

## DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA PARA SÍNTESE DE REDES DE TROCADORES DE CALOR EM LINGUAGEM PYTHON UTILIZANDO CONCEITOS DE SUPERESTRUTURA

Giulianna Sanches Claro (PIC/Uem), Camila de Brito Miranda Faia (Orientador), Mauro Antônio da Silva Sá Ravagnani (Coorientador), e-mail: [giuliannasanches@gmail.com](mailto:giuliannasanches@gmail.com)

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia / Maringá, PR

**Área e subárea do conhecimento:** Engenharias, Engenharia Química

**Palavras-chave:** metodologia Pinch, superestrutura, linguagem Python

### Resumo:

Este projeto de iniciação científica teve por objetivo o desenvolvimento de uma nova maneira generalizada de representação dos dados associados a uma rede de trocadores de calor (RTC). Foi utilizada uma modelagem de RTC baseada em superestruturas, o que trouxe mais robustez aos cálculos e liberdade na exploração de novas topologias de rede. O software MPinch, programa original, visa maximizar a recuperação energética, reduzindo-se a necessidade de utilidades, baseia-se em conceitos termodinâmicos e regras heurísticas. Contudo, possui algumas limitações devido o seu desenvolvimento em esfera para criação de interfaces do ambiente Matlab, bem como às possíveis estruturas de rede contempladas, dado o seu método tabular de armazenamento de dados. Os resultados obtidos são comparados com o programa original, avaliando sua velocidade de execução e a solução das antigas falhas presentes.

### Introdução

Em processos industriais fluidos transportados de um equipamento a outro, denominados correntes, precisam ser resfriados (correntes quentes) ou aquecidos (correntes frias) a fim de alcançar determinadas condições necessárias. Com o intuito de aquecer uma corrente fria e resfriar uma corrente quente podem ser utilizados trocadores de calor, que realizarão a troca térmica com utilidades quentes ou frias ou entre as próprias correntes de processo, visando a otimização energética. Rede de trocadores de calor (RTC) é o nome que se dá ao conjunto de trocadores de calor utilizado para esses fins em uma planta. As utilidades (correntes externas ao processo) são empregadas com o objetivo de aquecer (utilidade quente) ou resfriar (utilidade fria) uma corrente. Utiliza-se a integração energética para a redução do consumo de utilidades e o melhor aproveitamento da energia térmica existente nas correntes de processo (RAVAGNANI; SUÁREZ, 2012).

A Análise Pinch é um método sequencial que tem por finalidade encontrar a melhor integração energética de uma planta. Por meio desse método é possível reduzir a complexidade computacional com a finalidade de alcançar esses objetivos (RAVAGNANI; SUÁREZ, 2012).

A linguagem de programação Python utilizada na reformulação do código é de fácil aplicação e assimilação, além de não necessitar de licença, diferente da linguagem anterior que era de um software proprietário (Matlab).

Dessa forma, a reformulação do software visa não somente corrigir os bugs do programa original, mas também acrescentar o método de superestruturas para o desenvolvimento da RTC, permitindo que dados fornecidos pelos usuários sejam salvos para facilitar a ampliação de funções do software, como a otimização da rede.

## Materiais e métodos

Levando em consideração o projeto “Reformulação do algoritmo de síntese de redes de trocadores de calor no software didático MPinch”, o projeto atual seguiu o padrão utilizado para continuidade do programa. Dessa forma, foi sucedido o aprendizado da metodologia Pinch e de superestruturas no desenvolvimento de uma RTC. Além disso, foi dado seguimento no estudo da linguagem de programação Python, visto que essa era utilizada no desenvolvimento do programa e da interface.

## Resultados e Discussão

Este presente trabalho foi continuidade da reformulação do software didático MPinch. O software foi desenvolvido para facilitar o usuário adicionar n correntes, seus respectivos coeficientes de película e capacidade térmica. Com base nesses dados, o programa calcula a cascata de energia e, conseqüentemente, encontra a temperatura pinch. A interface atualizada está apresentada nas Figuras 1 e 2.

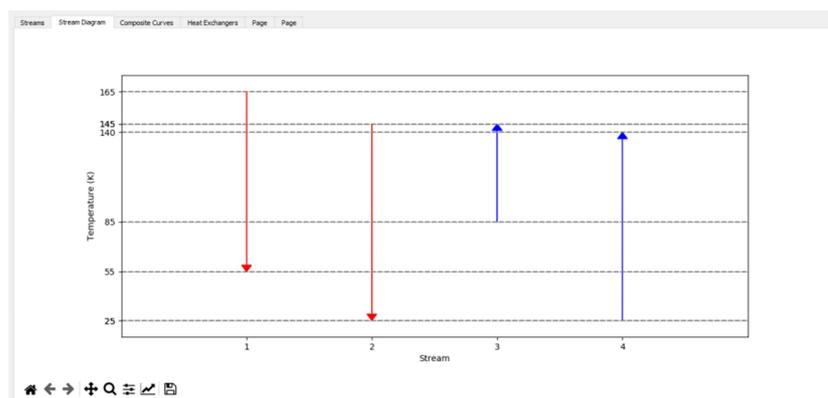
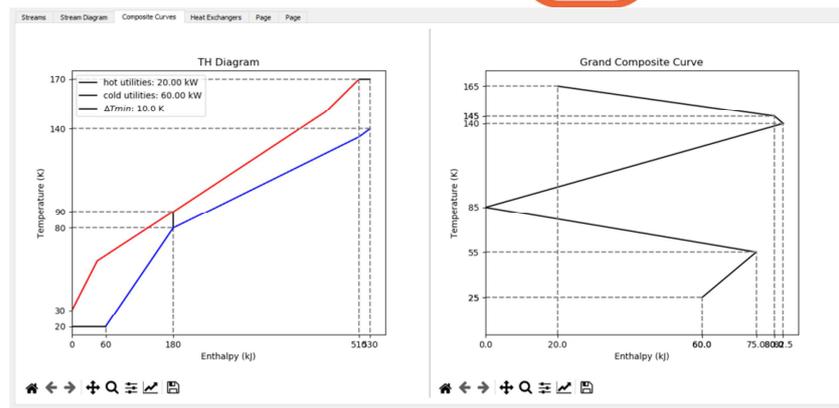
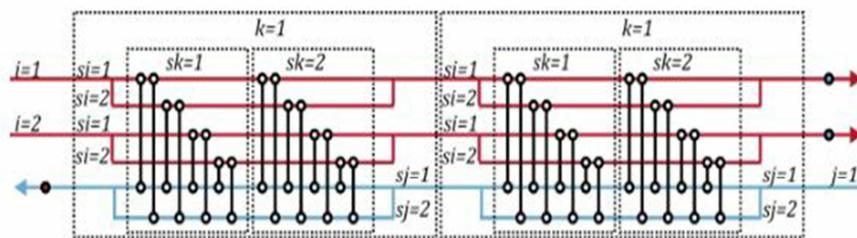


Figura 1 – Diagrama das correntes quentes e frias versus temperatura.



**Figura 2** – Diagramas de TH (Entalpia versus Temperatura) e Grande Curva Composta (Entalpia versus Temperatura).

Para o aperfeiçoamento do código referente a sistematização da síntese da RTC, utilizou-se da versão simplificada da superestrutura de Pavão, Costa e Ravagnani (2018) apresentada na Figura 3.



**Figura 3** - Ilustração da superestrutura de Pavão, Costa e Ravagnani (2018).

Essa superestrutura utilizada no programa permite que o usuário escolha dividir ou não as correntes em subcorrentes quentes ( $s_i$ ) e frias ( $s_j$ ), as frações das mesmas e seus estágios ( $k$ ) e subestágios ( $sk$ ). O código desenvolvido, utilizando a biblioteca *numpy*, permitiu que todos os resultados dos cálculos realizados pudessem ser armazenados em matrizes de seis dimensões. As principais variáveis referentes a superestrutura são: a variável binária representando existência/ausência de uma troca térmica ( $z$ ), as cargas térmicas dos trocadores de calor ( $Q$ ) e as frações das divisões de correntes,  $Fh_{i,s_i,k}$  e  $Fc_{j,s_j,k}$ . Com isso, foi possível desenvolver o algoritmo que efetuasse o cálculo de troca térmica de um trocador de calor entre quaisquer duas correntes da rede. Foi criada uma nova aba na interface que contém todos os dados de estágio, sub-estágio, corrente quente, corrente fria, sub-corrente quente e sub-corrente fria e a possibilidade de adicionar um trocador de calor entre as correntes desejadas. A Figura 4 apresenta a ilustração dessa nova página.

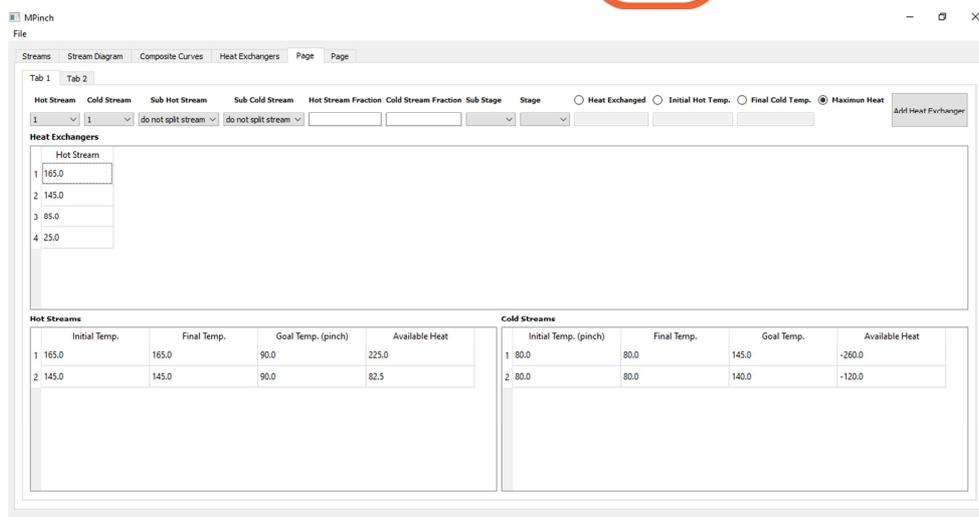


Figura 4 – Página ilustrativa da superestrutura do programa MPinch.

## Conclusões

O projeto teve um bom desenvolvimento quanto aos cálculos utilizando a superestrutura, bem como a atualização da interface e o desenvolvimento inicial da parte visual da síntese da RTC. Ademais, o uso da linguagem Python aliado a algumas bibliotecas gráficas viabiliza o desenvolvimento de um software habilitado para realizar uma síntese de rede de trocadores de calor de uma planta industrial de forma eficiente, eficaz e de fácil compreensão por parte do usuário.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à UEM pelo apoio na realização do projeto no qual esse trabalho está inserido.

## Referências

PAVÃO, L. V.; COSTA, C. B. B.; RAVAGNANI, M. A. S. S. A new stage-wise superstructure for heat exchanger network synthesis considering substages, sub-splits and cross flows. **Applied Thermal Engineering**, P. 719-735, 2018.

RAVAGNANI, M. A. S. S.; SUÁREZ, J. A. C. A. **Redes de Trocadores de Calor**. 1. ed. Maringá: Eduem, 2012.