



## **DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE PARA SÍNTESE DE REDES DE TROCADORES DE CALOR UTILIZANDO ANÁLISE PINCH – FASE 2**

Marielle de Oliveira Batista (PIBIC/CNPq/Uem), Camila de Brito Miranda (coautora), Leandro Vitor Pavão (coautor), Mauro Antonio da Silva Sá Ravagnani (Orientador), e-mail: massravagnani@uem.br

Universidade Estadual de Maringá / Departamento de Engenharia Química/Maringá, PR.

### **Engenharia Química / Processos Industriais de Engenharia Química**

**Palavras-chave:** integração energética, RTC, Análise Pinch

#### **Resumo:**

A integração energética é um tema relevante em indústrias de processos. Para se conseguir tal integração, necessita-se da Síntese de uma Rede de Trocadores de Calor (RTC). Um projeto eficiente de RTC pode minimizar os custos com utilidades quentes e frias, bem como as emissões de poluentes. Além disso, o dimensionamento rigoroso de trocadores de calor pode ajudar a minimizar custos de projeto e manutenção. Neste trabalho, desenvolveu-se um programa com interface amigável para síntese de RTC incluindo o dimensionamento rigoroso dos equipamentos. A Análise Pinch é utilizada para sintetizar a RTC e o projeto dos equipamentos é feito por meio de uma sistemática proposta pelo grupo de pesquisa em trabalhos anteriores (Ravagnani e Caballero Suarez, 2012). Um exemplo da literatura foi usado para testar a aplicabilidade do software. Os resultados obtidos são condizentes com os publicados na literatura.

#### **Introdução**

A redução dos custos energéticos e das emissões de gases de efeito estufa são os principais fatores que levaram pesquisadores a investigar a síntese e otimização de Redes de Trocadores de Calor (RTC). Uma das técnicas pioneiras e mais bem sucedidas é a Análise Pinch, desenvolvida por Linnhoff e seus colaboradores em trabalhos realizados desde o final da década de 1970 (Linnhoff et al., 1982). Nesta metodologia, é possível obter, a partir de regras heurísticas e de conceitos termodinâmicos, a máxima recuperação de energia numa RTC.





Os cálculos necessários são relativamente simples, porém repetitivos e monótonos se realizados manualmente em exemplos com grande quantidade de correntes. O uso de um software torna-se necessário nestes casos.

A análise Pinch é uma junção de conceitos da Primeira e Segunda Leis da Termodinâmica com algumas regras heurísticas para determinar os pares de correntes que podem trocar calor. Tal análise baseia-se em dividir a rede em subredes após a identificação do ponto Pinch e realizar o balanço de energia em cada uma delas. Além disso, é possível obter a máxima recuperação de energia, o número mínimo de trocadores de calor, a área mínima e o custo mínimo de capital e energia da rede (MARTÍN; MATO, 2008).

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi o desenvolvimento e aprimoramento de um software com interface amigável para a síntese de redes de trocadores de calor para utilização didática em problemas do curso de graduação em Engenharia Química.

## Materiais e métodos

Buscando solucionar o problema de forma interativa, um programa computacional foi desenvolvido em Matlab 2014b. Este programa passou por testes e aprimoramentos com alunos do quinto ano do curso de graduação em Engenharia Química da UEM. O ambiente de desenvolvimento Matlab 2014b foi adquirido pelo Departamento de Engenharia Química, no ano de 2014 e está disponível para o desenvolvimento de programas na área de modelagem e simulação de processos. Numa segunda fase, o programa foi utilizado na solução de problemas envolvendo grande número de correntes.

## Resultados e Discussão

A fim de exemplificar a síntese de uma rede de trocadores de calor utilizou-se um exemplo retirado de Smith (2005), cujos dados de entrada encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados do exemplo

Corrente	$T_{en}$ (°C)	$T_{sai}$ (°C)	CP (kW/°C)
1	300	80	150
2	200	40	225
3	40	180	200
4	140	280	300

O procedimento inicia com a entrada dos dados das correntes. Pode-se adicionar, remover ou modificar correntes, com um clique nos botões. Após





a entrada dos dados, ao clicar em “Pinch!”, o usuário visualizará os passos do Procedimento Tabular de Linnhoff, conforme Figura 1: diagrama de balanços de energia, cascatas energéticas e diagrama TH, contendo informações da demanda mínima de utilidades e as temperaturas do ponto de estrangulamento energético (20 MW, 19 MW, 140°C e 160°C).

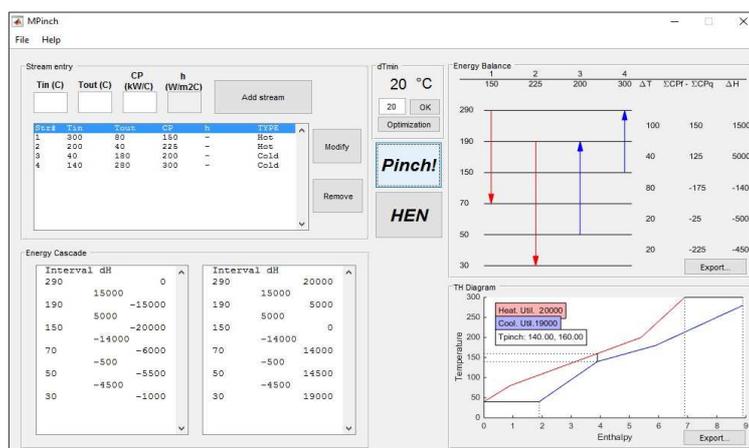


Figura 1 – Passos do Procedimento Tabular de Linnhoff após o clique em “Pinch!”

Ao clicar em “HEN”, o usuário pode visualizar o diagrama de grade da rede à direita. Inicialmente a visualização será acima do *Pinch*. A alocação dos trocadores de calor é feita clicando no botão “Add HEN”. Escolhe-se então para a primeira troca térmica as correntes 1 e 3. O algoritmo seleciona então o menor calor, neste caso, os 8 MW da corrente fria 3, e realiza o balanço de energia, calculando as temperaturas quente de entrada e fria de saída, além do calor remanescente na corrente quente 1.

Por padrão, o programa utiliza todo o calor disponível para troca. Entretanto, o usuário tem a possibilidade de trocar menos calor em um equipamento. Isto é possível no painel “Modify Heat Exchanger”, disposto na Figura 2. Após alocou-se um trocador entre as correntes 2 e 4, e entre 1 e 4. O calor restante, 20 MW, está de acordo com o valor determinado no Procedimento Tabular de Linnhoff para a necessidade de utilidades quentes. Com a opção “Hot Utility”, aloca-se um aquecedor na corrente 4, esgotando-a. Passou-se então para as correntes abaixo do *Pinch*. Pode-se esgotar a necessidade da corrente fria com um trocador, e em seguida, alocar duas utilidades frias para esgotar o calor restante nas correntes 1 e 2. A rede sintetizada é mostrada na Figura 2, obtida ao clicar-se em “All Network”.

Utilizando-se casos da literatura que possuíam mais de 30 correntes foi possível identificar que existem ainda algumas limitações do programa, no sentido da visualização dos resultados.





## Conclusões

O software MPinch mostrou-se bastante satisfatório como ferramenta auxiliar ao aprendizado da Análise Pinch para problemas com pequeno número de correntes. Quando utilizado com problemas com grande número de correntes, percebe-se que o programa necessita de uma readequação na interface gráfica para possibilitar a visualização da rede. Apesar dessa pequena limitação, é possível ver nas RTC sintetizadas que os resultados foram promissores, tornando possível a aplicação no estudo da integração energética de processos industriais.

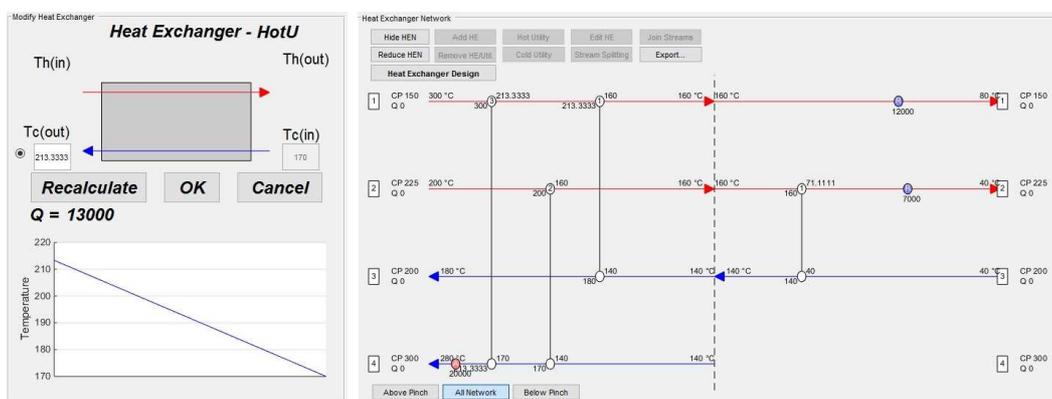


Figure 2 – Painel de edição de trocadores e rede sintetizada

## Agradecimentos

Ao CNPq pela oportunidade e incentivo para realização deste projeto.

## Referências

- LINNHOFF, B.; TOWNSEND, D. W.; BOLAND, D.; HEWITT, G. F.; THOMAS, B. E. A.; GUY, A. R.; MARSLAND, R. H. A User Guide on Process Integration for the Efficient Use of Energy. Rugby: The Institution of Chemical Engineers, 1982.
- MARTÍN, A.; MATO, F. A. Hint: An educational software for heat exchanger network design with the pinch method. Educ. Chem. Eng., v. 3, p. e6-e14, 2008.
- RAVAGNANI, M. A. S. S.; CABALLERO SUÁREZ, J. A. Redes de Cambiadores de Calor. Alicante: Editora de la Universidad de Alicante, 2012.
- SMITH, R. Chemical process design and integration. Chichester: Wiley, 2005.

