase orgânica em dois béqueres diferentes. Colocou-se a fase aquosa novamente no funil de separação e repetiu-se a extração com mais 30 mL de clorofórmio. Recolheu-se a fase orgânica no mesmo béquer utilizado anteriormente. Adicionou-se sulfato de sódio anidro, e deixou-se em repouso por alguns minutos. Em seguida foi transferido para o balão identificado como Fração Básica. Destilou-se o líquido do balão até restarem cerca de 10 mL de líquido, desligou-se o aquecimento e levou-se o balão de fundo chato para a capela para a evaporação natural do solvente restante. Após a evaporação total do solvente, pesou-se o resíduo.

2.6 Recuperação do Ácido

Adicionou-se a solução HCl 10% à Fração Ácida até obter-se um pH ácido, o controle foi feito com um papel indicador. Transferiu-se essa mistura para um funil de separação e extraiu-se com 30 mL de clorofórmio. Retirou-se a fração aquosa para um béquer e orgânica para outro. Colocou-se a fração aquosa no funil de separação e extraiu-se com mais 30 mL de clorofórmio. Combinou-se as frações orgânicas e adicionou-se o sulfato de sódio anidro. Misturou-se e em repouso deixou-se por alguns minutos. Filtrou-se para o balão de fundo chato rotulado como Fração Ácida e destilou-se o líquido até restarem aproximadamente 10 mL de líquido no balão. Desligou-se o aquecimento e deixou-se o balão identificado na capela para evaporação total do solvente, e por fim, pesou-se o resíduo.

Para todos os componentes, ácido, básico e neutro, calculou-se rendimento percentual por meio da Equação 1:

$$\text{Rendimento\%} = \frac{\text{massa real}}{\text{massa teórica}} \times 100$$

(Equação 1)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Extração e recuperação da cafeína

A extração dos três componentes do medicamento Doril® Enxaqueca inicia-se com a extração da cafeína, através de uma extração ácido-base já que a cafeína é um composto básico. Para isso, dissolve-se o Doril® em clorofórmio para separar a fase orgânica da fase líquida, com posterior adição de HCl. O ácido adicionado reage com a porção básica da cafeína como mostrado na Figura 1.

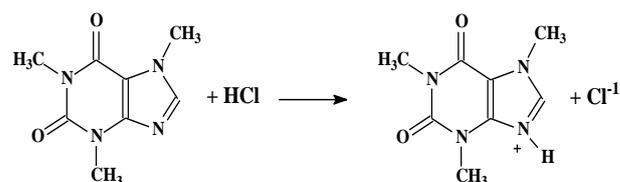


Figura 1: Reação ácido-base da cafeína.

O produto formado na reação é solúvel em água, podendo assim ser separado da fase orgânica. Para isolar a cafeína na forma neutra foi adicionada uma solução de NaOH que neutralizou a solução, ou seja, tornou a mesma com pH igual a 7. Posteriormente a cafeína na forma neutra foi extraída da fase aquosa pela adição de CHCl_3 e separada com um funil de separação.

A cafeína, de aspecto sólido branco e cristalino, obtida após destilação e a evaporação total do solvente apresentou rendimento de 45,6%.

3.2 Extração e recuperação do AAS

O segundo componente que foi extraído foi o AAS. Para isso utilizou-se uma solução de NaHCO_3 que interage com o componente ácido (AAS) tornando-o solúvel em meio aquoso como pode ser observado na Figura 2.

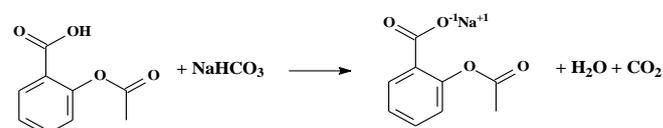


Figura 2: Reação do ácido acetilsalicílico.



Observa-se na Figura 2 que o produto formado está na forma de um sal de sódio, solúvel em água. Para se efetuar a recuperação do AAS utilizou-se NaOH para tornar o pH da solução neutro e adicionou-se em seguida clorofórmio e efetuou-se a separação com um funil de extração. Após a separação dos compostos, a fase orgânica extraída, foi destilada até que restasse apenas 10 mL de solução, deixando a mesma evaporar por um certo tempo para que restasse o componente desejado, ou seja o AAS.

Com a extração do componente ácido, obteve-se um produto cristalino de coloração branca com rendimento de apenas 46,3%.

3.3 Extração e recuperação do Paracetamol

O último componente da mistura encontrava-se dissolvido em clorofórmio, para isolá-lo utilizou-se apenas de uma destilação simples, que deixou apenas o componente desejado, ou seja, o paracetamol. A destilação sucedeu-se até que restassem apenas 10 mL do composto que foi deixado evaporar naturalmente.

Após certo tempo de evaporação, encontrou-se um resíduo sólido de cor branca em pó e rendimento calculado foi de 33,4%.

4 CONCLUSÃO

Os rendimentos da extração ácido-base dos componentes do Doril® Enxaqueca foram inferiores a 50%. Estes resultados, provavelmente estão associados à possíveis perdas de reagentes que podem ter ocorrido nos processos de extração (transferência de fases) e recuperação dos componentes. Porém, a atividade prática permitiu o entendimento das reações ácido-base ocorridas durante o processo.

REFERÊNCIAS

JARDIM, I. C. S. F. *et al.* Métodos de extração e/ou concentração de compostos encontrados em fluidos biológicos para posterior determinação cromatográfica. **Quim. Nova**, Vol. 24, No. 1, 68-76, 2001.

STRACKE, M. P. e NUNES, I. S. **Experimentando a Química Orgânica**: 1ed. Curitiba: Appris Editora, 2017.

VOGEL, A.I. **Química Orgânica: Análise Orgânica Qualitativa**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico; 1989.

EXTRAÇÃO DA CAFEÍNA DE AMOSTRA DE CHÁ MATE

Layza Kowalski^{1*}, Bianca Sulzbacher¹, Flávia Pauli Mielke¹, Kamylla Flores¹, Thiago Rígoli¹, Daiane Skupin da Silva²

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Ciências da Saúde, Curso de Farmácia

layzakowalski@hotmail.com

²Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Curso de Engenharia Química e Curso de Farmácia

RESUMO

A erva-mate (*Ilex paraguariensis*) é uma espécie nativa da Região Sul do Brasil e têm importância histórica na cultura e na economia dessa região e de países limítrofes como a Argentina, o Uruguai e o Paraguai. O objetivo deste trabalho foi extrair cafeína de chá mate por extração do tipo líquido-líquido, empregando um solvente polar, o diclorometano. Um dos fatores determinantes na extração líquido-líquido de cafeína na amostra de chá mate é a remoção prévia de outras substâncias naturais presentes na amostra (flavonoides e taninos). Como resultado obteve-se 54,2% de rendimento. Fez-se ainda, a determinação do ponto de fusão do produto obtido ao final da extração e obteve-se 236 °C, valor semelhante ao reportado na literatura indicando a eficiência da técnica de extração empregada.

Palavra-chave: *extração, líquido-líquido, cafeína, chá mate.*

1 INTRODUÇÃO

A cafeína é um composto orgânico da classe dos alcalóides, contém nitrogênio na sua estrutura e, portanto, apresenta propriedades básicas. Ela pertence ainda a uma classe de compostos naturais denominada de xantinas (BRENELLI, 2003). A Figura 1 apresenta a estrutura da cafeína.

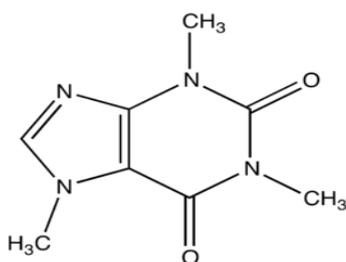


Figura 1. Estrutura química da cafeína.

O isolamento de compostos orgânicos a partir de fontes naturais é um tipo de experimento muito empregado em disciplinas experimentais de graduação em química orgânica (BRENELLI, 2003).

Uma das técnicas empregadas para esta finalidade, para separar um ou mais componentes de uma mistura é a extração que pode ser classificada em: sólido-líquido e líquido-líquido (STRACKE e NUNES, 2017).

A extração líquido-líquido é uma técnica muito utilizada em escala industrial e laboratorial. É

empregada quando um líquido tem por finalidade extrair um soluto dissolvido em outra fase líquida. O soluto divide-se entre as duas fases imiscíveis em uma razão determinada pela solubilidade relativa do soluto em cada uma das fases (VOGEL, 1989 *apud* STRACKE e NUNES, 2017).

O objetivo do presente trabalho foi extrair cafeína de uma amostra de chá mate por meio de extração líquido-líquido e avaliar a pureza do produto obtido.

2 MATERIAL E MÉTODO

Para a extração da cafeína, pesou-se 10 g da amostra de chá mate. Adicionou-se 125 mL de água quente. Deixou-se essa solução esfriar por alguns instantes e adicionou-se 100 mL de uma solução de óxido de magnésio 10% e agitou-se em banho-maria (50 - 60 °C) por 30 minutos.

Após o resfriamento da mistura, filtrou-se a solução a vácuo e adicionou-se ao filtrado cerca de 10 mL de uma solução de ácido sulfúrico 1 M.

Com o auxílio de uma chapa de aquecimento, concentrou-se o filtrado até a metade de seu volume original e depois de frio procedeu-se a extração.

Em funil de separação, adicionou-se ao filtrado 15 mL de diclorometano. Separaram-se as fases (orgânica e aquosa). Repetiu-se a extração com 15 mL de diclorometano mais duas vezes, totalizando três extrações.



Em cada uma das extrações, colocaram-se as fases orgânicas obtidas sempre no mesmo béquer.

Adicionou-se ao béquer da fase orgânica 8 mL de uma solução 0,1 M de hidróxido de potássio. Transferiu-se essa mistura para o funil de separação e novamente separou-se as fases orgânica e aquosa. A fase aquosa foi lavada duas vezes com 5 mL de diclorometano e as duas fases orgânicas obtidas na lavagem foram misturadas a fase orgânica anterior que já estava separada. Adicionou-se sulfato de sódio anidro à fase orgânica.

Pesou-se um balão de fundo chato em balança analítica de precisão. Filtrou-se a mistura diretamente no balão. Evaporou-se o solvente em chapa de aquecimento. Após esfriar totalmente, determinou-se a massa de cafeína extraída.

Calculou-se o rendimento por meio da Equação 1:

$$\text{Rendimento\%} = \frac{\text{massa real}}{\text{massa teórica}} \times 100$$

(Equação 1)

Avaliou-se a pureza do produto obtido por meio da determinação do ponto de fusão da cafeína extraída.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração de cafeína em amostras de chá mate depende de vários fatores, incluindo a espécie da folha do chá, local de cultivo, etc. Para extrair a cafeína de amostras reais uma das técnicas amplamente empregadas é extração líquido-líquido, que consiste em uma operação unitária simples e tem como princípio de funcionamento a solubilidade seletiva de um composto em um solvente imiscível.

Em amostras como o chá mate, a cafeína não é o único composto ela é acompanhada de substâncias naturais como flavonoides, clorofila e taninos. Estas substâncias também se dissolvem em água quente durante o processo de infusão.

A adição de óxido de magnésio 10%, após etapa de infusão, fez com que ocorresse a formação de sais insolúveis em água, assim precipitam na solução.

O ácido sulfúrico serviu para acidificar o meio, pH aproximadamente 1.

Logo, a cafeína, originalmente dissolvida em água, foi extraída com diclorometano, já que este último apresenta maior solubilidade do que na água.

Observou-se que o extrato orgânico apresentou coloração amarelada, devido à presença de pigmentos da amostra. Para remover esta coloração, utilizou-se hidróxido de potássio 0,1 M após a extração com o solvente.

Para remoção de água remanescente na mistura de líquidos orgânicos empregou-se como secante sulfato de sódio anidro. Após a filtração para remover o agente secante evaporou-se o solvente e observou-se a formação de um sólido branco, a cafeína, de massa 0,217 g.

Sabendo-se que, a cada 100 g de amostra de chá mate 4 g são de cafeína, a massa teórica esperada é 0,4 g. Relacionando com o valor experimental, obteve-se um rendimento de 54,2% de cafeína extraída da amostra de chá mate.

O ponto de fusão teórico da cafeína é de 236 °C (BRENELLI, 2003). Experimentalmente, encontrou-se 235 °C, provavelmente este dado indica a presença de poucas impurezas no produto.

4 CONCLUSÃO

A metodologia proposta para a extração de cafeína de amostra de chá mate mostrou-se adequada para a quantificação do produto na amostra investigada. As principais vantagens desse método são a simplicidade, a rapidez e o fato da amostra não precisar de um pré-tratamento.

Como o rendimento obtido foi de 54,2%, não se pode descartar a hipótese de perda durante o processo de extração, transferência de fases e filtração.

A avaliação do ponto de fusão do produto obtido permitiu a determinação da pureza da cafeína extraída da amostra de chá mate.

REFERÊNCIAS

1. BRENELLI, E. C. S. A extração de cafeína em bebidas estimulantes – uma nova abordagem para um experimento clássico em Química Orgânica. Química Nova, Vol. 26, No. 1, 136-138, 2003.
2. STRACKE, M. P. e NUNES, I. S. Experimentando a Química Orgânica: 1ed. Curitiba: Appris Editora, 2017.
3. VOGEL, A.I. Química Orgânica: Análise Orgânica Qualitativa. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico; 1987.

EXTRAÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO: CAFEÍNA DE AMOSTRA DE CAFÉ SOLÚVEL

Bianca Porto^{1,*}, Caroline Martins¹, Kauanne Tobin¹, Lorenzo Lombarde¹, Maurício Maders¹, Maurício Volpato¹, Daiane Skupin da Silva²

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Ciências da Saúde, Curso de Farmácia

*carolinemarts@hotmail.com

²Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Curso de Engenharia Química e Curso de Farmácia

RESUMO

A cafeína é um alcaloide, que apresenta propriedades básicas devido a presença de nitrogênio na sua estrutura. A extração da cafeína de amostras reais é um tipo de experimento muito empregado em disciplinas experimentais de graduação em química orgânica. O presente trabalho teve por objetivo a extração da cafeína de amostra de café solúvel utilizando a extração líquido-líquido descontinuada utilizando diclorometano como solvente de extração, após a remoção de outras substâncias naturais presentes na amostra de café a fim de evitar interferências durante o procedimento. Como resultados, obteve-se um rendimento de 39% e a determinação do ponto de fusão experimental, 236 °C, muito próximo dos valores reportados na literatura indicando a obtenção de um produto, provavelmente, com baixo teor de impurezas.

Palavras-chave: *extração, líquido-líquido, cafeína, café.*

1 INTRODUÇÃO

A extração é uma técnica muito utilizada para promover a separação de um ou mais componentes de uma mistura. Apresenta uma metodologia semelhante às técnicas de destilação e recristalização, porém a extração raramente leva o obtenção de um produto puro (STRACKE & NUNES, 2017).

Baseia-se no princípio que o soluto se distribui, de modo equilibrado, entre duas fases imiscíveis em uma razão determinada pela solubilidade relativa do soluto em cada fase (STRACKE & NUNES, 2017).

As extrações podem ser do tipo sólido-líquido e líquido-líquido. A técnica de extração sólido-líquido é empregada quando um líquido é utilizado para extrair um composto presente em um sólido. Já a extração do tipo líquido-líquido, quando um líquido é utilizado para extrair um soluto dissolvido em uma outra fase líquida (VOGEL, 1989 *apud* STRACKE & NUNES, 2017).

A cafeína é um alcaloide (Figura 1) presente em mais de 60 espécies de plantas, também conhecido como: 1,3,7-trimetilxantina ($C_8H_{10}N_4O_2$). As xantinas são os estimulantes mais antigos, sendo que a cafeína é um dos mais potentes (BRENELLI, 2003).

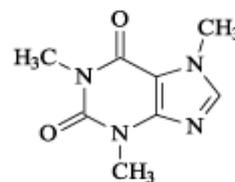


Figura 1. Estrutura da cafeína.

Os principais efeitos da cafeína no organismo são os estimulantes, o diurético e a dependência química. Entre outros, causa o aumento da taxa metabólica, o relaxamento da musculatura lisa dos brônquios, do trato biliar, do trato gastrointestinal e de partes do sistema vascular. A interrupção do uso produz uma síndrome de abstinência que pode resultar em cefaleia, cansaço, irritabilidade e letargia. A dose letal de cafeína para uma pessoa adulta pesando 70 kg é cerca de 10 g o que é equivalente a 100 xícaras café ou 200 latas de coca-cola ou ingerir 50 kg de chocolate (MONTEIRO, 2015).

O presente trabalho teve por objetivo realizar a extração de cafeína de amostra de café solúvel por meio de extração líquido-líquido e verificar a pureza do produto obtido.



2 MATERIAL E METÓDO

Pesou-se 10 g de café e adicionou-se, em um béquer de 500 mL, 125 mL de água quente. Deixou a solução esfriar por alguns instantes e logo após adicionou-se 100 mL de uma solução de óxido de magnésio 10%. Agitou-se em banho-maria por 30 min. Depois de decorrido este tempo retirou-se a mistura do banho-maria aguardando até esfriar.

Após filtrou-se a suspensão a vácuo e adicionou-se ao filtrado cerca de 10 mL de uma solução de ácido sulfúrico 1M para acidificar o meio, mediu-se o pH com o papel indicador.

Usou-se uma chapa de aquecimento para concentrar o filtrado até a metade de seu volume original. No funil de separação adicionou-se o filtrado e 15 mL de diclorometano. Separou-se a fase orgânica em um béquer retornando com a fase aquosa para o funil novamente. Repetiu-se a extração com 15 mL de diclorometano por mais duas vezes, totalizando três extrações. Em cada uma das extrações, colocou-se as fases orgânicas obtidas sempre no mesmo béquer.

Adicionou-se ao béquer cerca de 8 mL de uma solução 0,1 M de hidróxido de potássio. Transferiu-se esta mistura para o funil de separação novamente e separou-se a fase orgânica e aquosa. As duas fases orgânicas obtidas na lavagem foram misturadas a fase orgânica anterior.

Adicionou-se sulfato de sódio anidro ao béquer que continha a fase orgânica. Filtrou-se a mistura para um balão de fundo chato previamente identificado e pesado. Evaporou-se o solvente em chapa de aquecimento. Determinou-se a massa de cafeína extraída após esfriar totalmente. Calculou-se o rendimento por meio da Equação 1:

$$\text{Rendimento}\% = \frac{\text{massa real}}{\text{massa teórica}} \times 100$$

(Equação 1)

Para avaliar a pureza do produto obtido, fez-se a determinação do ponto de fusão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira etapa da extração da cafeína da amostra de café é a infusão, processo de extração de compostos químicos ou sabores de materiais vegetais utilizando-se um solvente (água quente) e permitindo que o material vegetal permaneça

suspensa no solvente por um certo período de tempo.

O maior problema no isolamento da cafeína da amostra de café deve-se ao fato de que a cafeína é acompanhada por outras substâncias naturais (pigmentos flavonóidicos, clorofila e taninos) das quais precisa ser separada. Essa classe de moléculas também se dissolve em água quente utilizada para extrair a cafeína.

Neste contexto, uma solução de óxido de magnésio a 10% fez com que os taninos formassem sais insolúveis em água e precipitassem na solução. O uso do ácido sulfúrico teve como finalidade de acidificar o meio até o pH do mesmo ficar próximo de 1.

Nesta extração de cafeína utilizou-se o solvente diclorometano, pois a cafeína apresenta alta solubilidade nesse solvente, após a adição deste observou-se a formação de duas fases orgânicas: fase aquosa (solução onde o solvente é a água) e a fase orgânica (substância desejada).

A utilização do hidróxido de potássio 0,1 M após a extração com o solvente tem como finalidade de remover a coloração amarelada do extrato orgânico.

Ao final da extração, empregou-se sulfato de sódio anidro para remoção de água de mistura de líquidos orgânicos, utilizando, por ação direta, uma substância dessecadora (ou secante).

Procedeu-se com a evaporação do solvente e determinou-se a massa de cafeína extraída: 0,039 g.

A concentração de cafeína no café, por exemplo, varia de alguns fatores, inclusive, a espécie da semente do café, local de cultivo, granulações da amostra, etc (BRENELLI, 2003).

Os cafés apresentam teores de cafeína variando de 1,00 a 2,02 g/100g do produto. Utilizou-se como valor de referência 1,00 g de cafeína a cada 100 g do produto. Com base nestes dados o rendimento da extração de cafeína da amostra de café solúvel foi de 39%.

A fim de avaliar a pureza do produto extraído realizou-se a medida do ponto de fusão cafeína e o resultado foi de 236 °C, muito próximo ao valor encontrado em literatura, 235 °C. Com base nestes resultados, a cafeína extraída provavelmente apresenta baixo teor de impurezas.

4 CONCLUSÃO

O isolamento da cafeína de amostra de café é um tipo de experimento muito empregado



em disciplinas experimentais de graduação em química orgânica a fins de conhecimento de técnicas de extração e isolamento de compostos de interesse na área farmacêutica. Apesar do baixo rendimento obtido na extração líquido-líquido da cafeína de amostra de café solúvel, a técnica mostrou-se simples e eficiente para a extração do produto desejado. A determinação do ponto de fusão experimental da cafeína mostrou-se muito próximo do valor mencionado na literatura indicando a obtenção de um produto com poucas impurezas.

REFERÊNCIAS

1. BRENELLI, E. C. S. A extração de cafeína em bebidas estimulantes – uma nova abordagem para um experimento clássico em Química Orgânica. **Química Nova**, Vol. 26, No. 1, 136-138, 2003.
2. MONTEIRO, A. C. B. *et al.* Extração e quantificação de cafeína em alimentos utilizando a técnica de cromatografia em camada delgada. **Rev. Eletrônica, UNIFIA**, 2015.
3. STRACKE, M. P. e NUNES, I. S. **Experimentando a Química Orgânica**: 1ed. Curitiba: Appris Editora, 2017.
4. VOGEL, A.I. **Química Orgânica: Análise Orgânica Qualitativa**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico; 1989.

FUNCIONAMENTO DE UM TROCADOR DE CALOR DE CASCO E TUBOS EM ESCOAMENTO PARALELO E CONTRACORRENTE

Emanuele dos Santos Silva^{1*}, Ariele dos Santos Pirola¹, Bruna Luísa Weschenfelder¹, Gabriela Menin¹, Isaac dos Santos Nunes¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*emanuele.silva1@hotmail.com

RESUMO

Um trocador de calor apresenta grande importância em indústrias e diversas aplicações na engenharia, pois o uso eficiente da energia é um fator decisivo na escolha de um processo econômico. Neste trabalho, foram analisados os efeitos da variação da vazão e da temperatura ao longo do trocador de calor, em condições de escoamento contracorrente e paralelo. Mediante estas análises em ambas condições de escoamento, pode-se verificar grande semelhança no comportamento das temperaturas ao longo do trocador de calor, podendo assim, comparar com a literatura as configurações relacionadas a estes escoamentos e comprovar o comportamento destas configurações.

Palavras-chave: trocador de calor, casco e tubos, contracorrente, paralelo.

1 INTRODUÇÃO

A utilização da troca de calor entre fluidos de diferentes temperaturas é comumente utilizada em diversas aplicações da engenharia, principalmente em processos industriais que envolvam a manipulação e o reaproveitamento de cargas térmicas entre correntes de processo (CHAVES *et al.* 2015).

Segundo o estudo de Antunes Junior *et al* (2016), o funcionamento dos trocadores de calor consistem em transmitir energia térmica de um sistema para sua vizinhança, ou entre o seu próprio sistema, e podem ser classificados pela natureza de sua transferência.

Um trocador de calor modelo casco e tubos consiste em um tubo externo (casco), composto por um feixe de tubos internos, havendo a troca de calor por meio de convecção ou condução. Neste tipo de trocador de calor, o fluido quente pode passar pelos tubos internos enquanto o fluido frio passa pelo tubo externo, ou vice-versa (MARTINS *et al.* 2014).

2 MATERIAL E MÉTODO

Este trabalho foi realizado em um trocador de calor de casco-tubos, com as direções relativas do escoamento especificadas em fluxos contracorrente e paralelo, no qual as válvulas de controle dos fluxos quente e frio foram ajustadas de acordo com cada experimento, a partir das diferentes variações de vazões de entrada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os dados de temperatura obtidos em cada experimento ao longo do trocador de calor, pode-se fazer uma comparação entre as configurações dos fluxos, representadas nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

Com a análise destas Figuras 1 e 2, pode-se admitir que o fluxo de calor transferido entre os fluidos em um trocador é diretamente proporcional à diferença de temperatura média entre estes, uma vez que a variação de temperatura ao longo do trocador não é linear.

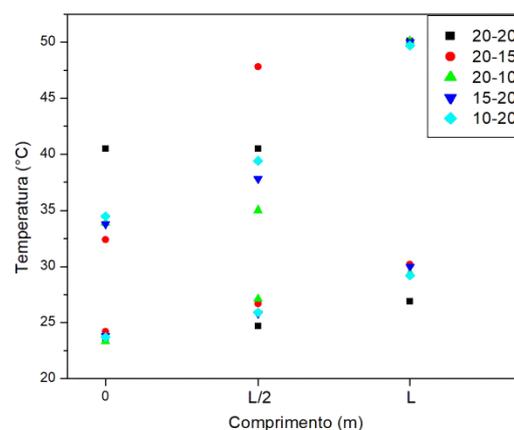


Figura 1. Temperatura ao longo do trocador de calor, configuração em contracorrente. (Fonte: os autores).

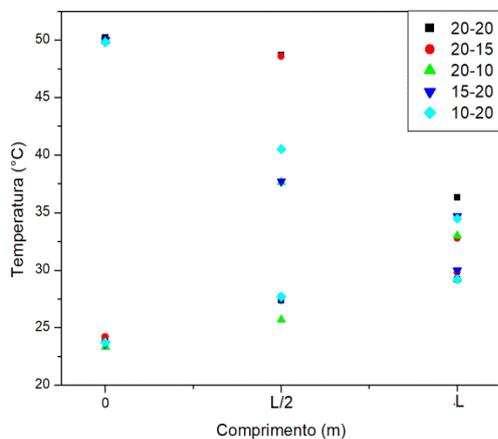


Figura 2. Temperatura ao longo do trocador de calor, configuração em paralelo. (Fonte: os autores).

Para encontrar a diferença média de temperatura entre os fluidos pode-se utilizar o método da média logarítmica das diferenças de Temperatura (LMDT), baseado na Equação 1.

$$\Delta T_{ln} = \frac{[(T_{qe} - T_{fe}) - (T_{qs} - T_{fs})]}{\ln\left(\frac{T_{qe} - T_{fe}}{T_{qs} - T_{fs}}\right)} \quad \text{Equação 1}$$

Com os dados obtidos para as trocas térmicas nos fluxos paralelo e contracorrente, pode-se calcular a média logarítmica das diferenças de temperatura para os dois tipos de escoamento, assim, para se determinar os valores de calor trocado durante os escoamentos e os coeficientes globais de transferência de calor para ambos os fluxos. Para a determinação do calor trocado durante os escoamentos utilizou-se as Equações 2 e 3.

$$Q_q = \dot{m}_q \times C_{p,q} \times (T_{qe} - T_{qs}) \quad \text{Equação 2}$$

$$Q_f = \dot{m}_f \times C_{p,f} \times (T_{fs} - T_{fe}) \quad \text{Equação 3}$$

E para encontrar os valores dos coeficientes globais de transferência de calor para cada fluxo, utilizou-se a Equação 4.

$$Q = U \times A \times \Delta T_{ln} \quad \text{Equação 4}$$

Os resultados obtidos para o calor trocado e o coeficiente global de transferência de calor para ambos os escoamentos, estão representados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 – Valores de calor trocado e coeficiente global de transferência de calor para fluxo em contracorrente. Fonte: os autores.

Fluido Quente			Fluido Frio		
Fq (L/s)	Qq (kW)	U (Kw/m ² .°C)	Ff (L/s)	Qf (kW)	U (Kw/m ² .°C)
20	1311,89	808,93	20	275,74	138,67
20	1470,65	1117,68	15	376,02	285,77
20	1353,67	897,06	10	254,86	168,89
15	1015,25	703,56	20	518,07	359,02
10	635,05	419,59	20	459,58	303,65

Tabela 2. Valores de calor trocado e coeficiente global de transferência de calor para fluxo em paralelo. (Fonte: os autores).

Fluido Quente			Fluido Frio		
Fq (L/s)	Qq (kW)	U (Kw/m ² .°C)	Fq (L/s)	Qq (kW)	U (Kw/m ² .°C)
20	1311,89	808,93	20	1311,89	808,93
20	1470,65	1117,68	20	1470,65	1117,68
20	1353,67	897,06	20	1353,67	897,06
15	1015,25	703,56	15	1015,25	703,56
10	635,05	419,59	10	635,05	419,59

A partir dos valores obtidos no fluxo de corrente em paralelo, percebeu-se que no fluido quente com fluxo de 10 L/s, obteve-se o menor índice de coeficiente global de transferência de calor.

4 CONCLUSÃO

A maior troca térmica ocorreu no fluxo contracorrente, no experimento com fluxo quente de 20 L/s e fluxo frio de 15 L/s, apresentando um maior rendimento. Sendo assim, comparado a literatura, este experimento comprova que o fluxo contracorrente apresenta maior eficiência de troca térmica em relação a configuração paralela, diante da realização do fluxo dos fluidos ocorrerem em sentidos opostos no trocador de calor ocasionando maior troca térmica por parte do fluido quente.



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



NOMENCLATURA

ΔT_{ln}	Média logarítmica da diferença de temperatura	[°C]
T_{qe}	Temperatura de entrada fluido quente	[°C]
T_{qs}	Temperatura de saída fluido quente	[°C]
T_{fe}	Temperatura de entrada fluido frio	[°C]
T_{fs}	Temperatura de saída fluido frio	[°C]
Q	Calor trocado	[KW]
C_p	Calor específico	$\frac{KJ}{KG \cdot ^\circ C}$
U	Coeficiente global de transferência de calor	$\frac{KW}{m^2 \cdot ^\circ C}$
A	Área de troca térmica	[m ²]

REFERÊNCIAS

CHAVES, F. J. F.; MISAEL, C. G. A.; FERNANDES, C. V.; SANTOS, J. S. B.; CAVALCANTE, J. N. A.; VASCONCELOS, S. F.; "Análise técnica da eficiência de um trocador de calor do tipo casco-tubos", p. 1-2. **5º Encontro Regional De Química e 4º Encontro Nacional De Química** [Blucher Chemical Engineering Proceedings, v. 3, n. 1]. Paraíba: blucher, 2015.

JUNIOR, C. A.; MONTEGUTTI, M. C.; HAUS, T. L.; "Dimensionamento de um trocador de calor casco e tubo através do método de Bell-Delaware para o aproveitamento da energia térmica da água quente de um forno a indução", 2016; p. 168. Memorial de TCC-Caderno de Graduação Núcleo de Pesquisa Acadêmica. Fae Centro Universitário, Curitiba.

MARTINS, L. F.; SILVA, M. A.; BEGNINI, M. L.; "Obtenção de trocador de calor casco e tubo", **8º EnTEC- Encontro de tecnologia da Uniube**. p. 1-2, UBERABA, 2014.

SOUZA, M. S.; "Análise térmica de um trocador de calor do tipo casco e tubos para resfriamento do resíduo de uma unidade de destilação atmosférica", 2013; p. 55. Diplomação Em Engenharia Mecânica, Rio De Janeiro.



IDENTIFICAÇÃO DO MODELO APROPRIADO PARA A DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE SÓLIDOS FINOS E ULTRAFINOS DE AREIA

Lucieli Miranda Mosqueira^{1*}, Bianca M. Marques², Caroline Pereira³, Kamilla Osório Rodrigues⁴, Isaac dos S. Nunes⁵

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*luciele10_@hotmail.com

RESUMO

O peneiramento é compreendido como um processo de classificação de partículas por tamanho. Têm-se o peneiramento por vantagem por ser um método simples, prático e de baixo custo. Desta forma, objetivou-se analisar a classificação granulométrica de partículas solidas finas e ultrafinas de areia por meio desse método, utilizando-se um conjunto de peneiras com agitação mecânica, variando a sua rotação e tempo repetidas vezes. Com os resultados dessa análise, podemos calcular os modelos matemáticos para saber qual se ajusta melhor a essa distribuição granulométrica, com isso, sabemos que o RRB foi o que sempre apresentou melhor ajuste.

Palavras-chave: *partículas, granulométrica, peneiramento, areia.*

1 INTRODUÇÃO

As peneiras possuem abertura com diâmetros definidos (malhas), e, assim, passarão apenas as partículas com diâmetro inferior ao da abertura da peneira, enquanto as demais ficarão retidas (MATOS, 2015).

Para a análise granulométrica, as peneiras são padronizadas quanto à abertura das malhas e à espessura dos fios de que são fabricadas as malhas. Esses fios têm diâmetros definidos que se podem afastar entre um limite de diâmetro mínimo e diâmetro máximo. As aberturas das malhas, são indicadas como número de Mesh. (MATOS, 2015).

A distribuição granulométrica pode ser expressa através de três modelos matemáticos (CREMASCO, 2014). Porém nesta análise abordou-se somente os modelos GGS e RRB, descritos na equação 2 e 3 respectivamente.

$$X_i = \left(\frac{D_i}{K}\right)^m \quad \text{Equação 2}$$

$$X_i = 1 - \exp\left[-\left(\frac{D_i}{D'}\right)^n\right] \quad \text{Equação 3}$$

Esse trabalho desenvolve uma análise sobre peneiramento de partículas finas e ultrafinas de areia, exerce a função de separar um material em duas ou mais frações, com partículas de tamanhos distintos. Objetivo principal dessa análise é o esclarecimento de dúvidas da parte

teórica, destacar que o processo de peneiramento é realizado para a determinação das frações mais grossas ou mais finas da amostra e analisar qual modelo matemático se ajusta melhor a mesma.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização da análise granulométrica da amostra de areia, foram utilizados um agitador por vibração e um conjunto de peneiras da série Mesh (μm) 4, 6, 8, 10, 14, 20, 28, 35, 48, 65, 100, 150, 200 e fundo cego.

2.1 Procedimento experimental

Foram obtidas a massa “bruta” de cada peneira e logo foram sobrepostas em ordem decrescente de abertura das malhas. Abaixo da última peneira há um (fundo cego) que recolhe aquela parte da amostra que contém as partículas mais finas do material e não é retida por nenhuma peneira.

Realizou-se o peneiramento, com diferentes frequências e tempos, conforme mostrado na tabela 1.

Tabela 1: Ensaios realizados.

Tempo [min]	5	10	15
Intensidade [-]*	8	8	8
Intensidade [-]*	9	9	9
Intensidade [-]*	10	10	10

* Adimensional, que serve para fornecer uma medida de intensidade de vibração que depende de potenciômetro do equipamento.

Ao final do ensaio pesam-se novamente cada peneira e o fundo cego que possui massa retida da amostra, subtrai a (massa da peneira bruta + massa retida da amostra) com (massa da peneira bruta) para obter a massa retida em cada peneira.

Sendo assim, é possível plotar-se gráficos e calcular a distribuição granulométrica (GGs e RRB) descritos na equação 2 e 3 respectivamente, e através do (R^2) verificar qual o modelo é mais adequado para essa análise, com os dados obtidos

também é possível calcular as porcentagens retidas nas peneiras.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de determinação (R^2), é o parâmetro utilizado na determinação do método ideal para o caso em estudo, quanto mais próximo de 1 melhor se ajusta a amostra e mais explicativo é o modelo. Na tabela 2, listou-se os resultados de cada ensaio realizado da distribuição granulométrica, para os modelos GGS e RRB.

Tabela 2: Resultados de cada ensaio realizado da distribuição granulométrica (Fonte: o Autor)

TEMPO 5MIN							
FREQUENCIA	RRB			GGs			
	<i>n</i>	<i>D'</i>	R^2	<i>K</i>	<i>m</i>	R^2	
8	2,0261	1520,6363	0,9296	4750	1,4915	0,8403	
9	1,9123	713,8135	0,9003	2360	1,3002	0,7716	
10	1,82	769,8178	0,8441	4750	1,3211	0,7239	

TEMPO 10MIN							
FREQUENCIA	RRB			GGs			
	<i>n</i>	<i>D'</i>	R^2	<i>K</i>	<i>m</i>	R^2	
8	1,5857	1100,8599	0,8853	4750	1,1091	0,7552	
9	2,0237	697,0931	0,9462	2360	1,5375	0,8672	
10	1,5071	833,9411	0,8659	4750	1,0829	0,7489	

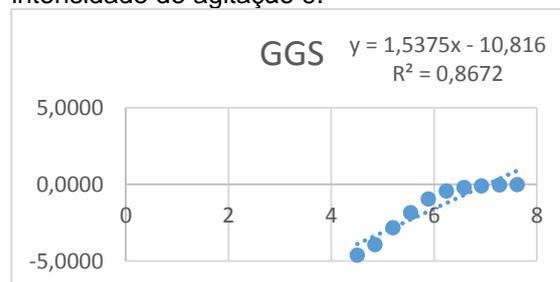
TEMPO 15MIN							
FREQUENCIA	RRB			GGs			
	<i>n</i>	<i>D'</i>	R^2	<i>K</i>	<i>m</i>	R^2	
8	1,4172	910,7621	0,8291	4750	0,9376	0,6857	
9	1,7414	812,2286	0,8959	4750	1,2906	0,8007	
10	1,8293	742,6158	0,8888	4750	1,3705	0,7942	

Como podemos observar na tabela 2, avaliando todos os valores de R^2 , podemos ver que o modelo que apresentou melhor ajuste foi o RRB, com os dados de R^2 para todos os tempos e frequências analisados.

No tempo de 10 minutos com frequência 9, nesta condição encontram-se as operações mais eficientes do ensaio. Assim, é apropriado aplicar os dados obtidos da mesma, conforme indicado no gráfico 1 e 2.

De acordo com os gráficos, o modelo de melhor ajuste para essa análise foi o RRB, pois seus pontos ficaram mais próximos a linha de tendência, assim, o seu R^2 é mais próximo de 1. Portanto, podemos calcular os modelos matemáticos descritos na equação 2 e 3. Para o modelo GGS temos;

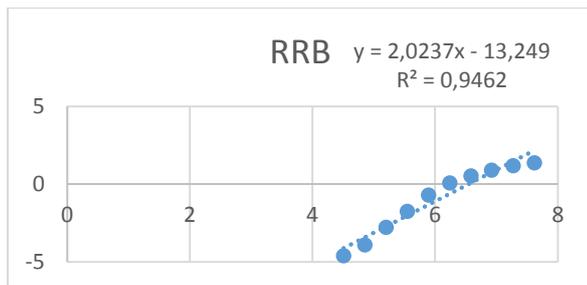
Gráfico 1: Linha de tendência do modelo GGS do peneiramento de areia em 10 minutos com intensidade de agitação 9.



* Adimensional, que serve para fornecer uma medida de intensidade de vibração que depende de potenciômetro do equipamento.



Gráfico 2: Linha de tendência do modelo RRB do peneiramento de areia em 10 minutos com intensidade de agitação 9.



$$X_i = \left(\frac{D_i}{4750}\right)^m \quad \text{Equação 4}$$

é possível indicar a equação do modelo RRB, que se deu de melhor ajuste a partir da equação da reta indicado no gráfico 2.

$$X_i = 1 - \exp \left[- \left(\frac{D_i}{697,0931} \right)^{2,0237} \right] \quad \text{Equação 5}$$

desse modo, a equação 5 pode ser utilizada para determinar qualquer fração retida para qualquer diâmetro de peneira entre 4 e 200 (µm).

4 CONCLUSÃO

O modelo ideal para essa análise é o RRB, com o agitador em funcionamento durante 10 minutos com intensidade de 9, apresentando assim, uma exatidão de 94,62%. Isto posto, essa é a melhor condição de peneiramento desse sólido, a melhor eficiência de separação das partículas, podendo ser aplicada ao modelo e assim ter uma equação para encontrar a fração retida para qualquer diâmetro de peneira entre 4 e 200 (µm).

NOMENCLATURA

D_i	Diâmetro qualquer	[m]
x_i	Fração retida	[-]
D'	Diâmetro 63,2%	[m]
n	Coeficiente angular da reta RRB	[-]
k	Diâmetro 100%	[m]
m	Coeficiente angular da reta GGS	[-]

REFERÊNCIAS

MATOS, Simone Pires de; **Operações unitárias: fundamentos, transformações e aplicações dos**

fenômenos físicos e químicos. 1a ed. São Paulo: Érica, 2015.

CREMASCO, M.A. **Operações unitárias em sistemas particulados e fluido mecânicos.** Edgard Blucher 2014.



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



IDENTIFICAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO APROPRIADO PARA A DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO SAL GROSSO IODADO

Jéssica M. Kumm^{1,*}, Nadine A. Löeblein¹, Paula F. Weber¹, Wagner Frizon¹, Isaac dos S. Nunes¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*jessicakumm@outlook.com

RESUMO

Existem diversas maneiras para a identificação do tamanho das partículas ou mesmo de aglomerados. Neste trabalho foi abordado a identificação feita com peneiramento, no qual a base de representação da distribuição de tamanho da partícula é a massa da mesma, mais especificamente pela fração mássica dentro de cada intervalo de tamanho. A análise granulométrica refere-se em termos de diâmetro máximo e mínimo (abertura da maior e da menor peneira em análise), as dimensões das aberturas são dadas em milímetros ou em *mesh*, o qual se refere número de aberturas por polegada linear. O objetivo foi o peneiramento de sal grosso, para a identificação do modelo matemático mais apropriado, através de 9 testes em diferentes intensidades e tempos, afim de determinar a fração retida em determinados diâmetros. Constatou-se que o modelo mais adequado para essa situação é o do tipo RRB com intensidade de agitação 5, durante 5 minutos.

Palavras-chave: *distribuição granulométrica, sal grosso, modelo matemático, peneiramento, operações unitárias.*

1 INTRODUÇÃO

O peneiramento é uma operação unitária utilizada para separar os componentes de uma mistura heterogênea entre sólidos ou determinar o tamanho de partículas, podendo ser realizado de forma mecânica ou manual. O princípio utilizado para essa separação é o tamanho das partículas e o instrumento utilizado é a peneira. O peneiramento pode ser realizado com partículas secas ou úmidas. A operação a seco é aquela que contém material com no máximo 5% de umidade, enquanto a operação a úmido opera com material com umidade superior a 5% ou, ainda, com auxílio de água durante a operação para aumentar a eficiência da separação (MATOS, 2015).

Na técnica de peneiramento faz-se passar uma quantidade de material através de uma série de peneiras. Quando é colocada a amostra na primeira peneira, uma certa quantidade da amostra poderá ficar retida, enquanto uma boa parte atravessa e se deposita na segunda peneira, que poderá reter uma quantidade do material remanescente da primeira peneira, enquanto uma outra parte atravessa para, alimentar a terceira peneira e assim por diante (CREMASCO, 2014).

Se todas as partículas que constituem a amostra apresentassem a forma de esferas perfeitas, a classificação por meio de análise granulométrica por peneiramento seria simples, pois as aberturas das malhas das peneiras

corresponderiam ao diâmetro mínimo dos grãos retidos e ao diâmetro máximo dos grãos que passam por ela (ARAÚJO, 2001).

A definição de diâmetro médio de partícula decorre do conhecimento da distribuição da frequência de tamanhos de uma determinada amostra. O diâmetro médio de partícula mais utilizado em sistemas particulados, transferência de calor e de massa, cinética e catálise é o diâmetro médio de Sauter (CREMASCO, 2014).

Qualquer distribuição granulométrica pode ser expressa através de modelos matemáticos. Dentre eles existem três tipos de modelos: o de Gates, Gaudin e Schumann (GGS), o de Rosin, Rammler e Bennet (RRB), e o modelo que estabelece a função $X = X(D)$ no formato log-normal, porém nesta análise abordou-se somente os modelos GGS e RRB. A partir desses modelos e de seus parâmetros associados é possível estabelecer equações para cálculos do diâmetro médio de Sauter (CREMASCO, 2014). Deste modo, o objetivo deste trabalho foi realizar a análise granulométrica de sal em frequências e tempos distintos para identificar o modelo matemático ideal para a operação.

2 MATERIAL E MÉTODO

Utilizou-se o aparelho agitador de peneiras para análises granulométricas eletromagnético da

marca Bertel, juntamente com um conjunto de peneiras de Mesh 4, 6, 8, 10, 14, 20 e fundo.

Realizou-se a análise granulométrica com diferentes intensidades e tempos (minutos), conforme disposto na tabela 1.

Tabela 1: Ensaios realizados.

Tempo [min]	5	10	15
Intensidade**	3	3	3
Intensidade**	5	5	5
Intensidade**	7	7	7

Com os dados obtidos foi possível plotar-se gráficos, e através do coeficiente de determinação (R^2), verificou-se o mais adequado para a realização do modelo matemático, em caso de GGS, aplicar-se-ia os resultados na equação 1, e em caso de RRB, aplicar-se-ia na equação 2.

$$X_i = \left(\frac{D_i}{K}\right)^m \quad \text{Equação 1}$$

$$X_i = 1 - \exp\left[-\left(\frac{D_i}{D'}\right)^n\right] \quad \text{Equação 2}$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de determinação é o parâmetro utilizado na determinação do método ideal para o caso em estudo, este varia entre 0 e 1, indicando o quanto o modelo consegue explicar os valores observados. Para os 9 ensaios, o modelo matemático apropriado foi o RRB, pois apresentam valores de R^2 mais próximos à 1 quando comparados ao outro modelo, o que o torna mais ajustável à amostra. No quadro 2 listou-se os valores dos coeficientes para cada ensaio realizado.

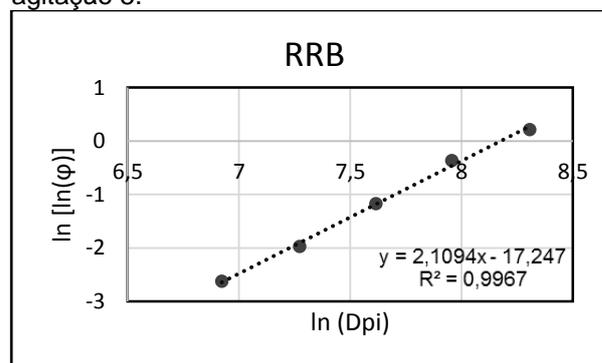
Tabela 2: Coeficientes para as diferentes intensidades.

Intensidade 3		
Tempo [min]	GGG	RRB
5	0,9663	0,9777
10	0,9718	0,9896
15	0,968	0,9841
Intensidade 5		
Tempo [min]	GGG	RRB
5	0,9881	0,9967
10	0,9758	0,9935
15	0,9524	0,9724
Intensidade 7		

Tempo [min]	GGG	RRB
5	0,9852	0,9949
10	0,9242	0,9672
15	0,8783	0,9237

Ao tratar-se das intensidades e tempos, ficou visível que os modelos vão ajustando-se conforme aumenta-se o tempo utilizando a frequência 3. Quando aplica-se a frequência 7 o efeito decorrente é inverso, ocorrendo o decréscimo da linearidade conforme o prolongamento do tempo. Bem como na frequência 5, nesta condição encontram-se as operações mais eficientes do ensaio. À vista disso, é apropriado aplicar os dados obtidos em da frequência 5 com intensidade de agitação 5, conforme indicado na figura 1.

Figura 1: Linha de tendência do peneiramento de sal iodado em 5 minutos com intensidade de agitação 5.



Deste modo, é possível indicar a equação do modelo, a partir da equação da reta indicada na figura 1. Logo, a equação 4 pode ser utilizada para determinar qualquer fração retida para qualquer diâmetro de peneira.

$$x_i = 1 - \exp\left[-\left(\frac{D_i}{3,555,53}\right)^{2,1094}\right] \quad \text{Equação 4}$$

4 CONCLUSÃO

Através de diversos experimentos combinados com intensidades e tempos variados, foi possível determinar, por meio dos modelos matemáticos GGS e RRB, o mais adequado para o peneiramento de sal granulado iodado, a fim de obter uma fração retida para qualquer diâmetro. O modelo ideal tem como base o RRB, com o agitador em funcionamento durante 5 minutos com intensidade 5, apresentando exatidão de 99,67%.



NOMENCLATURA

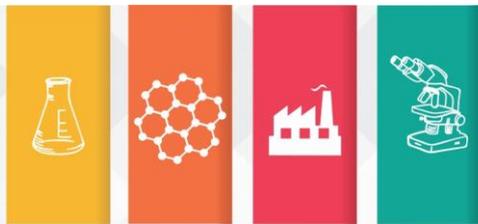
D_i	Diâmetro qualquer (m)
x_i	Fração retida
D'	Diâmetro 63,2% (m)
n	Coeficiente angular da reta RRB
k	Diâmetro 100% (m)
m	Coeficiente angular da reta GGS
RPM	Rotações por minuto

REFERÊNCIAS

ARAUJO, G. S. **Estudos de parâmetros texturais das areias para argamassas de revestimento através da análise de imagens.** Dissertação de mestrado. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2001.

CREMASCO, M.A. **Operações unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos.** Edgard Blucher, 2014.

MATOS, Simone Pires De. **Operações unitárias: fundamentos, transformações e aplicações dos fenômenos físicos e químicos.** São Paulo: Érica, 2015. 64 p.



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



IDENTIFICAÇÃO E TESTE DE SOLUBILIDADE DOS CÁTIONS DO GRUPO I

Andreola, L.^{1*}; Kuhn, G.R.¹; Aimi, N.E.¹; Dutra, M.E.P.¹; Moura, J.F. de¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*leticiaandreola03@outlook.com

RESUMO

Os cátions do Grupo I são os íons que formam cloretos insolúveis. Sendo assim, propôs-se identificar os cátions Prata (Ag^+) e Chumbo (Pb^{2+}), como também, verificar a solubilidade em meio a diferentes soluções. A metodologia empregada se baseia que em meio a ácido clorídrico os cátions do Grupo I precipitam, na forma de cloretos. Contudo, com base nos resultados obtidos, foi possível comprovar que os cátions analisados pertenciam, de fato, ao Grupo I – sendo que, houve ocorrência de precipitado em meio ácido.

Palavras-chave: *Cátions do Grupo I, identificar, solubilidade.*

1 INTRODUÇÃO

A Química Analítica Qualitativa tem como base identificar elementos ou íons em soluções. Sendo que, conforme Vogel (1981), no geral a classificação dos cátions baseia-se no modo como eles reagem aos reagentes pela formação ou não de precipitados. Por isso, podemos dizer que, a classificação dos íons mais comuns é baseada nas diferenças de solubilidade de seus cloretos, sulfetos e carbonatos.

O primeiro grupo constituído pelos cátions: Prata (Ag^+), Mercúrio (Hg_2^{2+}) e Chumbo (Pb^{2+}), são conhecidos como grupo dos cloretos insolúveis e tem como reativo o Ácido clorídrico (HCl) diluído. Segundo Vogel (1981), podem ser identificados em uma solução por meio de reações de identificação, onde as propriedades, como a solubilidade dos elementos permite a formação de precipitados, desprendimento de gases ou mudança de coloração.

A Prata (Ag) é um metal nobre de cor branca brilhante e conduz bem eletricidade e calor. É pouco reativa, pertence ao grupo IB da Tabela Periódica. A maioria dos compostos de Ag é insolúvel em água, exceto o Nitrato de Prata (AgNO_3) e Fluoreto de Prata (AgF). (Vogel, 1891)

O Chumbo (Pb) é um metal de cor branco-azulado e brilho metálico, é dúctil e maleável. No estado sólido não é tóxico, mas seus vapores possuem uma grande toxicidade. (Vogel, 1891)

Mercúrio (Hg) é um metal que em temperatura ambiente se encontra no estado líquido prateado e inodoro. Embora não seja um bom condutor de calor, ele é um bom condutor de eletricidade. É insolúvel em água. Quando a

temperatura é aumentada transforma-se em vapores tóxicos e corrosivos. (Vogel, 1891)

Nesse contexto, o presente trabalho objetivou identificar os cátions Prata (Ag^+) e Chumbo (Pb^{2+}), do mesmo modo, verificar a solubilidade em meio a diferentes soluções.

2 MATERIAL E MÉTODO

Materiais: Béquer de 100 mL, béquer de 500 mL, tubos de ensaio, estante para tubos de ensaio; pipeta de Pasteur e chapa de aquecimento.

Reagentes: - ácido clorídrico (HCl) 2 M; ácido clorídrico (HCl) 6 M; ácido nítrico (HNO_3) 6 M; hidróxido de amônio (NH_4OH) 6 M; nitrato de prata (AgNO_3) 0,1 M; nitrato de chumbo [$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$] 0,1 M; hidróxido de sódio (NaOH) 1 M; iodeto de potássio (KI) 1 M e gelo.

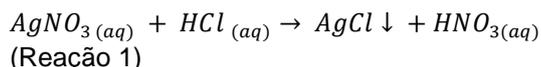
No primeiro procedimento, numerou-se dois tubos de ensaio, colocou-se 10 gotas de AgNO_3 0,1 M e 15 gotas de HCl 2 M. Posteriormente, no tubo de ensaio de número 1, acrescentou-se HCl 6 M em excesso. Em seguida, no tubo de ensaio de número 2, adicionou-se NH_4OH 6 M em excesso, dentro da capela.

No segundo procedimento, numerou-se dois tubos de ensaio, pipetou-se 10 gotas de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0,1 M, e 15 gotas de HCl 2 M. No tubo de ensaio de número 1, inseriu-se HCl 6 M em excesso, e colocou-o em banho-maria. No segundo tubo de ensaio, adicionou-se, na capela, NH_4OH 6 M em excesso.



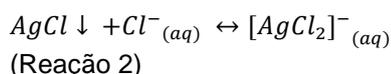
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro processo consiste na reação entre $AgNO_3$ e HCl , conforme reação 1. Observou-se a precipitação de um sólido branco, $AgCl$.

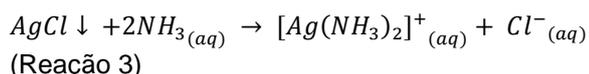


Uma vez que, o produto de solubilidade (Kps) do Cloreto de prata ($AgCl$) é $1,6 \times 10^{-10}$, e quanto menor o valor do produto de solubilidade, Kps, mais insolúvel é a substância.

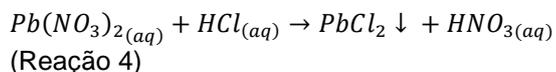
Posteriormente, adicionou-se no primeiro tubo de ensaio HCl 6 M. Observou-se que, após a reação, não havia mais precipitado. Conforme Vogel (1981), decantando-se o líquido sobre o precipitado ele se dissolve em HCl concentrado, formando o complexo dicloroargentato:



Ainda com a mesma reação, no tubo de ensaio de número 2, adicionou-se NH_4OH 6M. O precipitado foi solubilizado. Segundo Vogel (1981), a solução de amônia diluída dissolve o precipitado inicial, formando o complexo diaminoargentato:

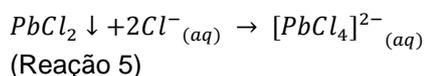


O segundo processo envolve dois reagentes para uma reação inicial descrita abaixo:

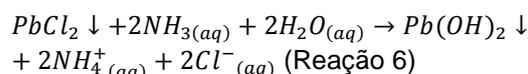


Quando adicionamos HCl 2 M ao $Pb(NO_3)_2$ nota-se a formação de um precipitado. Segundo Vogel, o HCl diluído tem pouco efeito, devido à formação de $PbCl_2$ insolúveis na superfície.

Ainda com a mesma reação inicial, no primeiro tubo de ensaio acrescentou-se novamente HCl 6 M, entretanto colocou-se o tubo de ensaio em água quente. Nota-se que o precipitado é solúvel. Segundo Vogel, o HCl concentrado faz o precipitado da reação inicial se solubilizar, formando íons tetracloroplumbato (II):



No segundo tubo de ensaio, com a mesma reação inicial, inseriu-se NH_4OH 6M. Percebeu-se a formação de um precipitado branco. Sendo que, segundo Vogel, a amônia diluída provoca uma reação de intercâmbio de precipitado, formando o hidróxido de chumbo:



4 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, confirmou-se, segundo a literatura, que o cátion Prata (Ag^+) em (HCl) diluído forma um precipitado branco de Cloreto de Prata ($AgCl$), o qual é solúvel em (HCl) concentrado, como também é solúvel em (NH_4OH).

A análise de cátions tem grande importância para a pesquisa de elementos ou íons que constituem uma substância. Quando se tem uma amostra desconhecida, a primeira exigência é identificar quais substâncias estão presentes nela. Assim, o domínio da análise química qualitativa é essencial para identificar impurezas em determinadas amostras, ou talvez, para confirmar a ausência dessas. (Vogel, 1981)

REFERÊNCIAS

VOGEL, A. I. Química Analítica Qualitativa. 5 ed. Mestre Jou, 1981.



INFLUÊNCIA DA VAZÃO NA PERDA DE CARGA DE UM TUBO DE PVC COM 21 mm DE DIÂMETRO

Nehring, D.F.^{1,*}; Pereira, C.¹; Leidens, N.¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*darafernandanehring@hotmail.com

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo analisar a influência da vazão sobre a perda de carga, mais especificamente em um tubo de PVC com o auxílio de um sistema montado no laboratório de Engenharia Química, utilizando-se de alguns equipamentos como uma bomba, uma válvula, um medidor de vazão e um medidor de pressão. É visto em Mecânica dos Fluidos que um fluido quando escoar por uma determinada tubulação tem a tendência de perder energia (carga) através do atrito. O experimento em questão trata da comparação entre a perda de carga teórica e a perda de carga real (experimental) da vazão. Esta perda de carga ocorre em função da vazão do fluido e sendo assim, é uma perda de carga distribuída. De acordo com os resultados do experimento, a perda de carga aumenta quando se tem um aumento da vazão.

Palavras-chave: *fluido, vazão, perda de carga, tubulação.*

1 INTRODUÇÃO

O escoamento de fluidos através de tubos ou dutos normalmente é usado em aplicações de aquecimento ou resfriamento e nas redes de distribuição de fluidos. O fluido de tais aplicações, em geral, é forçado por um ventilador ou uma bomba a escoar através de uma seção de escoamento (ÇENGEL et al, 2015).

O escoamento de um fluido através de um tubo pode ser classificado como unidimensional, quando a velocidade do fluido tem o sentido perpendicular à superfície de controle e é a mesma em toda a superfície. Bidimensional quando as partículas de um fluido escoam em planos paralelos e seguindo trajetórias idênticas, não havendo escoamento na direção normal aos planos.

Pode ser classificado também como incompressível, quando a variação da massa específica do fluido é desprezível. Quando essa variação no escoamento não pode ser desprezada, esse fluido se chama compressível (ÇENGEL et al, 2015).

No caso do experimento realizado, a direção e intensidade da velocidade é a mesma em todos os pontos, ou seja, o escoamento é incompressível e unidimensional. O cálculo da velocidade média do escoamento do fluido é importante para que se possa determinar o Número de Reynolds. A Equação 1 a seguir é utilizada para calcular a velocidade média do escoamento:

$$Q = v \times A \quad \text{Equação 1}$$

Nessa equação Q representa a vazão, no caso obtida experimentalmente, v representa a velocidade média de escoamento do fluido que se quer determinar e A representa a área do tubo.

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad \text{Equação 2}$$

A equação 2 foi usada para se determinar o Número de Reynolds, na qual ρ representa a massa específica do fluido, v é a velocidade média calculada pela equação 1, D é o diâmetro do tubo e μ é a viscosidade dinâmica do fluido. O Número de Reynolds é um dos parâmetros mais importantes no escoamento em tubos, pois é um número adimensional usado em Mecânica dos Fluidos para o cálculo do regime de escoamento de determinado fluido dentro de um tubo ou sobre uma superfície (MUNSON et al, 1997). Na Tabela 1 pode-se ver a classificação do escoamento de acordo com o Número de Reynolds:

Tabela 1. Valores experimentais de Reynolds. (MUNSON et al, 1997).

Escoamento	Re
Laminar	>2300
Transiente	2300>4000
Turbulento	<4000



A perda de carga nos escoamentos pode ser de dois tipos: localizada e distribuída. A primeira se dá pela utilização de acessórios na tubulação para controlar o fluxo do escoamento, que causam a variação na velocidade e na direção do mesmo, potencializando a perda de energia. A segunda ocorre nos trechos retos de uma tubulação sem acessórios, por efeito do atrito (ÇENGEL et al, 2015).

$$h_{Dt} = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad \text{Equação 3}$$

A equação 3 é usada para calcular a perda de carga teórica. No experimento em questão, como não havia acessórios na tubulação, a perda de carga é somente do tipo distribuída. A equação mostra que a perda de carga depende do fator de atrito, f , do comprimento do tubo, L , do seu diâmetro, D , e da velocidade média do escoamento, v . O fator de atrito depende do Número de Reynolds, pois é determinado de formas distintas para cada tipo de escoamento. Este fator precisa ser calculado com precisão para que se possa determinar corretamente a perda de carga.

$$h_{De} = \frac{\Delta p}{\rho g} \quad \text{Equação 4}$$

A equação 4 é usada para se calcular a perda de carga experimental, na qual Δp indica a diferença de pressão, determinada através das leituras manométricas, ρ é a massa específica do fluido e g a gravidade.

Nesse contexto, tem-se como objetivo determinar a influência da vazão na perda de carga em um tubo de PVC com 21 mm de diâmetro.

2 MATERIAL E MÉTODO

O sistema utilizado no experimento constitui-se de uma bomba, uma válvula de esfera (abre e fecha), um rotâmetro (medidor de vazão), um manômetro (utilizado para medir as diferenças de pressão) e por fim o tubo de PVC já especificado. O manômetro continha como fluido manométrico o Tetracloroetileno com massa específica igual a 1630 Kg/m³ (Cetesb). O fluido utilizado nos experimentos foi a água, que possui massa específica (ρ) igual a 1000 Kg.m⁻³ e viscosidade dinâmica (μ) igual a 1*10⁻³ Kg.m⁻¹s⁻¹.

Usou-se duas vazões experimentais que foram de 10L.min⁻¹ e 12L.min⁻¹ com leituras

manométricas de 10mm e 11mm respectivamente. Calculou-se primeiro a velocidade média do fluido por meio da Equação 1. Posteriormente fez-se o cálculo do Re (Equação 2), buscando saber se o escoamento é laminar ou turbulento, e com esse valor encontrou-se o fator de atrito para cada vazão experimental. Com esses dois valores, foi possível determinar a perda de carga teórica do fluido (Equação 3). Para calcular a perda de carga experimental, avaliou-se primeiro a diferença de pressão através das leituras manométricas obtidas e em seguida aplicou-se a equação 4.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao calcular o Número de Reynolds, os resultados obtidos mostraram que o escoamento é turbulento, então relacionou-se os valores obtidos com a rugosidade relativa, que é dada dividindo-se a rugosidade do material do tubo (tabelada) pelo seu diâmetro no Diagrama de Moody para encontrar os valores do fator de atrito para cada vazão. Como o tudo é de PVC, sua rugosidade relativa (ϵ/D) é igual à zero. A tabela a seguir apresenta os resultados obtidos a partir dos cálculos.

Tabela 2. Resultados do cálculo da influência da vazão na perda de carga (Fonte: o Autor)

Vazões experimentais	10L.min ⁻¹	12L.min ⁻¹
Re	1,0x10 ⁴	1,2x10 ⁴
f	0,031	0,03
v	0,48 m.s ⁻¹	0,58 m.s ⁻¹
h_{Dt}	0,009 m	0,012 m
h_{De}	0,006 m	0,007 m
ΔP	62 Pa	68 Pa

De acordo com os dados da tabela, é possível afirmar que ao aumentar a vazão, há um aumento na perda de carga e na diferença de pressão. Isso se deve ao fato dessa grandeza estar diretamente relacionada ao Re, e, conseqüentemente, ao fator de atrito do material que constitui a tubulação e a velocidade do escoamento. Pois ao aumentar a vazão do escoamento, a velocidade também aumenta, resultando em um Número de Reynolds maior.

Pode-se observar que tanto a perda de carga experimental quanto a perda de carga teórica foram maiores com o aumento de vazão, porém na teórica foi calculada uma perda ainda maior. Essa



diferença pode ser explicada por algum erro na medição dos dados ou pelo estado de conservação dos instrumentos do sistema utilizado. Além disso é possível que tenha ocorrido a formação de bolhas durante a vazão, bem como um possível erro de arredondamento nos cálculos realizados.

4 CONCLUSÃO

A diferença entre a perda de carga teórica e experimental foi pequena, sendo de 0,0003 m para a primeira vazão e de 0,0005 m para a segunda vazão. Acredita-se que essa variação nos resultados se explica ao fato de algumas grandezas se tratarem de algarismos significativos infinitesimais, gerando assim possíveis erros de arredondamento. Contudo, pode-se afirmar que a vazão tem influência direta sobre a perda de carga.

REFERÊNCIAS

ÇENGEL, Yunus A; CIMBALA, John M. **Mecânica dos fluidos: fundamentos e aplicações**. 3. ed. Trad. Fábio Saltara; Jorge L. Baliño; Karl P. Burr. Porto Alegre: AMGH, 2015.

CETESB. **Ficha técnica de produto químico**. Disponível em: <http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=TETRACLOROETILENO>. Acesso em: 15 maio 2018.

MUNSON, Bruce R; YOUNG, Donald F; OKIISHI, Theodore H. Escoamento viscoso em condutos. In: _____. **Fundamentos da mecânica dos fluidos**. Trad. Euryale de Jesus Zerbini. São Paulo: Edgard Blucher, 1997. v. 2. p. 413-7.



INFLUÊNCIA DO pH NA EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS DO BAGAÇO DE JABUTICABA

Larissa de Oliveira Liberalesso^{1,*}, Nataly Leidens¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*larissaliberalesso@aluno.santoangelo.uri.br

RESUMO

A jabuticaba é uma fruta nativa brasileira rica em compostos bioativos, que pertence à família *Myrtaceae*. Seus frutos são tipo baga globosa avermelhada quase preta, com polpa esbranquiçada e apresenta geralmente uma semente. O seu processamento em produtos como polpas e geleias gera o bagaço, que possui uma grande quantidade de compostos fenólicos. O objetivo deste trabalho foi extrair e quantificar os compostos fenólicos do bagaço de jabuticaba a partir de uma solução hidroetanólica. Desta forma, dois experimentos foram realizados, onde foram avaliadas a mudança do pH e sua influência na extração. A concentração de compostos fenólicos totais foi determinada a partir do método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, expressa em termos de ácido gálico. Os teores de fenólicos extraídos variaram entre 288,37 e 308,50 mgGAE/L. Os resultados mostraram que quanto menor o pH na solução, maior será a quantidade de compostos fenólicos extraídos do bagaço de jabuticaba.

Palavras-chave: *extração, compostos fenólicos, jabuticaba, pH.*

1 INTRODUÇÃO

A fruticultura é um dos setores de grande destaque do agronegócio brasileiro. Através de uma grande variedade de culturas, produzidas em todo o país e em diferentes climas, a fruticultura conquista resultados expressivos e assim gerando oportunidades para os pequenos negócios brasileiros. O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas no mundo, ficando atrás apenas da China e Índia (Sebrae, 2015).

A jabuticabeira é uma árvore frutífera pertencente à família *Myrtaceae*, de ocorrência espontânea em grande parte do Brasil. Seus frutos são tipo baga globosa, com casca avermelhada quase preta, polpa esbranquiçada mucilaginosa, agridoce, e apresenta comumente uma única semente. A jabuticaba é consumida in natura ou na forma de diversos produtos, como licores, sucos, iogurtes, sorvetes e geleias, e apresenta diversas classes de compostos fenólicos. (Lima *et al.*, 2011). O processamento da jabuticaba produz o bagaço, que representa cerca de 50% do total da fruta, em massa (Morales *et al.*, 2016).

Como o bagaço de frutas é gerado em grandes quantidades e é rico em compostos fenólicos, percebe-se a sua potencial aplicação para a extração destes compostos, que podem ser utilizados em diversos ramos da indústria farmacêutica e de alimentos, substituindo produtos sintéticos, como corantes, aditivos alimentícios e

substâncias antioxidantes (Angelo e Jorge, 2007; Morales *et al.*, 2016).

O objetivo deste trabalho foi analisar a influência do pH na extração de compostos fenólicos do bagaço de jabuticaba, utilizando uma solução hidroetanólica como solvente de extração.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Bagaço de jabuticaba

O bagaço de jabuticaba foi adquirido através de agroindústrias locais da região das Missões, no Rio Grande do Sul. O bagaço foi submetido ao processo de secagem em estufa, em temperatura de aproximadamente 50 °C. Depois de seco, o bagaço foi triturado em um moinho de facas, com o intuito de homogeneizar a granulometria dos sólidos.

2.2. Extração dos compostos fenólicos

A extração dos compostos fenólicos foi realizada com 15 g de bagaço de jabuticaba seco e triturado e uma solução aquosa de solvente orgânico (etanol) em um recipiente com agitação, a temperatura ambiente, durante uma hora.

Nos experimentos de extração, foram avaliadas as alterações no pH, com o parâmetro de 70% de etanol e razão solvente soluto de 1:3. O pH da solução foi ajustado com ácido cítrico. Os experimentos foram realizados em triplicata. Após cada experimento, os extratos foram filtrados com

o auxílio de funil e papel filtro. A Tabela 1 apresenta os dois experimentos realizados, com as respectivas quantidades de etanol e água da solução.

Tabela 1. Experimentos de extração de compostos fenólicos (Fonte: o Autor).

Experimento	pH	Volume (água)	Volume (etanol)
1	4	31,5 mL	13,5 mL
2	2	31,5 mL	13,5 mL

2.3 Quantificação dos compostos fenólicos

A análise dos compostos fenólicos totais foi realizada através do método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, com leituras a 765 nm, expresso em equivalente em ácido gálico, em mgGAE/L (Singleton *et al.*, 1999).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta o bagaço de jabuticaba seco e triturado e o extrato do bagaço de jabuticaba obtido em um dos experimentos.

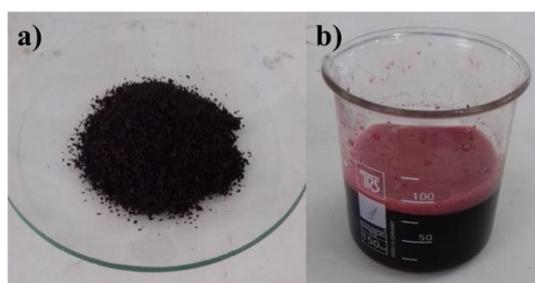


Figura 1. a) Bagaço de jabuticaba seco e triturado; b) Extrato hidroetanólico do bagaço de jabuticaba. (Fonte: o Autor).

A solução hidroetanólica utilizada permite retirar a coloração da casca da jabuticaba, ou seja, os compostos fenólicos. Eles se encontram presentes em plantas e relacionam-se, principalmente, à proteção, conferindo alta resistência a microrganismos e pragas. Nos alimentos, estes compostos podem influenciar o valor nutricional e a qualidade sensorial, conferindo atributos como cor, textura, amargor e adstringência. Na maioria dos vegetais, os compostos fenólicos constituem os antioxidantes mais abundantes. (Everette *et al.*, 2010).

Os resultados obtidos para extração de compostos fenólicos, de pH diferentes, do bagaço de jabuticaba estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados dos experimentos de extração dos compostos fenólicos do bagaço de jabuticaba (Fonte: o Autor).

Experimento	pH	Fenólicos Totais (mgGAE/L)
1	4	288,4 ± 19,7
2	2	308,5 ± 35,0

Os teores de fenólicos totais extraídos foram de 288,37 e 308,50 mgGAE/L, mostrando, desta forma, que o bagaço de jabuticaba representa uma importante fonte destes compostos. O melhor resultado obtido deste trabalho foi no experimento 2, onde foi utilizado o pH mais baixo. Muitos autores descrevem que essa mudança no pH em soluções alcoólicas extratoras de compostos fenólicos com atividade antioxidante, promovem a melhor extração dos mesmos. (Souza-Sartori *et al.*, 2013).

Bordignon *et al.*, (2009) afirma em seu trabalho que quanto mais próximo de 1 o pH, mais ácida a solução e mais eficiente será a quantidade de compostos fenólicos extraídos, já que os valores de absorbância foram significativamente superiores aos demais.

4 CONCLUSÃO

Visando o aproveitamento de resíduos agroindustriais, este trabalho buscou extrair os compostos fenólicos presentes no bagaço de jabuticaba, já que estes compostos apresentam importantes propriedades nutricionais e funcionais e podem ser aplicados em outros produtos, entre eles, nas indústrias alimentícia e farmacêutica. Nos dois experimentos realizados, foram extraídas quantidades de compostos fenólicos de 288,37 e 308,50 mgGAE/L, sendo o melhor resultado obtido foi na condição de menor pH.

REFERÊNCIAS

- ANGELO, PM; JORGE, N, **Compostos fenólicos em alimentos - uma breve revisão**. Rev. Inst. Adolfo Lutz. São Paulo, v. 66, n. 1, 2007.
- BORDIGNON- JR, C.V; FRANCESCOTTO, V; NIENOW, A. A; CABETE, E; REGINATTO, F, H. Influence of the extraction solution pH on the content of anthocyanins in strawberry fruits. **Ciência e tecnologia de alimentos**. Campinas, v. 29, n. 1, p. 183-188, jan/mar. 2009
- EVERETTE, J. D; BRYANT, Q. M; GREEN, A. M;



ABBEY, Y. A; WANGILA, G. W; WALKER, R. B. Thorough study of reactivity of various compound classes toward the Folin-Ciocalteu reagent. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n.14, p. 8139-8144. 2010.

LIMA, A.J.B; CORRÊA, A.D; SACZK, A.A; MARTINS, P.M; CASTILHO, R.O. Anthocyanins, pigment stability and antioxidant activity in jaboticaba [*Myrciaria cauliflora* (Mart.) O. Berg]. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 877-887, 2011.

MORALES, P; BARROS, L; Dias, M.I; SANTOS-BUELGA C; FERREIRA, I.C; RAMIREZ, A.E; BERRIOS J.J. Non-fermented and fermented jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* Mart.) pomaces as valuable sources of functional ingredients. **Food Chemistry**, v. 208, p. 220-227, 2016.

SEBRAE, Agronegócio – **Fruticultura**. Boletim de Inteligência, 2015. Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/64ab878c176e5103877bfd3f92a2a68f/\\$File/5791.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/64ab878c176e5103877bfd3f92a2a68f/$File/5791.pdf). Acesso em: 10 de mai de 2018.

SINGLETON, VL; ORTHOFER, R; LAMUELA-RAVENTÓS, R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods of Enzymology**, v. 299, p. 152-178, 1999.

SOUZA-SARTORI, J. A da; SCALISE, C; BAPTISTA, A. S; LIMA, R. B; AGUIAR, C. L. Parameters of influence on extraction of phenolic compounds from sugarcane tops with total antioxidant activity. **Bioscience**, Uberlandia, v. 29, n. 2, p. 297-307, Marc/apr. 2013.

MODELAGEM DE UMA COLUNA DE DESTILAÇÃO DIFERENCIAL

Gabriela Menin^{1,*}, Emanuele dos Santos Silva¹, Tiago Medeiros Heirich¹, Enrique Chaves Peres¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*gabrielamenin@aluno.santoangelo.uri.br

RESUMO

A destilação diferencial é também conhecida como destilação simples. A carga líquida é colocada no refeedor e aquecida até sua temperatura de ebulição, sendo o vapor formado removido por meio de um condensador. Tanto o vapor, que se encontra no componente mais volátil, como o líquido residual do refeedor, podem ser o produto da operação. A simulação adequada pode levar a qualquer indústria benefícios de um valor muito elevado. Ela permite o estudo do estado transitório de processos complexos, sem a necessidade de conduzir testes nos processos reais. Neste trabalho, a simulação foi realizada para uma unidade de destilação diferencial de uma mistura de benzeno e tolueno, com a finalidade de obter a composição do líquido após o processo de destilação. Para realização da simulação, utilizou-se como ferramenta o simulador MatLab. A unidade de destilação diferencial foi simulada levando em conta a condição inicial dos dados para x e y no equilíbrio, com posterior cálculo realizado por polinômio de ordem 4. Após, fixou-se os valores iniciais de entrada na alimentação e parâmetros. Encerrou-se o programa com as condições de resolução, e limites, assim como a plotagem do gráfico de equilíbrio, obtendo uma composição de 0,3983.

Palavras-chave: *modelagem, destilação diferencial, benzeno, tolueno.*

1 INTRODUÇÃO

A destilação consiste em um processo de separação física de uma mistura em dois ou mais componentes que possuem diferentes pontos de ebulição por, preferencialmente, vaporizar o componente mais volátil para fora da mistura (KISTER, 1992).

A destilação diferencial é um processo intermitente, em que a mistura a ser destilada é carregada em um tanque na base do destilador e a mistura é aquecida até o seu ponto de bolha. Neste ponto inicia-se ebulição e a mistura é mantida em ebulição, enquanto o destilado é continuamente removido como vapor e condensado a um produto líquido externamente ao destilador (MAYER, 2010).

O MATLAB, conhecido também por Matrix Laboratory, é um software iterativo voltado para computação numérica e visualização de alto desempenho, que oferece uma vasta biblioteca de funções pré-definidas, as quais são usadas, por exemplo, para resolver problemas de otimização, manipulação algébrica, redes neurais, processamento de sinais, simulação de sistemas dinâmicos, entre outros. Os comandos do MATLAB podem ser escritos quase que de maneira similar a forma como se escreve as expressões algébricas, tornando-o desta forma uma ferramenta de simples utilização (SANTOS e FONSECA, 2014).

Neste trabalho, utilizou-se o MATLAB para determinar a composição do líquido de uma

solução de benzeno-tolueno após o processo em uma unidade de destilação diferencial.

2 MATERIAL E MÉTODO

Na destilação diferencial simples, o líquido é aquecido lentamente até o ponto de ebulição e o vapor é coletado e condensado. A Figura 1 mostra um aparato simples de destilação em lote de estágio único.

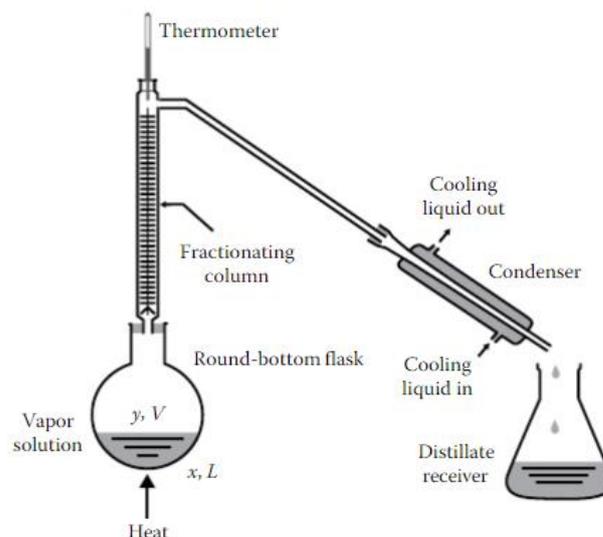
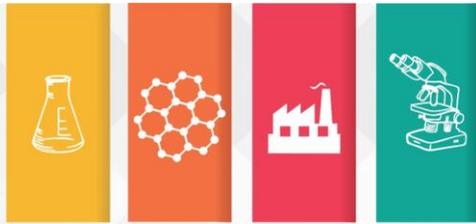


Figura 1. Aparato simples de uma destilação em estágio único (Fonte: Yeong Koo Yeo).



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



No início, o vapor condensado contém a fração mais rica do componente mais volátil. Mas, enquanto a vaporização continua, sua concentração diminui. A concentração do componente mais volátil, x , na solução líquida (L) muda através do tempo. Assim, podemos formular a equação usando o balanço de massa baseado no componente mais volátil.

Seja dx a mudança da concentração do componente mais volátil no líquido da solução, dL a quantidade fracionada do líquido evaporado, e y a concentração do componente mais volátil no vapor (V). A equação do balanço é representada pela Equação 1.

$$xL = (x - dx)(L - dL) + ydL$$

$$= xL - Ldx - x dL + dx dL + ydL \quad \text{Equação 1}$$

A magnitude do termo $dx dL$ é insignificante em comparação com outros termos nesta equação. Logo, surge a representação pela Equação 2.

$$xL = xL - Ldx - x dL + ydL \quad \text{Equação 2}$$

O rearranjo da Equação 2 equivale a Equação 3.

$$-\frac{dL}{L} = \frac{dx}{x - y} \quad \text{Equação 3}$$

Com a integração de ambos os lados da Equação 3 obtém a Equação 4.

$$-\ln \frac{L_2}{L_1} = \int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{x - y} \quad \text{Equação 4}$$

Para a modelagem da coluna de destilação diferencial, utilizou-se o pacote computacional MATLAB. O problema a ser resolvido envolvendo a modelagem da coluna diferencial foi retirado do livro *Chemical Engineering Computation with MATLAB*, de Yeong Koo Yeo.

O exemplo pede para determinar a composição do líquido após o processo de destilação. A partir de uma solução contendo 70 mol de benzeno e 50 mol de tolueno pode-se realizar a modelagem de uma coluna diferencial.

A teoria a ser aplicada nesta resolução, parte das características de um processo de destilação diferencial, levando em consideração as leis de equilíbrio, conservação de energia, de

massa e de movimento. O equacionamento utilizado para a resolução da modelagem do problema está descrito ao longo do exemplo anteriormente citado.

Comprovando a consistência dos dados atribuídos ao problema, com o modelo de destilação apresentado, pode-se traçar a solução desejada. Após, pode-se partir para os cálculos e para a modelagem em MATLAB.

Por último, a solução e a validação de todos os dados e resoluções podem ser comprovadas com o término da modelagem.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma solução contendo 70 mol de benzeno e 50 mol de tolueno é destilada usando o aparato de destilação diferencial simples a 1 atm até restarem apenas 50 mol de líquido.

Para calcular a composição do líquido após o processo de destilação, inicialmente, determinaram-se como condição inicial os dados de benzeno (x) e tolueno (y) no equilíbrio, representados na Tabela 1.

Tabela 1. Dados de equilíbrio de fase para mistura de benzeno-tolueno (Fonte: Yeong Koo Yeo).

x	y
0,0	0,000
0,1	0,211
0,2	0,378
0,3	0,512
0,4	0,623
0,5	0,714
0,6	0,791
0,7	0,856
0,8	0,911
0,9	0,959
1,0	1,000

Em seguida, definiu-se que os cálculos seriam realizados por polinômio de 4ª ordem. Fixaram-se os valores iniciais de entrada na alimentação, assim como os parâmetros limitantes a serem seguidos, sendo x_1 igual a 0,5833, V_{fix} correspondente a 0,8755, constante crítica no valor de 0,01 e uma condição de $x_1=x_2$.

Encerrou-se o programa com as condições de resolução, obtendo a quantidade de líquido após o processo de destilação no valor de 0,3983.



4 CONCLUSÃO

O *software* MATLAB demonstrou ser um ótimo simulador de sistemas dinâmicos, eficiente para a determinação da composição do líquido após o processo de destilação de uma mistura de benzeno-tolueno.

NOMENCLATURA

x_L	Concentração do componente mais volátil na solução líquida	[-]
y_V	Concentração do componente mais volátil no vapor	[-]
L_1	Moles iniciais da solução líquida	[mol]
L_2	Moles de líquidos após a evaporação	[mol]

REFERÊNCIAS

KISTER, H. Z. *Distillation Design*. New York: Ed. McGraw-Hill, 1992.

MAYER, F. D. ***Desenvolvimento da tecnologia de destilação apropriada à produção de álcool combustível em pequena escala***. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Processos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

SANTOS, R.; FONSECA, C. N. O *software* MATLAB como auxílio didático - pedagógico. In: EREMATSUL- Encontro Regional De Estudantes de Matemática da Região Sul, Bagé-RS, 2014, p. 348 - 359.

YEO, Yeong Koo. ***Chemical Engineering Computation with MATLAB***. Boca Raton: Taylor & Francis, CRC Press, 2017.



MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE EVAPORADOR DE SIMPLES EFEITO

Jéssica Annaira da Silva Krüger^{1,*}, Ana Cristina Steffen¹, Cacieli da Costa¹, Gabriele Kuhn Dupont¹, Júlia Cristina Diel¹, Enrique Chaves Peres¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*jessicaakruger@aluno.santoangelo.uri.br

RESUMO

A evaporação é uma operação unitária que tem como objetivo aumentar a concentração de um soluto dissolvido em uma solução, por meio da transferência de calor. Com o objetivo de calcular área de troca térmica e a quantidade de vapor consumida de um evaporador, realizou-se a modelagem e a simulação de um evaporador simples efeito através dos Elementos de Modelagem. Os resultados obtidos foram satisfatórios, pois conseguiu-se encontrar os valores desejados de calor e de troca térmica ao final da simulação realizada no MATLAB, que foram iguais a $1,9079E+10^7$ J/s e $5,2936E+10^2$ m², o que valida a simulação feita.

Palavras-chave: *evaporador, simples efeito, modelagem, simulação.*

1 INTRODUÇÃO

Sistemas de evaporação são equipamentos de separação com larga aplicação na indústria química e de processamento químico (WESTPHALEN *et al.*, 1999). O objetivo primário da evaporação é remover o solvente – normalmente a água – de uma solução para aumentar a concentração de soluto.

Segundo SCHUINA *et al.* (2009), o processo de evaporação consiste, basicamente, na entrada de uma solução menos concentrada e na produção de uma solução mais concentrada, através da transferência de calor.

Neste trabalho, foi realizada a modelagem e a simulação de um evaporador de simples efeito, a fim de concentrar uma concentração de colóide orgânico, e calcular área de troca térmica e a quantidade de vapor consumida.

2 MATERIAL E MÉTODO

Para a modelagem e simulação do evaporador de simples efeito, utilizou-se os Elementos de Modelagem. Na etapa de descrição do processo e definição do problema, descreveu-se o evaporador que deveria ser simulado, bem como a vazão e temperatura de entrada, as pressões do sistema e o coeficiente global de transferência de calor.

Em seguida aplicou-se a teoria de evaporadores e verificou-se quais leis fundamentais (balanços de massa, de energia, de movimento e equações de equilíbrio) eram necessárias para o processo.

Após a aplicação das leis fundamentais, realizou-se o equacionamento do evaporador e fez-se algumas considerações para a simulação do equipamento.

Posteriormente, verificou-se a consistência das variáveis e a solução desejada para a simulação. Realizou-se a simulação no *software* MATLAB e comparou-se o resultado obtido com a solução desejada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Descrição do processo e definição do problema

Um evaporador de simples efeito é empregado para concentrar 29.000 lb/h de uma solução de colóide orgânico a 25% para uma solução a 60%. A temperatura de alimentação é de 60° F. Suponha que a elevação do ponto de ebulição seja insignificante, que as propriedades físicas da solução sejam semelhantes às da água e que a entalpia específica da solução (hp) seja a mesma do vapor (hv). A pressão absoluta do vapor saturado é de 25 psi, a pressão absoluta no espaço de vapor é de 1,69 psi e o coeficiente global de transferência de calor é de 300 Btu/ft².hr.°F. Diante dessas condições, calcular para um evaporador de simples efeito a superfície de aquecimento necessária (ft²) e a quantidade de vapor consumida (lb/h).

3.2 Teoria e aplicação das leis fundamentais

Na evaporação, o vapor de uma solução líquida fervente é removido e uma solução mais

concentrada permanece. As propriedades da solução que está sendo concentrada e do vapor sendo removido são muito importantes no tipo de evaporador usado e na pressão e temperatura do processo de evaporação. Os fatores a serem considerados na operação incluem concentração do líquido, formação de espuma, solubilidade, deposição de incrustações e materiais de construção.

Em um evaporador de efeito único, o calor latente de condensação do vapor é transferido através de uma superfície de aquecimento para vaporizar o solvente de uma solução fervente. Dois equilíbrios de entalpia são necessários: um para o lado do vapor e outro para o lado da solução. Supõe-se que o superaquecimento e o subresfriamento do condensado são insignificantes.

3.3 Equacionamento

A diferença entre a entalpia do vapor e a do condensado é representada pelo calor latente de condensação do vapor, conforme o descrito na Equação 1.

$$q_s = m_s(h_s - H_s) = -m_s\lambda_s \quad \text{Equação 1}$$

O balanço de entalpia para o lado da solução é apresentado na Equação 2.

$$q = (m_f - m_p)H_v - m_f h_f + m_p h_p \quad \text{Equação 2}$$

Para o cálculo da área do evaporador, utilizou-se da Equação 3.

$$A = \frac{q}{U(T_s - T_v)} \quad \text{Equação 3}$$

Utilizou-se também a função *sinevap* que converte as unidades de temperatura e pressão em K e Pa, respectivamente; encontra as temperaturas de saturação do vapor e da solução; calcula as propriedades na temperatura de saturação por meio da função *satsteam*; e determina q e A do balanço de massa.

3.4 Considerações

As considerações feitas para a modelagem foram: As perdas de calor são desprezíveis; o Cp da solução e do vapor é constante; o coeficiente global de transferência de calor é constante; a mistura é perfeita em ambas as fases; a massa

específica é constante; o vapor comporta-se como gás ideal.

3.5 Consistência

As unidades abordadas na modelagem foram principalmente as de pressão e temperatura, onde as mesmas foram convertidas em K e Pa a partir da função *sinevap* detalhada na programação.

Utilizou-se também ao decorrer da programação, unidades de densidade, volume, entalpia, entropia, por final acha-se área e o valor do calor.

3.6 Solução e validação

Os valores encontrados após a simulação no MATLAB foram os esperados, com a quantidade de vapor consumida igual a $1,9079E+10^7$ J/s e a superfície de aquecimento necessária igual a $5,2936E+10^2$ m², o que valida a simulação feita.

4 CONCLUSÃO

Após a utilização dos Elementos de Modelagem que incluem todo o detalhamento do projeto, conhecimento do problema, utilização das teorias, equacionamentos, considerações e consistências, solução desejada, modelagem e matemática e a validação do sistema, observou-se que a simulação no MATLAB foi satisfatória, pois apresentou os resultados esperados a partir da modelagem empregada no programa.

NOMENCLATURA

h_s	Entalpia específica do condensado	[J/kg]
H_s	Entalpia do vapor	[J/kg]
m_s	Taxa de fluxo de vapor	[kg/s]
q_s	Taxa de transferência de calor do vapor	[J/s]
λ_s	Calor latente de condensação de vapor	[J]
h_f	Entalpia específica do licor	[J/kg]
H_v	Entalpia do vapor	[J/kg]
h_p	Entalpia específica da solução concentrada	[J/kg]
q	Taxa de transferência de calor da solução líquida	[J/s]
A	Área de transferência de troca térmica	[m ²]
U	Coeficiente global de transferência de calor	[W/m ² .K]



T_s	Temperatura de vapor saturado	[K]
T_v	Temperatura do vapor que deixa o evaporador	[K]

REFERÊNCIAS

SCHUINA, G. L.; COSTA, A. O. S. da; COSTA JUNIOR, E. F. da. Modelagem Matemática de evaporadores de múltiplo efeito empregados na concentração de extrato de café. VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA. Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Uberlândia, 2009.

WESTPHALEN, D. L. et al. Modelagem, simulação e otimização de processos de evaporação. 1999. Tese (Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas.

MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE TRÊS REATORES CSTR EM SÉRIE UTILIZANDO SOFTWARE MATLAB

Ariele dos Santos Pirola^{1*}, Bruna Luísa Weschenfelder¹, Juliane Falk Bueno¹, Rogerio Lodi¹, Enrique Chaves Peres¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*arieledspirola@aluno.santoangelo.uri.br

RESUMO

O uso de modelos ideais, como os reatores de tanque agitado (CSTR), são comuns na modelagem de reatores, já que este tipo de reator trabalha em modo contínuo, ou seja, parâmetros como: temperatura, concentração e velocidade de reação, não dependem do tempo e posição do reator, facilitando assim sua simulação em programas de modelagem. Assim, foi utilizado o software de modelagem e simulação (MATLAB) para determinar as quantidades de reagente consumido e produto formado em um sistema de três reatores CSTR's em série. Para isto, utilizou-se elementos de modelagem, os quais foram estudados na matéria de modelagem e simulação de processos, para definir os parâmetros necessários para a simulação. Os resultados gerados pelo programa foram satisfatórios, pois foram muito próximos ao da literatura, onde foi determinado que as concentrações aumentaram de acordo com o tempo.

Palavras-chave: *modelagem e simulação, software, reatores, CSTR's em série.*

1 INTRODUÇÃO

É extremamente comum na modelagem de reatores a utilização de modelos ideais simples, sendo um deles o reator de tanque agitado e contínuo (CSTR) (NAKAMA, 2016).

Além disto, segundo Mota e Vieira (2015), por ser feita a consideração de perfeitamente misturado, conseqüentemente, parâmetros como: temperatura, concentração e velocidade de reação, não dependem do tempo e nem da posição dentro do reator.

Neste trabalho, utilizou-se considerações e definições de modelagem a partir de dados do exemplo do livro de Luyben (1996), para a simulação de um sistema de três reatores CSTR's em série a partir do software de modelagem e simulação MATLAB.

2 MATERIAL E MÉTODO

O sistema é composto por três reatores CSTR's isotérmicos em série, como apresenta a Figura 1. Onde o produto B é produzido e o reagente A é consumido em cada um dos reatores. Isto posto, considerando-se que se trata de um sistema binário, utiliza-se apenas um componente para arbitrar as equações de continuidade, neste caso, foi usado o componente A.

Para definir a quantidade de reagente A consumido, em cada reator, utilizou-se o software de modelagem e simulação MATLAB.

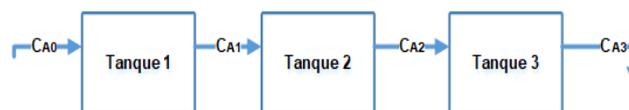


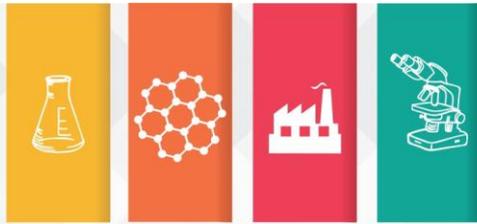
Figura 1. Representação de três CSTR's em série (Fonte: os autores).

Nas condições iniciais temos: $C_{A1} = 0,4 \text{ kg.mol de A/m}^3$, $C_{A2} = 0,2 \text{ kg.mol de A/m}^3$ e $C_{A3} = 0,1 \text{ kg.mol de A/m}^3$. Assumindo que no tempo zero C_{A0} é $1,8 \text{ kg.mol de A/m}^3$. O parâmetro τ é 2 minutos e o valor de k é $0,5 \text{ min}^{-1}$, a reação ocorre em primeira ordem.

Para determinar as equações do sistema utilizou-se a lei de conservação de massa, onde, foi desconsiderado a conservação de energia, pois assumiu-se como uma operação isotérmica, logo a temperatura é constante em todo o sistema, não havendo troca de calor no mesmo.

Além disto, também foi considerado que o volume e as massas específicas das correntes do reator são iguais, já que é uma mistura binária de A e B. Portanto, a alimentação também é regular em todos os tanques, porém, podendo variar com o tempo.

Logo, isso consiste em um número de variáveis iguais ao número que equações, assim, determinou-se as variáveis C_{A1} , C_{A2} , C_{A3} , a partir das Equações 1, 2 e 3, que representam o cálculo



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



das concentrações dos produtos gerados em cada reator, sabendo que a força motriz (variável de entrada conhecida) é C_{A0} .

$$\frac{dC_{A1}}{dt} = \frac{1}{\tau}(C_{A0} - C_{A1}) - kC_{A1} \quad \text{Equação 1}$$

$$\frac{dC_{A2}}{dt} = \frac{1}{\tau}(C_{A1} - C_{A2}) - kC_{A2} \quad \text{Equação 2}$$

$$\frac{dC_{A3}}{dt} = \frac{1}{\tau}(C_{A2} - C_{A3}) - kC_{A3} \quad \text{Equação 3}$$

A solução desejada para este sistema, era de que a concentração de A aumentasse ao longo do tempo em cada reator. Para isso, aplicou-se os dados determinados a partir das considerações no software de modelagem e simulação MATLAB.

A solução, para a validação do sistema, foi determinada comparando-se os resultados obtidos com os dados da literatura.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com todas as especificações do processo, aplicou-se os dados no programa em duas partes, sendo a primeira parte com as especificações do processo, e a segunda, com as especificações de equacionamento, respectivamente.

A partir da modelagem no software, obteve-se os dados de concentração ao longo do tempo, que são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Concentração do produto em cada reator ao longo do tempo (Fonte: Os autores).

T (min)	C_{A1} (kg/mol.m ³)	C_{A2} (kg/mol.m ³)	C_{A3} (kg/mol.m ³)
0	0.4	0.2	0.1
0.1	0.4471	0.2014	0.1000
0.2	0.4901	0.2045	0.1002
0.3	0.5292	0.2093	0.1005
0.4	0.5646	0.2153	0.1010
0.5	0.5965	0.2224	0.1019
0.6	0.6255	0.2304	0.1029
0.7	0.6516	0.2388	0.1043
0.8	0.6752	0.2477	0.1059
0.9	0.6966	0.2568	0.1078

1	0.7159	0.2660	0.1100
1.1	0.7334	0.2753	0.1124
1.2	0.7492	0.2844	0.1150
1.3	0.7634	0.2933	0.1178
1.4	0.7765	0.3021	0.1208
1.5	0.7883	0.3106	0.1239
1.6	0.7989	0.3188	0.1271
1.7	0.8085	0.3267	0.1303
1.8	0.8172	0.3343	0.1337
1.9	0.8250	0.3416	0.1370
2	0.8321	0.3485	0.14044

Com os dados da Tabela 1, o software MATLAB plotou o gráfico presente na Figura 2, na qual constatou-se que a concentração no sistema teve um aumento gradual com o decorrer do tempo, conforme a solução desejada.

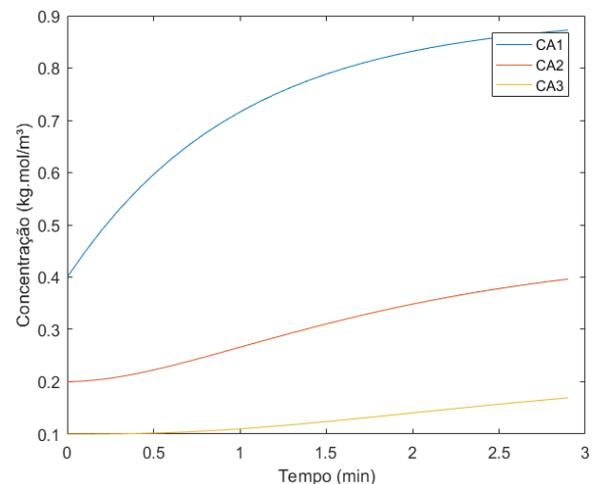


Figura 2. Concentração versus tempo, gerados pelo software MATLAB (Fonte: Os Autores).

A concentração de A aumentou mais no tanque 1, já no mesmo a concentração de A no início já era maior que nos outros tanques.

4 CONCLUSÃO

Ao analisar os dados obtidos na modelagem e simulação do conjunto de reatores CSTR em série, é possível afirmar que os resultados estão de acordo com a solução desejada. As concentrações de A aumentaram ao longo do tempo e o tanque 1 teve um aumento maior, pois já tinha uma concentração inicial maior.



Sendo assim, os resultados encontrados na simulação foram de acordo com o desejado pela literatura, podendo ser considerados satisfatórios.

NOMENCLATURA

C_{A0}	Concentração inicial	[kg.mol/m ³]
C_{A1}	Concentração do tanque 1	[kg.mol/m ³]
C_{A2}	Concentração do tanque 2	[kg.mol/m ³]
C_{A3}	Concentração do tanque 3	[kg.mol/m ³]
k	Constante de velocidade	[min ⁻¹]
τ	Parâmetro de tempo	[min]
t	Tempo	[min]

REFERÊNCIAS

LUYBEN, W. L. **PROCESS MODELING, SIMULATION AND CONTROL FOR CHEMICAL ENGINEERS**. 2. ED. [S.L.]: MCGRAW-HILL, 1996.

MOTA, M. V. D. C.; VIEIRA, F. T. Análise do reator do tipo tanque agitado (CSTR): comportamento dinâmico na partida e estabilidade da operação estacionária. **XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica - COBEQ XI**, Campinas, 19 a 22 jul. 2015. 6.

NAKAMA, C. S. M. **Modelagem estocástica da dispersão axial: aplicação em um reator tubular de polimerização**. Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 70. 2016.



PREPARO DE AROMATIZANTE ARTIFICIAL: ACETATO DE ISOAMILA

Alexandra Hanus¹, Carmem Salete Glassmann¹, João Vitor Machry¹, Daiane Skupin da Silva²

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Ciências da Saúde, Curso de Farmácia

*alexandra_hanuss@hotmail.com

²Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Curso de Engenharia Química e Curso de Farmácia

RESUMO

Aromatizantes artificiais, como ésteres que são característicos de aromas de frutas, por exemplo, e podem ser sintetizados em laboratório. Estas sínteses orgânicas têm grande aplicação na indústria química, de alimentos e farmacêutica. O presente trabalho teve por objetivo a síntese do acetato de isoamila, responsável pelo aroma da banana, por meio da reação de esterificação de Fischer. Utilizou-se 12 mL de ácido acético glacial e 10 mL álcool isoamílico na presença de 0,5 mL de ácido sulfúrico concentrado como catalisador. A mistura foi submetida a aquecimento e refluxo por uma hora. O produto da síntese foi purificado por destilação fracionada (140 °C). O rendimento obtido foi de 54,9% e, provavelmente, pode estar associado à possíveis perdas dos reagentes por evaporação, transferência de volumes e na própria filtração. Como um indicativo da pureza, realizou-se a determinação do ponto de ebulição do éster produzido. O resultado obtido experimentalmente foi 148 °C e o valor referenciado na literatura é 149 °C.

Palavras-chave: *síntese, aromatizante, acetato de isoamila.*

1 INTRODUÇÃO

Na indústria de medicamentos, os ésteres estão presentes tanto no revestimento de cápsulas quanto na composição química do princípio ativo (Oliveira et al., 2014).

Também são utilizados como flavorizantes. Estes conferem aos alimentos e medicamentos aromas e sabores característicos. Normalmente, são usados como aditivos para realçar o aroma de uma bebida ou de um alimento. Na maior parte das vezes, o aroma encontrado em alimentos industrializados é devido a essas substâncias sintéticas (Oliveira et al., 2014).

Ésteres, principalmente os de baixas massas moleculares e alta volatilidade são comumente encontrados em aromas de flores e frutas. As bananas, por exemplo, durante o seu amadurecimento, produzem substâncias voláteis como o acetato de isoamila (Oliveira et al., 2014; Stracke e Nunes, 2017).

A síntese de ésteres pode ser convencionalmente realizada pelo aquecimento de um ácido carboxílico na presença de um álcool e de um catalisador ácido (Roesler et al., 2017; Stracke e Nunes, 2017).

O objetivo do presente trabalho foi sintetizar acetato de isoamila por meio de uma reação de esterificação entre álcool isoamílico e ácido acético utilizando ácido sulfúrico como catalisador.

2 MATERIAL E MÉTODO

Em um balão de fundo redondo, misturou-se 12,0 mL de ácido acético glacial com 10,0 mL de álcool isoamílico. Cuidadosamente, acrescentou-se 0,5 mL de ácido sulfúrico concentrado e, então, pérolas de porcelana. O procedimento foi feito em capela de exaustão. Agitou-se manualmente o balão e submeteu-o a refluxo por uma hora e com temperatura controlada, de maneira que o vapor alcance somente 1/3 do comprimento do tubo interno do condensador evitando o escapamento do vapor.

Terminado o refluxo, deixou-se a mistura reacional esfriar a temperatura ambiente.

Utilizando-se um funil de separação, lavou-se a mistura com 40,0 mL de água destilada e em seguida com duas porções de solução de bicarbonato de sódio saturado. Secou-se o éster com sulfato de sódio anidro e filtrou-se por gravidade.

O filtrado foi submetido à destilação fracionada e o líquido destilado (entre 136 e 143 °C) foi coletado. Pesou-se e calculou-se o rendimento por meio da Equação 1:

$$\text{Rendimento}\% = \frac{\text{massa real}}{\text{massa teórica}} \times 100$$

(Equação 1)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste experimento foi sintetizado o acetato de isoamila (acetato de 3-metilbutila), um éster muito usado em processos de aromatização. O acetato de isoamila tem um forte odor de banana, quando não está diluído, e um odor remanescente de pera, quando diluído em solução. O método mais comum e mais utilizado em processos industriais e em escala de laboratório para obtenção de ésteres é a reação reversível entre um ácido carboxílico e um álcool. O acetato de isoamila foi preparado a partir da reação entre álcool isoamílico e ácido acético, usando como catalisador ácido sulfúrico como observado na Figura 1.

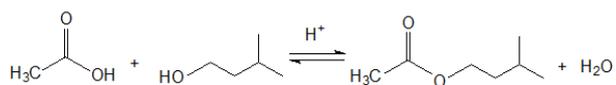
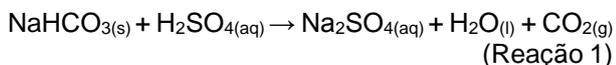


Figura 1. Reação de esterificação entre ácido acético e álcool isoamílico (Fonte: o Autor).

A reação é conhecida como reação de esterificação de Fisher, gera água e é beneficiada pelo aumento da temperatura do meio reacional.

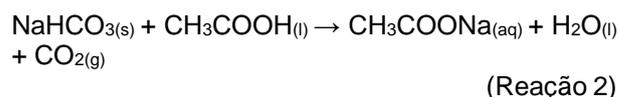
O catalisador ácido utilizado é um dos parâmetros que interferem na reação de esterificação. O rendimento é favorecido pela presença de um catalisador ácido de Bronsted-Lowry (espécie doadora de prótons), para tanto utilizou-se o ácido sulfúrico. A ausência do catalisador ácido, em condições normais de pressão e temperatura, faz com que a reação ocorra lentamente, devido a sua reversibilidade característica, apresentando uma constante de equilíbrio de aproximadamente 4,20.

Após a síntese, o ácido sulfúrico permanece dissolvido no meio reacional pois o processo catalítico convencional consiste na catálise homogênea com ácido. Para retirada das substâncias ácidas presentes no meio empregou-se lavagens com água destilada e lavagem aquosa alcalina com solução de bicarbonato de sódio, visando à separação do éster, como pode ser observado na Reação 1.



Ainda, para aumentar o rendimento usou-se ácido acético em excesso, aplicando o princípio

de Le Chatelier. A adição de solução alcalina também promove a remoção do excesso de ácido acético do meio reacional como mostra a Reação 2.



O uso de sulfato de sódio anidro foi utilizado como agente secante devido a sua capacidade de se ligar as moléculas de água formando hidratos.

A purificação do produto final foi feita por meio de destilação fracionada controlando e observando a temperatura aproximada de 140 °C durante o processo.

A massa de acetato de isoamila obtida experimentalmente que foi de 6,57 g.

Realizou-se cálculos estequiométricos considerando o reagente limitante (álcool isoamílico), o reagente em excesso (ácido acético) e suas respectivas massas molares. Com estes dados obteve-se uma massa teórica de 11,96 g do acetato de isoamila.

Tabela 1. Dados para cálculos de rendimento.

	Massa Molar (g/mol)	Densidade a 20 °C (g/cm ³)
Acetato de isoamila	130,19	0,87
Ácido acético	60,05	1,05
Álcool isoamílico	88,14	0,81

Obteve-se 54,9% de rendimento na síntese de acetato de isoamila.

4 CONCLUSÃO

O baixo rendimento de algumas sínteses orgânicas se deve a possíveis perda de reagentes por evaporação, perda de material durante as transferências de medições e pelas filtrações. Como indicativo de pureza do produto sintetizado fez-se a determinação do ponto de ebulição do acetato de isoamila e como resultado experimental obteve-se 148 °C, de acordo com o valor teórico (149 °C).

REFERÊNCIAS

1. OLIVEIRA, C. A. *et al.* Síntese de Ésteres de Aromas de Frutas: Um Experimento para Cursos de



Graduação dentro de um dos Princípios da Química Verde. **Rev. Virtual Quim.**, 2014, 6 (1), 152-167.

2. ROESLER, B. C. S. *et al.* Síntese de ésteres de isoamila por diferentes lipases microbianas comerciais. **Revista Ciência e Tecnologia**, Campinas, v. 20, n. 37, p. 25 - 30, 2017.

3. STRACKE, M. P. e NUNES, I. S. **Experimentando a Química Orgânica**: 1ed. Curitiba: Appris Editora, 2017.



PROTÓTIPO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS

Cristiane Fernanda Lautharte^{1,*}, Andressa Tainá Maboni¹, Fabiana Rosa Kinsel¹, Taynan José Bender¹, Isaac dos S. Nunes¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*crys_lautharte@hotmail.com

RESUMO

A estação de tratamento de águas (ETA) tem por objetivo remover as impurezas físicas e químicas de uma amostra de um corpo d'água, e transformar esse afluente em água própria para o consumo humano, dentro da legislação vigente. O processo de tratamento do protótipo passa pelas etapas de gradeamento, floculação e coagulação, sedimentação e decantação, e por fim o filtro de carvão ativado, o resultado final da amostra de água tratada alcançou resultados com uma redução dos parâmetros que foram analisados. O parâmetro de sólidos chegou a 1 mg/L, turbidez 6,17 UT e o pH 7,77.

Palavras-chave: *Estação de tratamento, afluente, protótipo.*

1 INTRODUÇÃO

As principais etapas de uma estação de tratamento de águas são: gradeamento; coagulação e floculação; sedimentação e decantação e a filtração. O gradeamento é composto por grades que tem a função de reter os resíduos sólidos grandes, a fim de evitar que eles passem para as etapas seguintes. A coagulação é a etapa onde são adicionados reagentes para auxiliar no processo, neste caso utilizou-se o cloreto férrico, que é adicionado ao afluente com agitação rápida. O objetivo dessa agitação é para formar coágulos, que serão compostos por partículas que estão em suspensão, e esses coágulos promoveram colisões entre as partículas desestabilizadas formando assim coágulos maiores, e então é encaminhado para o sedimentador. Segundo Von Sperling (1996) a sedimentação é uma operação física de separação de partículas sólidas com densidade superior à do líquido circundante, onde a velocidade é bem baixa e as partículas se acumulam no fundo formando à camada de lodo, enquanto isso o líquido sobrenadante torna-se clarificado e decanta para a próxima etapa.

Segundo Matos (2015) a filtração consiste em separar os materiais sólidos contidos em um fluido, atravessando a membrana porosa e permeável, essa passagem acontece devido à diferença da pressão entre os meios. O filtro é composto inicialmente por uma camada de carvão ativado, areia fina, areia grossa e por último a pedra brita. O carvão ativado é um material poroso e através do

mecanismo de adsorção é capaz de eliminar cor, óleos e odor.

Von Sperling (2014) classifica as impurezas dos afluentes em três categorias: físicas (sólidos); químicas (matéria em decomposição) e biológicas (micro-organismos). Após o afluente passar pelos processos de tratamento, podemos garantir que esse efluente está livre de elementos químicos e físicos que são um risco a saúde. Porém essa água não é potável, pois não passou pelo processo de desinfecção para matar os micro-organismos patogênicos.

Com a construção do protótipo da ETA pode-se observar várias operações unitárias em escala laboratorial, e com isso aprimora-se o conhecimento sobre o assunto de tratamento de águas.

2 MATERIAL E MÉTODO

Para a construção da ETA utilizou-se cano PVC, garrafas retornáveis de 20 L, grades de alumínio, mangueira de silicone, madeiras, fogareiro, areia grossa e fina, pedras brita, equipo de soro, agitador, e cloreto férrico como reagente.

Inicialmente produziu-se o carvão ativado, cortando pedaços pequenos de madeira porosa e colocando-as dentro de um recipiente de alumínio sob pressão até que todo o oxigênio fosse consumido.

Na sequência foram feitos cortes e furos nas garrafas, com o auxílio de uma serra mármore. Logo após, montou-se a parte do gradeamento com o auxílio de cola de para brisa, e também a parte de encanamento para fazer a ligação entre uma seção

e outra. Por fim montou-se o filtro de carvão ativado, que contém camadas de carvão, areia grossa padronizada do Rio Tietê, areia fina de construção e pedras britas. Feito isso se realizou também testes de coagulação, para saber quanto de reagente (cloreto férrico 1%) seria necessário para coagular na vazão requerida.

Após posicionar todas as etapas do tratamento, conforme Figura 1, realizaram-se testes no início e no final do processo para verificar os parâmetros de qualidade da água obtida.



Figura 1: Protótipo da estação de tratamento de água (Fonte: Os Autores).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foi realizada a medição da vazão no protótipo da estação de tratamento através da Equação 1:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{1000}{80} = 12,5 \text{ mL/s} \quad \text{Equação 1}$$

Como identificamos uma vazão baixa, utilizou-se o coagulante cloreto férrico na concentração de 1%, e realizou-se Jar test para encontrar a quantidade necessária para a coagulação do efluente, os resultados do Jar test são apresentados na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1: Resultados dos testes de floculação (Os Autores).

Cloreto férrico 1mL	Resultado
1,5	Não floculou
2,0	Pouca floculação
2,5	Boa floculação
3,0	Boa floculação

Cloreto férrico 1mL	Resultado
4,0	Demorou para flocular

A partir desses resultados observou-se que com 4 mL foi encontrado o excesso de reagente, e por isso a escolha de 3 mL, por apresentar uma boa floculação.

Coletou-se o afluente do rio Itaquarinchim para realizar o tratamento no protótipo e analisaram-se as amostras antes e após o tratamento, que apresentaram os resultados conforme a Tabela 2 a seguir.

Tabela 2: Resultados analíticos (Os Autores).

Amostras	Início	Final	Portaria 518
pH	8,20	7,77	6,0 a 9,5
Sólidos	50 mg/L	1 mg/L	1000 mg
Turbidez	30,5 UT	6,17 UT	2,0 UT

O parâmetro pH antes do tratamento encontrava-se levemente alcalino, após passar pelo protótipo ficou mais próximo ao neutro ficando dentro do resultado exigido pela legislação, conforme a Portaria nº 518 de 2004 que estabelece os parâmetros e limites permitidos para o consumo humano.

A turbidez é um parâmetro que indica a qualidade visual da água, e é importante para o controle dos processos da ETA, no qual apesar de uma redução de 79% comparando o afluente inicial com o final, não atingiu-se o resultado exigido pela Portaria nº 518.

O resultado de sólidos dissolvidos totais também é importante por se tratar de um parâmetro exigido na legislação. As concentrações de sólidos são medidas importantes no controle dos decantadores, e apesar de atingir um resultado da análise muito bom, a amostra de água do rio já estava com o resultado dentro da exigência da portaria nº 518.

O parâmetro turbidez ficou acima do ideal, a amostra de água coletada no rio já estava com o resultado bastante elevado. Uma provável causa para esse resultado é que no dia da coleta estava em um período chuvoso, o que demonstra os impactos que estações chuvosas em conjunto com a falta de vegetação permanente nos rios afetam a qualidade da água.

Segundo Silva (2009) os sólidos totais apresentam picos médios de valores mais elevados em períodos de estiagens. O que explicaria o



resultado da análise do afluente no início já estar dentro do que a legislação exige.

4 CONCLUSÃO

A estação de tratamento de águas utiliza várias operações simples e com baixo custo de operação, levando em conta a eficiência que ela possui. Comparando os resultados obtidos, observou-se a qualidade do tratamento, tendo em vista sua simplicidade.

Os resultado de pH e sólidos dissolvidos totais ficaram dentro da legislação vigente para os valores máximos permitidos para o consumo humano, no entanto o valor de turbidez não foi atingido, sendo necessário um melhoramento nas etapas do processo.

NOMENCLATURA

Q	Vazão	[mL/s]
V	Volume	[mL]
t	tempo	[s]

REFERÊNCIAS

MATOS, Simone Pires de. Operações Unitárias: fundamentos, transformações e aplicações dos fenômenos físicos e químicos. 1.ed. São Paulo: Érica, 2015

VON SPERLING, Marcos. Princípios básicos do tratamento de esgoto. Belo Horizonte: DESA, UFMG; 1996.

VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade da água e ao tratamento de esgotos. 4.ed. Belo Horizonte: Editora UFMG; 2014.

BRASIL. Portaria Ministério da Saúde 518, 25 de março de 2004.

SILVA, Ana Paula de Souza; et al. Qualidade da água do reservatório da usina hidrelétrica (UHE) de Peti, Minas Gerais. 2009. 1069 f.Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.



RECICLAGEM, PROCESSO E APLICAÇÕES DE MATERIAIS POLIMÉRICOS LEVES

Camila Moreira Reinaldo^{1,*}, Gabriel da Rosa Lutchemeyer², Guilherme Pellat dos Santos³, Patrícia Siqueira Alves⁴

^{1,2e4} Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

³ Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Mecânica

*camilamoreirareinaldo@gmail.com

RESUMO

O descarte incorreto de resíduos poliméricos leves ocasiona inúmeros problemas ambientais. Animais aquáticos confundem materiais poliméricos com alimento, ocasionando sofrimento e morte destes animais. Como estes materiais apresentam densidade inferior a da água, também acabam poluindo rios e mares, ocasionando entupimento de esgotos e poluição das margens. O objetivo deste artigo é apresentar uma proposta para a reutilização destes materiais, avaliar as propriedades mecânicas dos materiais reciclados, disseminando a cultura da reciclagem de plásticos leves e salientando a educação ambiental para a comunidade local.

Palavras-chave: *reciclagem, plásticos, sustentabilidade.*

1 INTRODUÇÃO

Para os autores Foo e Hameed (2009), nas últimas duas décadas a diminuição na geração de resíduos e a preservação ambiental vêm sendo tópicos dos desafios colocados à sociedade, com foco na reciclagem. Há uma tendência mundial em buscar recursos naturais alternativos em substituição às fibras sintéticas, que sejam ecologicamente corretos, desenvolvendo novos produtos, gerando emprego e renda, utilizando o desenvolvimento de novas tecnologias para a construção civil e em outras áreas onde isto torna-se possível (MARLON, 2009; MOREIRA, 2016).

A coleta de lixo é realizada em quase 90% dos municípios brasileiros, porém, a coleta seletiva, que recolhe o material a ser reciclado, não chega a 15% dos municípios. Muitos dos materiais, que poderiam ser reciclados no Brasil, ainda são destinados a aterros e lixões. O plástico representa 13,5% do total de resíduos sólidos gerados, e é o principal produto reciclável enterrado ao invés de ter a destinação correta da reciclagem (IPEA, 2012).

Uma das vantagens dos polímeros termoplásticos está no processo de reciclagem dos materiais. Após seu uso, estes materiais podem ser lavados, picados, secos e reciclados. Atualmente, temos muitas empresas recicladoras que reaproveitam estes materiais, trazendo eles novamente para o processo de produção.

A fim de facilitar a identificação e a separação de materiais plásticos no processo de reciclagem está regulamentada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), segundo Figura 1.

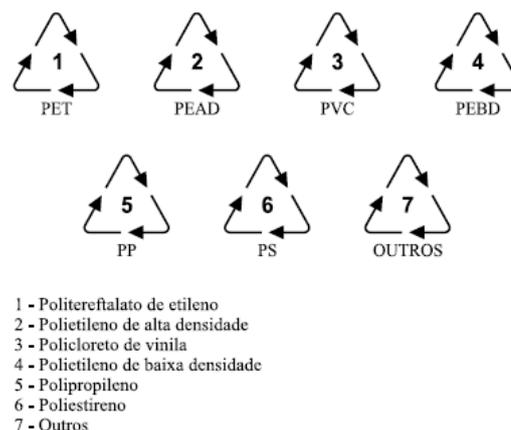


Figura 1-Simbologia utilizada para a identificação e separação de materiais plásticos em processos de reciclagem (ABNT/NBR 13230). Fonte: Forlim, 2002

A sacola plástica de supermercado (Polietileno de alta densidade – PEAD) por ser leve, não é um dos produtos mais procurados na coleta para a reciclagem. Geralmente é reutilizada como saco de lixo, e acaba não sendo reciclada como os outros produtos. Às vezes fica suja e acaba entupindo canos e saídas de esgotos da cidade. O copinho plástico de polipropileno (PP) também é

leve, e devido ao mesmo motivo anteriormente descrito, muitas vezes não são os produtos mais procurados para a reciclagem.

Muitas aplicações de polímeros reciclados são chapas de uso geral na construção civil, pisos, jardineiras, bancos, moerões e cercas rurais. Outra vantagem para seu uso, são preços menos elevados que os de materiais puros.

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1 Coleta de material

Foi realizada a coleta de sacolinhas plásticas e copos plásticos na URI (Universidade Regional Integrada). Após foram limpos e cortados para processamento.

2.2 Obtenção dos Filmes/placas

Os filmes ou placas foram realizados em prensa hidráulica de laboratório, contendo aproximadamente 20 g de material polimérico (PEAD) reciclado na temperatura de 160 °C, com pressão de 4,4 kgf/cm². O material polimérico foi preaquecido em 2 minutos, antes da compressão. Tempo de compressão de 2 minutos; Resfriamento manual até a temperatura ambiente. A Figura 2 apresenta o filme de PEAD reciclado.



Figura 2 – Filme ou placa de PEAD reciclado (sacolinha plástica de mercado). Fonte: Os autores

2.3 Propriedades Mecânicas

Os ensaios mecânicos de tração *versus* deformação, foram realizados no laboratório de materiais da engenharia mecânica, na máquina universal de ensaios com célula de carga 2kN e velocidade de 25 mm/min. A Figura 3 apresenta o corpo de prova do PEAD durante o ensaio de

tração e após sua ruptura. Os ensaios de tração são baseados na norma ASTM D638;

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos ensaios mecânicos estão apresentados na Tabela 1.

Nota: as amostras para o ensaio de tração, escorregavam da garra, devido sua espessura ser menor que 1 mm. Para este problema foi realizado corpos de prova mais espessos, porém até o momento desta pesquisa, estamos achando as novas condições de ensaio pois os mesmos chegam ao limite de alongamento do equipamento sem fratura. Este problema está para ambas amostras de PEAD e PP reciclado

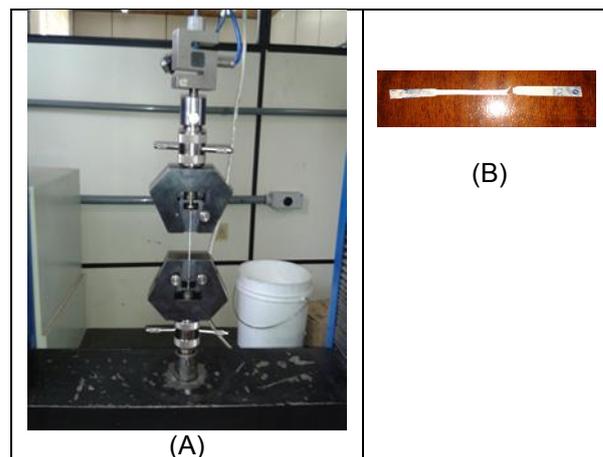


Figura 3 – Ensaio de tração do PEAD: (A) durante o ensaio; (B) após o ensaio; Fonte: Os autores

Tabela 1 – Resultados do ensaio de tração das amostras de PEAD reciclado com as fibras não tratadas.

Amostra	Força máx (N)	Alongamento (mm)	Área (mm ²)	Tensão Máx (Mpa)	Módulo Elástico (Mpa)
PEAD rec	50	105,4	5,1	9,6	91,17

4 CONCLUSÃO

A reciclagem de materiais plásticos leves também deve ser divulgada e utilizada para produção de filmes e/ou peças para aplicações não nobres. Estes materiais poderão ser utilizados como revestimento interno, tapumes para a construção civil, sacos e sacolas recicláveis, entre outros.

A educação ambiental e descarte correto de resíduos sólidos urbanos também devem ser trabalhados e apresentados em escolas, universidades e eventos da área. Este projeto foi



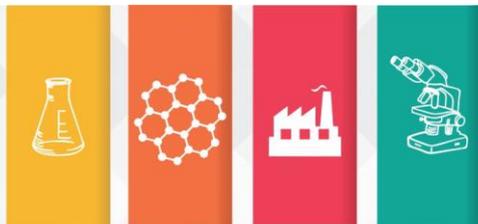
uma parceria entre a Universidade e a Escola privada para fomentar a pesquisa em ambos lugares. Também apresentou como objetivo o incentivo de alunos do ensino médio a serem nossos futuros pesquisadores e disseminar a cultura ambiental para a comunidade regional missioneira do RS.

5. AGRADECIMENTOS

URI Santo Ângelo;
Colégio Teresa Verzeri – Santo Ângelo;
Grupo de Pesquisa e Desenvolvimento em Engenharia de Processos – GDEP
Professor: Flávio Kieckow – Laboratório da engenharia mecânica.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM D 638 "Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, 2014
FOO, K. Y., HAMEED, B. H., **Journal of Hazardous Material**, 172, p. 523, (2009)
FORLIN F.J; FARIA J.A; **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v.12, n°1, p.1-10, 2002.
IPEA, 2012. Indústria Brasileira de Transformação de Material Plástico. Perfil 2015. Associação Brasileira da Indústria do Plástico. ABIPLAST
MARCON J. S., "Estudo da modificação da fibra Proveniente da Coroa de Abacaxi para a Formação de Compósitos Poliméricos", In: Anais do 10º Congresso Brasileiro de Polímeros Unesp, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, (2009).
MOREIRA, T.M; Seo E.S.M. **Revista Matéria**, 21, p.1054, (2016).



2ª Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



SÍNTESE E PURIFICAÇÃO DO ÁCIDO ACETILSALICÍLICO (AAS)

Amanda Roratto^{1,*}, Aline Hammes¹, Carmem Saete Glassmann¹, Lilian Leonarda Costa Mattos¹, Marceli Werle¹, Daiane Skupin da Silva²

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Ciências da Saúde, Curso de Farmácia

*rorattoamanda@yahoo.com.br

²Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Curso de Engenharia Química e Curso de Farmácia

RESUMO

O ácido acetilsalicílico é um medicamento muito utilizado no Brasil e tem diversas funções, uma das principais é a prevenção de problemas cardiovasculares. O objetivo do presente trabalho foi a síntese e a purificação do composto. A síntese do ácido acetilsalicílico consistiu na reação de acetilação entre o anidrido acético e o ácido salicílico na presença de ácido sulfúrico como catalisador. Posteriormente, realizou-se a purificação do produto obtido por meio de recristalização. O ponto de fusão experimental do produto foi de 131 °C, muito próximo aos valores apresentados na literatura. O rendimento obtido na síntese foi de 46,3% e provavelmente pode estar associado a possíveis perdas dos reagentes por evaporação, transferência de volumes e na própria filtração, durante os processos de síntese e purificação e, até mesmo pela possível ocorrência da reação incompleta de acetilação.

Palavras-chave: *Ácido acetilsalicílico, síntese, purificação.*

1 INTRODUÇÃO

O ácido acetilsalicílico (AAS), comercialmente conhecido como Aspirina®, é um fármaco de estrutura relativamente simples e atua no corpo humano como um poderoso analgésico, antipirético e antiinflamatório. Tem sido empregado também na prevenção de problemas cardiovasculares, devido à sua ação vasodilatadora. O AAS interfere na síntese da prostaglandina (o hormônio responsável pela dor e inflamação) por inibir a enzima ciclooxigenase (STRACKE; NUNES, 2017).

A síntese do AAS é possível através de uma reação de acetilação do ácido salicílico, um composto aromático bifuncional, ou seja, possui dois grupos funcionais: fenol e ácido carboxílico. A reação de acetilação do ácido salicílico ocorre através do ataque nucleofílico do grupo -OH fenólico sobre o carbono carbonílico do anidrido acético, seguido de eliminação de ácido acético, formado como um sub-produto da reação como pode ser observado na Figura 1.

É importante notar a utilização de ácido sulfúrico como um catalisador desta reação de esterificação, tornando-a mais rápida e prática do ponto de vista comercial (MENDES et al., 2012).

O AAS é solúvel em etanol e em água quente, mas pouco solúvel em água fria. Por diferença de solubilidade em um mesmo solvente

ou em misturas de solventes, é possível purificar o ácido acetilsalicílico eficientemente através da técnica de recristalização (VOGEL, 1987).

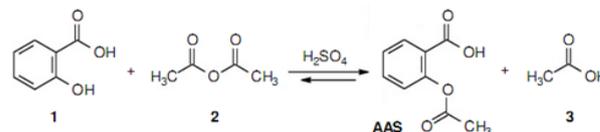


Figura 1. Síntese da aspirina através da reação de acetilação do ácido salicílico. Fonte: STRACKE; NUNES, 2017.

O objetivo do presente trabalho foi sintetizar o AAS por meio de uma reação de acetilação do ácido salicílico, utilizando anidrido acético como agente acilante e ácido sulfúrico como catalisador da reação, e a técnica de recristalização para purificação do produto obtido.

2 MATERIAL E MÉTODO

Seguiu-se a metodologia proposta por STRACKE e NUNES (2017) para a síntese e purificação do AAS em laboratório de Química Orgânica.

2.1 Síntese do ácido acetilsalicílico

Colocou-se 4,0 g de ácido salicílico (P.A., 99%, Lafan®) seco e 22,0 mL de anidrido acético (P.A., 97%, Synth®) em balão de 125,0 mL.



Adicionou-se 15 gotas de ácido sulfúrico concentrado (P.A., 95-98%, Lafan®), então agitou-se o frasco para assegurar uma mistura completa, aqueceu-se a reação em banho maria, manteve-se a agitação durante 30 minutos. O aquecimento foi feito sobre refluxo, deixou-se a mistura esfriar e o agitou-se novamente, então adicionou-se 50 mL de água destilada gelada. Resfriou-se com um banho de gelo e água (5-10 °C). Esperou-se formar os cristais para se fazer a filtração no funil de Buchner, lavando-se com pequenas porções (aproximadamente 5 mL) de água destilada gelada. Secou-se o produto obtido em estufa a 50 °C por 24 horas. Separou-se uma pequena quantidade da amostra para depois determinar o seu ponto de fusão.

2.2 Purificação do AAS

Dissolveu-se o sólido obtido em 15,0 mL de álcool etílico (P.A., 99,5%, Synth®), levando a mistura a ebulição, despejou-se a solução em 40,0 mL de água destilada previamente aquecida. Deixou-se esfriar lentamente. Filtrou-se usando o funil de Buchner, secou-se e determinou-se o ponto de fusão do produto obtido. Calculou-se então o rendimento percentual por meio da Equação 1:

$$\text{Rendimento\%} = \frac{\text{massa real}}{\text{massa teórica}} \times 100$$

(Equação 1)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a síntese do AAS, o ácido sulfúrico empregado como catalisador permanece dissolvido no meio reacional pois o processo catalítico convencional consiste na catálise homogênea com ácido. Para retirada das substâncias ácidas presentes no meio empregou-se lavagens com água fria.

Compostos orgânicos sólidos quando isolados de reações orgânicas, raramente são puros, estão geralmente contaminados com pequenas quantidades de outros compostos denominados "impurezas" que são produzidos ao lado do produto desejado.

Conhecendo a solubilidade do AAS realizou-se a recristalização do produto obtido com etanol e água. Esta etapa foi feita com um resfriamento lento para que permita a disposição das moléculas em retículos cristalinos. Observou-

se a formação de cristais grandes, na forma de agulhas, e a massa real obtida foi de 2,41 g.

Calculou-se a massa teórica esperada para a síntese do AAS (5,2 g) e, relacionando com o valor experimental, obteve-se um rendimento de 46,3%. O rendimento percentual obtido provavelmente se deve à ocorrência de perdas dos reagentes (por transferência, evaporação) durante o processo de síntese, filtração e na cristalização do AAS.

A maior impureza no produto final é o próprio ácido salicílico, reagente da síntese, que pode estar presente devido a acetilação incompleta ou a partir da hidrólise do produto durante a etapa de isolamento. Possíveis resíduos de ácido salicílico podem ser removidos na etapa de purificação (recristalização) (STRACKE; NUNES, 2017).

A determinação do ponto de fusão é um dos métodos de identificação mais antigos para substâncias orgânicas e indicativo de pureza. Na síntese do AAS obteve-se como resultado foi de 131 °C, muito próximo ao valor reportado na literatura 135 °C (MENDES et al., 2012) para o AAS. A proximidade dos valores de ponto de ebulição experimental e teórico pode estar associada a presença de impurezas nos reagentes utilizados na síntese do AAS.

4 CONCLUSÃO

Concluiu-se, a partir do resultado do experimento, que a metodologia proposta para a síntese orgânica do AAS mostrou-se simples e eficaz. O rendimento obtido foi de 46,3%, visto que não se pode obter um resultado mais próximo de 100% devido as perdas durante o aquecimento dos reagentes por evaporação, transferência de volumes, na filtração e na cristalização do produto obtido na síntese.

Constatou-se também, que a substância sintetizada apresentou ponto de fusão experimental de 131 °C muito próximo aos valores reportados na literatura. A diferença do valor experimental e do teórico pode estar associada a presença de impurezas nos reagentes utilizados na síntese do AAS e também pela possibilidade da ocorrência da reação de acetilação incompleta.

REFERÊNCIAS

MENDES, A. S; PERUCH, M. G. B.; FRITZEN, M. Síntese e purificação do ácido acetilsalicílico através da recristalização utilizando diferentes tipos



de solventes. **Revista eletrônica estágio saúde**,
v.1, n.1, 2012.

STRACKE, M. P. e NUNES, I. S. **Experimentando
a Química Orgânica**: 1ed. Curitiba: Appris Editora,
2017.

VOGEL, A.I. **Química Orgânica: Análise
Orgânica Qualitativa**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Ao
Livro Técnico; 1987.



UMA NOVA FORMA DE QUEBRAR AS LIGAÇÕES QUÍMICAS DO POLIETILENO TEREFALATO

Donizete Frank^{1,*}, Eugenio Warpechowski¹, Alencar Minikel², Patrícia Siqueira Alves¹
 Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Cerro Largo, Engenharia de Produção.
 *doni7fk@hotmail.com

RESUMO

Uma equipe de cientistas japoneses anuncia na revista Science, a descoberta de uma nova bactéria, a *Ideonella sakaiensis*, que é capaz de quebrar as ligações químicas do plástico tipo polietileno tereftalato largamente utilizadas na fabricação de embalagens descartáveis, principalmente bebidas gaseificadas. O trabalho constitui uma revisão da literatura, tendo como objetivo informar ao leitor fatos relevantes sobre a descoberta, a atuação e a possível utilização da mesma no futuro próximo. Mesmo se tratando de um material facilmente reciclável, muito pouco do polietileno tereftalato produzido no mundo é de fato reaproveitada, a maior parte acaba tendo como destino o meio ambiente, contaminando solo, rios e oceanos. Cientistas pretendem utilizar no futuro a *Ideonella sakaiensis* para ajudar a remover o polietileno tereftalato do meio ambiente. O resultado mais contundente é a conscientização por parte do leitor quanto à maneira correta de descartar esses plásticos.

Palavras-chave: *polietileno tereftalato*, *degradação*, *Ideonella sakaiensis*.

1 INTRODUÇÃO

Materiais plásticos podem permanecer durante algumas centenas de anos sem se deteriorar, um privilégio que se tornou um problema.

Os termoplásticos do tipo polietileno tereftalato (PET) são produzidos globalmente na escala de 50 milhões de toneladas por ano (REVISTA EXAME, 2016).

Se desconsiderarmos alguns países desenvolvidos que possuem uma infraestrutura de gerenciamento de resíduos, grande parte desse material acaba tendo como destino o meio ambiente, poluindo oceanos contaminando solos e rios, sendo também frequentemente encontrado nos estômagos de aves e peixes (TECHNOLOGY REVIEW, 2016).

Patenteado em 1941, pelos químicos britânicos John Rex Whinfield e James Tennant Dickson, o PET representado na figura 1 (ABIPET, 2017).

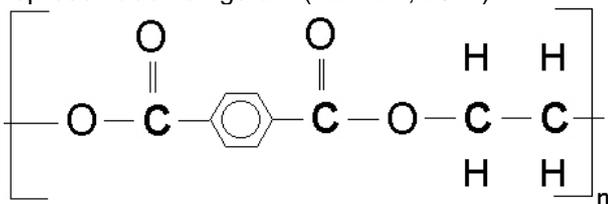


Figura 1 – Estrutura química do PET (Fonte: CALLISTER, p. 343).

Segundo Belles (2016), formado a partir de uma reação química entre um ácido e um álcool, assim, duas ou mais moléculas se combinam para formar uma grande molécula, “polí + mero” cuja estrutura se repete em todo o seu comprimento. Resultado em moléculas muito longas, muito

estáveis e fortes. Amplamente empregados na vida moderna dos seres humanos por ser fácil de produzir a partir de derivados do petróleo, o PET pode ser processado por injeção, extrusão, sopro e termoformagem (CALLISTER, 1999).

Ainda conforme o mesmo autor, o PET é um material quimicamente inerte, com alta resistência a impactos e excelentes propriedades de barreira de gases e odores, associados com a leveza e ao fato de ser incolor, é largamente utilizado na fabricação de embalagens descartáveis, principalmente bebidas gaseificadas, outras aplicações incluem tecidos, tubos, chapas entre outro.

O PET pode ser apresentado no estado amorfo (transparente), parcialmente cristalino e orientado (translúcido) e altamente cristalino (opaco) (MANO E MENDES, 1999, p.118).

Os compostos plásticos possuem uma grande quantidade de componentes aromáticos, que confere a ele a característica de serem resistentes e consequentemente de possuem uma difícil “biodegradação” ou seja, processos de decomposição por ação de seres vivos (O GLOBO, 2016).

Mas a onipresença do PET no meio ambiente aparentemente pode ser abalada. Pesquisadores japoneses descobriram uma espécie de bactéria capaz de quebrar as ligações moleculares do polietileno tereftalato.

Notável a descoberta, pois a garrafa PET normalmente permanece por um longo período de tempo no meio ambiente.



O trabalho consiste em uma revisão da literatura com o objetivo de ampliar conhecimentos a respeito do trabalho dos cientistas japoneses com a bactéria *Ideonella sakaiensis*.

2 MATERIAL E MÉTODO

Este estudo constitui-se de uma revisão da literatura especializada no material polietileno tereftalato e em uma forma de quebrar a ligação intramolecular, realizada entre abril e maio de 2018, no qual realizou-se uma consulta a livros, revistas e sites.

Logo em seguida, buscou-se estudar e compreender os principais parâmetros e a relevância dos estudos empregados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aumento da utilização de plásticos é de tal forma significativa que, em 2050, nossos oceanos terão mais detritos desses polímeros que peixes (REVISTA EXAME, 2016).

Para encontrar a bactéria que se utiliza de detritos plásticos para alimentar-se, a equipe de pesquisa da *Kyoto Institute of Technology* e da Universidade de Keio coletou 250 amostras de PET descartado (incluindo sedimentos, solo e esgoto) provenientes de um local de reciclagem de garrafas plásticas no Japão.

Em seguida, eles selecionaram micróbios que vivem nas amostras para ver se alguns deles estavam se alimentando do PET para se proliferar. Eventualmente, ao analisar uma das amostras, eles descobriram uma espécie de bactéria que se alimenta de PET, as quais deram o nome de *Ideonella sakaiensis* (REVISTA EXAME, 2016).

O metabolismo da bactéria chamada *Ideonella sakaiensis* 201-F6 contém até agora processos de degradação completamente desconhecidos. Eles são baseados em duas enzimas até então desconhecidas. Primeiro, a bactéria se liga ao plástico e segrega a enzima PETase. Separa as moléculas de cadeia longa do PET nos seus membros individuais, etilenoglicol e ácido tereftálico (TECHNOLOGY REVIEW, 2016).

Os cientistas acreditam que podem melhorar ainda mais a PETase, para que possa, no futuro, ser desenvolvida em grande escala. A ideia é que o apetite da enzima por plástico aumente, mas também que o nosso diminua (O GLOBO, 2016).

De acordo com a revista TECHNOLOGY REVIEW, "O único problema é que a bactéria cresce incrivelmente devagar", diz Uwe Bornscheuer, da Universidade de Greifswald, que comentou o trabalho

dos japoneses na revista "Science". "Foram necessárias seis semanas para uma tira do tamanho de um tesafilme, e esse microrganismo não cresce mais rápido em outros substratos, indicando que seu potencial é limitado". No entanto, Bornscheuer considera a descoberta inovadora e considera provável que um dia uma usina de reciclagem seja administrada à bactéria. Porque os genes para as enzimas de reciclagem de PET também podem ser incorporados em outras bactérias.

Embora o processo de decomposição seja relativamente lento, ele ainda pode ajudar a remover o plástico do ambiente no futuro (WIRED, 2016).

A importância da bactéria encontrada por acaso pelos pesquisadores japoneses é indiscutível, tanto para a obtenção de um método de reciclagem mais otimizado, quanto para uma eventual limpeza dos oceanos e também de ambientes terrestres. Já que a reciclagem convencional e pouco empregada nos dias atuais.

4 CONCLUSÃO

PET é um grande problema, porque apenas uma pequena parte é reciclada. O resto acaba no meio ambiente. O lixo plástico se acumula em quase todas as partes da terra, especialmente nos oceanos.

Sendo assim, a descoberta desta bactéria constitui uma boa notícia para o **meio ambiente**, porém no momento e na prática, está longe de ser uma solução rápida e eficaz para o problema.

Contudo o aprimoramento da enzima PETase em laboratório, responsável pela quebra moléculas de cadeia longa do PET nos seus membros individuais, etilenoglicol e ácido tereftálico ir trazer uma formar mais eficiente para reciclar o PET.

Portanto até a utilização da bactéria para auxiliar na limpeza do meio ambiente devemos fazer nossa parte consumindo e descartando o PET de maneira consciente.

REFERÊNCIAS

- ABIPET. Associação brasileira da indústria do pet. Disponível em: <http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=46>. Acesso em: 12 de maio de 2018.
- CALLISTER, William. Ciência e Engenharia dos materiais. 5ª edição.
- MANO e MENDES. Introdução a polímeros. 2ª edição.
- MARY BELLIS. Disponível em: <https://www.thoughtco.com/history-of-polyester-4072579> Acesso em: 12 de maio de 2018.
- O GLOBO. Equipe de cientistas descobre enzima que se alimenta de plástico. Disponível em:



<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2018/04/equipe-de-cientistas-descobre-enzima-que-se-alimenta-de-plastico.html>.

Acesso em: 12 de maio de 2018.

REVISTA EXAME. Cientistas descobrem bactéria que se alimenta de... plástico! / Por Vanessa Barbosa. Disponível em:

<https://exame.abril.com.br/tecnologia/cientistas-descobrem-bacteria-que-se-alimenta-de-plastico/>

Acesso em: 12 de maio de 2018.

TECHNOLOGY REVIEW. Die Plastikfresser kommen.

Por Susana Donner Disponível em:

<https://www.heise.de/tr/artikel/Die-Plastikfresser-kommen-3294229.html>. Acesso em: 12 de maio de 2018.

SCIENCE

WIRED. Ein plastikfressendes Bakterium könnte beim Recycling helfen. Disponível em:

<https://www.wired.de/collection/science/das-bakterium-ideonella-sakaiensis-201-f6-kann-pet-zersetzen>

Acesso em: 12 de maio de 2018.