

9º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



9º CONGRESSO
Brasileiro de **P&D** em
PETRÓLEO E GÁS

Maceió, AL
de 09 a 11 de novembro
2017

Realização:



ABPG
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE P&D EM
PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

BALANÇO DE MASSA APLICADA AO PROCESSO DE PRODUÇÃO DO BIODIESEL:
ESTUDO DE CASO

AUTORES:

Luan Vittor Tavares Duarte de Alencar¹, Maria de Fátima Farias Rocha²

INSTITUIÇÃO:

¹Universidade Tiradentes - UNIT, ²Universidade Tiradentes – UNIT

BALANÇO DE MASSA APLICADO AO PROCESSO DE PRODUÇÃO DO BIODIESEL: ESTUDO DE CASO

Abstract

Biodiesel is considered a renewable and alternative fuel that has emerged from the concern about the environmental problems caused by burning of fossils fuel. It can be obtained through the transesterification reaction in which a triglyceride reacts with an alcohol in the presence of a catalyst producing biodiesel and glycerol. To produce this renewable fuel and know its efficiency it is crucial to see how the entire system of a biodiesel production plant works. The realization and understanding of the mass balance are fundamental for this analysis since the knowledge of the flow of matter involved can be one of the procedures used in the decision of the industrial process. Thus the main objective of this article is to understand the mass balance in a biodiesel production system and to emphasize concepts and main processes involved. This makes it possible to quantify the materials used in the process, avoiding waste, as well as the production that will be acquired.

Keywords: biodiesel; transesterification; mass balance.

Introdução

Nos últimos anos a procura por combustíveis renováveis tem aumentado significativamente, seja pelo crescente preço do petróleo ou pela preocupação com o meio ambiente. Nesse contexto, o biodiesel se encaixa, assumindo papel de destaque principalmente no Brasil, apresentando vantagens econômicas, sociais e ambientais (KRAUSE, 2008).

O biodiesel é produzido a partir da reação química de triglicerídeos com álcool, onde é considerado como um combustível renovável e alternativo, de forma limpa ou como combustível aditivo. Ele pode ser utilizado para substituir o diesel de petróleo e assim reduzir as emissões poluentes dos equipamentos de combustão (LIN, 2009). Óleos vegetais, gorduras animais, algas, óleo de cozinha ou de resíduos podem ser usados como o óleo bruto para a produção de biodiesel. Segundo Cvrenkos (2004), o custo deste óleo bruto é um fator dominante no preço do biodiesel e determina a sua competitividade com a base de petróleo combustível.

Para que se possa trabalhar com este tipo de combustível renovável e conhecer sua eficiência é importante verificar como funciona todo o sistema de uma planta de produção de biodiesel. Esta análise pode ser feita realizando o estudo de balanço de massa. O cálculo do balanço de matéria, como também é conhecido, é bastante utilizado na engenharia química.

O balanço de massa é muito importante no desenvolvimento dos projetos de equipamentos. Para Mazzucco (2013), o ideal é investir tempo na coleta de informações e compreensão do problema, desse modo, evitar gastos na correção ou reiniciar o mesmo. É essencial conhecer bem o sistema e as informações necessárias para que se possa alcançar a solução desejada. Assim, o objetivo do presente artigo é compreender o balanço de massa em um sistema de produção de biodiesel analisando os cálculos obtidos por Costa (2009) com as equações de balanço global e parcial para um balanço de matéria, exemplificando tal método em um reator utilizado no procedimento, além de enfatizar conceitos e principais processos envolvidos.

Metodologia

Foram realizadas pesquisas bibliográficas referentes à temática proposta de forma a promover o entendimento do processo de produção do biodiesel, bem como os principais conceitos relacionados.

➤ TRANSESTERIFICAÇÃO

Transesterificação é o termo geral usado para descrever uma importante classe de reações orgânicas na qual um éster é transformado em outro através da troca dos grupos alcóxidos. Na transesterificação de óleos vegetais, um triglicerídeo reage com um álcool na presença de um catalisador produzindo uma mistura de ésteres monoalquílicos de ácidos graxos e glicerol (GARCIA, 2006). A reação de transesterificação está representada na Fig. 1.

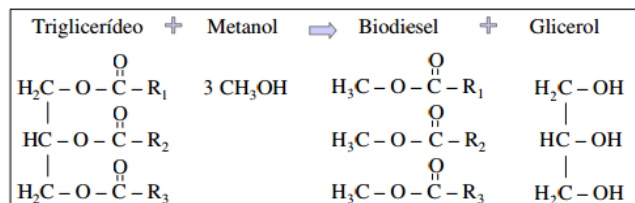


Figura 1: Reação de transesterificação

Fonte: Encarnação (2008)

Esse é o processo mais comum para a produção de biodiesel e envolve as seguintes etapas (Fig. 2):

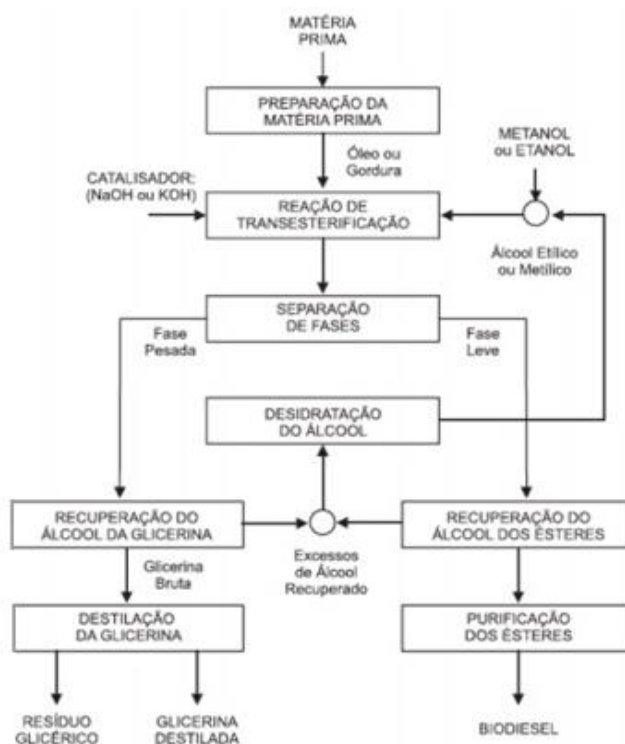


Figura 2: Etapas do processo de transesterificação

Fonte: Parente (2003)

A princípio, há a preparação da matéria-prima para a posterior reação de transesterificação. Em seguida, ocorre a separação de fases por decantação, na qual a fase pesada é composta por glicerol e a fase leve por biodiesel. O excesso de álcool é recuperado, desidratado e reutilizado na reação.

➤ PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DE MASSA

A lei da conservação das massas escrita por Lavoisier diz: “Existe uma quantidade igual de matéria antes e depois do experimento; a qualidade e a quantidade dos elementos permanecem precisamente a mesma e nada acontece além de mudanças e modificações na combinação desses elementos.” (COSTA e ZORZI, 2008).

Isto é, em uma reação química a massa se conserva porque não há criação nem destruição de átomos. Os agregados atômicos dos reagentes são desfeitos e novos agregados atômicos são formados.

Lavoisier repetiu diversos experimentos, queimando materiais e percebendo que a massa permaneceu constante (ROSENBERG et al., 2013). A fig. 3 ilustra exemplos de reações realizadas pelo químico.

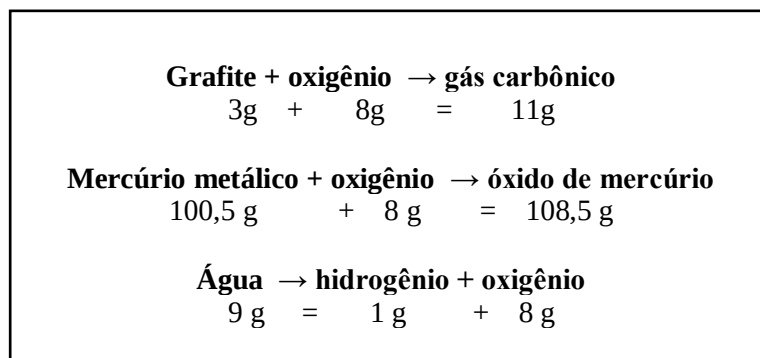


Figura 3: Reações realizadas por Lavoisier
Fonte: Rosenberg et al (2013)

Com isso, ele enunciou a Lei da Conservação da Massa da seguinte forma: “Num recipiente fechado, a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos” (ROSENBERG et al., 2013).

➤ CÁLCULO DO BALANÇO DE MASSA

Um balanço de uma quantidade conservada (massa total, massa de uma espécie particular, energia, momento) em um sistema (uma unidade de processo, uma série de unidades ou um processo completo) pode ser escrito na forma geral da equação 1 (FELDER e ROUSSEAU, 2005).

$$Entrada + Geração - Saída - Consumo = Acúmulo \quad eq. 1$$

No caso de regime permanente, sem geração e consumo, o balanço geral do material é dado pela equação 2.

$$\sum m_e - \sum m_s = 0 \quad eq. 2$$

Onde,

- m_e : vazão mássica nas entradas no volume de controle (kg/s)
- m_s : vazão mássica nas saídas do volume de controle (kg/s)

Em sua dissertação, Costa (2009) aplica o balanço de massa em todas as correntes presentes em uma planta de produção de biodiesel. Tendo como base para os cálculos 100 Kg/h de óleo e soja refinado que foi introduzido no processo, a equação 2 e os dados da tabela 1, onde se encontram as

massas moleculares para cada substância, foi possível a realização dos cálculos de vazão mássica para cada substância, de acordo com a corrente que ela se encontrava.

Tabela 1: Massas moleculares das substâncias

Substância	óleo soja	metanol	glicerol	metil éster	metóxido sódio	água
Peso molecular (g/mol)	872,86	32,04	92,09	292,3	54	18

Fonte: Costa (2009)

➤ CÁLCULO DO BALANÇO DE MASSA NO REATOR J

O reator J (Fig. 4) faz parte da planta de produção utilizada no processo e tem cargas de entrada (correntes 18, 19 e 20) e cargas de saída (corrente 21).

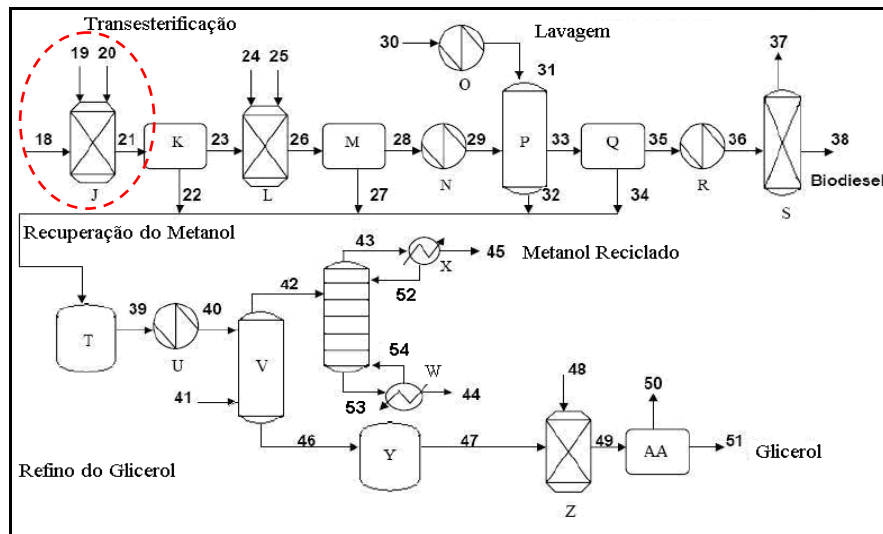


Figura 4: Fluxograma da planta de produção do Biodiesel, com destaque ao reator J

Fonte: adaptado de Costa (2009)

• Corrente 18

A vazão mássica total de metanol que será utilizado no primeiro reator (J) é calculada pela equação 3.

$$m_{CH_3OH} = \frac{6 \cdot M_{CH_3OH} \cdot m_{18}}{M_{\text{óleo}}} \quad eq. 3$$

Onde,

- m_{CH_3OH} : vazão mássica total de metanol (kg/h);
- M_{CH_3OH} : massa molar de metanol (g/mol);
- $M_{\text{óleo}}$: massa molar do óleo de soja refinado (g/mol);
- m_{18} : vazão mássica de óleo de soja na corrente 18 (kg/h).

• Corrente 19

O metóxido de sódio corresponde a 1% da corrente 18 e representa 10% em solução de metanol. A vazão mássica do metóxido de sódio ($NaOCH_3$) na corrente 19 é calculada pela equação 4.

$$m_{19CH_3OH} = 0,01 \cdot m_{18} \quad eq. 4$$

A vazão mássica do metanol (CH_3OH) na corrente 19 representa 90% da corrente sendo calculada pela equação 5.

$$m_{19\text{CH}_3\text{OH}} = \frac{0,9 \cdot m_{19\text{NaOCH}_3}}{0,1} \quad eq. 5$$

- **Corrente 20**

A corrente 20 é calculada pela diferença entre a vazão mássica total de metanol no reator J e a vazão mássica de metanol na corrente 19, equação 6.

$$m_{20} = m_{\text{CH}_3\text{OH}} - m_{19\text{CH}_3\text{OH}} \quad eq. 6$$

- **Corrente 21**

A reação de transesterificação no reator de mistura (CSTR) J tem conversão de 85% (TAPASVI et al., 2005). A vazão mássica do óleo que sai do reator, corrente 21, é calculada pela equação 7.

$$m_{21\text{Óleo}} = m_{18} - (0,85 \cdot m_{18}) \quad eq. 7$$

Na corrente 21, a vazão mássica do biodiesel é calculada pela equação 8.

$$m_{21\text{Biodiesel}} = (0,85 \cdot m_{18}) \cdot \left(\frac{3 \cdot M_{\text{Biodiesel}}}{M_{\text{Óleo}}} \right) \quad eq. 8$$

O metanol (CH_3OH), que não reagiu sai na corrente 21 e tem a vazão mássica calculada pela equação 9.

$$m_{21\text{CH}_3\text{OH}} = (m_{19\text{CH}_3\text{OH}} + m_{20\text{CH}_3\text{OH}}) - \left(\frac{3 \cdot M_{\text{CH}_3\text{OH}}}{M_{\text{Óleo}}} \right) \quad eq. 9$$

O glicerol, produto da reação de transesterificação no reator J, tem a vazão mássica na corrente 21 calculada pela equação 10.

$$m_{21\text{Glicerol}} = \left(\frac{M_{\text{Glicerol}}}{M_{\text{Óleo}}} \right) \cdot (0,85 \cdot m_{18}) \quad eq. 10$$

A vazão mássica do catalisador metóxido de sódio (NaOCH_3) na corrente 21 é a mesma da corrente 19 (equação 11).

$$m_{21\text{NaOCH}_3} = m_{19\text{NaOCH}_3} \quad eq. 11$$

Resultados e Discussão

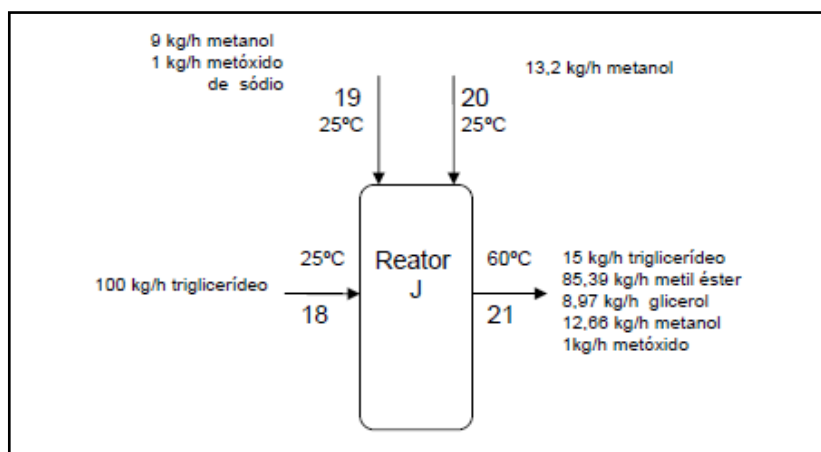
Costa (2009) obteve então a vazão mássica total de cada substância no sistema e a vazão mássica total do sistema, valores esses disponíveis na tabela 2.

Tabela 2: Vazões mássicas das correntes dos processos

Corrente	Vazão Mássica (kg/h)						total
	Triglicerídeo	glicerol	metil éster	metanol	metóxido	água	
18	100						100
19				9	1		10
20				13,02			13,02
21	15	8,97	85,39	12,66	1		123,02
22		8,97		7,6	1		17,57
23	15		85,39	5,06			105,45
24				1,35	0,15		1,5
25				1,95			1,95
26	2	1,37	98,45	6,93	0,15		108,9
27		1,37		4,16	0,15		5,68
28	2		98,45	2,77			103,22
29	2		98,45	2,77			103,22
30						19,69	19,69
31						19,69	19,69
32				2,77		17,72	20,49
33	2		98,45			1,97	102,42
34						1,87	1,87
35	2		98,45			0,1	100,55
36	2		98,45			0,1	100,55
37						0,1	0,1
38	2		98,45				100,45
39		10,34		14,53	1,15	19,59	45,61
40		10,34		14,53	1,15	19,59	45,61
41						218,76	218,76
42				14,53		238,35	252,88
43				62,23		0,04	62,27
44				1,20		238,34	239,54
45				13,33		0,01	13,34
46		10,34			1,15		11,49
52				48,90		0,03	48,93

Fonte: Costa (2009)

A figura 5 representa o que ocorre no reator J. Cargas de entrada (correntes 18, 19 e 20), cargas de saída (corrente 21) e seus respectivos valores. A soma da vazão mássica total de cada espécie na carga de entrada corresponde ao valor encontrado na corrente 21.

**Figura 5:** Esquema de cargas de entrada e saída no reator J

Fonte: adaptado de Costa (2009)

Para cada corrente, observam-se características relevantes, como a carga de entrada e saída, assim obtém a porcentagem de cada substância na sua devida corrente. Esses valores calculados de vazões mássicas coincidem com os encontrados por Costa (2009), o que demonstra que o procedimento aplicado pelo autor está correto. Com isso tona-se possível à quantificação dos materiais utilizados no processo, evitando o desperdício, assim como a produção que será adquirida.

Conclusões

O biodiesel é produzido a partir da reação de transesterificação, onde é considerado como um combustível renovável e alternativo. Para produzir esse combustível e conhecer sua eficiência é crucial verificar como funciona todo o seu sistema de planta de produção. A realização e assimilação do balanço de massa são fundamentais para essa análise, pois o conhecimento do fluxo de matéria envolvido pode ser um dos procedimentos usados na tomada de decisões do processo industrial, como por exemplo, para determinação do aproveitamento de materiais, na escolha do material da planta, na quantidade de material a ser utilizada e a produção que será adquirida. O estudo de caso foi satisfatório, pois os valores encontrados coincidiram com os calculados por Costa (2009), o qual possibilitou um melhor entendimento, baseado em verificar as informações do autor.

Referências Bibliográficas

COSTA, E. T. H.; ZORZI, M. B. *Uma proposta Diferenciada de Ensino para o Estudo da Estequiometria*. Produção didático-pedagógica da UEM, Maringá (PR), 2008.

COSTA, R. A. B.; *Estudo das eficiências de operação e consumo de energia em plantas de produção do biodiesel*. 2009. 101 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009.

CVRENGOS, J.; CVENGROSOVA, Z. *Used frying oils and fats and their utilization in the production of methyl esters of high fatty acids*, Biomass Bioenergy 27 (2004)173–181.

ENCARNAÇÃO, A. P. G. *Geração de Biodiesel pelos processos de transesterificação e hidroesterificação, uma avaliação econômica*. 2008. 164 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008.

FELDER, R.M.; ROUSSEAU R.W.. *Princípios elementares dos processos químicos*. Terceira Edição, Editora LTC, 2005.

GARCIA, C. M.; *Transesterificação de óleos vegetais*. 2006. 105 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química. Campinas, 2006.

KRAUSE, L. C. *Desenvolvimento do Processo de Produção de Biodiesel de Origem Animal*. Porto Alegre, 2008.

LIN, C. Y.; LI, R. J. *Engine performance and emission characteristics of marine fish-oil biodiesel produced from the discarded parts of marine fish*. Department of Marine Engineering, National Taiwan Ocean University, 2009 Keelung, Taiwan, ROC.

MAZZUCO, M. M. *Introdução aos Balanços de Massa e Energia*. Notas de Aula, 2013.

PARENTE, E.J., *Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado*. Fortaleza: TECBIO, 2003, 1-66.

ROSENBERG, J. L; LAWRENCE, M. E.; KRIEGER P. J. *Química Geral*. 9º edição. São Paulo: Bookman, 2013. 390 p.

TAPASVI, D.; WIESENBERN, C.; GUSTAFSON, C. *Process Model for Biodiesel Production from Various Feedstocks*. American Society of Agricultural Engineers, v. 48, p. 2215-2221, 2005.