



ORDEM  
DOS  
ENGENHEIROS

SEMINÁRIO

## INOVAÇÃO E TECNOLOGIA

AUDITÓRIO DA ORDEM DOS ENGENHEIROS

LISBOA, 09 DE OUTUBRO DE 2013

### EMISSÕES DE CARBONO

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS AVAC EM AMBIENTE HOSPITALAR

VIGAS ARREFECIDAS E VENTILOCONVECTORES



THINK  
OUTSIDE  
THE BOX

FILIPE VENTURA

TEIXEIRA DUARTE, ENGENHARIA E CONSTRUÇÕES, S.A.

## O que é a Inovação?

- > Do latim *innovatio, -onis*
- > Introdução de uma mudança, de uma novidade em dado domínio
- > Acto ou efeito de inovar. *A inovação é condição do progresso.*

Definição do Dicionário da Língua Portuguesa Contemporânea – Academia das Ciências de Lisboa, Verbo

### Projecto de edificio hospitalar

- > Construção e exploração durante 30 anos
  
- > Sistema AVAC
  - Nível de ruído
  - Eficiência energética
  - Operações de manutenção / inoperabilidade
  - Relação custo-benefício

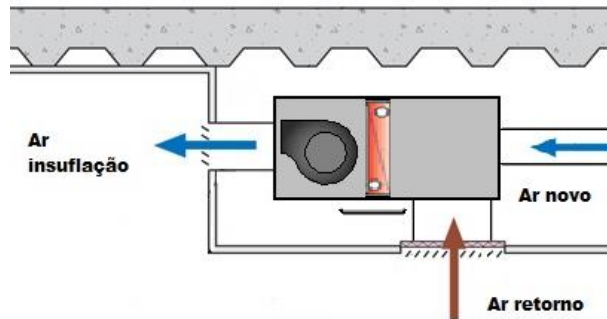
### Oportunidade

- > Substituição de ventiloconvectores por vigas arrefecidas

### Desafio

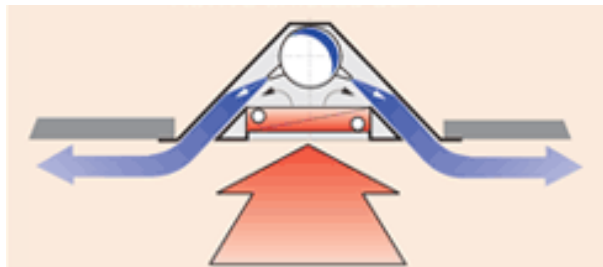
- > Aplicação de vigas arrefecidas nos hospitais portugueses
  - Alteração das *“Especificações Técnicas para instalações de AVAC – ET 06/2008”* da ACSS

## &gt; Constituição



## Ventiloconvetor





- Ventilador
- Filtro no retorno
- Tabuleiro condensados






## Viga arrefecida

- Sem ventilador / filtro / tabuleiro
- Efeito indução: ar novo UTAN
- Sem desumidificação
- Controlo de condensação

> **Vantagens**

- Unidade de baixo perfil 
  - Condições de difusão do ar 
  - Ausência de motores e filtros 
- Flexibilidade de integração arquitectónica  
Melhor distribuição do ar interior  
Maior longevidade do equipamento  
Menor nível de ruído  
Redução de consumo de energia eléctrica  
Redução de actividades de manutenção
- Ausência de condensados /  
acumulação de partículas 
  - Redução de custos de manutenção
- Menor risco de contaminação bacteriana (legionella)

> **Desvantagens**

- Condições de pressão do ar primário 
  - Sem capacidade de desumidificação 
  - Maiores tempos de resposta 
  - Custo de investimento inicial superior
- Pressão adicional na UTAN  
Desumidificação adicional na UTAN  
Não recomendado para cargas térmicas variáveis e irregulares

> **Redução de emissões**

- Protocolo de Quioto
- Pacote Energia-Clima: 20-20-20
- Directiva Comunitária EPDB
- Sistema de Certificação Energético (SCE)

> **Mercado de emissões**

- Penalizações por incumprimento

> **Avaliação de emissões**

- Desenvolvimento de ferramentas de cálculo
- Vantagem competitiva para o decisor


> **Análise de ciclo de vida (LCA)**

1. Fabrico de equipamentos
2. Transporte de equipamentos
3. Energia consumida em fase de exploração
4. Actividades de manutenção
5. Desperdícios de fim de vida

> **Factores de emissão e incerteza**

- Potencial de aquecimento global (*GWP*)
- Materiais, transporte, energia e desperdícios
- Adaptação à realidade nacional

Gás natural	0,068 kgCeq / kWh $\pm$ 7%	[ADEME, ERSE]
Electricidade	0,116 kgCeq / kWh $\pm$ 15%	[ADEME, APA]



MÉTODO  
*Bilan Carbone*  
[ADEME]

## > **Necessidades térmicas anuais**

- Método de cálculo expedito
- Baseado nos decretos-leis n.º 40/90 e 118/98  
(antigo *RCCTE* e *RSECE*)
- Perfis anuais de ocupação, iluminação e equipamentos
- Base de dados climáticos: *Solterm*
- Grau-dia e Humidade-dia



CONCEITO  
INOVADOR  
Humidade-Dia

## > **Consumos de energia eléctrica e gás**

- Eficiências indicadas pelos fornecedores de equipamentos



## &gt; Período de Arrefecimento

$$GD_{\text{arref}} = \begin{cases} \sum_j \frac{(T_j - T_b)}{24}, & T_j > T_b \\ 0, & T_j \leq T_b \end{cases}$$



## Desumidificação

$$HD_{\text{desum}} = \begin{cases} \sum_j \frac{(X_j - X_b)}{24}, & X_j > X_b \\ 0, & X_j \leq X_b \end{cases}$$

## &gt; Período de Aquecimento

$$GD_{\text{aquec}} = \begin{cases} \sum_j \frac{(T_b - T_j)}{24}, & T_j < T_b \\ 0, & T_j \geq T_b \end{cases}$$



## Humidificação

$$HD_{\text{hum}} = \begin{cases} \sum_j \frac{(X_b - X_j)}{24}, & X_j < X_b \\ 0, & X_j \geq X_b \end{cases}$$

$T_b$  – temperatura base

$T_j$  – temperatura ar exterior à hora  $j$

$X_b$  – humidade absoluta base

$X_j$  – humidade absoluta ar exterior à hora  $j$

Definição de Grau-Dia: [INMG/LNEC. *Temperaturas Exteriores de Projecto e Número de Graus-Dias*. 1989]

> **Procedimento de cálculo**

- Definição do período de arrefecimento / aquecimento

Critério da média diária de temperaturas exteriores (*Solterm*)

$$f_{p_j}^{\text{arref}} = \begin{cases} 1, & \text{se } T_{\text{media}} \geq T_{\text{min}} \\ 0, & \text{se } T_{\text{media}} < T_{\text{min}} \end{cases} \quad f_{p_j}^{\text{aquec}} = \begin{cases} 1, & \text{se } T_{\text{media}} \leq T_{\text{max}} \\ 0, & \text{se } T_{\text{media}} > T_{\text{max}} \end{cases}$$

- Reformulação das expressões de cálculo

$$\text{GD}_{\text{arref}} = \begin{cases} \sum_j f_{p_j}^{\text{arref}} \cdot \frac{(T_j - T_b)}{24}, & T_j > T_b \\ 0, & T_j \leq T_b \mid T_{\text{set-point}} \end{cases} \quad \text{HD}_{\text{desum}} = \begin{cases} \sum_j f_{p_j}^{\text{arref}} \cdot \frac{(X_j - X_b)}{24}, & X_j > X_b \\ 0, & X_j \leq X_b \vee \text{GD}_{\text{arref } j} = 0 \end{cases}$$

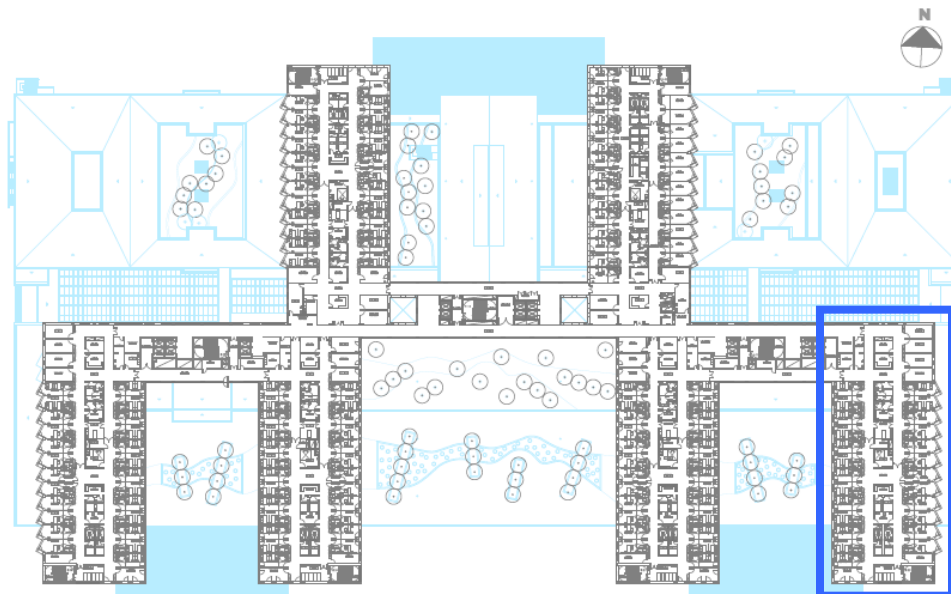
$$\text{GD}_{\text{aquec}} = \begin{cases} \sum_j f_{p_j}^{\text{aquec}} \cdot \frac{(T_b - T_j)}{24}, & T_j < T_b \\ 0, & T_j \geq T_b \mid T_{\text{set-point}} \end{cases} \quad \text{HD}_{\text{hum}} = \begin{cases} \sum_j f_{p_j}^{\text{aquec}} \cdot \frac{(X_b - X_j)}{24}, & X_j < X_b \\ 0, & X_j \geq X_b \vee \text{GD}_{\text{aquec } j} = 0 \end{cases}$$

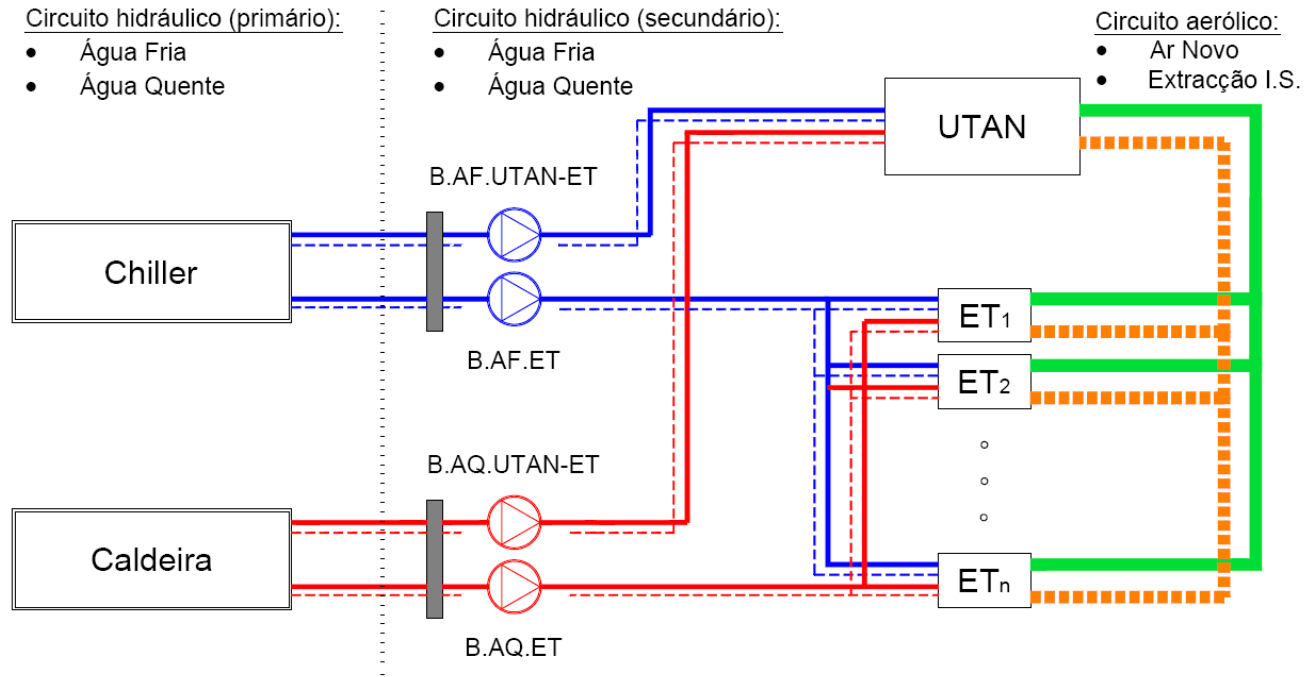
- Validação do período de arrefecimento / aquecimento – D.L. 80/2006

Definição da estação convencional de arrefecimento

Valores tabelados: Grau-dia de aquecimento / Duração da estação de aquecimento

- > Edifício hospitalar a construir em Faro
- > Internamento hospitalar: ala Sul-Este (3 pisos)
- > 106 espaços a climatizar

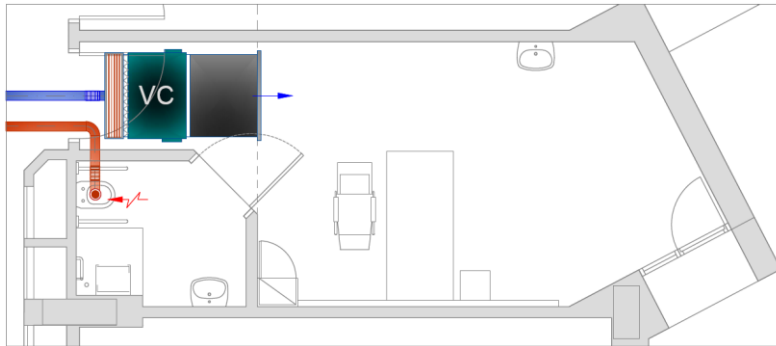




**Equipamento terminal (ET):**

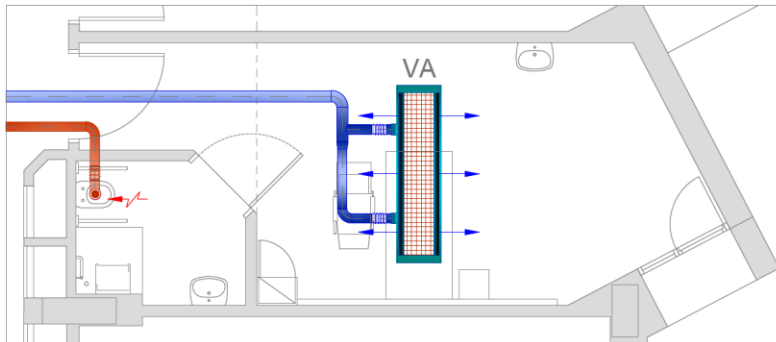
- Ventiloconvector
- Viga Arrefecida

> Localização dos equipamentos terminais em quarto de internamento



Ventiloconvetor

- Configuração tipo “quarto de hotel”



Viga arrefecida

- Instalada no centro do quarto

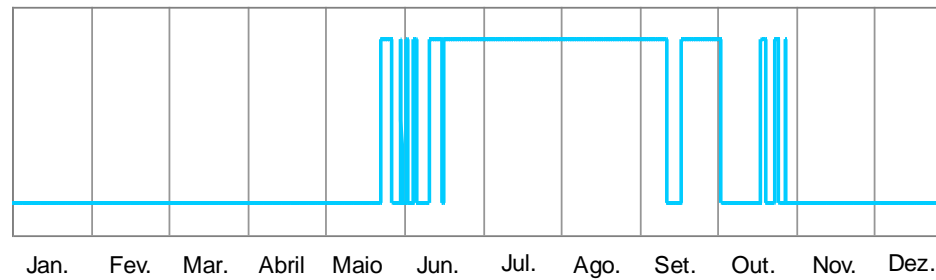
## &gt; Condições de cálculo

Parâmetros do sistema	VC	VA
<b>Eficiência de ventilação</b>	80%	100%
<b>Temperatura ar primário [°C]</b>		
Arrefecimento	22	15
Aquecimento	20	20
<b>Temperatura água [°C]</b>		
Fria	7 / 12	14 / 19
Quente	80 / 60	60 / 40

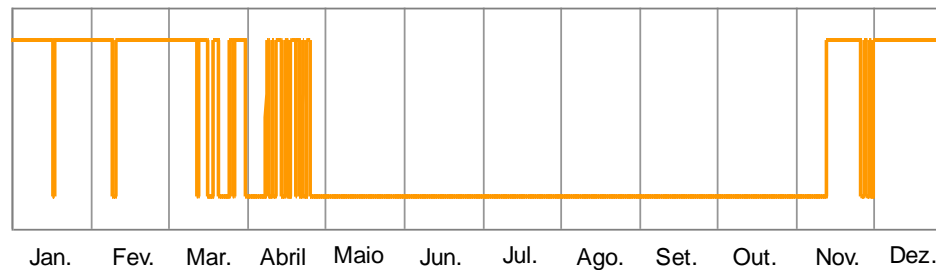
## &gt; Definição do período

- Arrefecimento:  $T_{\text{média diária}} \geq 20^{\circ}\text{C}$
- Aquecimento:  $T_{\text{média diária}} \leq 15^{\circ}\text{C}$

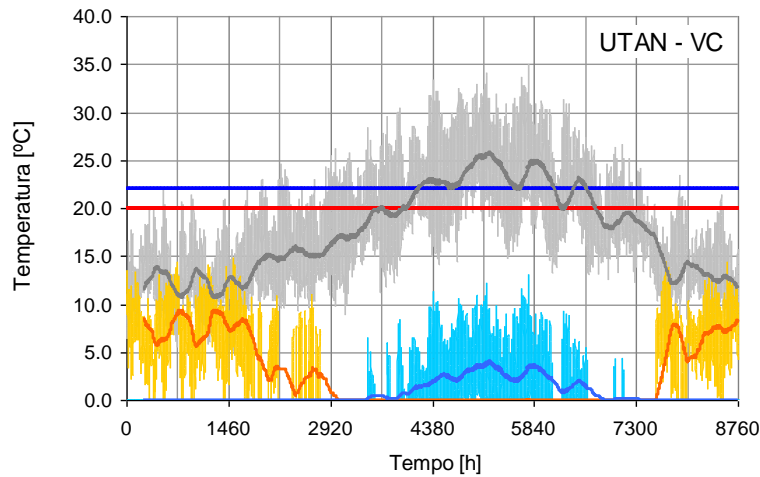
Período arrefecimento



Período aquecimento



> Grau-dia aplicado às condições de insuflação do ar novo

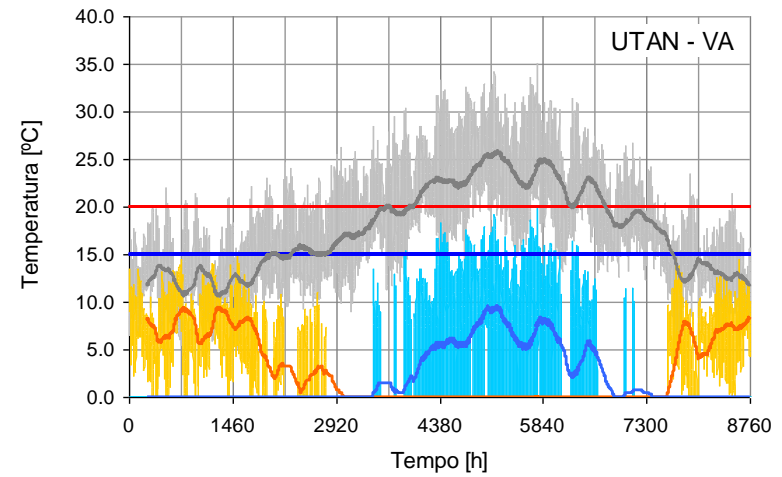


- Temperatura exterior
- ARREF: Text - Tins UTAN
- AQUEC: Tins UTAN - Text
- ARREF: Tbase
- AQUEC: Tbase

**UTAN-VC**

$$GD_{\text{arref, base } 22^{\circ}\text{C}} = 268 \text{ }^{\circ}\text{C.dia}$$

$$GD_{\text{aquec, base } 20^{\circ}\text{C}} = 1008 \text{ }^{\circ}\text{C.dia}$$



- Temperatura exterior
- ARREF: Text - Tins UTAN
- AQUEC: Tins UTAN - Text
- ARREF: Tbase
- AQUEC: Tbase

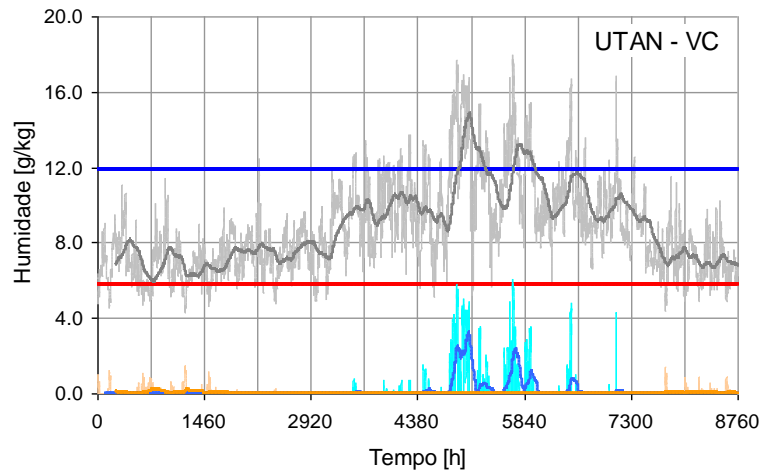
**UTAN-VA**

$$GD_{\text{arref, base } 15^{\circ}\text{C}} = 700 \text{ }^{\circ}\text{C.dia}$$

$$GD_{\text{aquec, base } 20^{\circ}\text{C}} = 1008 \text{ }^{\circ}\text{C.dia}$$



> Humidade-dia aplicado às condições de insuflação do ar novo

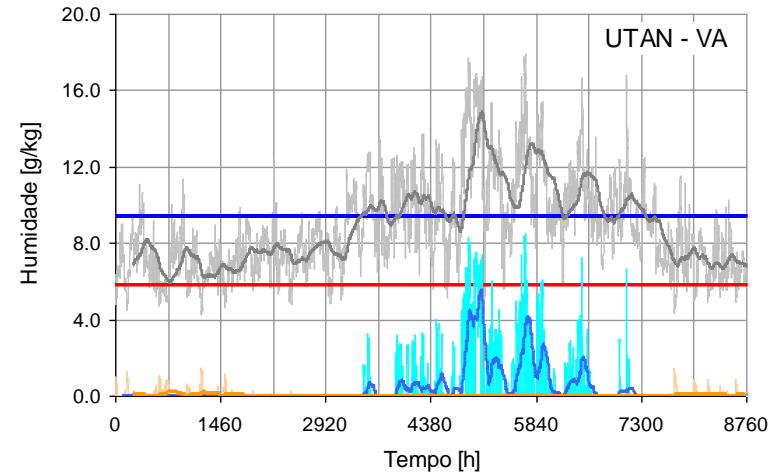


- Hum. exterior
- DESUM: Hbase (arref.)
- HUM: Hbase (aquec.)
- DESUM: Hext - Hins (arref.)
- HUM: Hins - Hext (aquec.)

UTAN-VC

$$HD_{\text{desumid, base 11,9 g/kg}} = 55 \text{ g/kg.dia}$$

$$HD_{\text{humid, base 5,8 g/kg}} = 9 \text{ g/kg.dia}$$



- Hum. exterior
- DESUM: Hbase (arref.)
- HUM: Hbase (aquec.)
- DESUM: Hext - Hins (arref.)
- HUM: Hins - Hext (aquec.)

UTAN-VA

$$HD_{\text{desumid, base 9,4 g/kg}} = 149 \text{ g/kg.dia}$$

$$HD_{\text{humid, base 5,8 g/kg}} = 9 \text{ g/kg.dia}$$

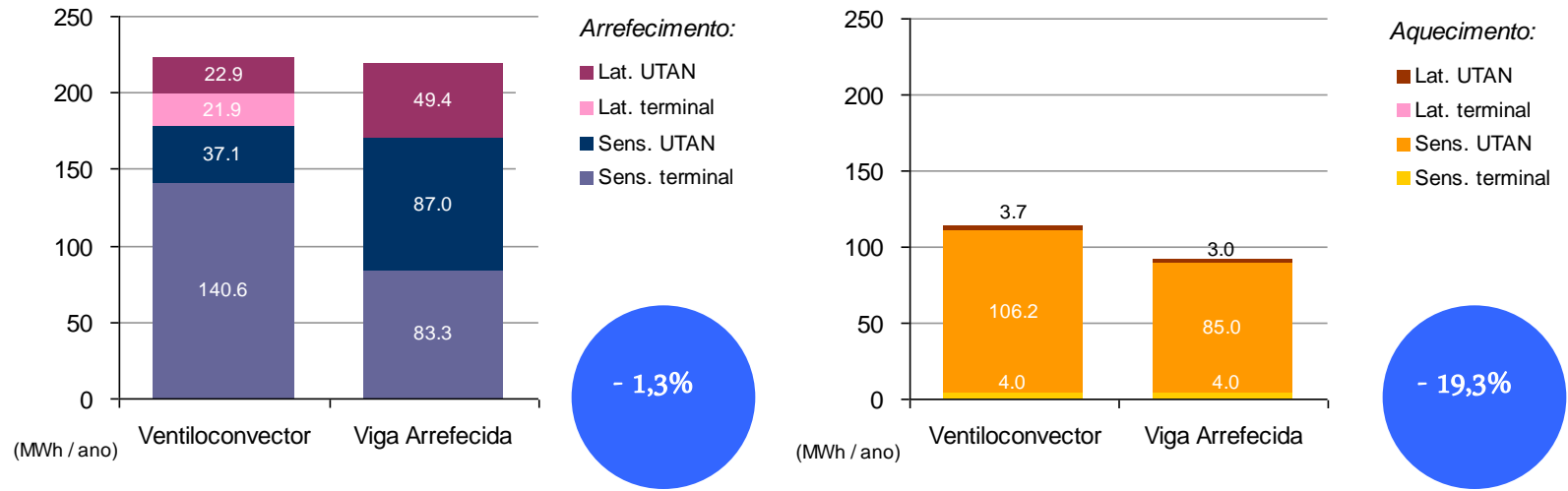
> Periodicidade das actividades de manutenção

<b>Equipamento</b>	<b>M</b>	<b>T</b>	<b>S</b>	<b>A</b>	<b>&gt; 1A</b>
<b>Ventiloconvector (VC)</b>					
Limpeza filtro G4	x				
Substituição filtro G4					5
Rebobinagem de motor					3
<b>Viga Arrefecida (VA)</b>					
Limpeza de alhetas		x			
<b>UTAN</b>					
Substituição de filtro		x (G4)	x (F5)	x (F7)	
Substituição de baterias					20
Substituição de motores					5

M – Mensal  
 T – Trimestral  
 S – Semestral  
 A - Anual

> **Tempo médio de vida útil**

Vigas arrefecidas	30 anos
Ventiloconvectores	15 anos
UTAN	15 anos
Electrobombas	10 anos

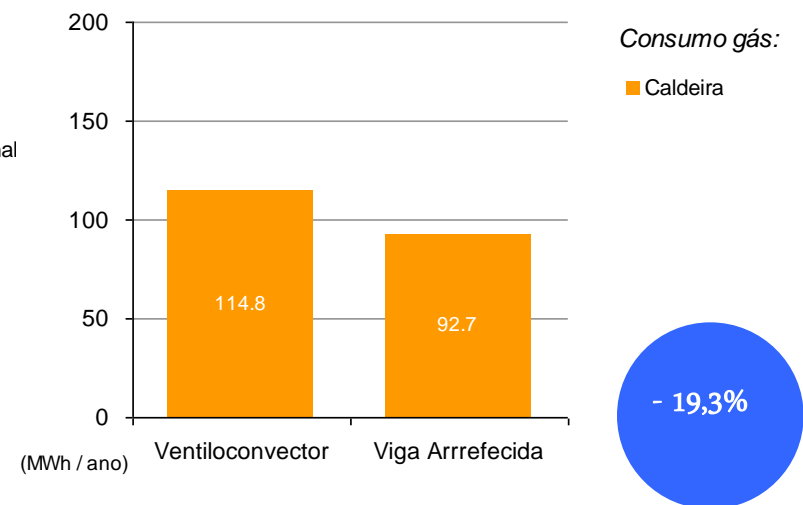
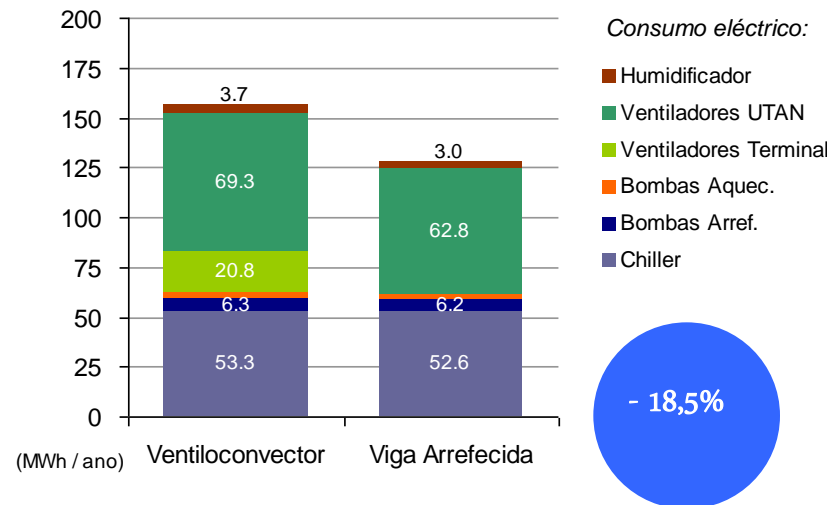


> Arrefecimento

$\Delta T$  da UTAN-VA: decréscimo das necessidades sensíveis da VA  
 VA sem capacidade térmica latente: carga adicional na UTAN-VA

> Aquecimento

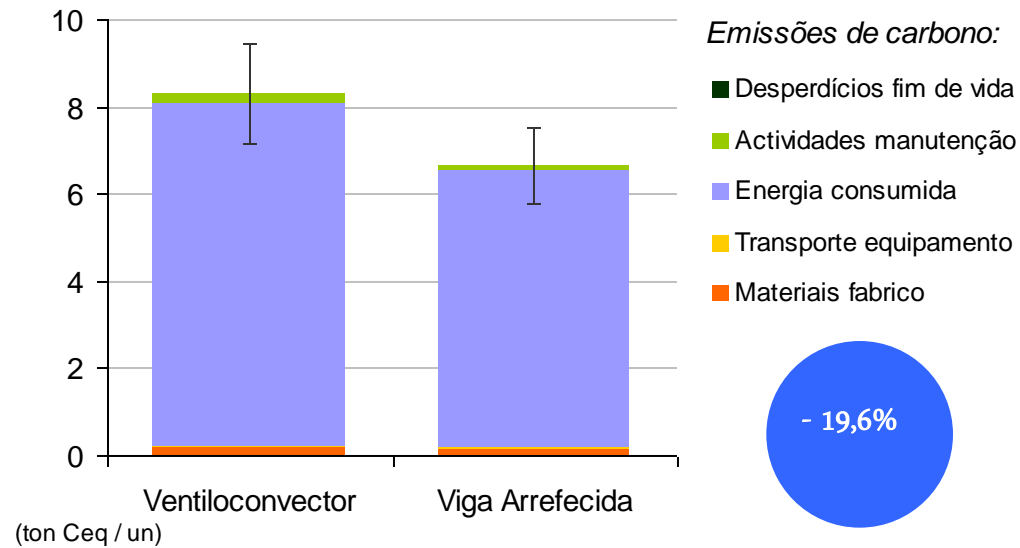
Ar novo como principal contributo



### > Redução de consumos no sistema com vigas arrefecidas

Ausência de motores no equipamento terminal

Eficiência de ventilação



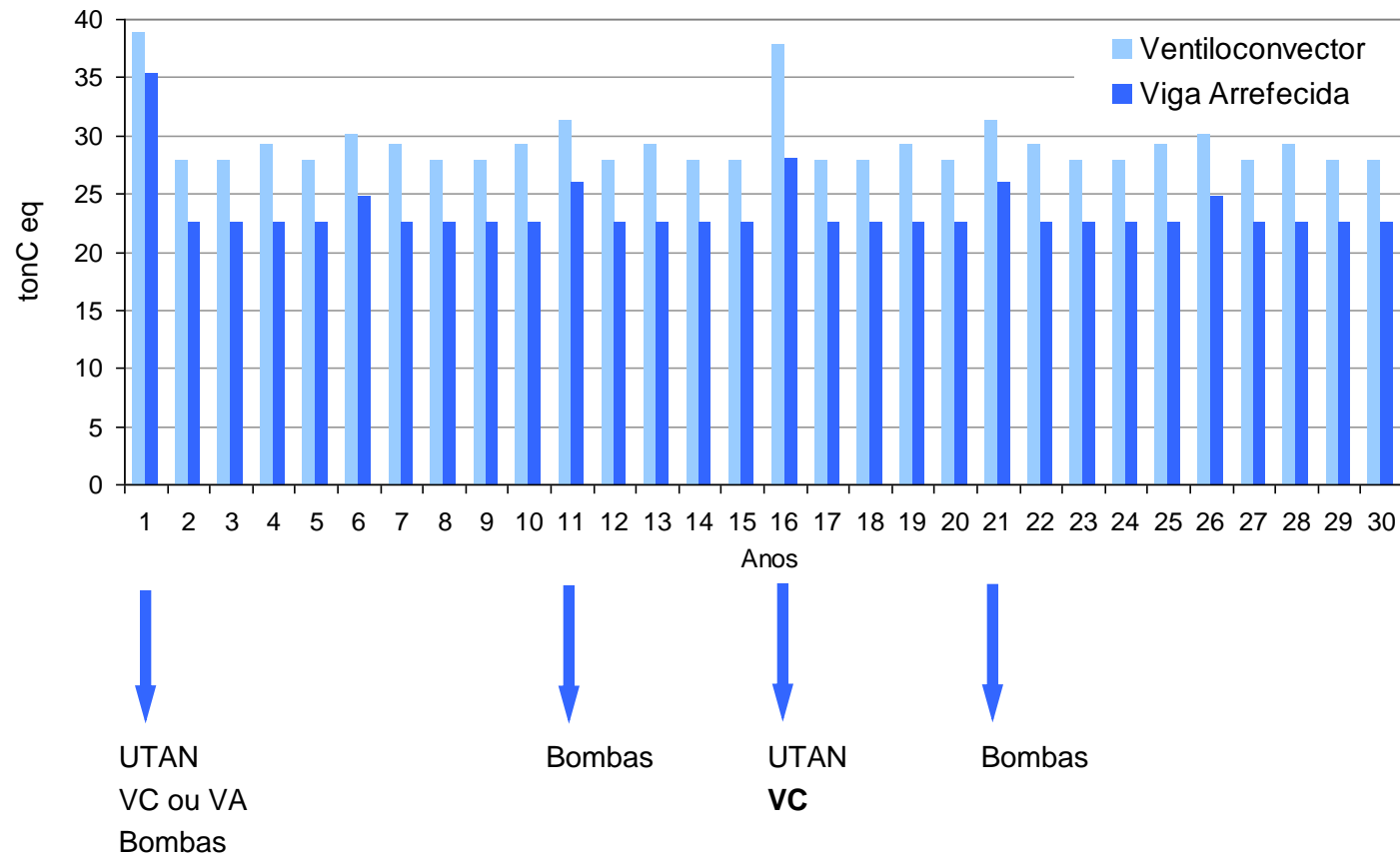
> Ventiloinvector: 8,3 ton C<sub>eq</sub> / un ±14%

> Viga Arrefecida: 6,7 ton C<sub>eq</sub> / un ±13%

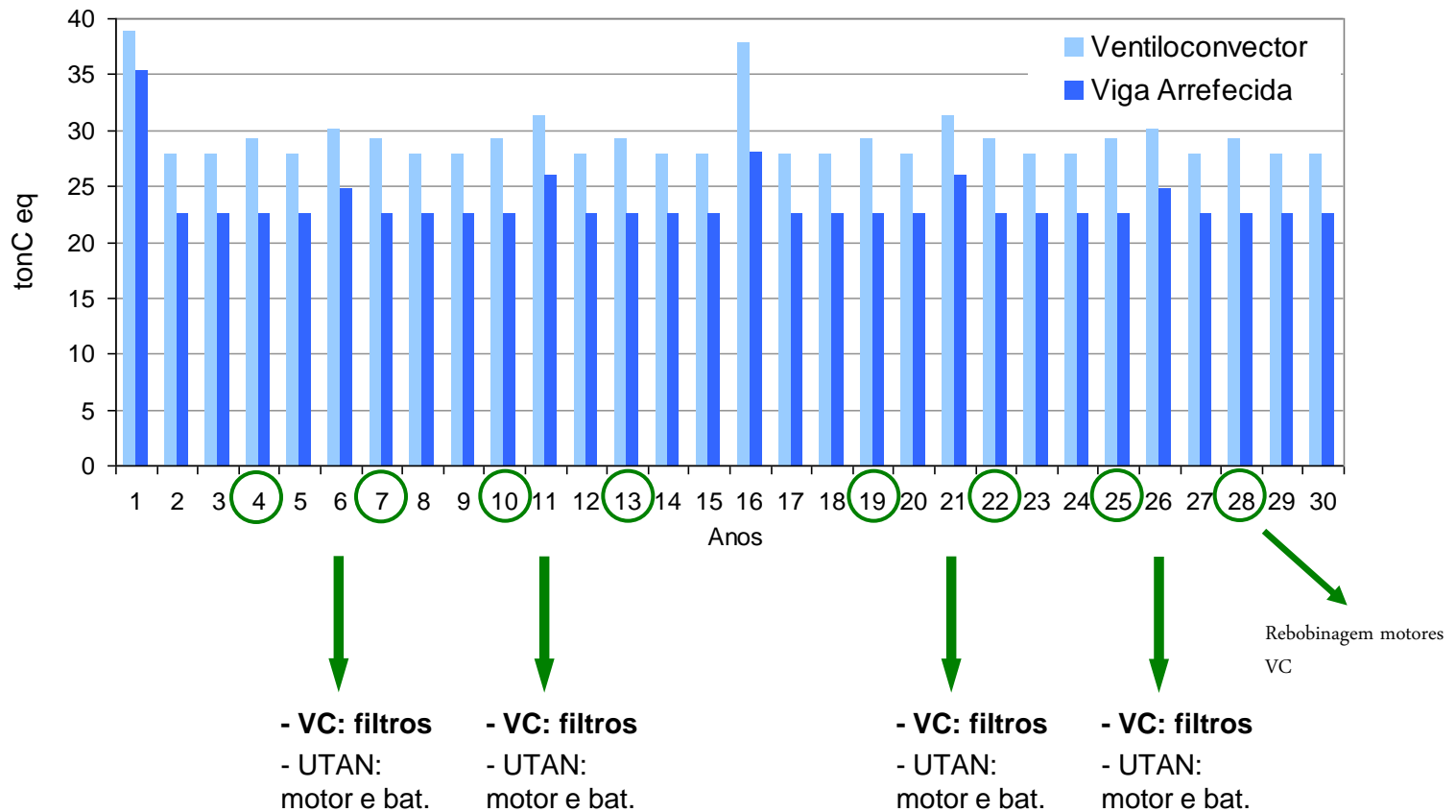
Contributo da energia consumida:

95%

## &gt; Variação em função da substituição dos equipamentos



> Variação em função da substituição dos consumíveis





## Substituição de ventiloconvectores por vigas arrefecidas

EM AMBIENTE HOSPITALAR

### > Consumos e emissões de carbono

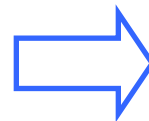
Redução de consumo de energia eléctrica	18,5%
Redução de consumo de gás	19,3%
Redução de emissões de carbono – 30 anos	19,6%

## Ferramentas de cálculo desenvolvidas

*Análise Comparativa*

*MÉTODO EXPEDITO*

- De fácil utilização
- Poupança de tempo



*Escolher*

*MELHOR SOLUÇÃO*

- Satisfação das necessidades do cliente / indústria

A Tecnologia já existia.

Onde está a Inovação?

- > Aplicação de vigas arrefecidas nos hospitais portugueses
- > Análise de ciclo de vida, com base em emissões de carbono, para apoio à decisão na selecção de sistemas AVAC
- > Humidade-dia para estimar necessidades térmicas latentes

OBRIGADO

FILIPE VENTURA