

# Manual FI<sup>2</sup>EPI



AGÊNCIA PARA A ENERGIA



Ferramenta Informática para a Integração  
Energética de Processos Industriais

Versão 1.0 - Abril 2011

## Índice

Introdução .....	4
Instalação do FI <sup>2</sup> EPI e Requisitos .....	4
Ecrã de boas-vindas .....	4
Ecrã Principal .....	5
Menu Projecto .....	6
Submenu Novo .....	6
Submenu Abrir .....	6
Submenu Guardar .....	6
Menu Exportar .....	7
Submenu Tabelas .....	7
Submenu Gráficos .....	7
Submenu Redes .....	7
Menu Ajuda .....	7
Submenu Manual do FI <sup>2</sup> EPI .....	8
Submenu Brochura de Integração de Processos .....	8
Submenu Acerca do FI <sup>2</sup> EPI .....	8
Separador Dados .....	9
Janela Correntes Processo .....	9
Janela Utilidades .....	10
Janela PC's Existentes .....	12
Janela Dados Económicos .....	13
Janela $\Delta T_{min}$ .....	13
Janela PC's Rede s/ Integração .....	14
Janela Curvas Compostas .....	14
Janela Cascata de Calor .....	15
Janela Curva Composta Global .....	16
Janela Rede s/ Integração .....	16
Janela Rede Existente .....	17
Separador Rede s/ Integração .....	19
Janela Curva Composta Global (Rede s/ Integração) .....	19
Janela Custo de Equipamento .....	20
Janela Custo Operatório .....	20

Janela Custo Total Anual .....	20
Separador Rede Existente .....	21
Janela Curva Composta Global (Rede Existente).....	21
Janela Custo de Equipamento .....	22
Janela Custo Operatório .....	23
Janela Custo Total Anual .....	23
Separador Diagramas .....	24
Janela Cenários de Utilidades .....	24
Janela Curva Composta Global .....	26
Janela Curvas Compostas Balanceadas .....	26
Janela Estimativa de Área .....	27
Separador $\Delta T_{min}$ Ótimo .....	29
Janela Condições de Optimização .....	29
Janela Utilidades vs. $\Delta T_{min}$ .....	30
Janela Área vs. $\Delta T_{min}$ .....	30
Janela Custos vs. $\Delta T_{min}$ .....	31
Janela Quadro de variação de custos com o $\Delta T_{min}$ .....	31
Janela Resultado de Optimização .....	32
Separador Rede MER .....	33
Janela Zona Acima do PE.....	33
Janela Zona Abaixo do PE.....	34
Divisão de correntes .....	35
Janela Rede MER .....	38
Janela Curva Composta Global (Rede MER) .....	39
Separador Evolução da Rede MER .....	40
Janela Ciclos do Cenário da Rede MER.....	40
Janela Rede MER .....	41
Janelas Rede Cenários 1, 2, 3... .....	41
Separador Resumo de Cenários .....	43
Janela Resumo de Cenários .....	43
Janela Resumo do Cenário de Rede s/ Integração .....	44
Janela Resumo do Cenário da Rede Existente .....	44
Janela Resumo do Cenário da Rede MER.....	44
Janelas Resumo do Cenário 1, 2, 3... .....	44
Separador Configurações .....	46

## Introdução

O FI<sup>2</sup>EPI, é uma ferramenta *web* que executa em qualquer navegador de Internet com o *plug-in* Flash Player instalado. Desenvolvida em Adobe Flex/Flash Builder, a ferramenta permite a identificação de oportunidades de melhoria da eficiência energética de processos industriais, quer em fase de projecto quer em *Retrofit*.

A metodologia de Integração Energética de Processos seguida no desenvolvimento do FI<sup>2</sup>EPI é baseada na Análise Ponto de Estrangulamento (*Pinch Analysis*) e poderá ser consultada na brochura de Integração de Processos (Relvas, 2003) disponível em ficheiro pdf na página da Internet do Grupo de Integração de Processos (<http://gnip.ist.utl.pt>) ou juntamente com este manual na pasta da ferramenta FI<sup>2</sup>EPI.

Esta manual foi desenvolvido para esclarecer os procedimentos básicos de utilização do FI<sup>2</sup>EPI e utiliza na ilustração das suas potencialidades os dados de um exemplo que se pode carregar através do menu Projecto/Abrir com o nome Exemplo 1. Excepcionalmente no Separador Rede MER na secção divisão de correntes é utilizado o Exemplo 2 (que também pode ser obtido no menu Projecto/Abrir).

## Instalação do FI<sup>2</sup>EPI e Requisitos

Requisitos: Navegador de Internet e a instalação prévia do [plug-in Adobe Flash Player](#).

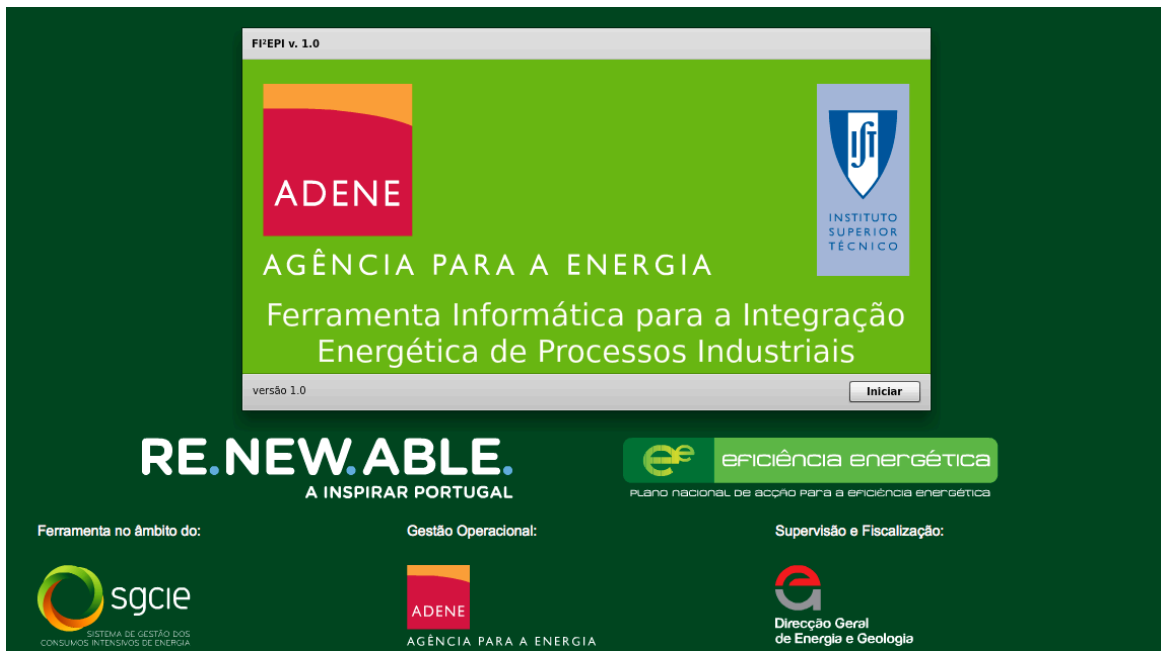
A primeira utilização da ferramenta FI<sup>2</sup>EPI deverá de ser efectuada com uma ligação à Internet, para que a ferramenta possa ser executada.

Após a primeira utilização, a ferramenta pode funcionar em *offline*.

Recomenda-se uma resolução de ecrã de pelo menos 1280x800 *pixels*.

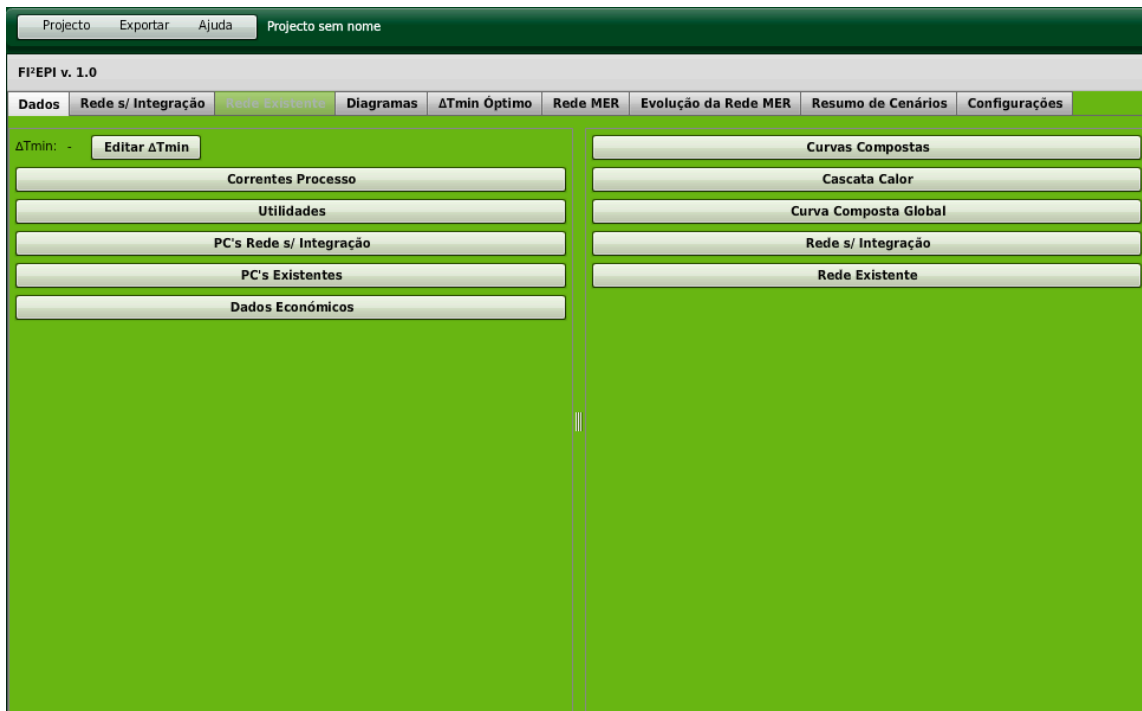
## Ecrã de boas-vindas

O FI<sup>2</sup>EPI foi desenvolvido pelo Grupo de Integração de Processo do Centro de Processos Químicos do Instituto Superior Técnico como membro representante do GNIP. Esta ferramenta enquadra-se nas medidas apoiadas pela ADENE no âmbito do SGCIE tendo a supervisão e fiscalização da DGEG.



Para começar a utilizar a FI²EPI basta clicar no botão **Iniciar**, aparecendo de seguida o ecrã principal da ferramenta.

## Ecrã Principal



Na barra superior deste ecrã surgem três menus: Projecto/Exportar/Ajuda, bem como o nome do ficheiro do Projecto.

Existem ainda nove separadores:

- Dados
- Rede s/ Integração

- Rede Existente
- Diagramas
- $\Delta T_{min}$  Óptimo
- Rede MER
- Evolução da Rede MER
- Resumo de Cenários
- Configurações

Cada separador é constituído por várias janelas (que podem ser abertas através de um clique) agrupadas em duas áreas. Em cada um dos separadores a área da esquerda contém janelas que em geral permitem a interacção do utilizador com o FI<sup>2</sup>EPI.

### Menu *Projecto*

Este menu permite criar um novo projecto, abrir um projecto existente e guardar o estado actual do projecto aberto.

#### Submenu *Novo*

Para criar um novo projecto basta seleccionar no Menu **Projecto/Novo**.



**Nota:** Esta operação eliminará tudo o que tiver sido realizado anteriormente.

#### Submenu *Abrir*

Para abrir um projecto anteriormente guardado, seleccionar no Menu **Projecto/Abrir** e escolher o projecto a abrir.

O nome do projecto, surgirá ao lado da barra do Menu.



#### Submenu *Guardar*

O FI<sup>2</sup>EPI não grava automaticamente as alterações efectuadas, desta forma é necessário guardar o projecto caso o pretenda.

Para o fazer seleccionar no Menu **Projecto/Guardar**, e escolher o nome e o destino onde guardar.



Após guardado, aparecerá o nome do projecto na barra superior do écran principal ao lado da barra dos Menus.

**Nota:** Enquanto o projecto não for guardado aparece *Projecto sem nome*.

## Menu Exportar

Este menu permite exportar tabelas, gráficos e redes .

### Submenu Tabelas

O FI<sup>2</sup>EPI permite exportar as várias tabelas do projecto para um ficheiro de imagem ou para um ficheiro CSV – *Comma Separated Values* (valores separados por vírgulas). Para tal seleccionar no Menu **Exportar/Tabelas** e escolher a tabela a exportar.



**Nota:** Os ficheiros CSV são geralmente usados em folhas de cálculo. Para importar um ficheiro CSV do FI<sup>2</sup>EPI de forma correcta deve-se escolher, se possível, na aplicação destino, a origem do ficheiro como sendo: *Western (Windows Latin 1)*. Se houver escolha entre ficheiro delimitado ou de largura fixa, escolher ficheiro delimitado, usando como delimitador o ponto e vírgula “;”. Deve ter-se ainda em conta a forma como os números são representados, para isso escolher o ponto “.” como separador decimal.

### Submenu Gráficos

Os gráficos construídos com esta ferramenta podem ser exportados para um ficheiro de imagem com um tamanho definido pelo utilizador. Também é possível exportar para um ficheiro CSV – *Comma Separated Values* (valores separados por vírgulas), [ver nota em Exportar Tabelas](#). Para exportar um gráfico seleccionar no Menu **Exportar/Gráficos** e escolher o gráfico a exportar.



### Submenu Redes

As redes de permutadores de calor do projecto podem ser exportadas para um ficheiro de imagem com uma largura definida pelo utilizador (estando limitadas pela largura mínima da rede). Para tal seleccionar no Menu **Exportar/Redes** e escolher a rede a exportar.

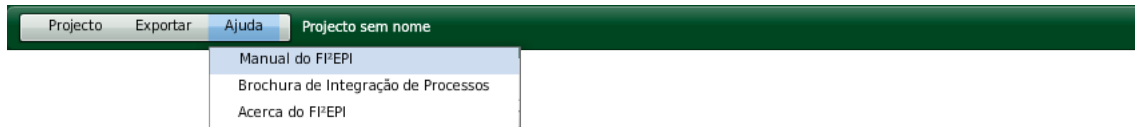


## Menu Ajuda

Este menu permite aceder a este manual e à informação geral sobre a actual versão do FI<sup>2</sup>EPI .

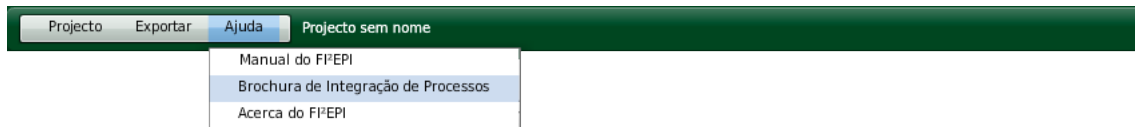
### Submenu *Manual do FI²EPI*

Para aceder a este manual através da ferramenta FI²EPI deve seleccionar no Menu **Ajuda/Manual do FI²EPI**.



### Submenu *Brochura de Integração de Processos*

Para aceder à brochura de Integração de Processos através da ferramenta FI²EPI deve seleccionar no Menu **Ajuda/Brochura de Integração de Processos**.



### Submenu *Acerca do FI²EPI*

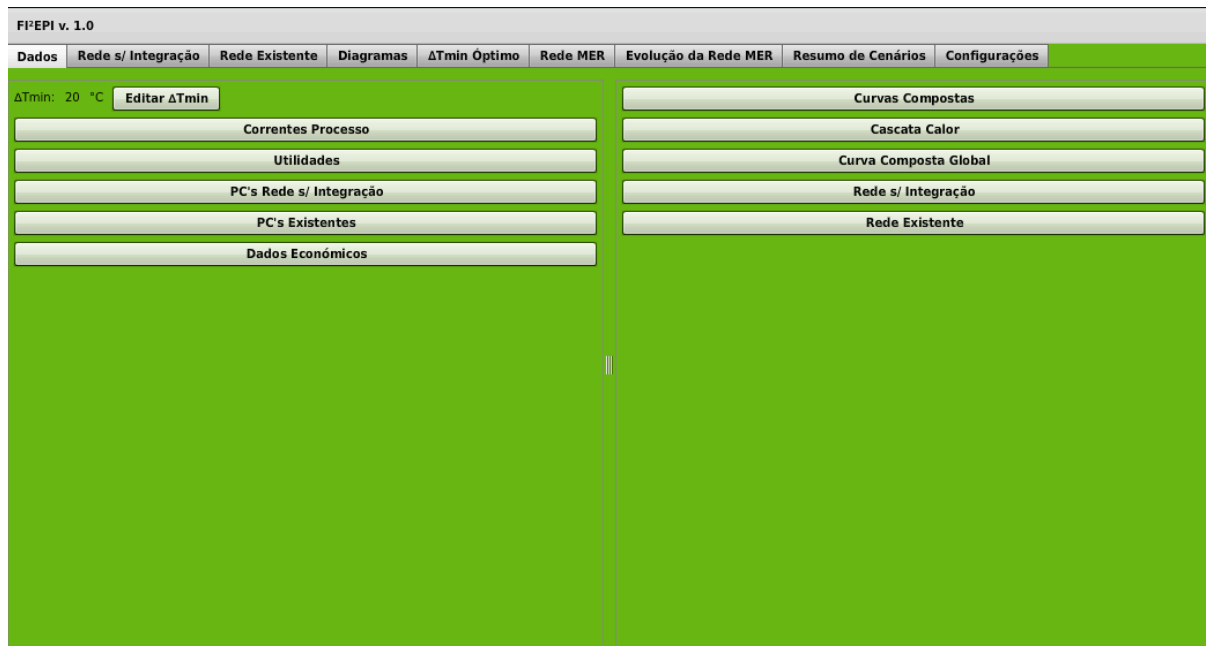
Para saber as características sobre a ferramenta FI²EPI deve seleccionar no Menu **Ajuda/Acerca do FI²EPI**.





## Separador *Dados*

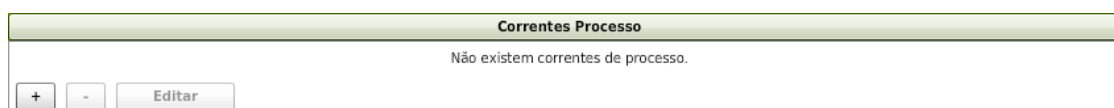
A introdução dos dados é efectuada no separador *Dados*, através das janelas localizadas na área à esquerda: [Correntes Processo](#), [Utilidades](#), [PC's Existentes](#) e [Dados Económicos](#).



**Nota:** Enquanto não for introduzido o [ΔTmin](#), mesmo depois de adicionadas [Correntes Processo](#) e [Utilidades](#), a [Cascata de Calor](#), a [Curva Composta Global](#) e a [Rede sem Integração](#) não são construídas.

### Janela *Correntes Processo*

Para introduzir os dados das correntes do processo, clicar no botão + que aparece na janela *Correntes de Processo*.



Completa-se a informação requerida na janela com os respectivos dados: descrição, temperatura inicial ( $T_i$ ) e final ( $T_f$ ), coeficiente de transferência de calor ( $h$ ), Caudal ( $M$ ) e capacidade calorífica média ( $C_p$ ) ou o  $MC_p$ , seleccionando as unidades de cada variável.

O coeficiente de transferência de calor ( $h$ ) tem um valor pré-definido de  $0,5 \text{ kW/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  que deverá ser alterado sempre que exista outro valor.

O calor por unidade de tempo ( $Q$ ) é calculado automaticamente após a introdução dos valores referidos anteriormente.

**Adiciona Correntes de Processo** x

Número: 1

Descrição:

Ti:  °C ▾

Tf:  °C ▾

h:  kW/m<sup>2</sup>·°C ▾

M:  kg/h ▾

Cp:  kJ/kg·°C ▾

MCp:  kW/°C ▾

Q: 1980 kW

**Adiciona Correntes de Processo** x

Número: 2

Descrição:

Ti:  °C ▾

Tf:  °C ▾

h:  kW/m<sup>2</sup>·°C ▾

M:  kg/h ▾

Cp:  kJ/kg·°C ▾

MCp:  kW/°C ▾

Q:  kW

Para continuar a acrescentar correntes de processo, clicar no botão **Adicionar** na janela após a introdução completa dos dados da corrente. Assim, que se vai premindo **Adicionar**, as correntes de processo vão sendo adicionadas à tabela da janela *Correntes Processo*. Quando o processo de adição estiver concluído clicar no botão **Fechar**.

Para editar uma corrente, seleccionar na tabela a corrente e clicar no botão **Editar**, em seguida alterar o que for necessário e clicar no botão **OK**.

Correntes Processo							
nº	Descrição	Ti (°C)	Tf (°C)	h (kW/m <sup>2</sup> ·°C)	MCp (kW/°C)	Q (kW)	Tipo corrente
1	Efluente Reaccional	270	160	0.50	18.0	1980	Quente
2	Produto de Cauda	220	60.0	0.50	22.0	3520	Quente
3	Alimentação ao Reactor	50.0	210	0.50	20.0	3200	Fria
4	Recirculação	160	210	0.50	50.0	2500	Fria

Para eliminar uma corrente, seleccionar na tabela a corrente e clicar no botão -.

Correntes Processo							
nº	Descrição	Ti (°C)	Tf (°C)	h (kW/m <sup>2</sup> ·°C)	MCp (kW/°C)	Q (kW)	Tipo corrente
1	Efluente Reaccional	270	160	0.50	18.0	1980	Quente
2	Produto de Cauda	220	60.0	0.50	22.0	3520	Quente
3	Alimentação ao Reactor	50.0	210	0.50	20.0	3200	Fria
4	Recirculação	160	210	0.50	50.0	2500	Fria

A tabela final das correntes do processo, resume a informação principal sobre cada corrente: descrição, Ti, Tf, h, MCp, o calor a retirar ou a fornecer, bem como o tipo de corrente (fria ou quente).

Correntes Processo							
nº	Descrição	Ti (°C)	Tf (°C)	h (kW/m <sup>2</sup> ·°C)	MCp (kW/°C)	Q (kW)	Tipo corrente
1	Efluente Reaccional	270	160	0.50	18.0	1980	Quente
2	Produto de Cauda	220	60.0	0.50	22.0	3520	Quente
3	Alimentação ao Reactor	50.0	210	0.50	20.0	3200	Fria
4	Recirculação	160	210	0.50	50.0	2500	Fria

### Janela Utilidades

Para adicionar utilidades, clicar no botão **+** na janela correspondente, e quando abrir a janela de edição, escolher a Classe de Utilidade, preencher a descrição bem como os elementos requeridos.

Utilidades	
Não existem utilidades.	
+	-    Editar

**Nota:** O preço e o coeficiente de transferência de calor apresentam valores pré-definidos, bem como o Cp da água de arrefecimento, que deverão ser alterados caso se possuam outros valores.

Existem à disposição do utilizador cinco tipos de utilidades diferentes: Vapor Saturado, Fluido Térmico, Condensado, Água de Refrigeração e Fluido de Refrigeração.

A utilidade só é adicionada à tabela quando se clica no botão **Adicionar**, após introdução dos respectivos dados.

**Adiciona Utilidade** x

Número: 1

Classe: **Vapor Saturado** ▾

Descrição: **Vapor de alta pressão**

T: **250** °C ▾ ou P: 39.733 bar ▾

h: **2.5** kW/m<sup>2</sup>·°C ▾

Preço: **173.47** €/kWano ▾

M: 11961.853 kg/h ▾

Q: 5700 kW ▾

ΔHvap: 1715 kJ/kg

Fechar    Adicionar

**Adiciona Utilidade** x

Número: 2

Classe: **Água de Refrigeração** ▾

Descrição:

Ti:  °C ▾

Tf:  °C ▾

h: 0.5 kW/m<sup>2</sup>·°C ▾

Cp: 4.18 kJ/kg·°C ▾

Preço: 10.00 €/ton ▾

M:  kg/h ▾

Q:  kW ▾

Fechar    Adicionar

Para caracterizar um vapor saturado basta dar a temperatura ou a pressão de saturação, porque a outra variável é calculada através das tabelas termodinâmicas.

Na tabela Utilidades lista-se a informação resumida sobre as mesmas: tipo de utilidade, temperaturas iniciais e finais, h, Q, e preço.

Utilidades								
nº	Descrição	Existente	Ti (°C)	Tf (°C)	h (kW/m <sup>2</sup> ·°C)	Q (kW)	Preço	Utilização
1	Vapor de alta pressão	<input checked="" type="checkbox"/>	250	250	2.50	4100	173.47 €/kWano	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Água de refrigeração	<input checked="" type="checkbox"/>	15.0	20.0	1.00	3900	3.06 €/kWano	<input checked="" type="checkbox"/>

+    -    Editar

Existem ainda duas colunas de *caixas de marcação*: **Existente** e **Utilização**. A primeira coluna permite identificar as utilidades existentes, para serem usadas na [Rede Existente](#). A segunda coluna serve para identificar as utilidades que serão utilizadas na construção da [Rede MER](#).

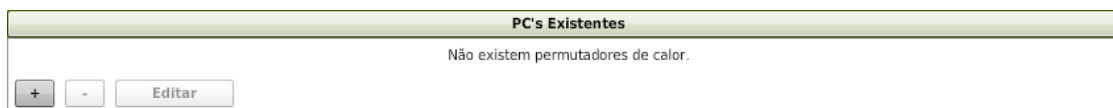
O valor de Q correspondente à utilidade quente/fria só aparece listado quando existem correntes frias/quentes de processo. No caso de a coluna **Existente** não estar marcada o valor de Q que surge na tabela resumo é a respectiva potência térmica necessária para suprimir todas as necessidades das correntes de processo frias e quentes sem integração.

Para a situação em que existe alguma integração energética, a coluna **Existente** deve ser marcada e o valor de Q que surge na tabela resumo refere-se às necessidades remanescentes de utilidades para

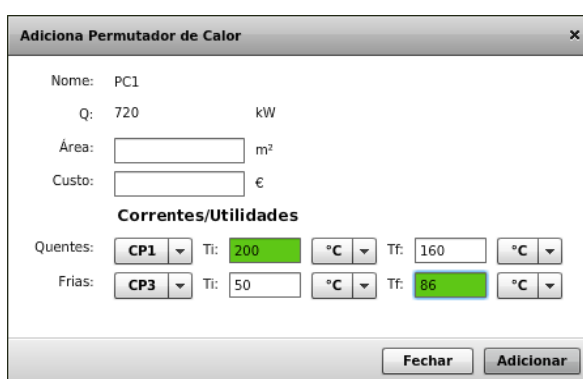
satisfazer todas as correntes frias e quentes não integradas. Este valor surge à medida que se vão adicionando na janela [PC's Existentes](#) os permutadores de calor referentes às utilidades. Em suma, enquanto a rede existente não é construída esse valor será zero.

### Janela PC's Existentes

Nesta janela serão adicionados os permutadores de calor relativos à rede implementada.



Para adicionar permutadores de calor clicar no botão **+**, e em seguida escolher as correntes de processo e/ou utilidades presentes em cada permutador, bem como as temperaturas iniciais e finais de cada corrente/utilidade, e por fim clicar **Adicionar**.



Se o utilizador tiver o valor real da área do permutador, bem como o seu custo, poderá também adicionar estes valores.

Caso não existam valores reais, a área dos permutadores será calculada através da equação de projecto de permutadores caixa e tubo em contracorrente pura, e os custos dos permutadores de calor serão determinados com recurso à lei de custos presente na janela dos [Dados Económicos](#).

Com a introdução dos permutadores existentes o diagrama da correspondente rede vai sendo desenhado aparecendo na janela [Rede Existente](#) localizada na área de trabalho à direita.

PC's Existentes												
Correntes/ Utilidades	PC1 Q=720 kW		PC2 Q=880 kW		PC3 Q=1260 kW		PC4 Q=2640 kW		PC5 Q=2480 kW		PC6 Q=1620 kW	
	Ti (°C)	Tf (°C)	Ti (°C)	Tf (°C)	Ti (°C)	Tf (°C)	Ti (°C)	Tf (°C)	Ti (°C)	Tf (°C)	Ti (°C)	Tf (°C)
CP1	200	160			270	200						
CP2			220	180			180	60.0				
CP3	50.0	86.0							86.0	210		
CP4			160	178							178	210
UT1									250	250	250	250
UT2					15.0	20.0	15.0	20.0				

Nesta janela de [Rede Existente](#) as correntes aparecem a tracejado até que a sua necessidade de potência térmica esteja totalmente satisfeita por troca com outra corrente e/ou utilidade.

**Nota:** É necessário *marcar* como “Existente” na tabela das [Utilidades](#), as utilidades a usar na [Rede Existente](#), para aceder às necessárias utilidades de forma a completar a rede.

### Janela *Dados Económicos*

Na janela *Dados Económicos* podem inserir-se os valores dos parâmetros da lei de custos dos permutadores de calor, bem como os parâmetros económicos que serão utilizados para determinar o custo de investimento anualizado.

Dados Económicos			
Custo PC (€): $a + bA^c$ , A em m <sup>2</sup>			Parâmetros Económicos
	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>
<b>CP's</b>	15000	700	1
<b>UQ's</b>	15000	700	1
<b>UF's</b>	15000	700	1

**Editar Parâmetros Económicos** x

Taxa de rentabilidade (%):

Tempo de retorno (anos):

Tempo de funcionamento (horas):

Factor de anualização:

A lei de custo e os parâmetros económicos estão pré-definidos e poderão ser alterados clicando no botão **Editar Custos PC's** ou **Editar Parâmetros Económicos**.

**Editar Custos PC's** x

PC's Processo	PC's UQ	PC's UF
a: <input type="text" value="15000"/>	a: <input type="text" value="15000"/>	a: <input type="text" value="15000"/>
b: <input type="text" value="700"/>	b: <input type="text" value="700"/>	b: <input type="text" value="700"/>
c: <input type="text" value="1"/>	c: <input type="text" value="1"/>	c: <input type="text" value="1"/>

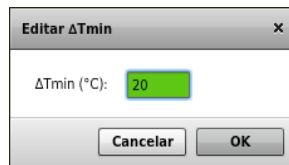
É possível especificar parâmetros diferentes para a lei de custos dos permutadores de calor entre correntes de processo, permutadores de utilidade fria e de utilidade quente.

**Nota:** Ao colocar novos valores na lei de custo de permutadores de calor de correntes de processo, se os permutadores de utilidade tiverem a mesma lei basta clicar no botão **Usar valores PC's Processo**.

### Janela $\Delta T_{min}$

O valor de  $\Delta T_{min}$  poderá ser alterado no canto superior esquerdo do FI<sup>2</sup>EPI, premindo no botão **Editar  $\Delta T_{min}$** .

$\Delta T_{min}$ : 20 °C



O  $\Delta T_{min}$  é alterado em todos os separadores automaticamente, e os cálculos afectos a esta variável, são actualizados sempre que o seu valor é editado.

**Nota:** Para construir [Rede sem Integração](#), [Curva Composta Global](#) e [Cascata de Calor](#) é necessário existir um valor de  $\Delta T_{min}$ .

### Janela PC's Rede s/ Integração

A tabela com os permutadores de calor da rede sem integração na janela *PC's Rede s/ Integração* é construída assumindo que todas as correntes são satisfeitas apenas com utilidades, não existindo nenhuma integração energética, apenas respeitando o  $\Delta T_{min}$  anteriormente introduzido.

PC's Rede s/ Integração								
Correntes/ Utilidades	PC1 Q=3200 kW		PC2 Q=2500 kW		PC3 Q=1980 kW		PC4 Q=3520 kW	
	Ti (°C)	Tf (°C)	Ti (°C)	Tf (°C)	Ti (°C)	Tf (°C)	Ti (°C)	Tf (°C)
CP1					270	160		
CP2							220	60.0
CP3	50.0	210						
CP4			160	210				
UT1	250	250	250	250				
UT2					15.0	20.0	15.0	20.0

A rede sem integração é desenhada do lado direito do ambiente de trabalho na janela [Rede s/ Integração](#).

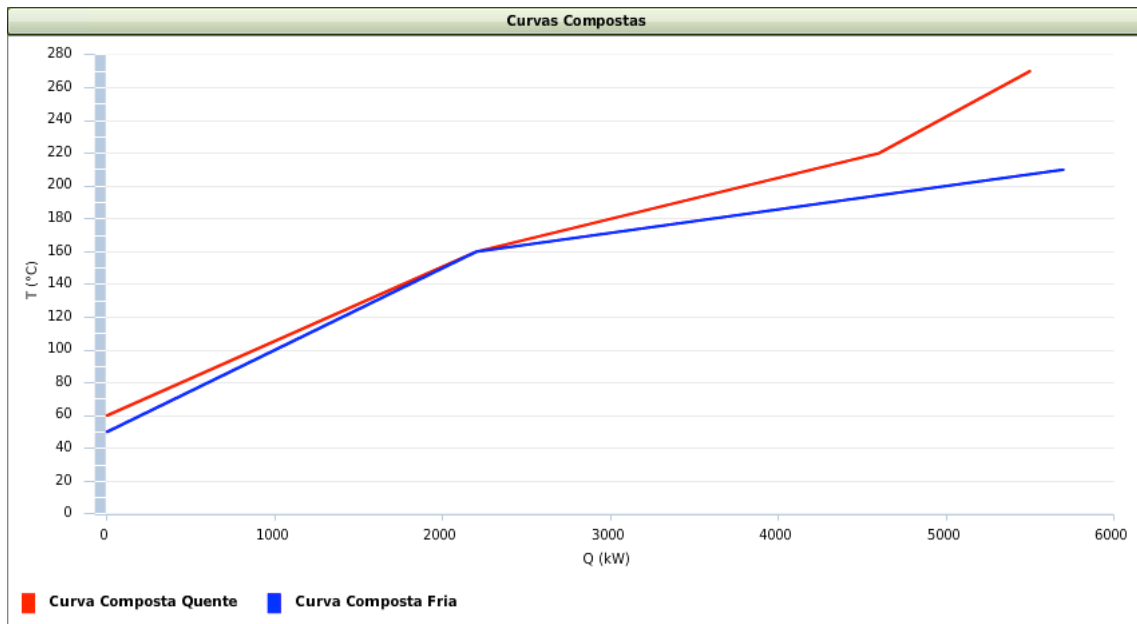
No caso de não terem sido adicionadas utilidades que permitam obedecer ao  $\Delta T_{min}$ , as correntes não satisfeitas ficam a tracejado.

**Nota:** Esta janela não tem opção de edição pelo utilizador e só é construída após a introdução do valor de  $\Delta T_{min}$ .

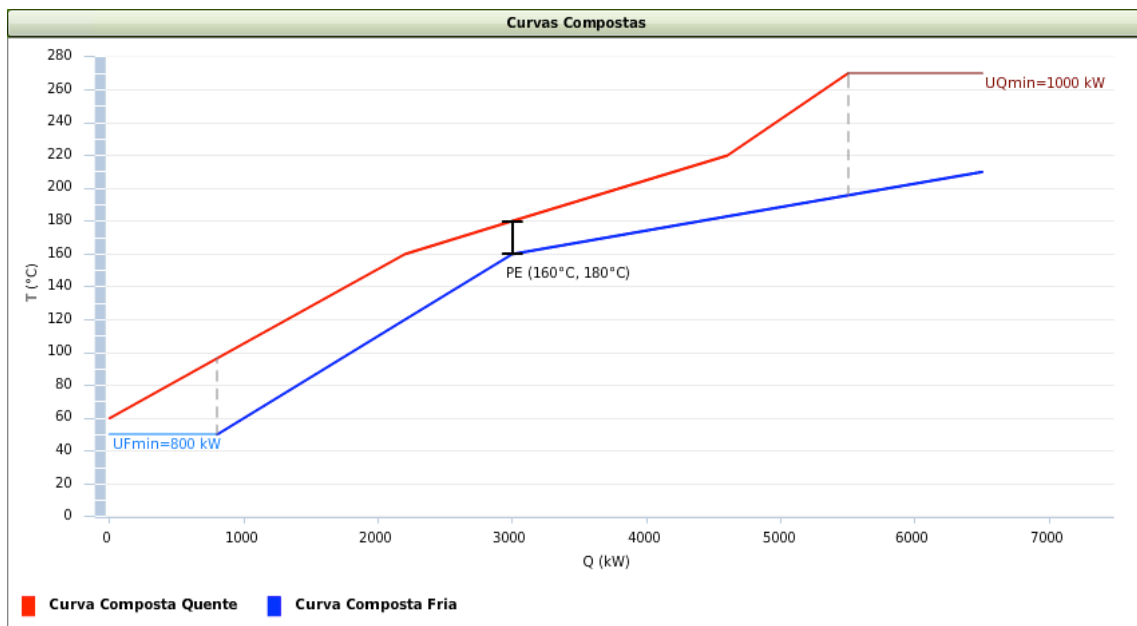
No separador [Dados](#) podem ainda ser visualizadas na área à direita as janelas seguintes: [Curvas Compostas](#), a [Cascata de Calor](#), [Curva Composta Global](#), [Rede s/ Integração](#) e [Rede Existente](#).

### Janela Curvas Compostas

Na janela *Curvas Compostas* podem ser visualizadas as curvas compostas que vão sendo construídas em simultâneo com a adição das correntes, mesmo que não seja indicado um valor para o  $\Delta T_{min}$ .



Quando se adiciona o valor do  $\Delta T_{min}$ , são indicados na figura a localização do ponto de estrangulamento, bem como o valor mínimo de potência térmica necessário em termos de utilidade fria e quente.



### Janela Cascata de Calor

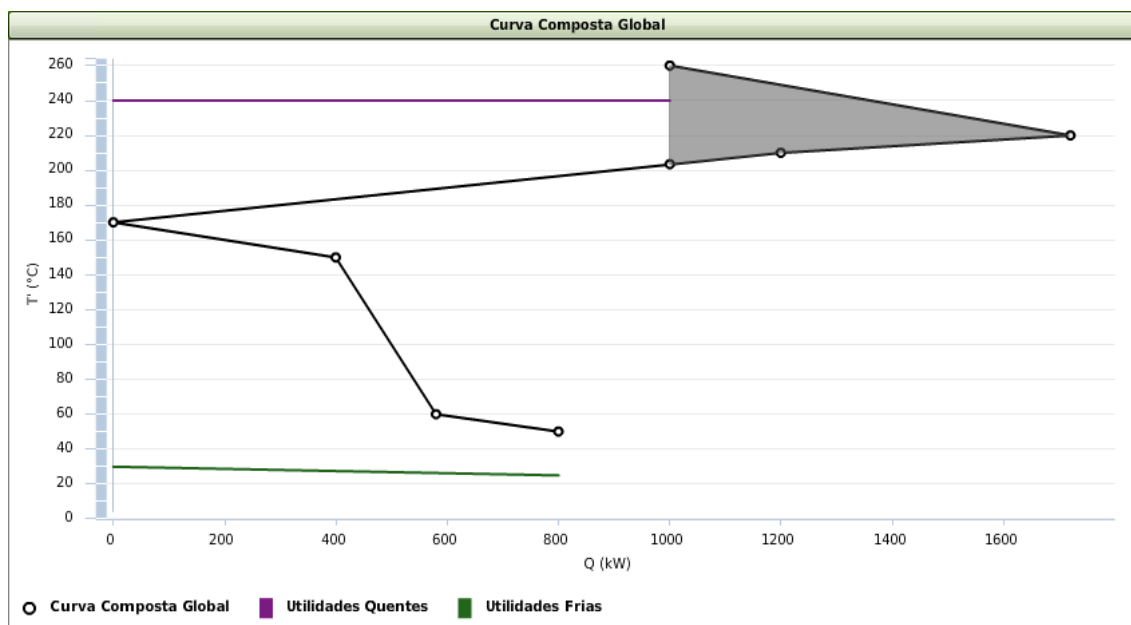
Na janela *Cascata de Calor*, é desenhada, para um valor introduzido de  $\Delta T_{min}$ , a cascata de calor ao mesmo tempo que são adicionadas as *Correntes de Processo*.

Cascata Calor					
T' (°C)	CP's	$\Delta T'i$ (°C)	$\Delta MCpi$ (kW/°C)	$\Delta Qi$ (kW)	Cascata de Calor (kW)
260	1				$Q_{UQ} = 0$ $Q_{UQ} = 1000$
220		40	-18.0	-720	720    1720
210	2	10	52.0	520	200    1200
170		40	30.0	1200	-1000    0
150	4	20	-20.0	-400	-600    400
60.0	3	90	-2.00	-180	-420    580
50.0		10	-22.0	-220	-200    800
MCp (kW/°C)	18.0 22.0 20.0 50.0				$Q_{UF} = 800$

A cascata fornece informação idêntica às [Curvas Compostas](#).

### Janela Curva Composta Global

Na janela *Curva Composta Global*, é desenhada a curva composta global, após a introdução prévia de um  $\Delta T_{min}$  e forem adicionadas [Correntes de Processo](#) e [Utilidades](#).

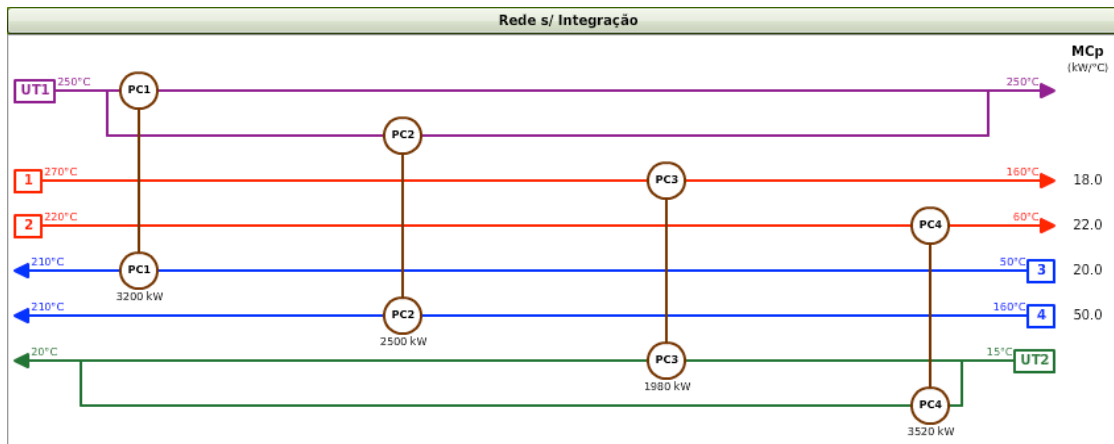


A construção da curva composta global no separador [Dados](#) é efectuada recorrendo às utilidades que foram adicionadas anteriormente pelo utilizador de modo a minimizar o custo energético das utilidades.

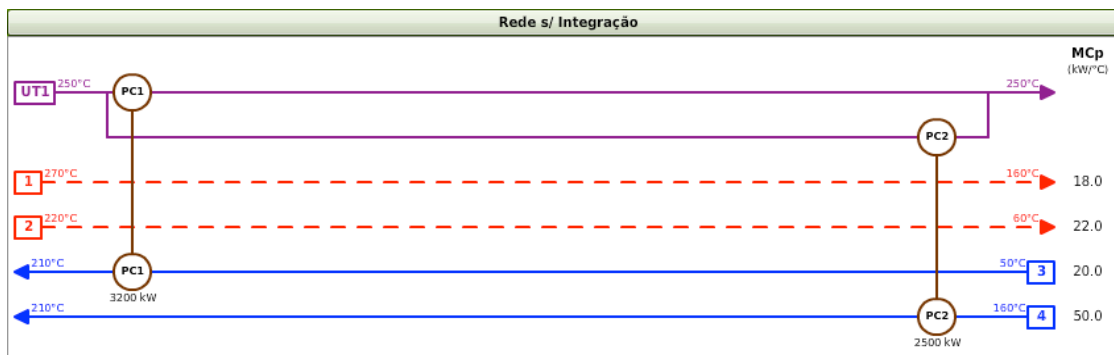
### Janela Rede s/ Integração

Na janela *Rede s/ Integração* do separador [Dados](#), é desenhada a rede de permutadores sem integração, ou seja, assumindo que todas as correntes de processo são satisfeitas com as utilidades adicionadas pelo utilizador.





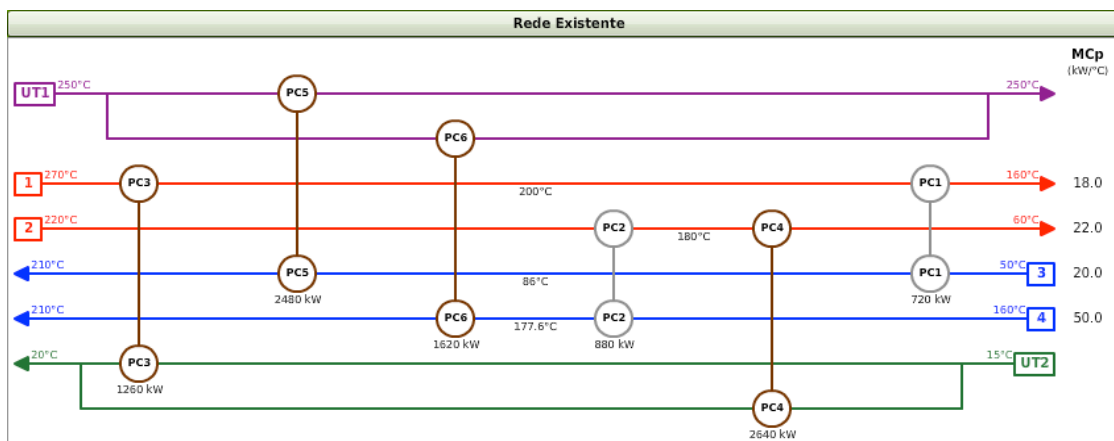
Se não existirem utilidades que não permitam respeitar o  $\Delta T_{min}$ , as correntes de processo ficam a tracejado.



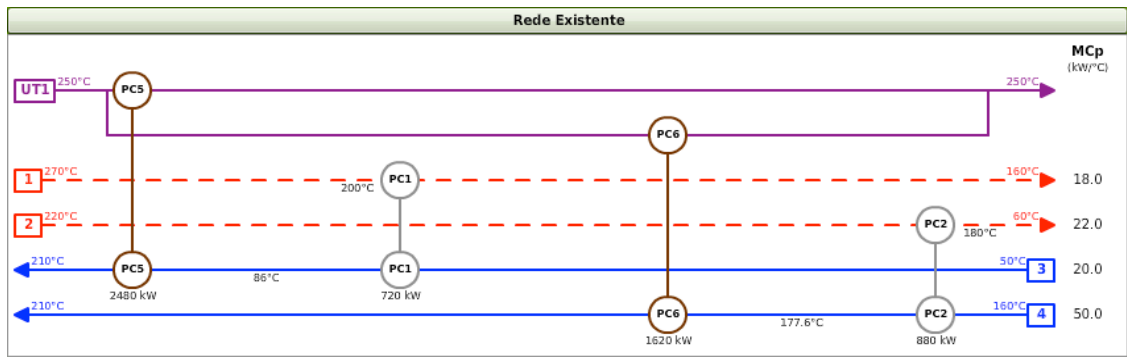
No caso de existir mais do que uma utilidade fria ou quente, é utilizada a utilidade quente mais quente e a utilidade fria mais fria.

### Janela Rede Existente

Na janela *Rede Existente* do separador [Dados](#), é desenhada a rede de permutadores existentes, que foram adicionados na janela [PC's Existentes](#).

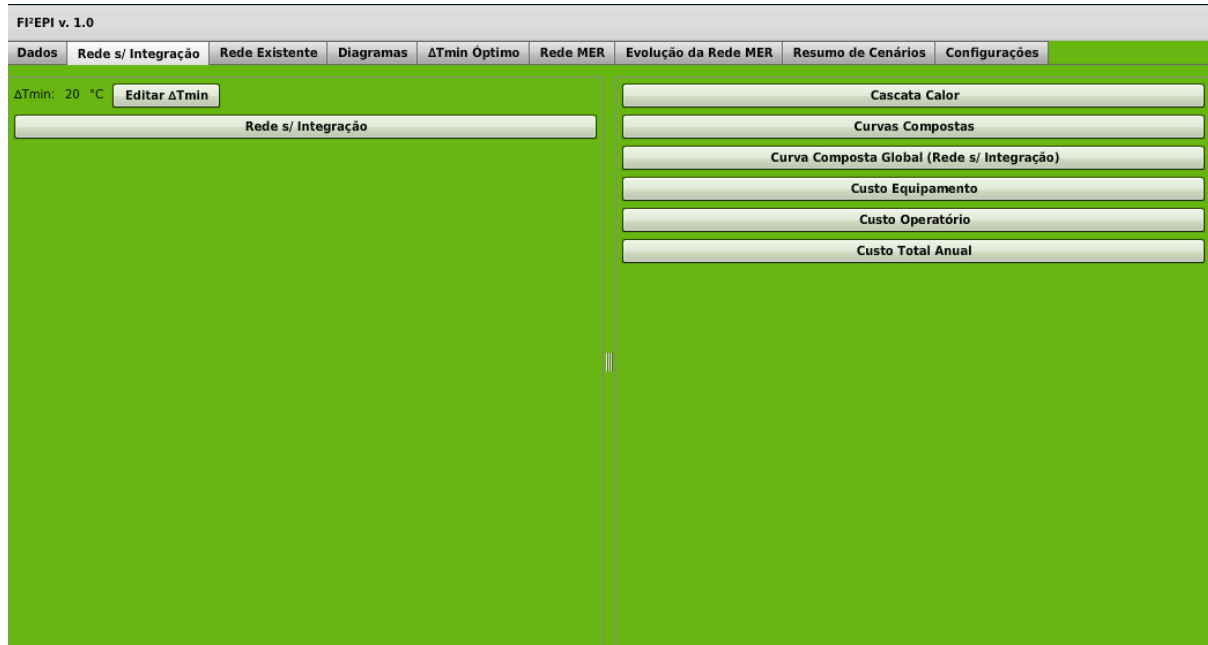


**Nota:** Se não forem *marcadas* como existentes as [Utilidades](#) na tabela respectiva, não será possível adicionar permutadores com utilidades, e por consequência as correntes não ficarão satisfeitas e aparecerão a tracejado na rede existente.



## Separador Rede s/ Integração

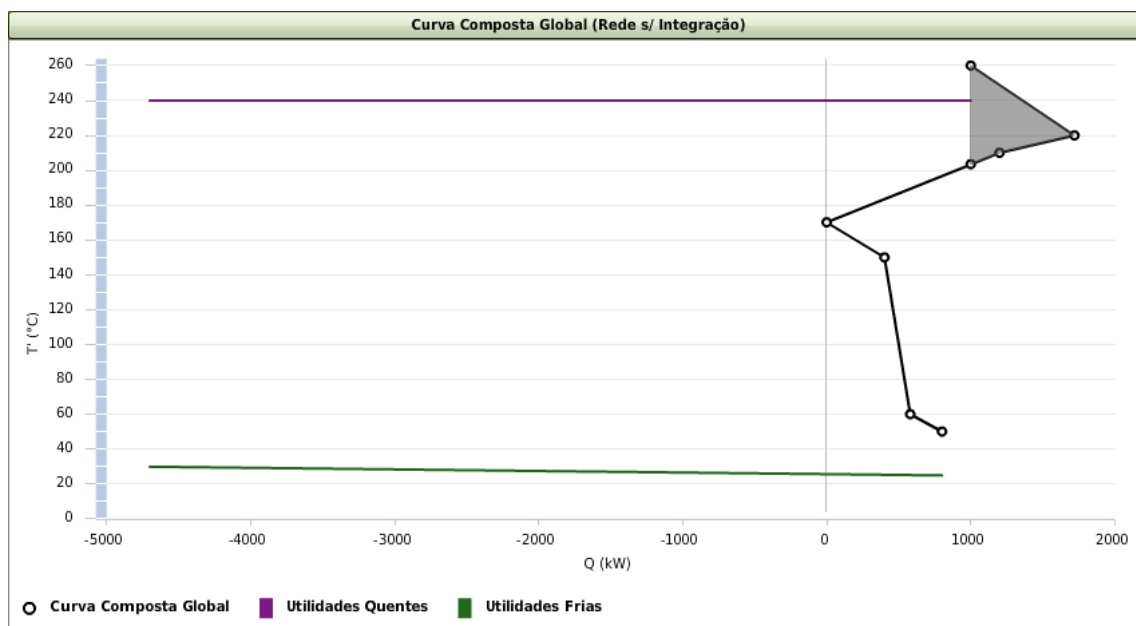
Este separador refere-se à [Rede sem Integração](#), podendo esta ser visualizada do lado esquerdo do ambiente de trabalho do FI<sup>2</sup>EPI, e do lado direito, a [Cascata de Calor](#), as [Curvas Compostas](#), a [Curva Composta Global \(Rede s/Integração\)](#), e os diversos [Custos](#) associados a esta rede.



É possível editar o valor do [ΔTmin](#), que será alterado em todos os separadores.

### Janela Curva Composta Global (Rede s/ Integração)

A [Curva Composta Global da Rede s/ Integração](#), surge na janela com o mesmo nome e difere da apresentada no separador [Dados](#), porque reflecte a situação da [Rede sem Integração](#), ou seja, indica o potencial de poupança de potência térmica que se poderá obter com integração energética.



### Janela Custo de Equipamento

Na janela *Custo Equipamento*, são calculados e apresentados em tabela os custos dos permutadores de calor da rede sem integração, de acordo com a lei de custos inserida nos [Dados Económicos](#) do separador [Dados](#), sendo a área de cada permutador calculada, com base no calor trocado e nas temperaturas de cada permutador.

Custo Equipamento									
	Quente		Fria		Q (kW)	U (kW/m <sup>2</sup> ·°C)	ΔT <sub>ln</sub> (°C)	Área Calculada (m <sup>2</sup> )	Custo Calculado (€)
	T <sub>i</sub> (°C)	T <sub>f</sub> (°C)	T <sub>i</sub> (°C)	T <sub>f</sub> (°C)					
PC1	250	250	50.0	210	3200	0.42	99.4	77.3	69077.11
PC2	250	250	160	210	2500	0.42	61.7	97.3	83118.14
PC3	270	160	15.0	20.0	1980	0.33	192.8	30.8	36571.20
PC4	220	60.0	15.0	20.0	3520	0.33	103.9	102	86137.50
<b>Custo Total:</b>									<b>274903.95</b>

### Janela Custo Operatório

Na janela *Custo Operatório*, são calculados os custos horários relativos ao consumo das utilidades, com recurso ao preço dado pelo utilizador aquando a adição das [Utilidades](#).

Custo Operatório								
	Descrição		T <sub>i</sub> (°C)	T <sub>f</sub> (°C)	Q (kW)	M (kg/h)	Custo Horário (€/h)	Custo Total (€/h)
UT1	Vapor de alta pressão	PC1	250	250	3200	6715	65.31	116.33
		PC2			2500	5246	51.02	
UT2	Água de refrigeração	PC3	15.0	20.0	1980	340727	0.71	1.98
		PC4			3520	605736	1.27	
<b>Custo Total:</b>								<b>118.31</b>

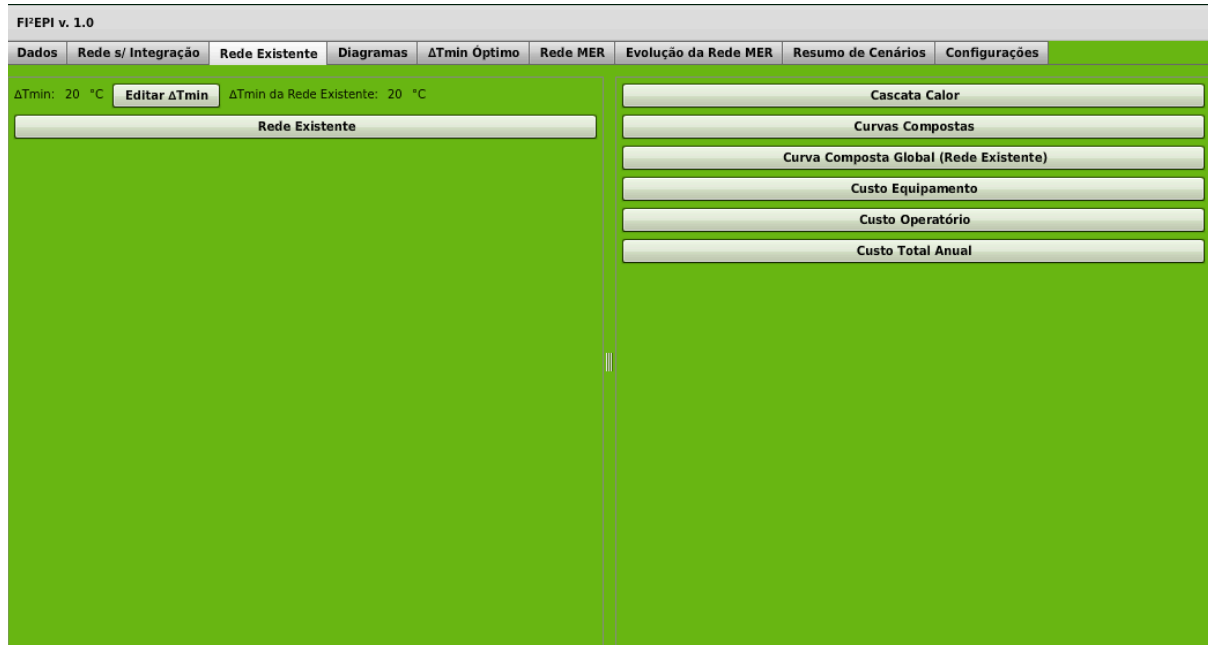
### Janela Custo Total Anual

Nesta janela são apresentados os custos totais anuais da Rede sem Integração, constituídos pelo [Custo do Equipamento](#) anualizado, com os parâmetros económicos inseridos na janela [Dados Económicos](#) e o [Custo Total Anual das Utilidades](#), tendo em conta o tempo de funcionamento inserido nos parâmetros económicos da janela [Dados Económicos](#).

Custo Total Anual		
<b>Custo Equipamento:</b>	<b>Custo Operatório:</b>	<b>Custo Total Anual:</b>
61750.88 €/ano +	1005609.00 €/ano =	1067359.88 €/ano

## Separador *Rede Existente*

Este separador refere-se à Rede Existente, podendo esta ser visualizada do lado esquerdo do ambiente de trabalho do FI<sup>2</sup>EPI, e do lado direito visualizam-se as [Curvas Compostas](#), a [Cascata de Calor](#), [Curva Composta Global \(Rede Existente\)](#), e os [Custos](#) associados a esta Rede.



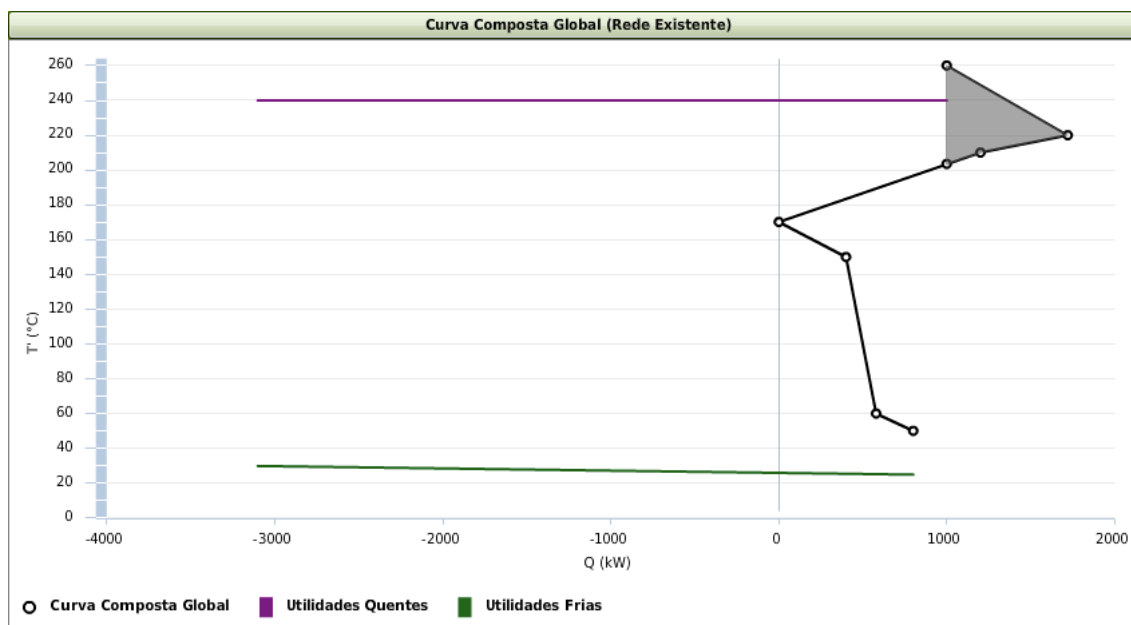
É possível editar o valor do [ΔTmin](#), que será alterado em todos os separadores. (ver secção [Dados](#)).

A Rede Existente representa a rede de permutadores de calor implementada e consequentemente tem um  $\Delta T_{min}$  inerente.

O valor do  $\Delta T_{min}$  da rede existente pode ser visualizado junto ao botão **Editar  $\Delta T_{min}$** . Este valor não pode ser alterado pois é uma característica da rede existente.

### *Janela Curva Composta Global (Rede Existente)*

A curva composta global da rede existente, pode ser visualizada no lado direito do ambiente de trabalho do FI<sup>2</sup>EPI do separador [Rede Existente](#). Esta curva difere da apresentada no separador [Dados](#), porque reflecte a situação da [Rede Existente](#), ou seja, indica o potencial de integração remanescente para o valor de [ΔTmin](#) introduzido no respectivo menu.



### Janela Custo de Equipamento

Na janela *Custo Equipamento*, são calculados e apresentados em tabela os custos dos permutadores de calor da rede existente.

Custo Equipamento									
	Quente		Fria		Q (kW)	U (kW/m <sup>2</sup> ·°C)	ΔT <sub>ln</sub> (°C)	Área Calculada (m <sup>2</sup> )	Custo Calculado (€)
	T <sub>i</sub> (°C)	T <sub>f</sub> (°C)	T <sub>i</sub> (°C)	T <sub>f</sub> (°C)					
PC1	200	160	50.0	86.0	720	0.25	112	25.7	33001.91
PC2	220	180	160	178	880	0.25	29.8	118	97655.77
PC3	270	200	15.0	20.0	1260	0.33	215.9	17.5	27257.29
PC4	180	60.0	15.0	20.0	2640	0.33	90.7	87.4	76153.28
PC5	250	250	86.0	210	2480	0.42	87.9	67.7	62409.16
PC6	250	250	178	210	1620	0.42	54.6	71.2	64839.46
<b>Custo Total:</b>									<b>361316.87</b>

O valor do custo dos permutadores, e a respectiva área pode ser dada pelo utilizador quando se efectuou a adição dos permutadores de calor existentes, no separador [Dados](#), janela [PC's Existentes](#). Quando estes custos e áreas são valores dados pelo utilizador, na tabela serão descritos como Custo Real e Área Real.

Custo Equipamento											
	Quente		Fria		Q (kW)	U (kW/m <sup>2</sup> ·°C)	ΔT <sub>ln</sub> (°C)	Área Calculada (m <sup>2</sup> )	Área Real (m <sup>2</sup> )	Custo Calculado (€)	Custo Real (€)
	T <sub>i</sub> (°C)	T <sub>f</sub> (°C)	T <sub>i</sub> (°C)	T <sub>f</sub> (°C)							
PC1	200	160	50.0	86.0	720	0.25	112	25.7	25.0	33001.91	33000.00
PC2	220	180	160	178	880	0.25	29.8	118	110	97655.77	95000.00
PC3	270	200	15.0	20.0	1260	0.33	215.9	17.5	17.5	27257.29	27500.00
PC4	180	60.0	15.0	20.0	2640	0.33	90.7	87.4	90.0	76153.28	78000.00
PC5	250	250	86.0	210	2480	0.42	87.9	67.7	65.0	62409.16	60000.00
PC6	250	250	178	210	1620	0.42	54.6	71.2	72.0	64839.46	65000.00
<b>Custo Total:</b>										<b>361316.87</b>	<b>358500.00</b>

No caso de não ter sido fornecida nenhuma informação sobre a área e custo real estes são determinados com a lei de custos inserida nos [Dados Económicos](#) do separador [Dados](#). Nesta situação, na tabela serão descritos como Custo Calculado e Área Calculada.

### Janela *Custo Operatório*

Na janela *Custo Operatório*, são calculados os custos horários das utilidades, com recurso ao preço introduzido anteriormente pelo utilizador na janela [Utilidades](#).

Custo Operatório								
	Descrição		Ti (°C)	Tf (°C)	Q (kW)	M (kg/h)	Custo Horário (€/h)	Custo Total (€/h)
UT1	Vapor de alta pressão	PC5	250	250	2480	5204	50.61	83.67
		PC6			1620	3400	33.06	
UT2	Água de refrigeração	PC3	15.0	20.0	1260	216826	0.45	1.40
		PC4			2640	454302	0.95	
<b>Custo Total:</b>								<b>85.08</b>

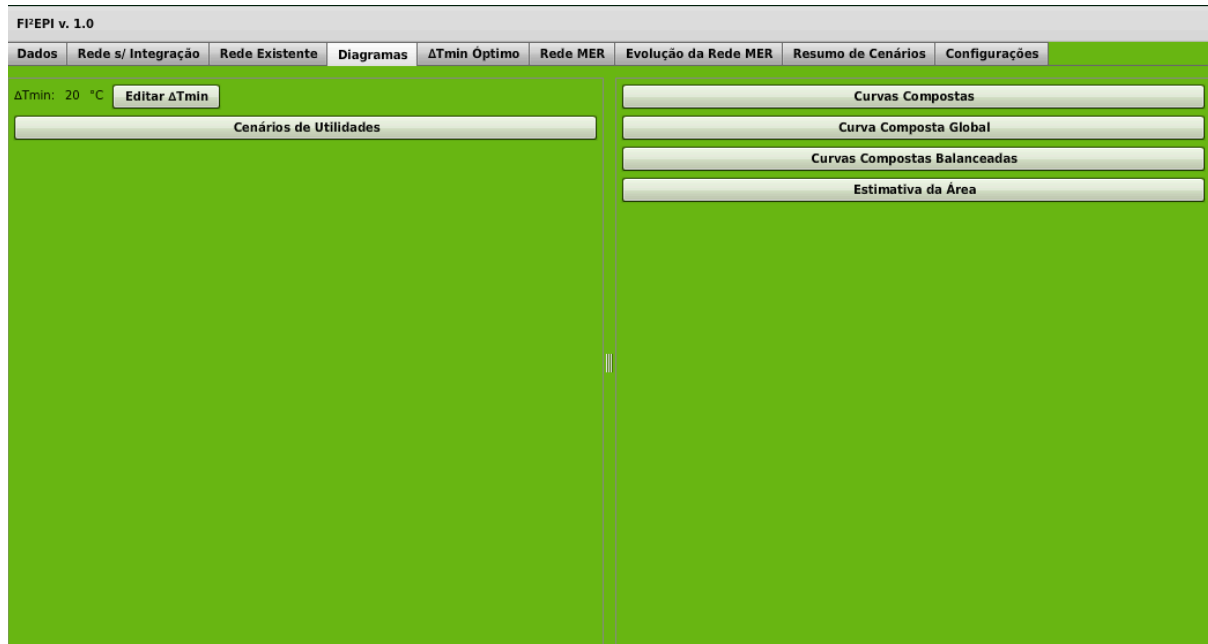
### Janela *Custo Total Anual*

Nesta janela são apresentados os custos totais anuais da rede existente, constituídos pelo [Custo do Equipamento](#) anualizado com os parâmetros económicos inseridos no separador [Dados](#) na janela [Dados Económicos](#) e os [Custos Anuais de Utilidades](#) tendo em conta o tempo de funcionamento também inserido nos parâmetros económicos na janela [Dados Económicos](#).

Custo Total Anual		
<b>Custo Equipamento:</b>	<b>Custo Operatório:</b>	<b>Custo Total Anual:</b>
81161.57 €/ano +	723161.00 €/ano =	804322.57 €/ano

## Separador *Diagramas*

Este separador refere-se aos vários diagramas da metodologia, podendo na janela [Cenários de Utilidades](#) do lado esquerdo do ambiente de trabalho ser criados os vários cenários. No lado direito da área de trabalho podem visualizar-se as [Curvas Compostas](#), a [Curva Composta Global](#), as [Curvas Compostas Balanceadas](#) e a [Estimativa de Área](#).



### Janela *Cenários de Utilidades*

No separador [Diagramas](#), na janela *Cenários de Utilidades*, é possível escolher diversos cenários de utilidades e obter resultados para a estimativa de área total, área média por PC, os custos operatórios horários e anuais, os custos de equipamento anualizados e o custo total.

Em *Cenários de Utilidades* aparece pré-definido um cenário da [Rede Existente](#) sempre que esta exista.

Cenários de Utilidades	
Utilidades	Cenário da Rede Existente
Vapor de alta pressão	<input checked="" type="checkbox"/> 4100 kW
Água de refrigeração	<input checked="" type="checkbox"/> 3900 kW
Mostrar na Curva Composta Global	<input type="checkbox"/>
Mostrar nas Curvas Compostas Balanceadas	<input type="checkbox"/>
Área Total	309 m <sup>2</sup>
Área média por PC	44.1 m <sup>2</sup>
Custo Utilidades Quentes	83.67 €/h
Custo Utilidades Frias	1.40 €/h
Custo Operatório	723161.00 €/ano
Custo Equipamento	72180.10 €/ano
Custo Total	795341.10 €/ano

+ -

Para adicionar um cenário, basta clicar no botão +, e em seguida escolher as utilidades que deseja utilizar.



Cenários de Utilidades		
Utilidades	Cenário da Rede Existente	Cenário 1
Vapor de alta pressão	<input checked="" type="checkbox"/> 4100 kW	<input checked="" type="checkbox"/> 1000 kW
Água de refrigeração	<input checked="" type="checkbox"/> 3900 kW	<input checked="" type="checkbox"/> 800 kW
Mostrar na Curva Composta Global	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mostrar nas Curvas Compostas Balanceadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Área Total	309 m <sup>2</sup>	632 m <sup>2</sup>
Área média por PC	44.1 m <sup>2</sup>	90.2 m <sup>2</sup>
Custo Utilidades Quentes	83.67 €/h	20.41 €/h
Custo Utilidades Frias	1.40 €/h	0.29 €/h
Custo Operatório	723161.00 €/ano	175918.00 €/ano
Custo Equipamento	72180.10 €/ano	122916.81 €/ano
Custo Total	795341.10 €/ano	298834.81 €/ano

+ -

As [Utilidades](#) listadas nesta tabela foram introduzidas anteriormente pelo utilizador no separador de [Dados](#).

Para obter os resultados das estimativas é essencial escolher pelo menos uma utilidade fria, e uma utilidade quente que satisfaçam as necessidades de potência térmica das correntes após integração.

Nesta janela as utilidades seleccionadas podem ser visualizadas na janela [Curva Composta Global](#), se for marcada a caixa **Mostrar na Curva Composta Global**. Podem ser visualizados no máximo dois cenários em simultâneo.

Cenários de Utilidades		
Utilidades	Cenário da Rede Existente	Cenário 1
Vapor de alta pressão	<input checked="" type="checkbox"/> 4100 kW	<input checked="" type="checkbox"/> 1000 kW
Água de refrigeração	<input checked="" type="checkbox"/> 3900 kW	<input checked="" type="checkbox"/> 800 kW
Mostrar na Curva Composta Global	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Mostrar nas Curvas Compostas Balanceadas	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Área Total	309 m <sup>2</sup>	632 m <sup>2</sup>
Área média por PC	44.1 m <sup>2</sup>	90.2 m <sup>2</sup>
Custo Utilidades Quentes	83.67 €/h	20.41 €/h
Custo Utilidades Frias	1.40 €/h	0.29 €/h
Custo Operatório	723161.00 €/ano	175918.00 €/ano
Custo Equipamento	72180.10 €/ano	122916.81 €/ano
Custo Total	795341.10 €/ano	298834.81 €/ano

+ -

Adicionalmente, poderá ainda visualizar-se as [Curvas Compostas Balanceadas](#) (lado direito do ambiente de trabalho do FI<sup>2</sup>EPI), bem como a tabela da [Estimativa de Área](#) de cada cenário, ao seleccionar na tabela dos cenários a caixa **Mostrar Curvas Compostas Balanceadas**.

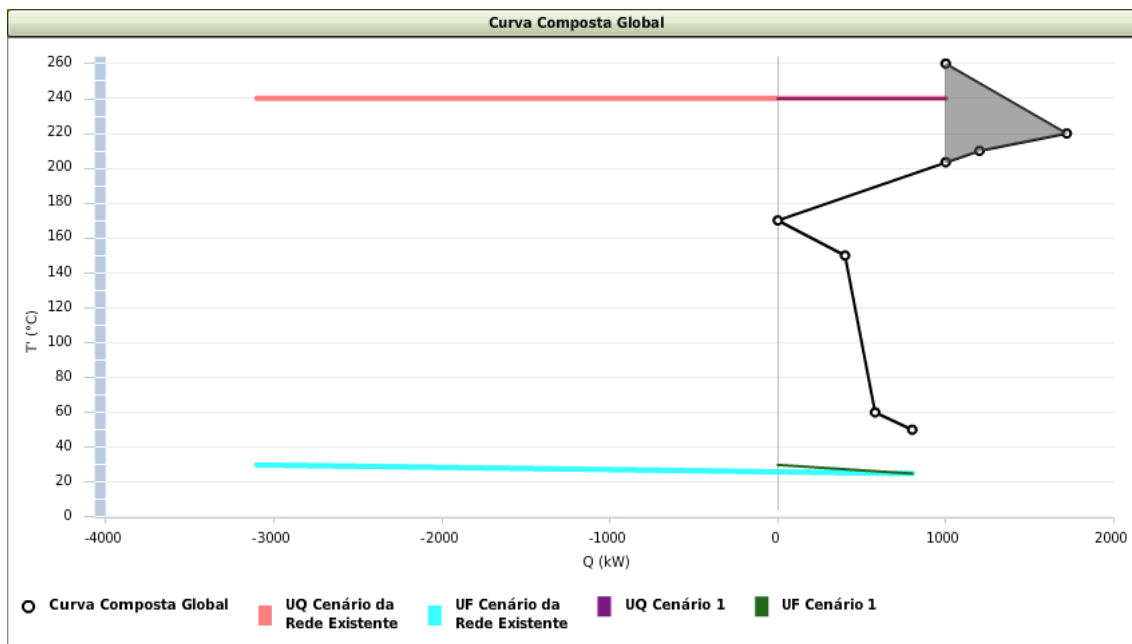
Para eliminar um cenário, basta selecciona-lo e clicar no botão -. O cenário da Rede Existente não pode ser removido.

Cenários de Utilidades		
Utilidades	Cenário da Rede Existente	Cenário 1
Vapor de alta pressão	<input checked="" type="checkbox"/> 4100 kW	<input checked="" type="checkbox"/> 1000 kW
Água de refrigeração	<input checked="" type="checkbox"/> 3900 kW	<input checked="" type="checkbox"/> 800 kW
Mostrar na Curva Composta Global	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Mostrar nas Curvas Compostas Balanceadas	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Área Total	309 m <sup>2</sup>	632 m <sup>2</sup>
Área média por PC	44.1 m <sup>2</sup>	90.2 m <sup>2</sup>
Custo Utilidades Quentes	83.67 €/h	20.41 €/h
Custo Utilidades Frias	1.40 €/h	0.29 €/h
Custo Operatório	723161.00 €/ano	175918.00 €/ano
Custo Equipamento	72180.10 €/ano	122916.81 €/ano
Custo Total	795341.10 €/ano	298834.81 €/ano

+ -

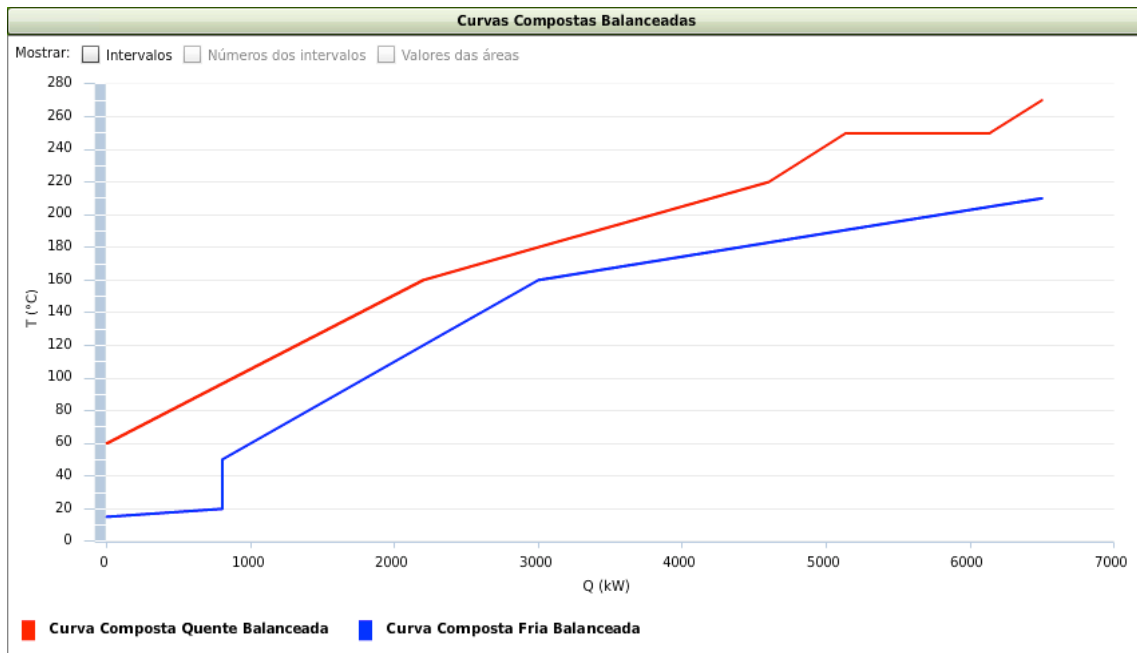
### Janela Curva Composta Global

Nesta janela, a *Curva Composta Global* podem ser observados os cenários de utilidades seleccionados na tabela de [Cenários de Utilidades](#), permitindo visualizar no máximo dois cenários em simultâneo.



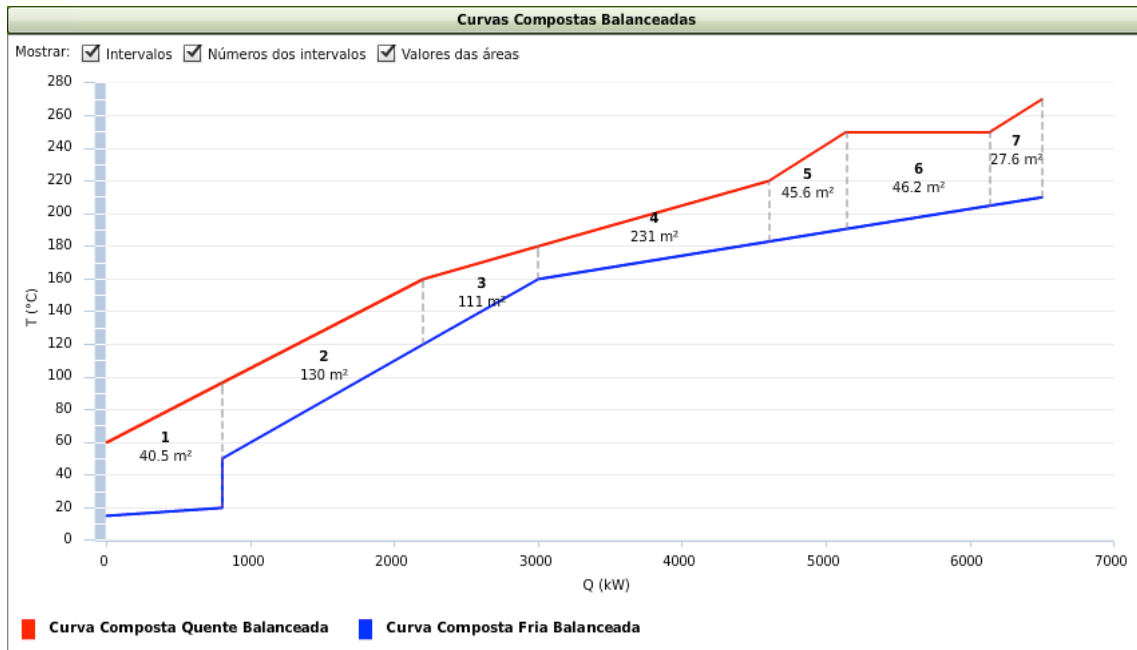
### Janela Curvas Compostas Balanceadas

Nesta janela são desenhadas as curvas balanceadas do cenário seleccionado na tabela [Cenários de Utilidades](#).



Quando não se tem um cenário seleccionado não são desenhadas curvas compostas balanceadas.

Nestas curvas é possível ainda visualizar os intervalos, a estimativa de área para cada intervalo e o número de intervalos, se forem seleccionadas estas opções, disponíveis no topo desta janela.



### Janela Estimativa de Área

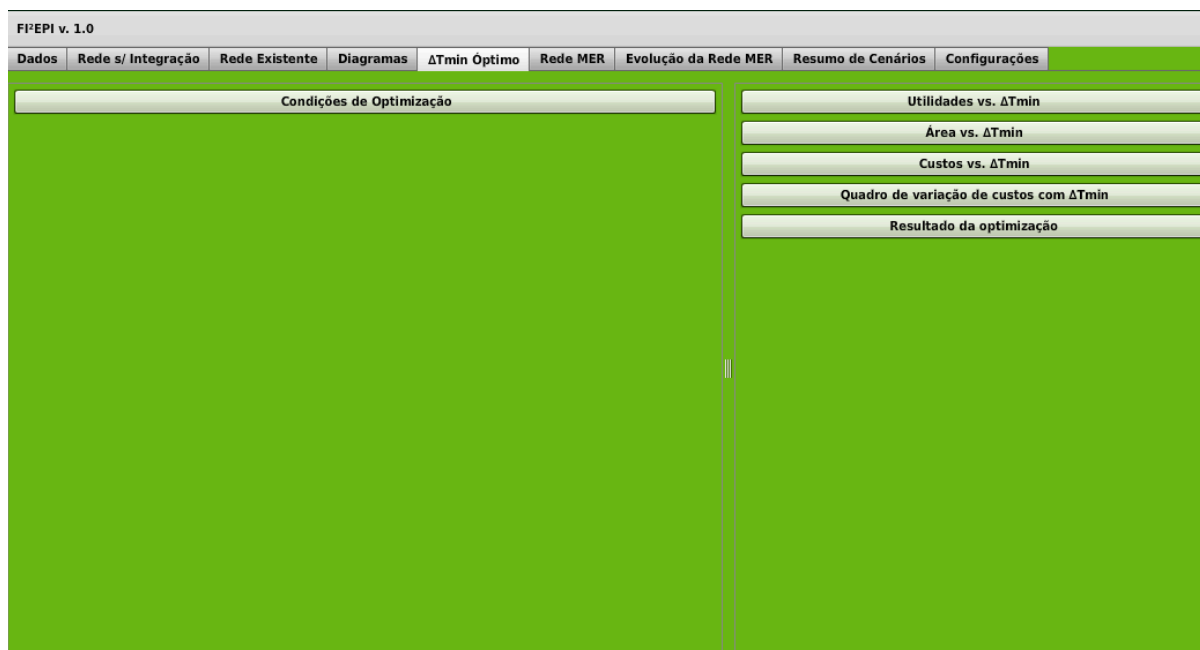
Esta janela é dependente da existência de [Curvas Compostas Balanceadas](#), ou seja, se não existir nenhum cenário que tenha sido seleccionado para mostrar [Curvas Compostas Balanceadas](#), não ficará disponível a tabela *Estimativa de Área*.

Estimativa da Área								
	Quente		Fria		$\Sigma(Q/h)$ Quente ( $m^2 \cdot ^\circ C$ )	$\Sigma(Q/h)$ Fria ( $m^2 \cdot ^\circ C$ )	$\Delta T_{ln}$ ( $^\circ C$ )	Área ( $m^2$ )
	Ti ( $^\circ C$ )	Tf ( $^\circ C$ )	Ti ( $^\circ C$ )	Tf ( $^\circ C$ )				
1	96.4	60.0	15.0	20.0	1600	800	59.3	40.5
2	160	96.4	50.0	120	2800	2800	43.1	130
3	180	160	120	160	1600	1600	28.9	111
4	220	180	160	183	3200	3200	27.7	231
5	250	220	183	191	1080	1080	47.4	45.6
6	250	250	191	205	400	2000	52	46.2
7	270	250	205	210	720	720	52.2	27.6
<b>Área Total:</b>								<b>632</b>

Esta tabela mostra os resultados de cada intervalo das [Curvas Compostas Balanceadas](#). Ficam disponíveis os valores calculados para as temperaturas nos extremos de cada intervalo, a média logarítmica de temperatura em cada intervalo ( $\Delta T_{ln}$ ) e a estimativa de área também em cada intervalo.

## Separador $\Delta T_{min}$ Ótimo

Este separador refere-se ao cálculo  $\Delta T_{min}$  Ótimo. Do lado esquerdo do ambiente de trabalho, na janela [Condições de Optimização](#), é definido o tipo de utilidades e o intervalo de variação para determinar o  $\Delta T$  mínimo ótimo. No lado direito da área de trabalho pode visualizar-se [Utilidades vs.  \$\Delta T\_{min}\$](#) , a [Área vs.  \$\Delta T\_{min}\$](#) , [Custos vs.  \$\Delta T\_{min}\$](#) , [Quadro da variação de custos com  \$\Delta T\_{min}\$](#)  e o [Resultado da Optimização](#).



### Janela [Condições de Optimização](#)

No separador  [\$\Delta T\_{min}\$  Ótimo](#) e na janela [Condições de Optimização](#) é definido o intervalo de variação de  $\Delta T$  mínimo para determinar o seu valor ótimo, em função dos custos totais anualizados (Operatórios+Equipamento). O utilizador deverá indicar o  $\Delta T_{min}$  inicial, o  $\Delta T_{min}$  final e o **Passo** da optimização.

Esta janela permite também ao utilizador escolher as utilidades que pretende usar dentro das definidas na janela de [Utilidades](#) no separador [Dados](#).

Condições de Optimização					
Utilidades	Ti (°C)	Tf (°C)	h (kW/m <sup>2</sup> .°C)	Q (kW)	Preço
UT1 - Vapor de alta pressão	250	250	2.50	4100	173.47 €/kWano
UT2 - Água de refrigeração	15.0	20.0	1.00	3900	3.06 €/kWano

Intervalo de variação do  $\Delta T_{min}$ :

$\Delta T_{min}$  inicial:   $\Delta T_{min}$  final:  Passo:

O  $\Delta T_{min}$  final tem de ser maior que o  $\Delta T_{min}$  inicial e tem um valor máximo permitido consoante as utilidades que o utilizador seleccionou. Este limite é obtido pela [Curva Composta Global](#) apresentada no separador [Dados](#).

Assim, quando o utilizador inserir um valor de  $\Delta T_{min}$  final que não cumpra este limite, aparecerá um aviso informando qual o valor máximo permitido.

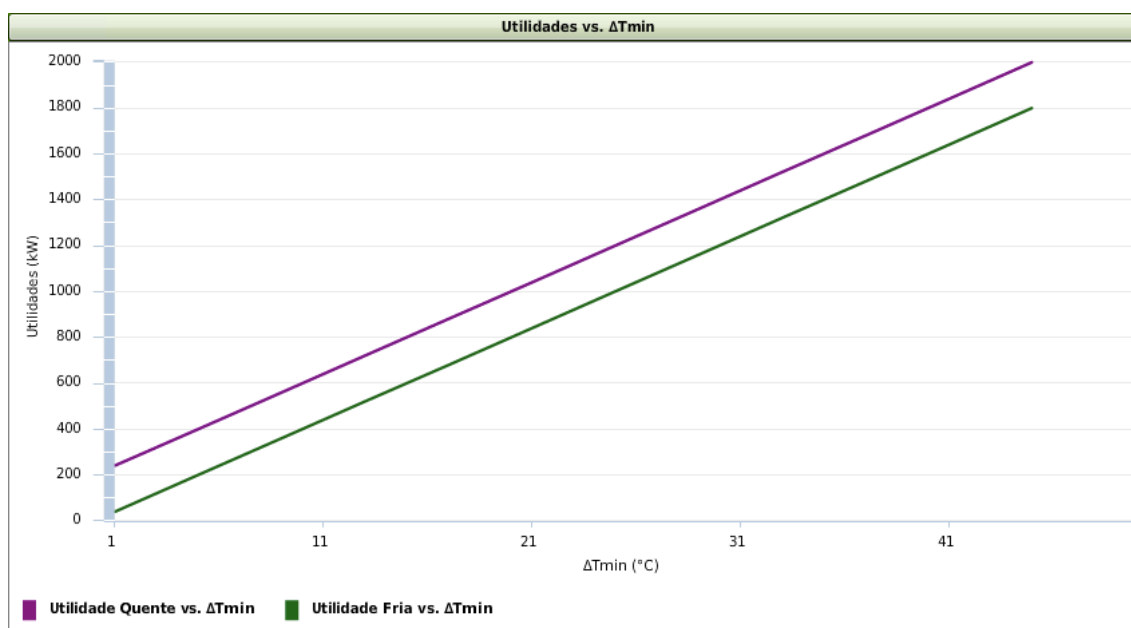
Condições de Optimização					
Utilidades	Ti (°C)	Tf (°C)	h (kW/m <sup>2</sup> .°C)	Q (kW)	Preço
UT1 - Vapor de alta pressão	250	250	2.50	4100	173.47 €/kWano
UT2 - Água de refrigeração	15.0	20.0	1.00	3900	3.06 €/kWano

Intervalo de variação do  $\Delta T_{min}$ :

$\Delta T_{min}$  inicial:   $\Delta T_{min}$  final:  O valor tem de ser menor ou igual a 45

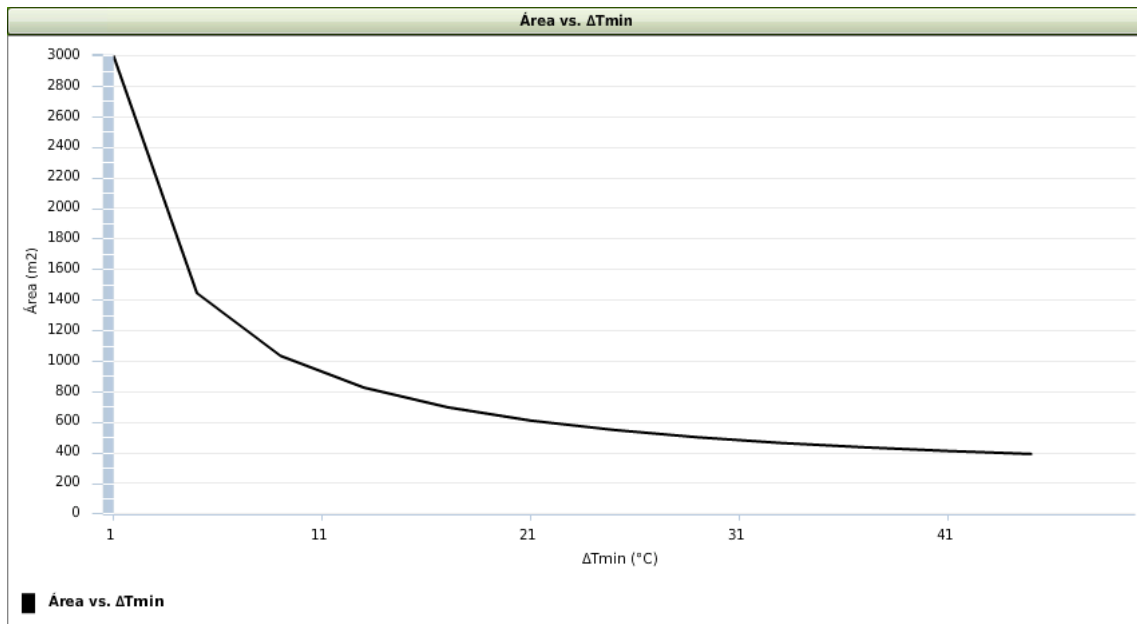
### Janela Utilidades vs. $\Delta T_{min}$

Nesta janela após a introdução das [Condições de Optimização](#) válidas, é apresentado o gráfico do consumo de utilidades quentes e frias em função do  $\Delta T_{min}$ .



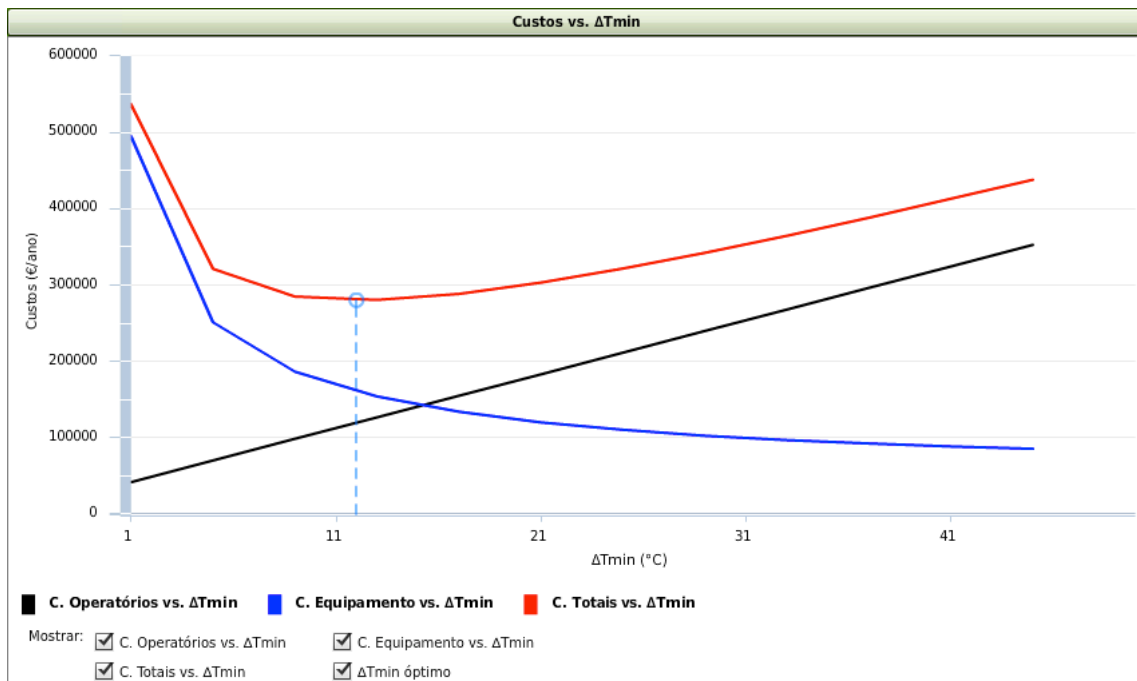
### Janela Área vs. $\Delta T_{min}$

Nesta janela após a introdução das [Condições de Optimização](#) válidas, é apresentado o gráfico da área total em função do  $\Delta T_{min}$ .



### Janela Custos vs. $\Delta T_{min}$

Nesta janela, após a introdução das [Condições de Optimização](#) válidas, é apresentado o gráfico dos custos operatórios, dos custos anuais de equipamento e dos custos totais anuais em função do  $\Delta T_{min}$ , obtendo-se graficamente o valor de  $\Delta T_{min}$  ótimo.



### Janela Quadro de variação de custos com o $\Delta T_{min}$

Nesta janela é apresentada uma tabela resumo com os consumos energéticos, a área mínima estimada e os custos associados a cada  $\Delta T_{min}$ . A tabela é construída de acordo com o passo definido na janela das [Condições de Optimização](#), localizada à esquerda.

Quadro de variação de custos com $\Delta T_{min}$									
$\Delta T_{min}$ (°C)	UF (kW)	UQ (kW)	Custo Anual UF (€/ano)	Custo Anual UQ (€/ano)	Custos Operatórios Anuais (€/ano)	Área (m <sup>2</sup> )	Custo Equipamento (€)	Custo Equipamento Anualizado (€/ano)	Custo Total (€/ano)
1	40.0	240	122.40	41632.80	41755.20	2997	2202762.87	494800.26	536555.46
5	200	400	612.00	69388.00	70000.00	1447	1117824.61	251093.72	321093.72
9	360	560	1101.60	97143.20	98244.80	1036	830058.34	186453.61	284698.41
13	520	720	1591.20	124898.40	126489.60	828	684473.12	153751.22	280240.82
17	680	880	2080.80	152653.60	154734.40	700	594851.17	133619.70	288354.10
21	840	1040	2570.40	180408.80	182979.20	613	533859.97	119919.42	302898.62
25	1000	1200	3060.00	208164.00	211224.00	550	489736.63	110008.13	321232.13
29	1160	1360	3549.60	235919.20	239468.80	502	456480.47	102537.89	342006.69
33	1320	1520	4039.20	263674.40	267713.60	465	430672.94	96740.82	364454.42
37	1480	1680	4528.80	291429.60	295958.40	436	410208.59	92143.97	388102.37
41	1640	1840	5018.40	319184.80	324203.20	412	393713.00	88438.61	412641.81
45	1800	2000	5508.00	346940.00	352448.00	393	380247.58	85413.92	437861.92

### Janela Resultado de Optimização

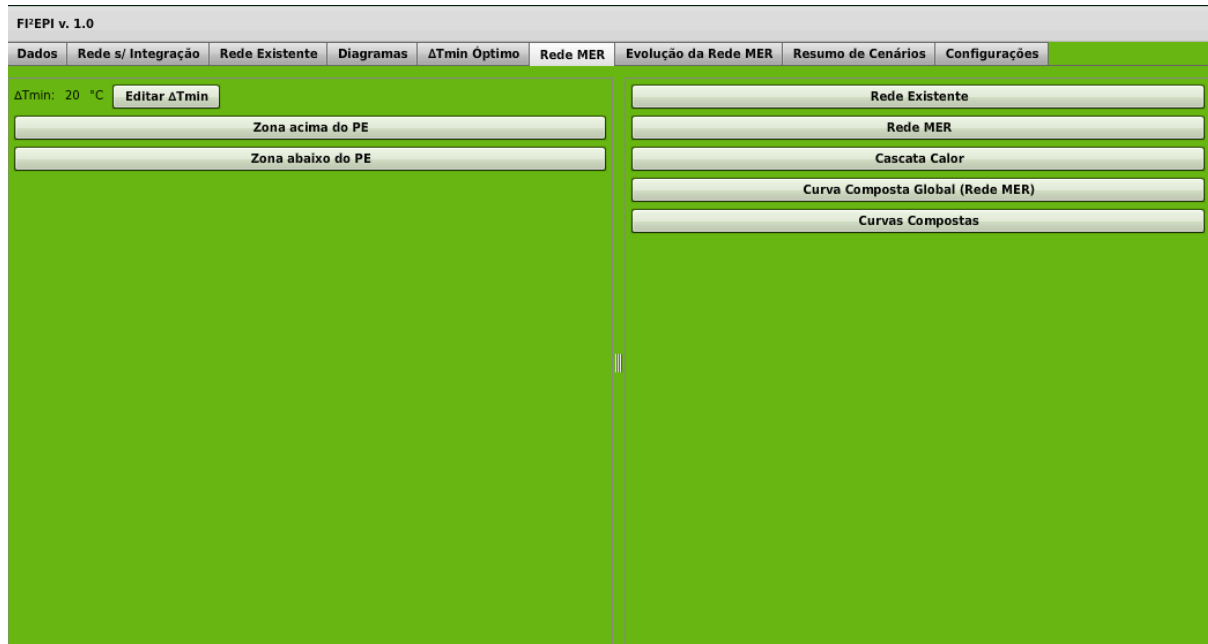
Nesta janela é apresentado o resultado final da optimização que inclui o valor do  $\Delta T_{min}$  óptimo, os custos operatórios e de equipamento e o custo total.

Resultado da optimização	
$\Delta T_{min}$ óptimo	= 12.0°C
Custo Operatório anual	= 119428.40 €/ano
Custo Equipamento total	= 713906.38 €
Custo Equipamento anualizado	= 160362.73 €/ano
Custo total	= 279791.13 €/ano



## Separador Rede MER

Neste separador a construção da Rede MER está dividida na [Zona Acima](#) e na [Zona Abaixo](#) do Ponto de Estrangulamento (PE), identificado nas [Curvas Compostas](#). No lado direito da área de trabalho pode visualizar-se para comparação a [Rede Existente](#), a [Rede MER](#) construída através das janelas do lado direito, a [Cascata de Calor](#), a [Curva Composta Global \(Rede MER\)](#) e as [Curvas Compostas](#).



### Janela Zona Acima do PE

Os permutadores junto ao Ponto de Estrangulamento (PE), identificados na tabela a sombreado amarelo, são colocados automaticamente pelo FI²EPI, podendo o utilizador escolher uma troca de calor entre outras correntes no caso de existir mais do que uma opção viável.

Zona acima do PE				
CQ/UQ	1	2	UQ	
Q (kW) MCp (kW/°C)	MCp = 18 Q = 1620 1620 restante	MCp = 22 Q = 880 880 restante		NQ = 2 NF = 2 NQ ≤ NF ✓
CF 3 MCp = 20 Q = 1000 1000 para UQ	<input type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	(1000)
4 MCp = 50 Q = 2500 2500 para UQ	-	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	(2500)
				MCpQ ≤ MCpF ✓

Para completar a rede o utilizador selecciona as restantes trocas de calor entre correntes de processo, bem como o valor da potencia térmica a trocar.

Zona acima do PE				
CQ/UQ	1	2	UQ	
Q (kW) MCp (kW/°C)	MCp = 18 Q = 1620 620 restante	MCp = 22 Q = 880 0 restante		NQ = 2 NF = 2 NQ ≤ NF ✓
CF 3 MCp = 20 Q = 1000 0 para UQ	<input checked="" type="checkbox"/> 1000	-	-	
4 MCp = 50 Q = 2500 1620 para UQ	<input type="checkbox"/> <input type="text" value="0"/>	<input checked="" type="checkbox"/> 880	<input checked="" type="checkbox"/> (1620)	MCpQ ≤ MCpF ✓

Quando não for possível colocar mais permutadores entre correntes, e existirem correntes para satisfazer, terão de ser colocados permutadores com utilidades.

Zona acima do PE				
CQ/UQ	1	2	UQ	
Q (kW) MCp (kW/°C)	MCp = 18 Q = 1620 0 restante	MCp = 22 Q = 880 0 restante		NQ = 2 NF = 2 NQ ≤ NF ✓
CF 3 MCp = 20 Q = 1000 0 para UQ	<input checked="" type="checkbox"/> 1000	-	-	
4 MCp = 50 Q = 2500 1000 para UQ	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="text" value="620"/>	<input checked="" type="checkbox"/> 880	<input checked="" type="checkbox"/> (1000)	MCpQ ≤ MCpF ✓

O utilizador tem de escolher as utilidades que pretende usar na [Rede MER](#), e para tal precisa, no separador [Dados](#), marcar “Utilização” na janela [Utilidades](#).

A rede MER pode ser visualizada na janela [Rede MER](#), do lado direito.

**Nota:** Se não existirem utilidades, marcadas com “Utilização”, e/ou se as utilidades escolhidas não permitirem cumprir o critério do  $\Delta T_{min}$ , na [Rede MER](#) as correntes não satisfeitas aparecerão a tracejado.

### Janela Zona Abaixo do PE

A construção da Zona Abaixo do PE é idêntica à [Zona Acima](#).

Zona abaixo do PE			
CQ	1	2	
Q (kW) MCp (kW/°C)	MCp = 18 Q = 360 360 para UF	MCp = 22 Q = 2640 440 para UF	NQ = 2 NF = 1 NQ ≥ NF ✓
CF/UF			
3 MCp = 20 Q = 2200 0 restante	-	✓ 2200	
UF	✓ (360)	✓ (440)	MCpQ ≥ MCpF ✓

### Divisão de correntes

A divisão de correntes de processo da rede MER ocorre quando a regra do número de correntes ou a regras dos MCp's não é respeitada.

Para ilustrar os procedimentos de obtenção de rede MER com divisão de correntes utiliza-se o exemplo 2 (que pode ser obtido no menu Projecto/Abrir) onde a regra dos MCp's não é respeitada, para um  $\Delta T_{min}$  de 5°C.

Zona abaixo do PE				
CQ	1	2	6	
Q (kW) MCp (kW/°C)	MCp = 49 Q = 2940 2490 para UF	MCp = 90 Q = 2250 0 para UF	MCp = 25 Q = 1000 1000 para UF	NQ = 3 NF = 3 NQ ≥ NF ✓
CF/UF				
3 MCp = 50 Q = 3250 1000 restante Dividir	-	✓ 2250	-	
4 MCp = 30 Q = 450 0 restante Dividir	✓ 450	-	-	
5 MCp = 30 Q = 150 150 restante Dividir	-	-	-	MCpQ ≥ MCpF ✗
UF	✓ (2490)	-	✓ (1000)	



Nestes casos, a metodologia recomenda a divisão da corrente fria com maior MCp (corrente 3).

Zona abaixo do PE				
CQ	1	2	6	
Q (kW) MCp (kW/°C)	MCp = 49 Q = 2940 2940 para UF <input type="button" value="Dividir"/>	MCp = 90 Q = 2250 2250 para UF <input type="button" value="Dividir"/>	MCp = 25 Q = 1000 1000 para UF <input type="button" value="Dividir"/>	
CF/UF				
3.1 MCp = <input type="text" value="25"/> Q = <input type="text" value="1625"/> 1625 restante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NQ = 3 NF = 4 NQ $\neq$ NF ✗
3.2 MCp = <input type="text" value="25"/> Q = <input type="text" value="1625"/> 1625 restante <input type="button" value="Juntar"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4 MCp = 30 Q = 450 450 restante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-	
5 MCp = 30 Q = 150 150 restante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-	MCpQ $\geq$ MCpF ✗
UF	<input checked="" type="checkbox"/> (2940)	<input checked="" type="checkbox"/> (2250)	<input checked="" type="checkbox"/> (1000)	

Após dividir a corrente 3, a regra do número de correntes deixa de ser respeitada. Nesta situação deve dividir-se uma das correntes quentes, escolhendo-se aquela que tem o MCp maior (corrente 2).

Zona abaixo do PE					
CQ	1	2.1	2.2	6	
Q (kW) MCp (kW/°C)	MCp = 49 Q = 2940 2940 para UF	MCp = <input type="text" value="45"/> Q = <input type="text" value="1125"/> 1125 para UF	MCp = <input type="text" value="45"/> Q = <input type="text" value="1125"/> 1125 para UF <input type="button" value="Juntar"/>	MCp = 25 Q = 1000 1000 para UF	
CF/UF					
3.1 MCp = <input type="text" value="25"/> Q = <input type="text" value="1625"/> 1625 restante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NQ = 4 NF = 4 NQ $\geq$ NF ✓
3.2 MCp = <input type="text" value="25"/> Q = <input type="text" value="1625"/> 1625 restante <input type="button" value="Juntar"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4 MCp = 30 Q = 450 450 restante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-	
5 MCp = 30 Q = 150 150 restante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-	MCpQ $\geq$ MCpF ✓
UF	<input checked="" type="checkbox"/> (2940)	<input checked="" type="checkbox"/> (1125)	<input checked="" type="checkbox"/> (1125)	<input checked="" type="checkbox"/> (1000)	

Ao dividir uma corrente é criada uma segunda corrente a partir da primeira. O FI<sup>2</sup>EPI sugere uma divisão equitativa do MCp e da potência térmica associada. Estes valores podem ser alterados, actualizando automaticamente a zona junto ao PE.

Zona abaixo do PE					
CQ	1	2.1	2.2	6	
Q (kW) MCp (kW/°C)	MCp = 49 Q = 2940 2940 para UF	MCp = 45 Q = 1125 1125 para UF	MCp = 45 Q = 1125 1125 para UF <input type="button" value="Juntar"/>	MCp = 25 Q = 1000 1000 para UF	
CF/UF <b>3.1</b> MCp = 34.615 Q = 2250 2250 restante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		NQ = 4 NF = 4 NQ ≥ NF 
<b>3.2</b> MCp = 15.385 Q = 1000 1000 restante <input type="button" value="Juntar"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>4</b> MCp = 30 Q = 450 450 restante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<b>5</b> MCp = 30 Q = 150 150 restante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		MCpQ ≥ MCpF 
UF	<input checked="" type="checkbox"/> (2940)	<input checked="" type="checkbox"/> (1125)	<input checked="" type="checkbox"/> (1125)	<input checked="" type="checkbox"/> (1000)	

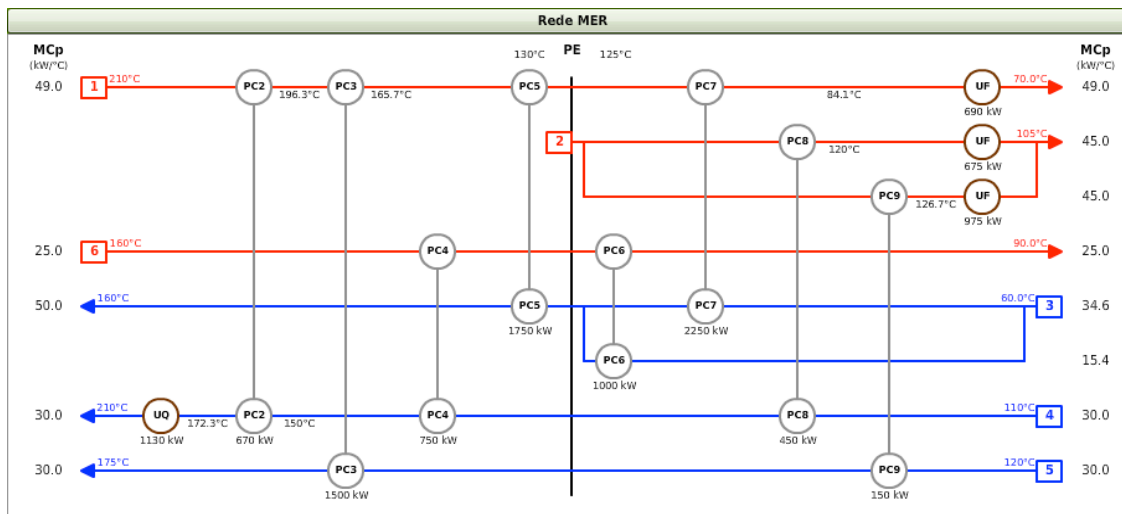
Após feitas todas as alterações necessárias em termos de divisão das correntes, pode começar-se a escolher os permutadores de calor.

Zona abaixo do PE				
CQ	1	2.1	2.2	6
Q (kW) MCp (kW/°C)	MCp = 49 Q = 2940 690 para UF	MCp = 45 Q = 1125 675 para UF	MCp = 45 Q = 1125 975 para UF <input type="button" value="Juntar"/>	MCp = 25 Q = 1000 0 para UF
CF/UF				
3.1 MCp = 34.615 Q = 2250 0 restante	<input checked="" type="checkbox"/> 2250	-	-	-
3.2 MCp = 15.385 Q = 1000 0 restante <input type="button" value="Juntar"/>	-	-	-	<input checked="" type="checkbox"/> 1000
4 MCp = 30 Q = 450 0 restante	-	<input checked="" type="checkbox"/> 450	-	-
5 MCp = 30 Q = 150 0 restante	-	-	<input checked="" type="checkbox"/> 150	-
UF	<input checked="" type="checkbox"/> (690)	<input checked="" type="checkbox"/> (675)	<input checked="" type="checkbox"/> (975)	-

NO = 4  
 NF = 4  
 NO ≥ NF  
✓

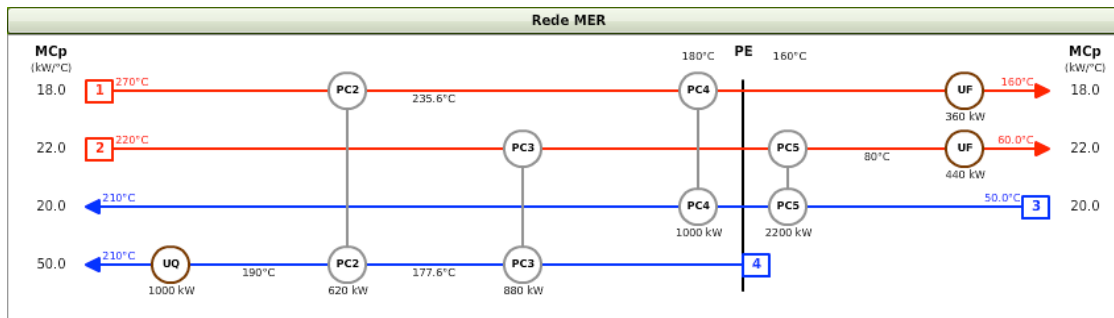
MCpQ ≥ MCpF  
✓

A rede MER final apresenta as correntes divididas, bem como os seus MCp's, e todos os permutadores de calor escolhidos.



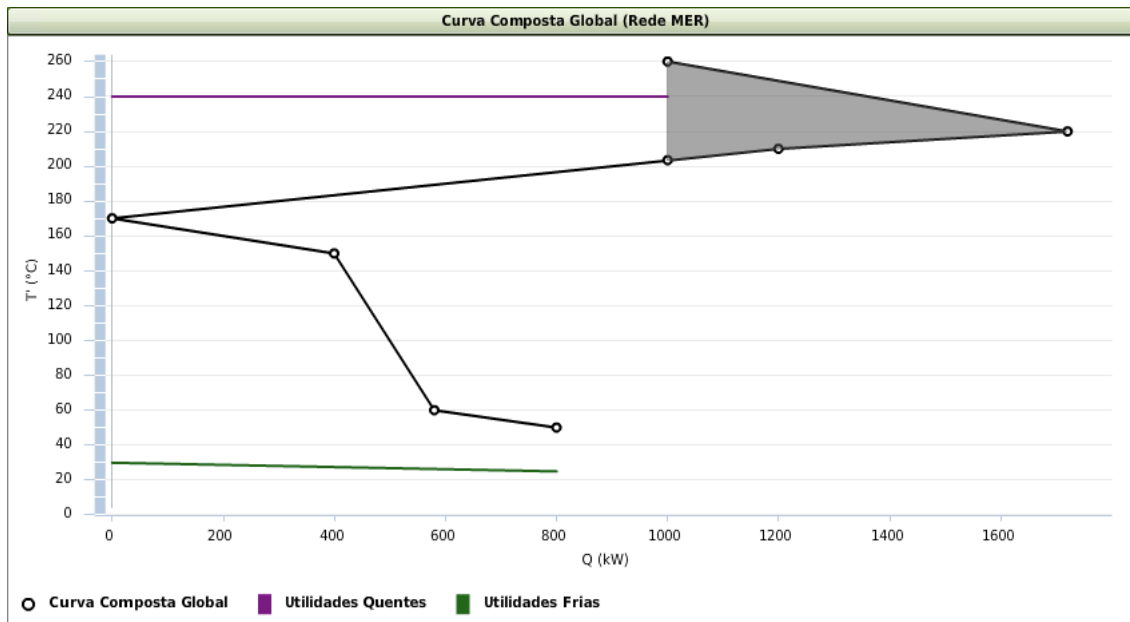
### Janela Rede MER

Nesta janela é visualizada a rede MER construída neste separador, nas janelas [Zona Acima do PE](#) e [Zona Abaixo do PE](#).



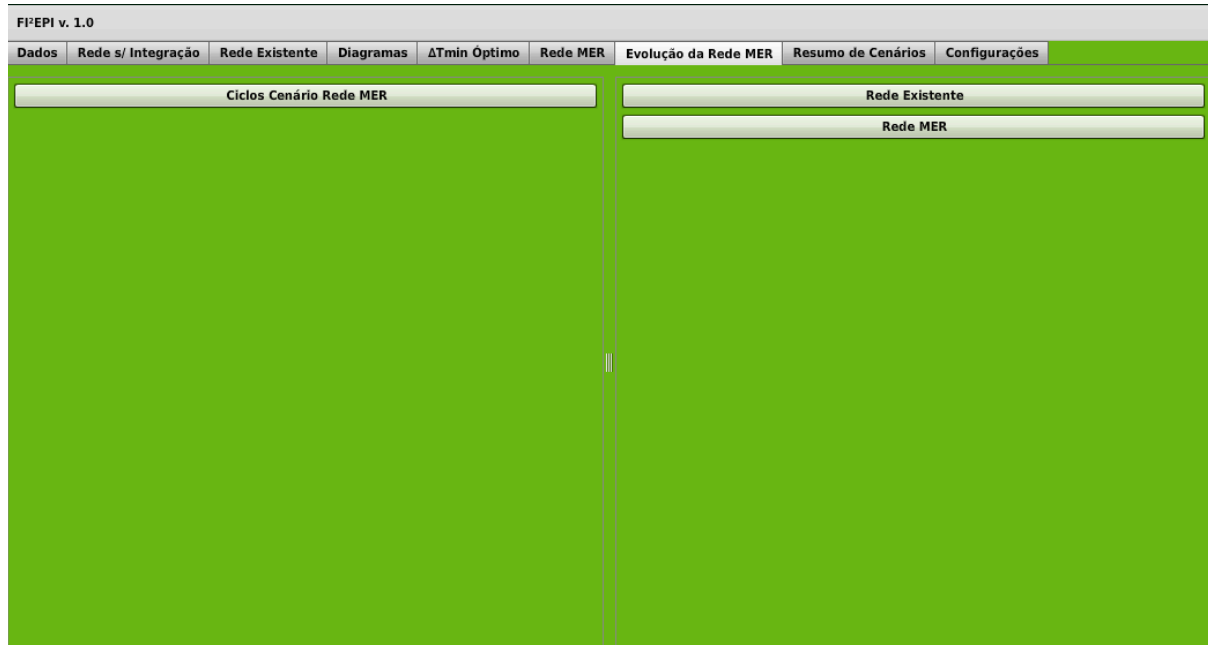
### Janela Curva Composta Global (Rede MER)

A curva composta global da rede MER, pode ser visualizada no lado direito do ambiente de trabalho do FI<sup>2</sup>EPI do separador *Rede MER*, na janela *Curva Composta Global (Rede MER)* e difere da apresentada no separador *Dados*, porque reflecte a situação da *Rede MER*, ou seja, indica as utilidades efectivamente utilizadas na construção desta rede.



## Separador *Evolução da Rede MER*

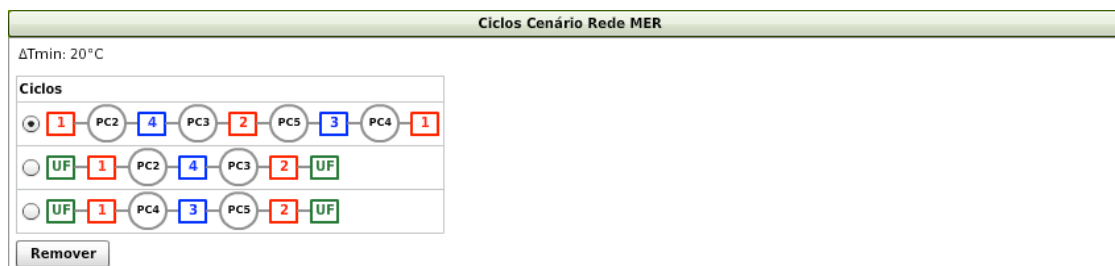
Neste separador são definidos os cenários que permitem a evolução da Rede MER no sentido de reduzir o número de unidades de permuta e consequentemente o custo de equipamento. No lado esquerdo, na janela [Ciclos Cenário Rede MER](#) aparece a lista de todos os ciclos possíveis da rede MER. Após a selecção de um ciclo a remover vão surgir outras janelas correspondentes a cenários evolutivos que incluem a listagem dos ciclos e dos percursos de relaxação alternativos. No lado direito da área de trabalho pode visualizar-se para comparação a [Rede Existente](#), a [Rede MER](#) e as [Redes dos vários Cenários](#) que vão sendo construídos.



### *Janela Ciclos do Cenário da Rede MER*

Nesta janela são identificados os ciclos existentes na rede MER construída no separador [Rede MER](#).

Para remover um ciclo, deve-se seleccioná-lo e clicar no botão **Remover**.



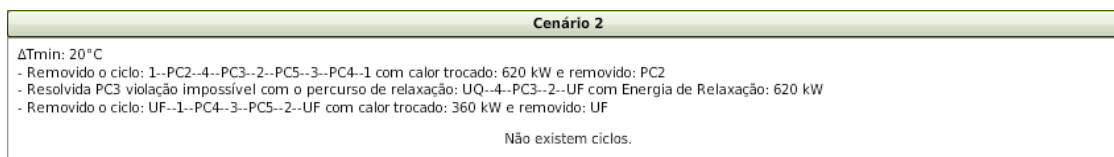
Após a remoção do primeiro ciclo é criada uma janela do lado direito com a Rede correspondente ao cenário em que o permutador de calor adequado do ciclo seleccionado foi removido.

Simultaneamente é criada uma janela de Cenário 1, do lado esquerdo, que identifica os permutadores que não respeitam o  $\Delta T_{min}$  inicialmente imposto, indicando os casos de violações possíveis e impossíveis ao  $\Delta T_{min}$ . Para repor o  $\Delta T_{min}$ , o FI²EPI lista vários percursos de relaxação alternativos. Efectuada a escolha do percurso a utilizar deve clicar-se no botão **Efectuar Relaxação** para se obter um nova janela com a Rede do novo cenário.

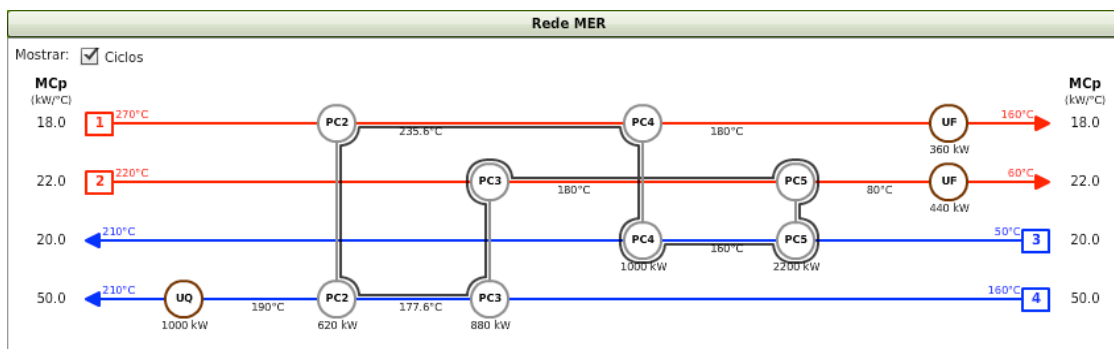




Este processo de evolução repete-se produzindo novos cenários em consequência das escolhas efectuadas e termina quando já não existem ciclos ou no caso de não ser possível efectuar a relaxação.



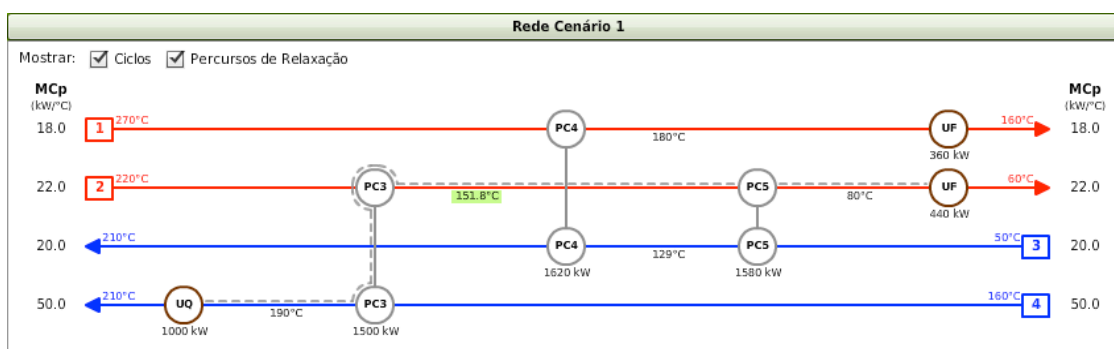
### Janela Rede MER



Nesta janela é visualizada a *Rede MER* construída no separador [Rede MER](#).

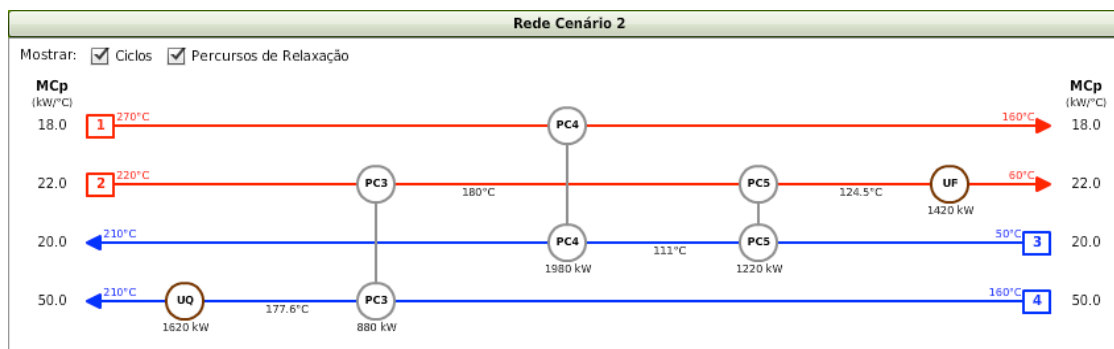
É possível ao clicar nos diferentes ciclos da janela [Ciclos Cenário Rede MER](#), mostrar o traçado do ciclo que está seleccionado sobre a Rede MER.

### Janelas Rede Cenários 1, 2, 3...



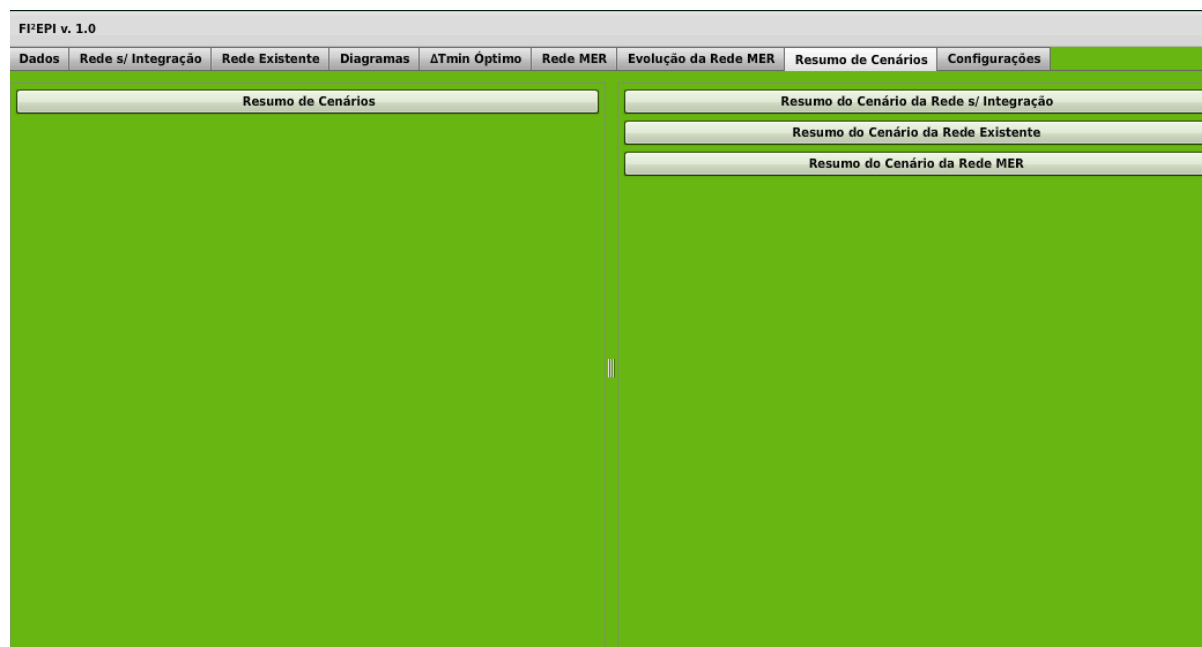
Estas janelas com cenários de Redes surgem sempre que se quebra um ciclo, e/ou se efectua uma relaxação.

Nesta janela ao clicar no mostrar ciclos/percursos de relaxação é possível esconder ou mostrar os ciclos que estão seleccionados na janela do cenário correspondente no lado esquerdo do ambiente de trabalho.



## Separador *Resumo de Cenários*

Neste separador aparecem quadros de resumo de todos os cenários anteriormente obtidos. No lado esquerdo a tabela resume as principais características dos vários cenários. No lado direito do ambiente de trabalho as janelas apresentam para cada cenário um resumo alargado das características das Redes correspondentes.



### Janela *Resumo de Cenários*

Nesta Janela o utilizador visualiza uma tabela de resumo das redes construídas: [Rede sem Integração](#), [Rede Existente](#), [Rede MER](#), e os [Cenários](#) resultantes da evolução da rede MER.

Nesta tabela é possível comparar as várias alternativas em termos do valor de  $\Delta T_{min}$  efectivo da Rede, do número de PC's, da área utilizada, do consumo de utilidades, do custo operatório, do custo de equipamento e do custo total de cada Rede.

Resumo de Cenários								
Cenário	$\Delta T_{min}$ (°C)	Nº PC's	Área Total (m²)	UQ (kW)	UF (kW)	Custo Operatório (€/ano)	Custo Equipamento (€/ano)	Custo Total Anual (€/ano)
Rede s/ Integração	20	4	307	5700	5500	1005609.00	61750.88	1067359.88
Rede Existente	20	6	388	4100	3900	723161.00	81161.57	804322.57
Rede MER	20	7	769	1000	800	175918.00	144455.62	320373.62
Cenário 1	20	6	479	1620	1420	285366.60	95511.85	380878.45
Cenário 2	20	5	463	1620	1420	285366.60	89716.23	375082.83

O valor de  $\Delta T_{min}$  apresentado nesta tabela, corresponde àquele para o qual as redes foram construídas. A existência de cenários, que decorrem da evolução da rede MER, com  $\Delta T_{min}$  inferior ao mínimo surge sempre que o utilizador permite violações termodinamicamente possíveis nos cenários construídos.

As características da [Rede sem Integração](#) e da [Rede Existente](#), surgem automaticamente na tabela de resumo de cenários assim que estas estejam completas.

A rede MER só surge na tabela de resumo de cenários quando estiver completa, no separador [Rede MER](#). Os restantes [Cenários](#) decorrentes da evolução da Rede MER surgem à medida que estes vão sendo construídos no separador [Evolução da Rede MER](#).

### Janela Resumo do Cenário de Rede s/ Integração

Nesta janela, visualiza-se o resumo detalhado do cenário da [Rede sem Integração](#), obtido no separador com o mesmo nome, com a descrição das temperaturas, do consumo das utilidades, das características de cada um dos permutadores de calor e dos custos associados.

Resumo do Cenário da Rede s/ Integração												
Descrição		Quente		Fria		Q (kW)	U (kW/m <sup>2</sup> .°C)	ΔTin (°C)	Área Calculada (m <sup>2</sup> )	Custo Calculado (€)	Custo Horário (€/h)	
		Ti (°C)	Tf (°C)	Ti (°C)	Tf (°C)							
UT1	Vapor de alta pressão	PC1	250	250	50.0	210	3200	0.42	99.4	77.3	69077.11	65.31
		PC2	250	250	160	210	2500	0.42	61.7	97.3	83118.14	51.02
UT2	Água de refrigeração	PC3	270	160	15.0	20.0	1980	0.33	192.8	30.8	36571.20	0.71
		PC4	220	60.0	15.0	20.0	3520	0.33	103.9	102	86137.50	1.27
<b>Custo Total:</b>										<b>274903.95</b>	<b>118.31</b>	

### Janela Resumo do Cenário da Rede Existente

Nesta janela, visualiza-se o resumo detalhado do cenário da [Rede Existente](#), obtido no separador com o mesmo nome, com a descrição das temperaturas, do consumo das utilidades, das características de cada um dos permutadores de calor e dos custos associados.

Resumo do Cenário da Rede Existente												
Descrição		Quente		Fria		Q (kW)	U (kW/m <sup>2</sup> .°C)	ΔTin (°C)	Área Calculada (m <sup>2</sup> )	Custo Calculado (€)	Custo Horário (€/h)	
		Ti (°C)	Tf (°C)	Ti (°C)	Tf (°C)							
UT1	Vapor de alta pressão	PC5	250	250	86.0	210	2480	0.42	87.9	67.7	62409.16	50.61
		PC6	250	250	178	210	1620	0.42	54.6	71.2	64839.46	33.06
UT2	Água de refrigeração	PC3	270	200	15.0	20.0	1260	0.33	215.9	17.5	27257.29	0.45
		PC4	180	60.0	15.0	20.0	2640	0.33	90.7	87.4	76153.28	0.95
		PC1	200	160	50.0	86.0	720	0.25	112	25.7	33001.91	
		PC2	220	180	160	178	880	0.25	29.8	118	97655.77	
<b>Custo Total:</b>										<b>361316.87</b>	<b>85.08</b>	

### Janela Resumo do Cenário da Rede MER

Nesta janela, visualiza-se o resumo detalhado do cenário da [Rede MER](#), obtida no separador com o mesmo nome, com a descrição das temperaturas, do consumo das utilidades, das características de cada um dos permutadores de calor e dos custos associados.

Resumo do Cenário da Rede MER												
Descrição		Quente		Fria		Q (kW)	U (kW/m <sup>2</sup> .°C)	ΔTin (°C)	Área Calculada (m <sup>2</sup> )	Custo Calculado (€)	Custo Horário (€/h)	
		Ti (°C)	Tf (°C)	Ti (°C)	Tf (°C)							
UT1	Vapor de alta pressão	PC1	250	250	190	210	1000	0.42	49.3	48.7	49059.07	20.41
UT2	Água de refrigeração	PC6	180	160	15.0	20.0	360	0.33	152.4	7.09	19961.38	0.13
		PC7	80.0	60.0	15.0	20.0	440	0.33	52.1	25.3	32721.22	0.16
		PC2	270	236	178	190	620	0.25	68.4	36.3	40385.08	
		PC3	220	180	160	178	880	0.25	29.8	118	97655.77	
		PC4	236	180	160	210	1000	0.25	22.7	176	138541.72	
		PC5	180	80.0	50.0	160	2200	0.25	24.7	357	264766.51	
<b>Custo Total:</b>										<b>643090.74</b>	<b>20.70</b>	

### Janelas Resumo do Cenário 1, 2, 3...

Nesta janela, visualiza-se o resumo detalhado dos [Cenários](#) da evolução da rede MER, obtida no separador com o mesmo nome, com a descrição das temperaturas, do consumo das utilidades, das características de cada um dos permutadores de calor e dos custos associados.

Resumo do Cenário 1												
	Descrição		Quente		Fria		Q (kW)	U (kW/m <sup>2</sup> .°C)	ΔTln (°C)	Área Calculada (m <sup>2</sup> )	Custo Calculado (€)	Custo Horário (€/h)
			Ti (°C)	Tf (°C)	Ti (°C)	Tf (°C)						
UT1	Vapor de alta pressão	PC1	250	250	178	210	1620	0.42	54.6	71.2	64839.46	33.06
UT2	Água de refrigeração	PC6	180	160	15.0	20.0	360	0.33	152.4	7.09	19961.38	0.13
		PC7	108	60.0	15.0	20.0	1060	0.33	64.2	49.5	49679.31	0.38
		PC3	220	180	160	178	880	0.25	29.8	118	97655.77	
		PC4	270	180	129	210	1620	0.25	55.4	117	96909.54	
		PC5	180	108	50.0	129	1580	0.25	54.5	116	96156.32	
<b>Custo Total:</b>											<b>425201.77</b>	<b>33.57</b>

## Separador Configurações

Neste separador o utilizador pode definir as unidades para cada variável que aparece nas tabelas, gráficos e diagramas. As unidades iniciais das grandezas utilizadas no FI<sup>2</sup>EPI são por defeito as que constam na figura seguinte:

Quando se alteram neste Separador as unidades das grandezas listadas, o FI<sup>2</sup>EPI faz automaticamente a conversão, para as unidades seleccionadas, dos valores das variáveis introduzidos no separador [Dados](#) e em todas as janelas dos vários Separadores.

Também é possível neste separador definir quais as cores a usar nas tabelas, gráficos e diagramas.