

DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE CAPAZ DE ANALISAR A VIABILIDADE ECONÔMICA DE INVESTIMENTO DE PLANTAS QUÍMICAS

LUAN VICTOR DE ARAUJO GOMES

Aluno do Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, UFCG, Campina Grande, PB, e-mail: luan.araujo.gom@gmail.com

FABIANY BENTO DA SILVA

Aluna do Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, UFCG, Campina Grande, PB, e-mail: fabianybsilva@gmail.com

SIDINEI KLEBER DA SILVA

Professor Doutor do Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, UFCG, Campina Grande, PB. e-mail: sidinei.silva@ufcg.edu.br

RESUMO

A Indústria de Processos Químicos é, atualmente, responsável por fornecer os mais diversos tipos de bens de consumo, como produtos farmacêuticos, agroquímicos e petroquímicos. Para o início de um novo projeto, é de fundamental importância que haja uma análise econômica do mesmo para determinar sua viabilidade. Para tal, é necessária a realização de vários cálculos complexos envolvendo diferentes métodos para fins distintos, como estimativas de custo de equipamentos, manufatura ou análise de rentabilidade. O desenvolvimento de ferramentas computacionais que auxiliem o engenheiro a realizar tais cálculos se tornou muito popular pela capacidade de poupar bastante tempo e esforço, tornando a avaliação mais simples. O software obtido ao fim do projeto possui diversas funcionalidades referentes às diferentes etapas necessárias para uma avaliação econômica preliminar, possibilitando que o usuário crie simulações de processos químicos através de uma interface amigável, a qual permite uma visualização completa do processo, bem como o armazenamento de todas as informações inseridas e retornadas pelo programa.

Palavras-chave: Processos Químicos, Estimativas de custo, Software.

1. INTRODUÇÃO

Toda planta de processos químicos é formada por um conjunto de equipamentos que atuam na transformação de matéria prima em recursos de maior valor comercial. Para que tal planta funcione corretamente, é necessário ter conhecimento e controle sobre os fatores físicos e químicos a que os equipamentos e materiais utilizados estarão submetidos. Desse modo, é papel do engenheiro analisar as características de tais equipamentos para que o processo ocorra de maneira eficiente e econômica.

De acordo com Vazzoler (2017), uma das fases iniciais de um projeto químico é o chamado “projeto básico”. Nela, serão feitos vários cálculos preliminares envolvendo diversos fatores, incluindo uma estimativa para o custo de equipamentos. A obtenção desses fatores, de acordo com Sardou et al. (2018), é fundamental para que se tenha uma ideia do investimento inicial e tempo de retorno desse valor.

A determinação de estimativas para vários equipamentos pode ser, entretanto, muito trabalhosa e, portanto, torna praticamente obrigatório o uso de ferramentas computacionais que auxiliem o engenheiro de forma eficiente e precisa. Atualmente, já é possível encontrar softwares que realizam tal tarefa. Entretanto, o custo da obtenção de licenças para alguns destes pode ser demasiadamente elevado para algumas pequenas empresas ou utilização no meio acadêmico.

Um exemplo de um software que realize cálculos de estimativas com pouco esforço é o Aspen HYSYS®, que de acordo com Conceição (2016), possui diversas ferramentas de análise econômica, de modo que é capaz de realizar cálculos para vários tipos de equipamento com uma exatidão proporcional à quantidade de especificações utilizadas.

Um software mais simples chamado Análise Econômica de Processos Químicos (AEPQ) foi desenvolvido por Andrade et al. (2012), possuindo funções como cálculo de estimativas de equipamentos, custos de matéria-prima e mão de obra. Entretanto, a ferramenta carece de uma visualização mais ampla e capacidade de modificação de propriedades dos equipamentos da simulação, de modo que seja possível obter uma maior facilidade na manutenção do processo.

1.1 Objetivo Geral:

Desenvolver uma ferramenta de fácil utilização capaz criar uma simulação com equipamentos de uma planta química, de modo que seja possível acessar e modificar informações de cada um deles a fim de calcular uma estimativa de custo de aquisição.

1.2 Objetivos Específicos:

Implementar no programa, ferramentas para cálculo de taxas de juro sobre o investimento, valor presente, valor futuro, anuidade, técnicas de depreciação de investimento; tempo de retorno de investimento, diagramas de fluxo de caixa; análise de risco;

Expandir a análise de estimativa de custo de equipamentos através da inserção de novos métodos, ampliando a diversidade de equipamentos suportados, além de possibilitar a comparação de resultados para o investimento.

2. METODOLOGIA

O código foi totalmente desenvolvido em uma plataforma da Microsoft, o “*Visual Studio Community 2019*”, que permite o uso de diversas ferramentas gratuitas para auxiliar o desenvolvimento de projetos. Na plataforma, a linguagem de programação utilizada foi o C#.

Para o desenvolvimento e organização da interface gráfica, foi feito o uso do “*Windows Presentation Foundation*” (WPF), um subsistema gráfico do .NET Framework 3.0 bem prático que facilita o posicionamento de elementos na interface e modificações nas suas propriedades e funcionalidades.

Inicialmente, criou-se um projeto nas configurações citadas, de modo que foi construído um programa de estimativa de custo de equipamentos utilizando a Técnica do Custo de Módulo, de modo que os fatores utilizados no cálculo foram fornecidos por Turton et al. (2018). Para tal, foi feito uso de Programação Orientada a Objetos, de modo que foram criadas classes de vários tipos de equipamento, permitindo assim a criação de objetos distintos referenciados a uma destas classes.

Em seguida, foi desenvolvido um sistema de banco de dados para que fosse possível preservar informações de uma simulação criada anteriormente. Para isto foi utilizada a classe “*SaveFileDialog*”, que guarda as informações em

um arquivo de texto, o qual é lido pela classe “*OpenFileDialog*” para que seja criada uma simulação idêntica à anterior.

A ferramenta foi, posteriormente, expandida para suportar novos tipos de equipamentos e calcular suas estimativas através do Método do Custo do Módulo. Além disso, foram adaptados ao programa, módulos anteriormente desenvolvidos capazes de utilizar o método de Seider et al. (2017) para realizar cálculos de estimativa de custo de uma grande variedade de equipamentos.

Implementou-se também, uma nova funcionalidade que permite uma visualização ampla de todos os equipamentos e calcula através do método proposto por Turton et al. (2018), a estimativa do custo total para os equipamentos, além do valor “*grassroot*”. Também foram adicionadas ferramentas capazes de calcular estimativas para os gastos com matéria-prima, utilidades, operadores e manufatura.

Foi desenvolvido um módulo capaz de receber informações previamente calculadas, além de novos dados inseridos pelo usuário, responsável por calcular e exibir os valores anuais dos fluxos de caixa com ou sem desconto. Além disso, o módulo foi projetado para realizar uma análise econômica do processo e calcular os critérios de rentabilidade.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Estimativa de custo de equipamentos

O custo de equipamentos é, segundo Vazzoler (2017), um dos principais custos diretos considerados para a preparação do projeto preliminar. O cálculo da estimativa de custo de equipamentos pode ser bastante complexo, visto que os fatores considerados para tal variam bastante de acordo com o tipo de equipamento. Com isso, há diversos métodos utilizados para este fim, dentre os quais é possível identificar alguns que apresentam uma boa consistência.

3.1.1 Técnica do Custo de Módulo

Para estimar o custo de uma nova planta química, Turton et al. (2018) afirmam que o método da estimativa do módulo nu é bem aceito para realizar cálculos preliminares de estimativa de custo. Este método se baseia em calcular o custo base de cada módulo (C_p^0), ou seja, o custo do equipamento com o material mais comum, operando à pressão ambiente. De modo que o mesmo

pode ser multiplicado por um fator de módulo (F_{BM}), obtendo uma estimativa para o custo do equipamento (C_{BM}) como mostra a Equação 1.

Turton et al. (2018) também determinam que o fator do módulo e, conseqüentemente, os custos totais do módulo podem ser representados pelas equações 2 e 3, respectivamente, apenas para equipamentos dos tipos: Bombas, Trocadores de calor ou vasos. De modo que as constantes B_1 e B_2 dependem do tipo e modelo de equipamento, enquanto o fator de material (F_M) depende do material utilizado no equipamento.

Já o fator de pressão (FP), deve ser calculado de diferentes formas. Para a maioria dos equipamentos, este valor pode ser obtido através da equação 4. Onde “P” representa a pressão à qual o equipamento opera e as constantes “ C_1 ”, “ C_2 ” e “ C_3 ” são dependentes do tipo e modelo de equipamento, além de variar de acordo com a pressão exercida no mesmo.

Além disso, Turton et al. (2018) estabelecem que o fator de pressão (F_p), para vasos, deve depender da espessura (t) e espessura mínima (t_{min}) do equipamento, além da pressão operacional (P). De modo que a relação entre a pressão e a espessura da parede recomendada pela ASME é dada pela equação 5, onde “D” representa o diâmetro do vaso; “S” é a pressão máxima permitida do material; “E” é a eficiência da solda e “CA” representa a tolerância à corrosão.

Dessa forma, segundo Turton et al. (2018), o valor do fator de pressão para vasos verticais deve-se dar da seguinte forma:

$$F_p = 1, \text{ se } t < t_{min} \text{ e } P > -0.5\text{barg}$$

$$F_p = \frac{t}{t_{min}}, \text{ se } t > t_{min} \text{ e } P > -0.5\text{barg}$$

$$F_p = 1.25, \text{ se } P < -0.5\text{barg}$$

Para o cálculo da estimativa de custo de outros tipos de equipamento, a equação utilizada pode variar, de modo que o fator de módulo (FBM) é comumente utilizado com base em dados tabelados e, posteriormente, associado a outros fatores de acordo com o equipamento em questão.

Após o cálculo das estimativas de custo, Turton et al. (2018) afirmam ainda que é necessário realizar alguns ajustes para a obtenção de resultados mais próximos à realidade. Normalmente, são considerados fatores de contingência e taxas adicionais com o intuito de precaver descuidos ou falta de informação acerca das despesas, obtendo assim um custo total do módulo (CTM), como mostra a equação 6.

Além destes fatores, é possível que haja necessidade de adicionar um novo valor à estimativa final devido a gastos com o desenvolvimento do terreno ou edifícios auxiliares, de tal modo que esse fator independe do material de construção dos equipamentos ou pressão de operação. Assim o chamado custo “grassroots” (C_{GR}) pode ser calculado levando em conta o somatório das estimativas dos equipamentos sob condição base (C_{BM}^0), de acordo com a equação 7.

3.1.2 Método de Seider

De acordo com Seider et al. (2017), vários fatores utilizados no cálculo de estimativas de custo de equipamentos podem ser facilmente obtidos através da leitura de gráficos. Entretanto, um método que consiga calcular tais estimativas possui uma abordagem muito mais precisa quando o realiza através de equações, trazendo benefícios adicionais como uma fácil implementação do método em ferramentas computacionais.

A aplicação do método proposto pelo autor se dá pelo uso de equações logarítmicas para calcular um valor para o custo base de um determinado equipamento. Este custo deverá ser, então, associado a diversos fatores que podem depender de características como pressão, material ou carga, resultando em uma estimativa de custo para o dado equipamento.

3.2 Custos de Produção

Para o funcionamento diário de uma planta química, é necessário que existam gastos contínuos com diversos fatores e, para Turton et al. (2018), é essencial que os custos para a manufatura sejam estimados antes da análise econômica de um projeto, uma vez que a receita obtida pelo processo deve ser superior aos gastos com a produção. Tais gastos podem ser divididos em algumas categorias.

3.2.1 Categorias dos Custos de Produção

Os custos diretos (DMC) representam despesas cujo valor pode variar de acordo com a taxa de produção. Dessa forma, quando a demanda do produto for baixa, os gastos relacionados a essa categoria também serão reduzidos. Alguns exemplos destes custos são matéria-prima e operadores.

Os custos fixos (FMC) são definidos por gastos que são independentes da taxa de produção. Isso significa que despesas relacionadas a essa categoria não são afetadas pela variação da demanda do produto. Dentre os exemplos destes custos, é possível identificar depreciação e impostos sobre a propriedade.

As despesas gerais (GE) são custos adicionais necessários para manter funções de negócio. Estão incluídos nessa categoria, gastos com salários, gerenciamento e financiamento. Apesar de raramente, é possível que estas despesas sejam dependentes da taxa de produção, especialmente quando a mesma se encontra em níveis baixos por um longo período.

3.2.2 Custo de Manufatura

De forma geral, Turton et al. (2018) afirmam que o custo de manufatura (C_{OM}) de um processo pode ser dado pelo somatório dos gastos relacionados às três categorias, como demonstrado na equação 8. Onde " C_{RM} " representa o custo com matéria-prima; " C_{WT} " é o gasto com tratamento de efluentes; " C_{UT} " é definido pelo custo com utilidades; " C_{OL} " representa as despesas com operadores; " C_{FI} " é definido pelo custo fixo de investimento; "d" representa a depreciação.

Para o cálculo do custo com operadores (C_{OL}), é possível estabelecer uma relação entre o número de passos em processos particulados (P), o número de processos não particulados (N_{NP}) e o salário com cada operador (S), de modo que deve ser considerado o tempo de cada turno dos operadores, de acordo com a equação 9.

O custo com utilidades (C_{UT}) se dá, muitas vezes, de maneira complicada. De forma geral, é comum utilizar valores tabelados para o custo de uma determinada utilidade (C_U) e associá-los com a vazão (vz), de modo a ajustar o valor para obter um custo anual. A equação 10 representa este cálculo considerando uma vazão em unidade/h.

custo com matéria-prima (C_{RM}) pode ser calculado através de uma relação simples entre o custo por quilograma de material (C_{KG}), a vazão mássica (v) e o número de dias de funcionamento da planta por ano (N_{Op}), de modo que o valor deve ser ajustado para obter um custo anual. Considerando uma vazão em Kg/s, a equação 11 é capaz de representar o cálculo.

3.3 Depreciação

Todos os equipamentos e construções de uma planta química possuem um valor associado, o qual, de acordo com Turton et al. (2018), diminui gradualmente, o que muitas vezes torna necessária a manutenção ou substituição dos mesmos. A depreciação do capital pode ser representada pela diferença entre o valor do equipamento antes do início da operação da planta e o valor de salvamento deste equipamento.

Dentre os métodos que calculam os efeitos da depreciação, é possível citar o Método de Depreciação Linear, que utiliza uma relação simples entre o Capital Fixo de Investimento (CFI), o valor de salvamento (S), além do número de anos do período de depreciação (n). Também é importante citar o Método do Duplo Declínio, que calcula um valor depreciado (d) para cada ano, que será considerado para o cálculo da depreciação no ano seguinte. Tais métodos podem ser representados pelas equações 12 e 13, respectivamente.

Além destes, também é possível dar relevância para o método MACRS, que é baseado em utilizar em conjunto, os Métodos Linear e do Duplo Declínio para calcular os efeitos da depreciação em cada ano.

$$C_{BM} = C_P^0 F_{BM} \quad (1)$$

$$F_{BM} = B_1 + B_2 F_P F_M \quad (2)$$

$$C_{BM} = C_P^0 [B_1 + B_2 F_P F_M] \quad (3)$$

$$\log_{10} F_P = C_1 + C_2 \log_{10} P + C_3 (\log_{10} P)^2 \quad (4)$$

$$t = \frac{PD}{2SE - 1.2P} + CA \quad (5)$$

$$C_{TM} = 1,18 * \sum_{i=1}^n C_{BM,i} \quad (6)$$

$$C_{GR} = C_{TM} + 0,5 * \sum_{i=1}^n C_{BM,i}^0 \quad (7)$$

$$COM = 0,18 * CFI + 2,73 * C_{OL} + 1,23 * (C_{UT} + C_{WT} + C_{RM}) \quad (8)$$

$$C_{OL} = 4,5 * (6,29 + 31,7P^2 + 0,23N_{NP})^{0,5} * S \quad (9)$$

$$C_{UT} = C_U * vZ * (24 * 365) \quad (10)$$

$$C_{RM} = C_{KG} * v * (3600 * 24) * N_{OP} \quad (11)$$

$$d_k^{SL} = \frac{CFI - S}{n} \quad (12)$$

$$d_k^{DDP} = \frac{2}{n} [CFI - \sum_{j=0}^{j=k-1} d_j] \quad (13)$$

3.4 Fluxo de Caixa

De acordo com Vazzoler (2017), um fator fundamental para a aprovação de um projeto de uma planta química é a sua viabilidade econômica. Em outros termos, a segurança de investimento terá uma maior garantia quando a Taxa de Retorno de Investimento (TIR) estimada para o processo for maior que um valor mínimo definido. Consequentemente, quanto maior o valor deste critério, mais atrativo será o projeto para os investidores.

Para que seja possível calcular critérios como a Taxa de Retorno de Investimento, é essencial que se tenha conhecimento do Fluxo de Caixa do processo. Turton et al. (2018) afirmam que esta é uma ferramenta muito útil para registrar entradas ou saídas de dinheiro em diferentes períodos, muitas vezes analisada em forma de diagrama. Um cálculo preciso dos valores de um Fluxo de Caixa deve considerar fatores como depreciação, taxa de juros e, em alguns casos, um fator de desconto que ajusta os resultados de acordo com o tempo decorrido desde o início do projeto.

Os investimentos e lucros do projeto podem ser descritos de duas formas diferentes: os Fluxos de Caixa Discreto ou Cumulativo. O primeiro caso representa, de forma simples, a quantidade monetária que foi gasta ou obtida em períodos distintos de tempo. Para o segundo caso, o valor obtido para um período de tempo é também somado ao valor dos períodos anteriores, facilitando a determinação do tempo de retorno de investimento ou do lucro total obtido.

3.5 Critérios de Rentabilidade

Para se analisar a viabilidade econômica de um projeto, é necessário analisar fatores de tempo, caixa e taxas de juros. Tal análise, segundo Turton et al. (2018), pode ser realizada através dos critérios de rentabilidade, os quais podem ou não ser descontados. Normalmente, para projetos de larga escala, é preferível utilizar o método descontado, o qual traz resultados mais próximos à realidade e possibilita uma avaliação mais precisa.

No caso sem desconto, alguns dos principais critérios analisados são: Posição Cumulativa de Caixa (PCC), representada pelo valor do Fluxo de Caixa Cumulativo referente ao final do projeto; Razão Cumulativa de Caixa (RCC), definida pela razão entre os valores positivos e negativos no Fluxo de Caixa; Taxa de Retorno de Investimento (TIR), que demonstra a relação entre o lucro anual médio e o investimento inicial do projeto; Tempo de Retorno de Investimento (TRI), definido pelo tempo estimado para que o investimento inicial seja recuperado.

Turton et al. (2018) afirma ainda que o caso descontado possui critérios semelhantes ao anterior, considerando, para o cálculo destes, um fator de desconto que ajusta os valores do Fluxo de Caixa de acordo com o tempo decorrido desde o início do projeto, ocasionado, em alguns casos, a adição de etapas no cálculo dos fatores. Dentre estes, é possível identificar: Valor Presente Líquido (VPL); Razão do Valor Presente (RVP); Taxa de Retorno de Investimento Descontada (TIRD); Tempo de Retorno de Investimento Descontado (TRID).

3.6 Programação Orientada a Objetos

Segundo Carvalho (2016), qualquer processo do mundo real pode ser representado por três estruturas básicas: Sequência, decisão e iteração. Entretanto, no universo da programação, o uso exclusivo destas estruturas pode causar limitações no código, uma vez que quanto mais complexo o programa, mais difícil e repetitiva se torna sua manutenção. Dessa forma, a programação orientada a objetos se torna bastante benéfica uma vez que permite a reutilização de códigos, reduz a repetição de blocos de código e organiza o mesmo por meio de classes.

Como o próprio nome já diz, a programação orientada a objetos se trata da representação de todo conceito ou entidade do mundo real que possui um significado bem definido para um determinado software como um objeto. Estes,

de acordo com Carvalho (2016), devem ser organizados em diferentes classes de acordo com as características que têm em comum.

Classes são compostas por atributos que, de acordo com Sarcar (2016), definem o estado assumido por um objeto referente a uma classe, embora cada objeto possa assumir uma forma diferente para cada atributo. Já as funções de uma classe definem comportamentos de seus objetos. Ou seja, as funções são responsáveis por realizar ações, tais como alterações nos atributos de um objeto ou o retorno de um deles.

O referenciamento direto de atributos ou funções de classes e objetos devem, algumas vezes, estar fora do alcance do usuário. Para isso, Sarcar (2016) enfatiza a utilidade do encapsulamento destes dados, um pilar da programação orientada a objetos que permite controlar o acesso a estas informações, ou seja, definir se determinados atributos ou funções de uma classe estarão visíveis para outras classes ou apenas para a própria instância.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Obteve-se um programa cuja classe principal é constituída por mais de 6000 linhas de código, a qual é responsável por realizar todas as ações referentes aos elementos da interface. Tais ações abrangem a criação das janelas de equipamentos da simulação; controle do equipamento selecionado; ajustes na coloração e fonte dos elementos; ações referentes ao banco de dados; tratamento de erros, preenchimento de dados em caixas de texto, entre outros.

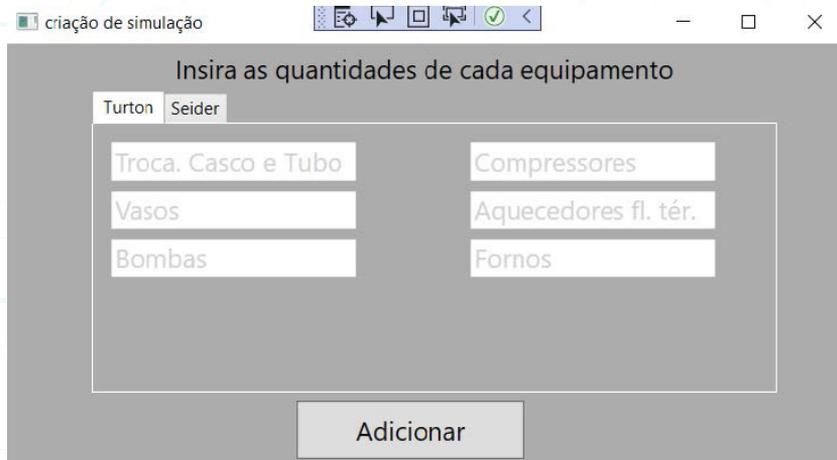
Além disto, foram programadas diversas outras classes referentes aos equipamentos que a simulação suporta ou ao cálculo de fatores que influenciam no custo de manufatura. Tais classes possuem a função de aplicar os respectivos métodos de estimativa de custo a fim de obter um valor financeiro estimado, além de possuírem a capacidade de armazenar todos os atributos dos equipamentos e do processo.

Figura 1 - Parte do Código referente à classe da janela principal

214	
215	
227	
228	Elementos de aquecedores à chama direta
242	
243	Elementos de ventiladores
261	
262	Elementos de torres de pratos
3754	
3755	Adição de equipamentos à janela
3771	
3772	vínculo da aba de equipamentos com a janela
3877	
3878	ajustes na fonte e cor dos elementos
4643	
4644	cálculo do valor parcial
4688	
4689	mudança de nome de equipamento
5089	
5090	Remoção de equipamento
5120	
5121	Calculo de custos totais de equipamentos
5177	
5178	Cálculos e ajustes de custos de matéria-prima
5277	
5278	Cálculos e ajustes de custos de utilidades
5299	
5300	Cálculos e ajustes de custos de operadores
5412	
5413	Cálculos e ajustes de custos de manufatura
5482	
5483	Cálculos e ajustes referentes a rentabilidade
6129	
6130	carregando arquivos
	salvando arquivos

Fonte: Próprio Autor.

A interface desenvolvida é capaz de criar uma simulação inserindo quantidades personalizadas de diversos tipos de equipamento, possibilitando também a escolha do método utilizado no cálculo de sua estimativa de custo, como ilustrado na Figura 2. Além disso, é sempre possível carregar uma simulação que foi salva anteriormente através do sistema de banco de dados.

Figura 2 - Interface de criação da simulação

criação de simulação

Insira as quantidades de cada equipamento

Turton Seider

Troca. Casco e Tubo

Vasos

Bombas

Compressores

Aquecedores fl. tér.

Fornos

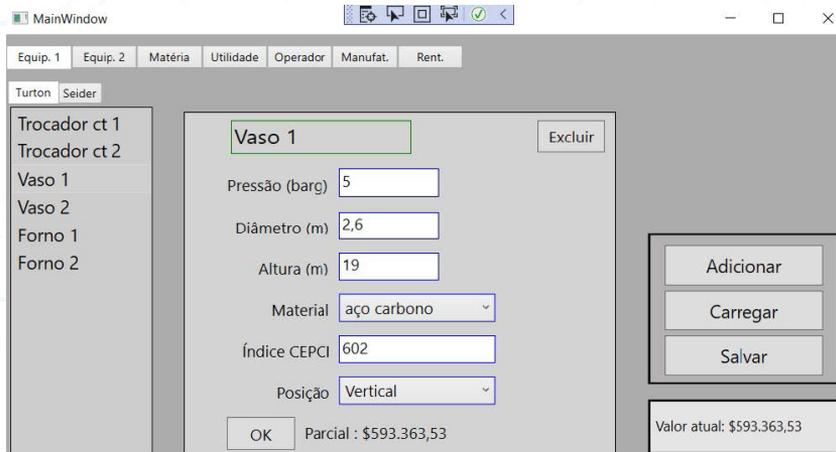
Adicionar

Fonte: Próprio Autor.

Os tipos de equipamentos suportados pelo software para o método de Turton et al. (2018) são: trocadores casco e tubo, vasos pressurizados, bombas, compressores, aquecedores fluido térmico e fornos. Já os tipos suportados para o método de Seider et al. (2017) são: trocadores casco e tubo, trocadores duplo tubo, compressores, aquecedores à chama direta, ventiladores, sopradores, bombas centrífugas, vasos pressurizados e torres de pratos.

A interface foi programada para que, após a criação ou carregamento de uma simulação, seja possível acessar e modificar as informações de cada equipamento presente no processo, de modo que poderá ser calculada uma estimativa de custo para este. Além disso, também será retornada a soma de todas as estimativas calculadas na simulação, além de uma estimativa ajustada do custo total dos equipamentos, que poderá ser utilizada em outros módulos como o Custo Fixo de Investimento (CFI).

Por exemplo, para que seja feito o cálculo da estimativa de um vaso vertical, o usuário deve inserir algum valor para as propriedades de: Altura, diâmetro, material e posição do equipamento, além da pressão operacional e o Índice CEPCI. Em seguida, deve-se clicar no botão “OK” como pode ser observado na figura 3:

Figura 3 - Interface de uma Simulação Aberta.

Equip. 1	Equip. 2	Matéria	Utilidade	Operador	Manufat.	Rent.
Turton Seider						
Trocador ct 1						
Trocador ct 2						
Vaso 1						
Vaso 2						
Forno 1						
Forno 2						

Vaso 1 [Excluir]

Pressão (barg) 5

Diâmetro (m) 2,6

Altura (m) 19

Material aço carbono

Índice CEPCI 602

Posição Vertical

OK Parcial : \$593.363,53

Adicionar

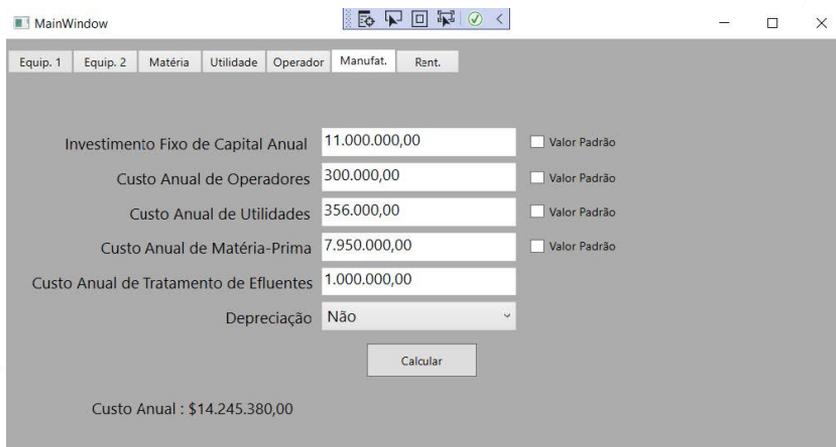
Carregar

Salvar

Valor atual: \$593.363,53

Fonte: Próprio Autor.

A ferramenta contém também módulos que calculam estimativas de custo para matéria-prima, utilidades e operadores. Tais estimativas poderão ser utilizadas, em conjunto com o custo fixo de investimento (CFI), para que seja possível calcular uma estimativa de custo de manufatura em um módulo adicional, cuja interface é ilustrada na figura 4:

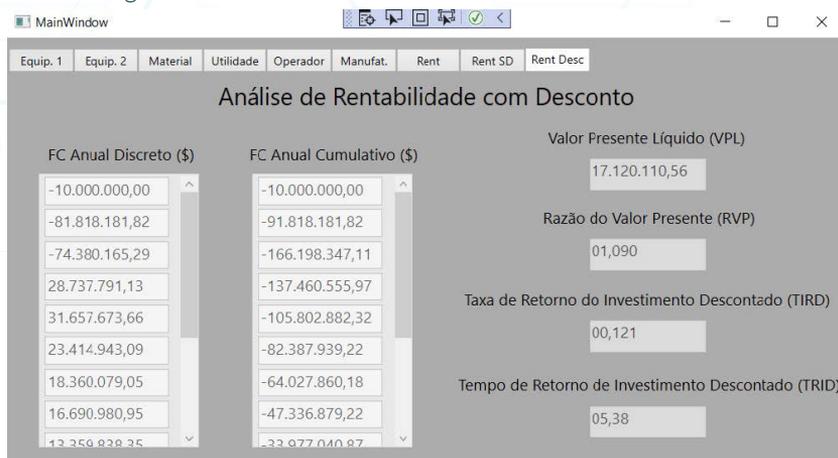
Figura 4 - Interface do Cálculo de Estimativa de Custo de Manufatura

Equip. 1	Equip. 2	Matéria	Utilidade	Operador	Manufat.	Rent.
MainWindow						
Investimento Fixo de Capital Anual 11.000.000,00 <input type="checkbox"/> Valor Padrão						
Custo Anual de Operadores 300.000,00 <input type="checkbox"/> Valor Padrão						
Custo Anual de Utilidades 356.000,00 <input type="checkbox"/> Valor Padrão						
Custo Anual de Matéria-Prima 7.950.000,00 <input type="checkbox"/> Valor Padrão						
Custo Anual de Tratamento de Efluentes 1.000.000,00						
Depreciação Não						
Calcular						
Custo Anual : \$14.245.380,00						

Fonte: Próprio Autor.

A interface da ferramenta responsável pela análise de rentabilidade foi dividida em 3 abas. Uma destas é responsável pelo recebimento de dados por parte do usuário, enquanto as outras exibem os resultados obtidos para os fluxos de caixa e critérios de rentabilidade descontados e não descontados.

Figura 5 - Interface da Análise de Rentabilidade Descontada



Fonte: Próprio Autor.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ferramenta computacional desenvolvida foi capaz de utilizar a Técnica do Custo de Módulo proposta por Turton et al. (2018) e o Método de Seider et al. (2017) para calcular estimativas de custo para determinados equipamentos de uma planta química, de modo que é capaz de receber dados referentes às características do equipamento e o efeito da inflação. Além disso foi possível notar que o software é capaz de calcular estimativas para os custos de produção, além de utilizar todos estes valores na análise de rentabilidade.

A linguagem de programação C# apresentou bastante utilidade no desenvolvimento e referenciamento de classes, facilitando assim, a utilização de Programação Orientada a Objetos no código. O subsistema gráfico WPF também trouxe benefícios na agilidade e efetividade do desenvolvimento da interface devido a suas ferramentas, que facilitam o ajuste nas propriedades de elementos na mesma.

A ferramenta dispõe de fácil acesso às propriedades dos equipamentos, bem como a possibilidade de alterá-las quando necessário. Além disso, os

diferentes módulos e funcionalidades do software permitiram uma ampla visualização de todas as etapas da análise econômica do processo, de modo que a divisão da ferramenta em várias abas torna sua interface mais amigável, evitando poluição visual excessiva.

O sistema de banco de dados, apesar de simples, se mostrou eficiente, de modo que é possível o carregamento de todas as informações inseridas e retornadas de uma simulação de forma rápida e livre de erros.

Apesar da boa funcionalidade da ferramenta em calcular estimativas de custo, é possível que haja desvios nos valores estimados. Estes desvios podem ser causados por fatores como localidade, fatores inflacionários e o próprio método utilizado. Portanto, fica claro que o intuito principal da ferramenta é a realização de estimativas preliminares para uma planta química.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil, por meio da concessão da bolsa PIBIC/CNPq-UFCG.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, B. et al. **Projeto de Ensino:** Desenvolvimento de Aplicativo para Análise Econômica de Processos Químicos. XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Belém, 2012.

CARVALHO, T. **Orientação a Objetos:** Aprenda seus conceitos e suas aplicabilidades de forma efetiva. Casa do Código, 2016.

CONCEIÇÃO, S. **A Análise Econômica de Processos como Ferramenta de Decisão no decurso do seu Desenvolvimento.** Tese (Mestrado em Engenharia Química e Biológica) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, p. 18, 2016.

SARCAR, V. **Interactive Object Oriented Programming in Java.** 1 ed. Apress, 2016.

SARDOU, A. et al. **Curvas de Custo para Auxiliar na Estimativa de Investimento de Capital de Processos Químicos Industriais.** Revista Processos Químicos, Artigo Geral 8, p. 92, 2018.

SEIDER, W. D. et al. Product and Process Design Principles, Synthesis, Analysis and Design. 4 ed. Ed. Wiley, 2017.

TURTON, R.; SHAEIWITZ, J.; BHATTACHARYYA, D.; WHITING, W. **Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes.** 5 ed. Ed Prentice Hall, 2018.

VAZZOLER, A. **Introdução ao Estudo das Viabilidades Técnica e Econômica de Processos Químicos:** Estimativas de custos para projetos conceituais e anteprojetos. 1 ed. Campinas, 2017.