

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Engenharia de Processos

Prof. Ana Mehl

Solucionador automático de problemas de
Integração Energética - Manual de uso

Autores:

Lucca Gandra	120101720
Rodrigo de Freitas	117260214
Rômulo Vieira	118144526

7 de dezembro de 2023



1 Introdução

Esse solucionador automático de problemas de integração energética permite a resolução de problemas aplicando o método do transbordo para o cálculo do custo mínimo e o método RPS para a criação da rede de trocadores de calor (RTC).

O programa conta com dois arquivos `integration.py` e `run.py`. O primeiro arquivo é responsável pelos cálculos e pela formação da imagem da RTC, e o segundo, pela entrada de dados e seleção dos cálculos a serem realizados.

2 Modo de utilização

O programa permite a realização de diferentes cálculos e a modificação de ambos, os valores das propriedades usados para os cálculos, e os modelos para cálculo de custo. Todas essas variáveis e modelos podem ser identificados ao procurar o termo "mudar" em ambos os documentos. Ele estará presente em comentários que descrevem o que essa variável ou modelo representa.

Para selecionar os cálculos que serão realizados, dispomos de três variáveis no arquivo `run.py` que podem ser modificadas. A primeira é a variável `input`. Caso essa variável for `True`, o menu de entrada de dados aparecerá para a inserção dos dados referentes às correntes de trabalho, caso ela for `False`, as correntes do exemplo de sala de aula serão usadas. A segunda é a variável `user_input`. Caso ela for `True`, o usuário poderá escolher a cada etapa as trocas a serem realizadas, caso ela for `False`, as trocas serão realizadas de acordo com o critério, como o do RPS. A terceira é a variável `critério_RPS`. Essa variável deve ser igual a uma string de texto que diga o critério a ser tomado pelo método de resolução da RTC, como por exemplo `"QMT0xFMT0"` ou `"QmT0xFmT0"`, as aspas inclusas.

Para mudar os valores das propriedades, também será necessário modificar o arquivo `run.py`. As propriedades cujos valores diferem dos padrões devem ser chamadas dentro da função `IntegraçãoEnergética`. Para modificar os modelos matemáticos, será necessário procurar o termo "mudar" no arquivo `integration.py` e substituir as expressões nos locais indicados. Atenção que eles devem ser substituídos em mais de um lugar.

Para rodar o código e começar os cálculos é necessário rodar o arquivo `run.py` e os resultados aparecerão no console ou como imagens. Caso se tenha escolhido utilizar correntes de entrada definidas pelo usuário, é necessário fechar a imagem para que o próximo passo seja realizado.

A seguir, estão os valores padrões utilizados, os modelos matemáticos usados por padrão, a representação das interfaces de usuário e das RTC geradas.

3 Fórmulas e regras utilizadas

3.1 Constantes

- $C_a = 0.00005$: Custo unitário da água ($\$/kg$)
- $C_v = 0.015$: Custo unitário do vapor ($\$/kg$)
- $U_{tc} = 0.75$: Coeficiente de transferência de calor do trocador de integração ($kW/m^2 \text{ } ^\circ C$)
- $U_r = 0.75$: Coeficiente de transferência de calor do resfriador ($kW/m^2 \text{ } ^\circ C$)
- $U_a = 1.00$: Coeficiente de transferência de calor do aquecedor ($kW/m^2 \text{ } ^\circ C$)
- $\lambda = 0.48$: Calor latente (kWh/kg)
- $C_p = 0.00116$: Calor específico? (kWh/kg)
- $\Delta T_{MIN} = 10$: delta mínimo de temperatura ($^\circ C$)
- $(T_{e,vapor}, T_{s,vapor}) = (250, 250)$: Temperaturas de entrada e saída da utilidade de vapor ($^\circ C$)
- $(T_{e,agua}, T_{s,agua}) = (30, 50)$: Temperaturas de entrada e saída da utilidade de água ($^\circ C$)

3.2 Valores calculados

3.2.1 Diferenças de temperaturas nos extremos dos trocadores

$$\Delta_1 = TEQ - TSF$$

$$\Delta_2 = TSQ - TEF$$

3.2.2 Área

$$A = \frac{Q}{U \left(\frac{\Delta_1 - \Delta_2}{\ln \left(\frac{\Delta_1}{\Delta_2} \right)} \right)}$$

3.2.3 Custo Total

$$C_T = C_{util} + C_{cap} \text{ } (\$/a)$$

3.2.4 Custo de Utilidades

$$C_{util} = 8500 (C_a W_a + C_v W_v) \text{ } (\$/a)$$

Nota-se que o custo do vapor é 30 vezes maior que o da água.

3.2.5 Custo de Capital

$$C_{cap} = 130 \sum_{i=0}^{\infty} (A_i^{0.65}) \text{ (\$/a)}$$

3.3 Condições de existência de pares combináveis

São três condições:

Se $T_o(Q) > T_o(F) + 10$

Se $Q_o \neq Q_{desejado}$. Ou seja, se no loop do RPS, a corrente quente ainda não foi resfriada o suficiente.

Se $F_o \neq F_{desejado}$. Ou seja, se no loop do RPS, a corrente fria ainda não foi aquecida o suficiente.

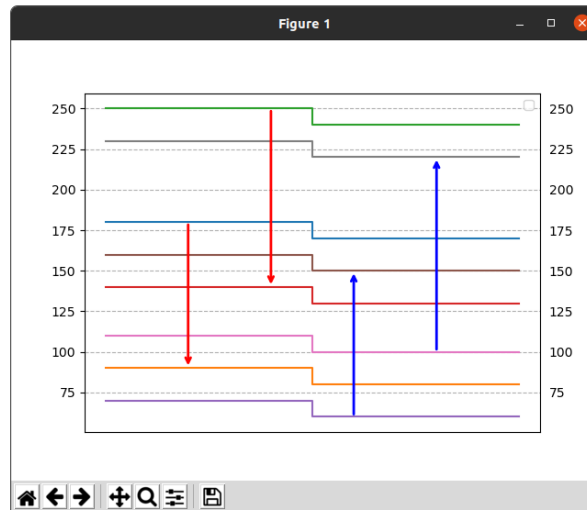
4 Recursos

4.1 GUI para usuário inserir matriz

	WCp, KW/°C	To, °C	Td, °C
Q1			
Q2			
F1			
F2			

Processar

4.2 Diagrama dos intervalos de temperatura



4.3 Matriz oferta e demanda

Table Display					
	Intervalo	$R(k-1)$	Oferta	Demanda	Sk
1	0	40.0	0.0	40.0	
2	40.0	100.0	350.0	-210.0	
3	0	240.0	140.0	100.0	
4	100.0	240.0	240.0	100.0	
5	100.0	300.0	360.0	40.0	
6	40.0	200.0	100.0	140.0	
7	140.0	0.0	100.0	40.0	

4.4 Print das etapas do RPS

Obs: isto só é acessável para quem executa o código em Python. Não foi criada uma interface com estes dados.

```

Matriz original: 1

10.0  180.0  90.0
2.0   250.0  140.0
5.0   60.0   150.0
7.0   100.0  220.0

-----

Número da troca: 1

Q2F2

10.0  180.0  90.0
2.0   140.0  140.0
5.0   60.0   150.0
7.0   131.4  220.0

-----

Número da troca: 2

Q1F2

10.0  153.0  90.0
2.0   140.0  140.0
5.0   60.0   150.0
7.0   170.0  220.0

-----

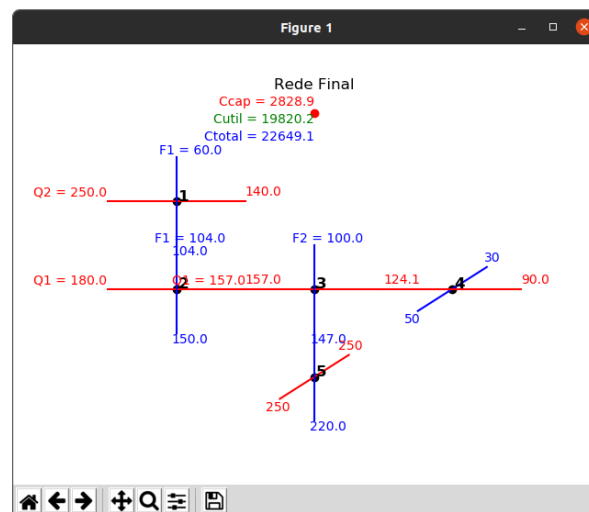
Número da troca: 3

Q1F1

10.0  111.5  90.0
2.0   140.0  140.0
5.0   143.0  150.0
7.0   170.0  220.0

```

4.5 Ferramenta para visualizar redes de integração e custos



5 Redes de Trocadores de Calor

5.1 Matriz exemplo dos slides com $QMT0 \times FMT0$

5.1.1 Troca inicial default ($QMT0 \times FMT0 = Q2 \times F2$)

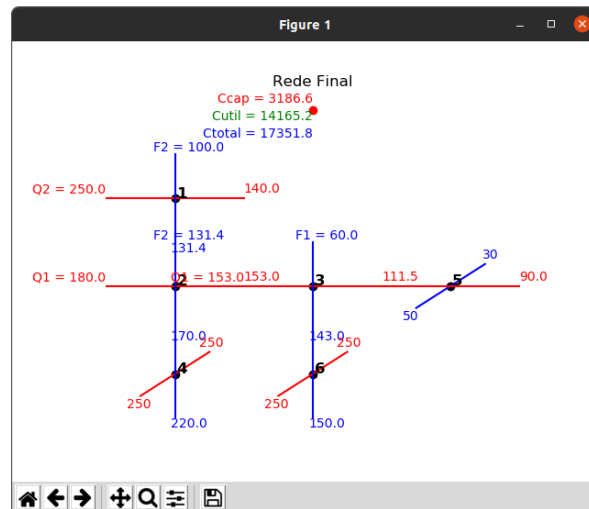


Figura 1: Matriz exemplo do slide

5.2 Matriz exemplo dos slides com QMT0xFMT0 e diferentes trocas iniciais

5.2.1 Troca inicial arbitrária Q2xF1

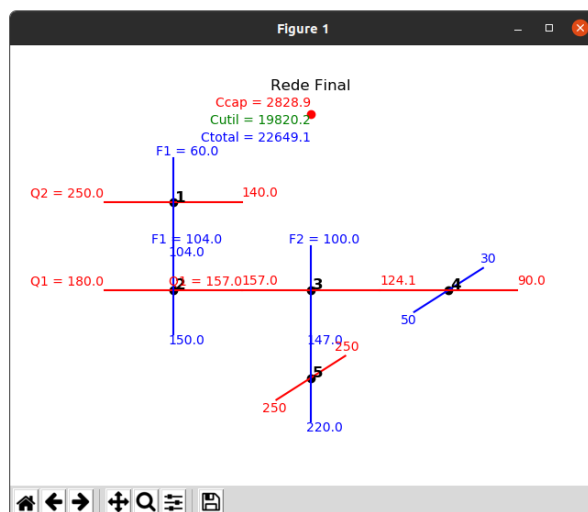


Figura 2: Matriz exemplo do slide com diferente configuração final

5.2.2 Troca inicial arbitrária Q1xF2

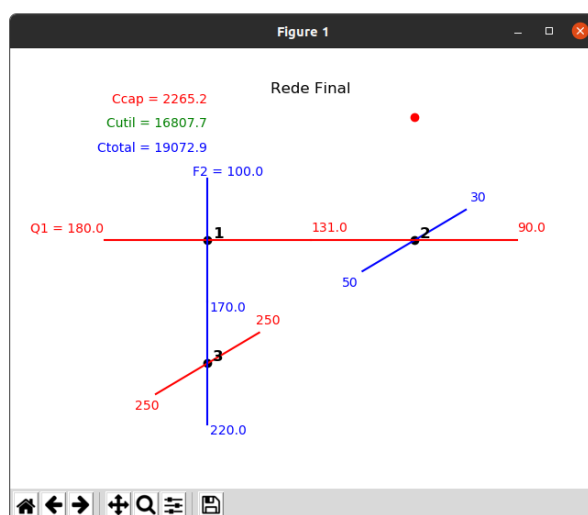


Figura 3: Matriz exemplo do slide com corrente Q2 e F1 fora da rede

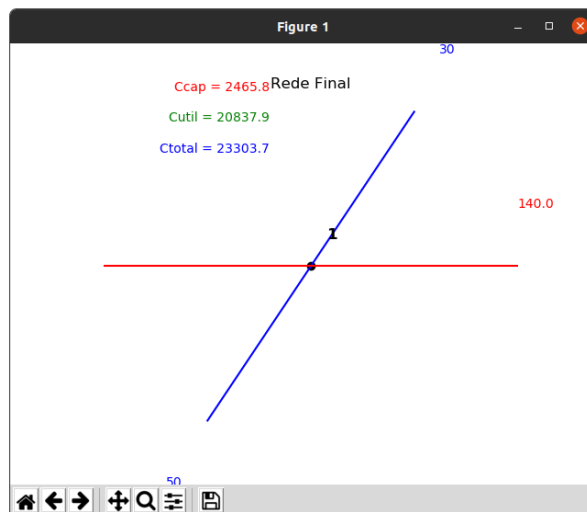


Figura 4: Aquecimento da corrente Q2

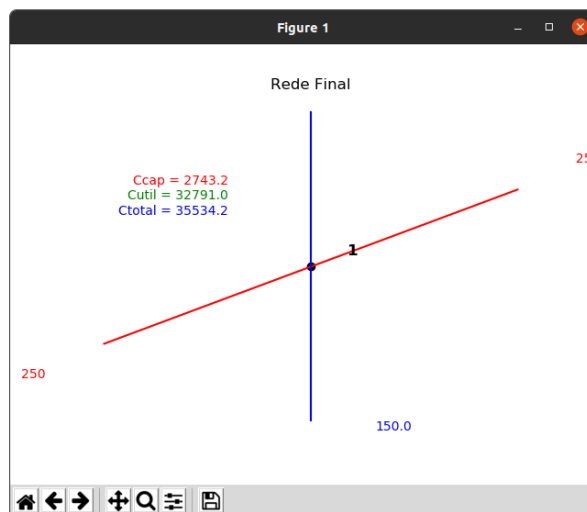


Figura 5: Resfriamento da corrente F1

Obs: a troca Q2xF1 não foi possível pois Q2 tem TEQ de 124 e F1 tem TEF de 147. Isto porque $TEQ > TEF + 10$, pela condição de existência exposta na seção 1.3 deste relatório. Portanto, as correntes foram aquecidas e resfriadas por utilidades.