

DESENVOLVIMENTO DE UM MÓDULO EM C# PARA A APLICAÇÃO DO MÉTODO DE GUTHRIE PARA A ESTIMATIVA DE CUSTO DE EQUIPAMENTOS

Fabiany Bento da Silva ¹
Sidinei Kleber da Silva ²

INTRODUÇÃO

O investimento de capital requerido em qualquer processo industrial é parte importante e determinante de qualquer projeto de engenharia. São realizadas estimativas de custos importantes para uma variedade de propósitos (PIOTROWICZ e SECCHI, 2005). Diversos são os fatores que podem impulsionar a necessidade de realização de uma estimativa de custo de determinado projeto, desde o planejamento e avaliação da viabilidade econômica do projeto, até a seleção do projeto que oferece uma maior lucratividade.

Como discutido por Piotrowicz e Secchi (2005), o custo de compra de equipamentos é a base de diversos métodos de estimativa de custos de projetos preliminares que fornecem um valor estimado para o custo de aquisição dos equipamentos que compõem a planta industrial.

Existem diversas maneiras de realizar-se a estimativa de custo de equipamentos, entre elas inclui-se o contato direto com o fabricante do equipamento, ou ainda é possível utilizar-se de métodos clássicos da engenharia econômica. As técnicas de estimativa do capital a ser investido são fundamentais, pois oferecerem uma resposta mais simples e rápida dos custos do processo e são fundamentais para a tomada de decisões na busca de qual rota oferece maior lucratividade.

Segundo Yamamoto et al. (2012), as estimativas são feitas geralmente ao término do projeto básico quando os equipamentos mais importantes já foram dimensionados. É possível realizar a consulta direta com o fornecedor, no entanto esta consulta demandaria um tempo longo, porque os fornecedores encaminharão as discussões no sentido de somente fazer estimativas de preço com os equipamentos completamente detalhados, com receio de orçarem

¹ Graduanda do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, fabianybsilva@gmail.com;

² Professor Doutor do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, sidinei@eq.ufcg.edu.br;

preços irrealistas para cima ou para baixo, e assim perderem para a concorrência ou então não obterem a lucratividade esperada.

Entre os diversos métodos utilizados na precificação de equipamentos, destaca-se o método apresentado por Guthrie (1969). O método consiste na divisão do projeto em módulos, de forma que o custo total de um módulo é obtido a partir de um custo base modificado por uma série de fatores. Os principais fatores a serem mencionados é a capacidade do equipamento e a inflação.

As vantagens do desenvolvimento de ferramentas e softwares que realizam estimativas de custos e análises econômicas vêm da necessidade de facilitar e agilizar os cálculos realizados, além do aumento da precisão nos cálculos. Alguns softwares disponibilizam ferramentas de estimativa de custo dentro de seus pacotes. No entanto, o custo de aquisição dessas ferramentas pode ser dispendioso e conseqüentemente inviável.

METODOLOGIA

De modo a elaborar a ferramenta de estimativa de custo de equipamentos, utilizou-se das correlações fornecidas por Guthrie (1969). O algoritmo foi desenvolvido no ambiente de desenvolvimento da *Microsoft*, o *Microsoft Visual Studio 2017* que permite o desenvolvimento de softwares. O script foi desenvolvido na linguagem de programação *C#* e organizado em classes.

O Método de Guthrie se baseia no uso de módulos, de forma que é possível obter o custo total da planta ou de apenas um equipamento. Desse modo, para o desenvolvimento da ferramenta buscou-se realizar o custo de cada equipamento de forma independente. O procedimento a ser seguido pelo método leva em conta a capacidade, tipo de equipamento e fatores como a inflação. Utilizou-se o índice CEPCI para atualização dos preços de acordo com o ano para o qual a estimativa é feita.

O método de Guthrie se baseia no uso de um custo base que é função da capacidade ou dimensão do equipamento. Em seguida esse custo base é modificado por uma série de fatores. O cálculo do custo base pode ser feito pelo uso de gráficos, tais como os encontrados em Gutiérrez (2003), no desenvolvimento da ferramenta utilizou-se das equações desses mesmos gráficos para o cálculo do custo base.

DESENVOLVIMENTO

MÉTODO DE GUTHRIE

O método de Guthrie se baseia no uso de um custo base associado a uma dimensão ou capacidade do equipamento. Segundo Gutiérrez (2003), esse custo base considera aço carbono como material de construção, uma geometria base, pressão moderada e o ano base de 1968. Em seguida, ajusta-se para geometria, material, pressão e ano desejado.

Uma parte do ajuste do custo base consiste no uso de fatores de módulo que corrigem o valor do custo considerando as características da unidade desejada (GUTIÉRREZ, 2003). O método de Guthrie conta com a opção de estimar-se o custo total para uma planta completa ou para um equipamento em particular, já que divide o custo final em módulos. Os módulos englobam partes menores do projeto, que facilitam o cálculo final do custo (ANAYA, 1998).

PROCEDIMENTO DO MÉTODO

De acordo com Gutiérrez (2003), uma das formas mais simples de proceder com o método resume-se na escolha inicial de um custo base C_b que é modificado para geometria e material desejado a partir de fatores de ajuste, obtendo-se assim o custo C_{fob} . Em seguida, ajusta-se o custo por meio de fatores de módulo como os presentes na Tabela 1.

$$C_{md} = C_b \times fator$$

Faz-se então a diferença entre o custo desejado e o custo base e obtém-se o custo do módulo ajustado C_{mda} :

$$C_{md} + (C_{fob} - C_B) = C_{mda}$$

Tabela 1: Fator de módulo para determinados equipamentos.

| Unidade | Fator de Módulo |
|-------------------------|-----------------|
| Fornalhas de Processo | 2,30 |
| Aquecedores | 2,30 |
| Trocadores de Calor | 3,39 |
| Recipientes Verticais | 4,34 |
| Recipientes Horizontais | 3,29 |
| Bombas | 3,48 |
| Compressores | 3,21 |

Fonte: Gutiérrez (2003).

O método de Guthrie toma o ano de 1968 como ano base, desse modo é necessário um ajuste para o ano atual. Conforme Petley (1997), a estimativa de custo deve ser realizada no mesmo ano ou em uma data próxima da construção da planta. Guthrie utiliza em suas correlações o índice de Marshall e Swift (M&S) para correções inflacionárias. Outro índice bastante empregado na atualização dos custos é o CEPCI, publicado periodicamente na *Chemical Engineering Magazine*. Para o ano de interesse e o ano base, segue a relação:

$$C_{ano\ da\ estimativa} = \frac{I_{ano\ base}}{I_{ano\ da\ estimativa}} C_{ano\ base}$$

Guthrie recomenda um aumento de 15% para o custo da unidade no ano de interesse por conta de possíveis contingências. Tem-se por fim o custo total do módulo C_{modulo} :

$$C_{modulo} = 1,15C_{mda}$$

O método de Guthrie fornece relações para os mais diversos equipamentos, alguns deles são torres de destilação, trocador de calor, evaporadores, compressores, fornalhas de processo e bombas centrífugas. Algumas correlações para o custo base ajustado podem ser vistas na Tabela 2.

Tabela 2: Correlações do Custo Base Ajustado de Diferentes Equipamentos

| Equipamento | Correlação |
|-----------------------|--|
| Trocador de Calor | $C_{fob} = 101,3A^{0,65}(f_d + f_p)f_m$ |
| Coluna de Destilação | $C_{fob} = 101,9D^{1,066}H^{0,82}f_p f_m$ |
| Fornalhas de Processo | $C_{fob} = 5,520Q^{0,85}(f_d + f_p + f_m)$ |

Fonte: Autoria Própria.

Em que A é a área de troca térmica em ft², D o diâmetro da coluna, H a altura da coluna e Q o calor absorvido pela fornalha (MMBtu/h).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ferramenta possibilita a estimativa de custo dos principais equipamentos industriais químicos fornecidos pelas correlações encontradas na literatura. A ferramenta permite então o cálculo do custo de trocadores de calor, colunas de destilação, evaporadores de ar, aquecedores de chama direta, bombas centrífugas, compressores, fornalhas de processo e pratos de coluna de destilação.

O usuário entra com as informações e especificações do equipamento que deseja estimar o custo como as dimensões do equipamento, material de construção, além de informações sobre o ano em que a estimativa é realizada. Por exemplo, na estimativa do custo de aquisição de um trocador de calor o fator que tem maior influencia no custo final de compra do equipamento é a área de troca térmica. Com o valor da área de troca térmica o programa realiza o cálculo do custo base que é em seguida ajustado por outros fatores que influenciam no custo de compra do trocador, tal como design do trocador, pressão de operação e material do casco e do tubo.

O dimensionamento do equipamento é feito pelo usuário, ou seja, não há a incorporação dos dados de outros programas, sendo portanto independente de outras plataformas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método de Guthrie se mostrou de fácil aplicação e abrangente no número de relações para diversos equipamentos. O programa é de uso prático e simples, no entanto carece de uma interface gráfica que facilite o uso pelo usuário.

Apesar do método de Guthrie ser eficiente, é recomendado a implementação de outros métodos que envolvem mais equipamentos e que podem fornecer valores mais aproximados aos valores encontrados no mercado. Além disso, pode-se usar de métodos que melhor se apliquem aos custos de compra de equipamentos nacionais

Palavras-chave: Resumo expandido; Análise Econômica, Equipamentos, Modelagem.

REFERÊNCIAS

ANAYA, J. S. **Estimacion de inversiones para equipos principales de proceso.** 1998. 81f. Dissertação de Mestrado – Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya, Gto.,1998.

DOUGLAS, J. M. **Conceptual design of chemical processes.** Nova Iorque: Mc Graw Hill, 1988.

GUTHRIE, K. M. **Data and techniques for preliminar capital cost estimating.** Chemical Engineering, 1969.

GUTHRIE K. M. **Process plant estimating evaluation and control.** Craftsman Book Company of America, 1974.

GUTIÉRREZ, A. J. **Diseño de procesos em ingeniería química.** Barcelona: Editorial Reverté, S.A. 2003.

LISTIK, E., FRANCHI, M. G. S. **Design, dimensionamento e análise econômica de um sistema de separação para mistura BTX oriunda da reforma catalítica da nafta.** 2014. 106f. Relatório final – *Escola Politécnica da Universidade de São Paulo*, São Paulo, 2014.

PETLEY, G. J. **A method for estimating the capital cost of chemical process plants: fuzzy matching.** 1997. 184f. Tese de doutorado – Universidade Loughborough, Loughborough, 1997.

PIOTROWICZ, L. E., e SECCHI, A. R. **Estimativa de custos de equipamentos.** Anais do Oktober Forum 2005 –PPGEQ, 2005.

YAMAMOTO, C. T. et al. **Análise Econômica de Projetos na Engenharia Química.** Apostila do Curso de Projetos de Indústrias Químicas da Universidade Federal do Paraná, 2012.