



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Trabalho de Licenciatura

**Dimensionamento de uma Caldeira a Biomassa para Esterilização de  
Material Hospitalar em Zonas Rurais**

Estudante: Gaita, Adelino Hawa Mendes

Supervisor: Prof. Doutor Eng<sup>o</sup>. Jorge Olívio Penicela Nhambiu

Maputo, Outubro de 2020

# **ESTRUTURA DE APRESENTAÇÃO**

1. Introdução
2. Objectivos
3. Familiarização com o Processo de Esterilização
4. Geradores de Vapor
5. Esquema de Funcionamento da Instalação de Esterilização
6. Modelo Constructivo da Caldeira
7. Marcha de Cálculo
8. Resultados e Discussão
9. Conclusões e Recomendações

# 1. INTRODUÇÃO

- ▶ A humanidade procura actualmente fontes alternativas de energia em detrimento de combustíveis fósseis. As energias renováveis têm sido uma boa opção para responder a este problema.
- ▶ O presente projecto é direccionado ao serviço de saúde, aproveitando as fontes de energia local (biomassa), para a geração de vapor usado na esterilização de material hospitalar.

## **2. OBJETIVOS**

### **► Objectivo Geral**

- Dimensionar caldeira que produz vapor em condições adequadas de esterilização.

### **► Objectivos Específicos**

- Identificar um modelo de esterilização adequado;
- Dimensionar a câmara de esterilização;
- Avaliar do potencial energético de diferentes tipos de biomassa disponíveis;
- Dimensionar a caldeira.

### **3. FAMILIARIZAÇÃO COM O PROCESSO DE ESTERILIZAÇÃO**

#### **► Esterilização**

Denomina-se “esterilização” o processo capaz de destruir todas as formas de vida microbiana em superfícies inanimadas. O processo de esterilização deve ser desenhado de modo a matar uma grande população (10 000 a 1000 000 por item) de esporos, bactérias consideradas mais resistentes.

#### **► Esterilização a vapor**

A melhor forma de esterilização é usando calor em forma de vapor, pois garante margens significantes de segurança. Na esterilização a vapor, usa-se vapor saturado tipicamente a temperaturas na faixa de 121° a 140°C.

## 4. GERADORES DE VAPOR

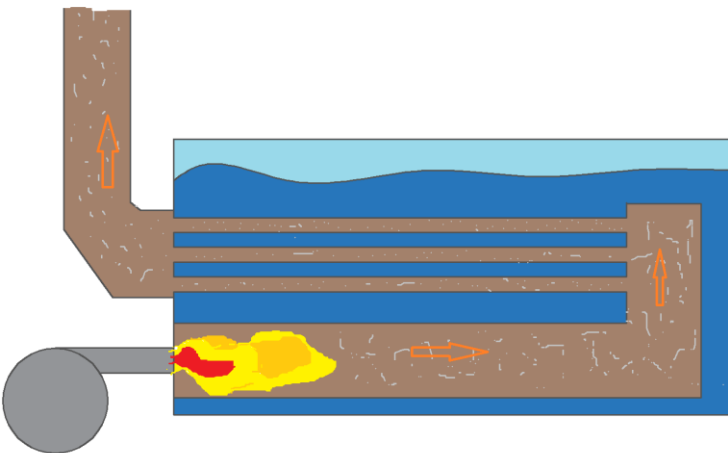
### ► Definição

O gerador de vapor ou caldeira é um aparelho usado na conversão de água líquida em vapor saturado ou superaquecido (dependendo da aplicação) a partir do calor gerado pela queima de um combustível.

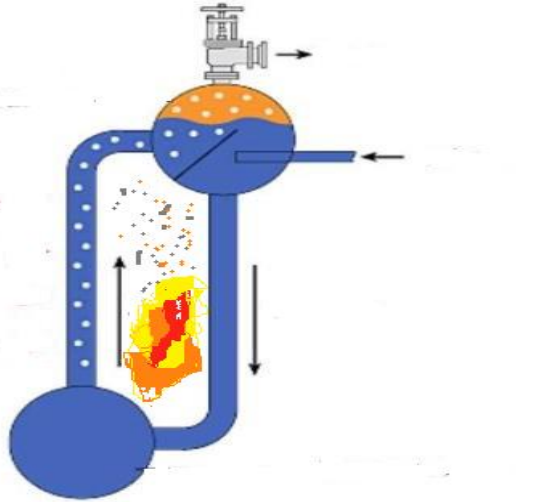
### ► Tipos de caldeiras:

- **Caldeira Flamotubular**

As caldeiras flamotubulares são construídas de forma que a água circule ao redor de muitos tubos, montados em placas denominadas espelhos, em forma de um único feixe tubular.



## 4. GERADORES DE VAPOR (continuação)

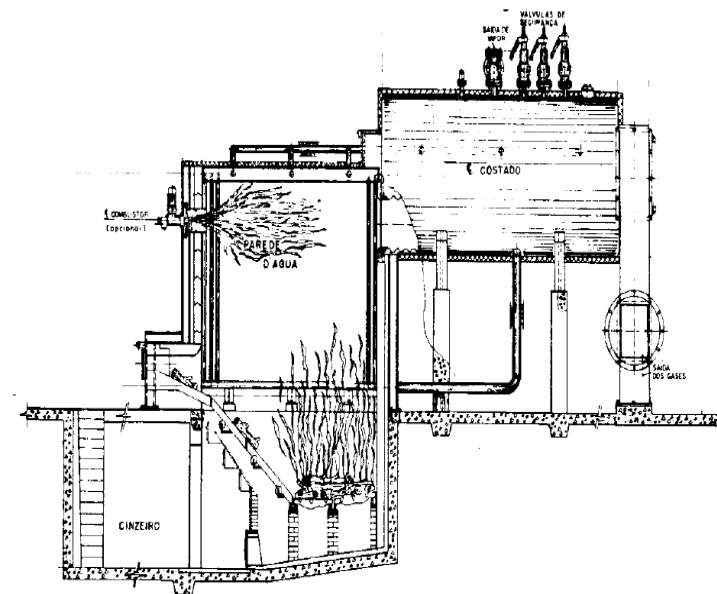


### ► Caldeiras aquatubulares

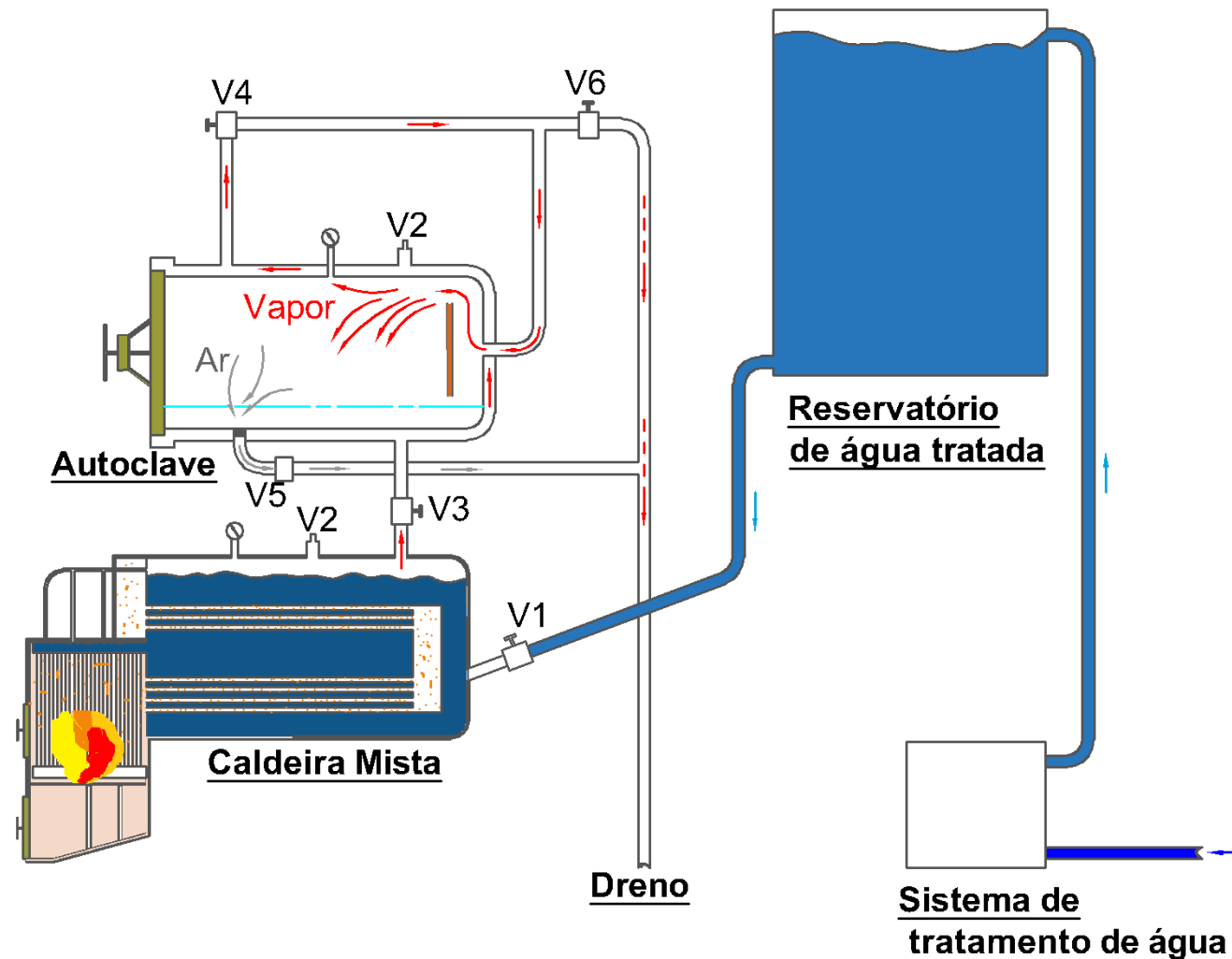
- As caldeiras aquatubulares são construídas de forma que a água circule no interior de muitos tubos de pequenos diâmetros e dispostos na forma de paredes de água ou feixes de tubos.

### ► Caldeiras Mistas

- As caldeiras mistas surgem como resposta à necessidade de utilização de combustíveis sólidos em caldeiras de pequena capacidade. Basicamente é uma caldeira flamotubular com uma antecâmara de combustão com paredes revestidas de tubos de água (parte aquatubular).

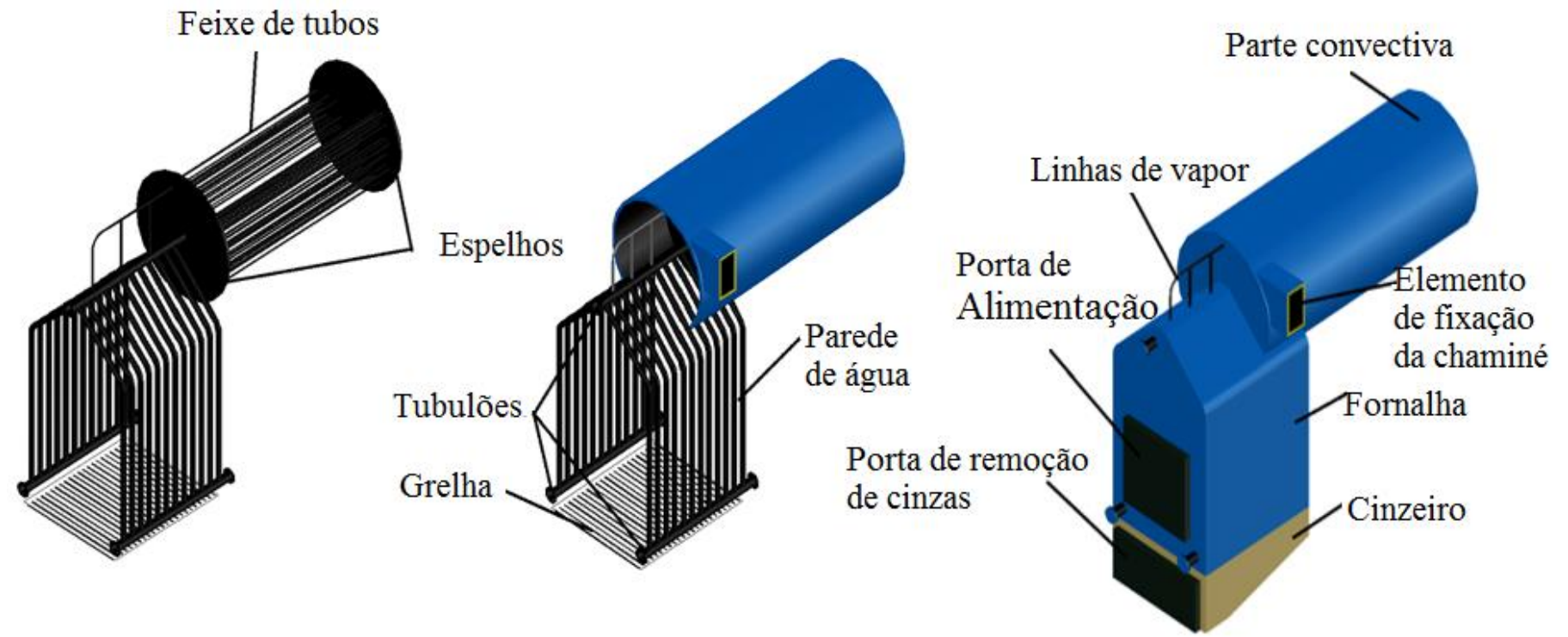


## 5. ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DA INSTALAÇÃO DE ESTERILIZAÇÃO





## 6. MODELO CONSTRUCTIVO DA CALDEIRA



## 7. MARCHA DE CÁLCULO

### ❖ Cálculo de combustão

- Poder calórico inferior
- Temperatura adiabática da chama
- Consumo de combustível

### ❖ Dimensionamento térmico da caldeira

- Superfícies de transferência de calor e arranjo dos elementos da caldeira
- Calor transferido na fornalha e na parte convectiva

### ❖ Dimensionamento térmico da caldeira

- Espessura dos componentes da caldeira

## 8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Resultados do dimensionamento da câmara de esterilização

Parâmetro	Valor	Unidade
Diâmetro	0,9	<i>m</i>
Profundidade	2,4	<i>m</i>
Volume da câmara	1,6	<i>m</i> <sup>3</sup>
Fluxo de vapor para a esterilização	500	<i>kg/h</i>
Temperatura do vapor saturado	133	°C

- Câmara de esterilização de médio porte
- Dimensões tiradas do catalogo da BAUMER

## **8. RESULTADOS E DISCUSSÃO** (Continuação)

### **Dados de partida para o dimensionamento da caldeira**

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidade</b>
Capacidade da caldeira	500	<i>kg/h</i>
Temperatura do vapor	133	°C
Pressão máxima de trabalho	0,3	<i>MPa</i>
Temperatura da água de alimentação	25	°C
Temperatura do ar	25	°C
Rendimento da caldeira	65	%

## 8. RESULTADOS E DISCUSSÃO (Continuação)

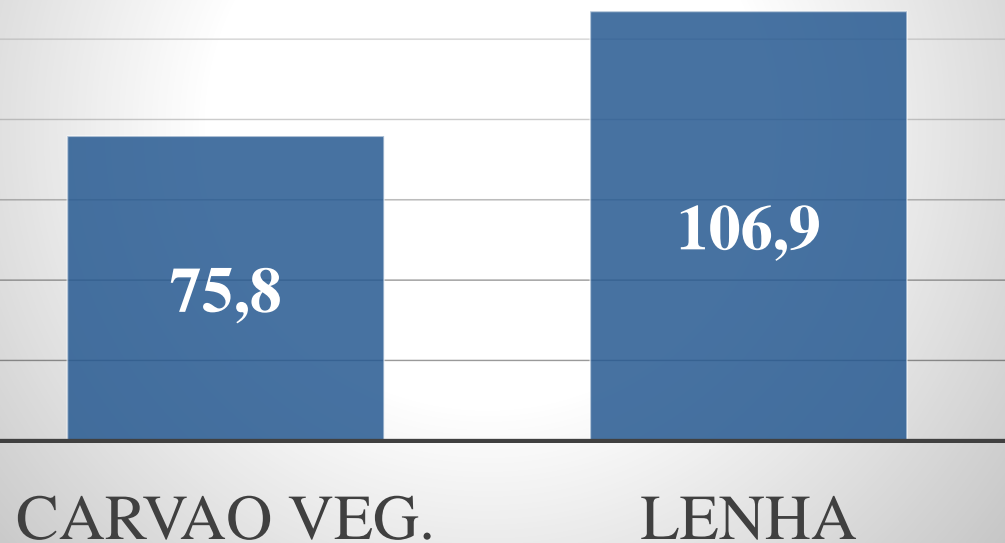
### Resultados do cálculo de combustão

Parâmetro	Símb	Valor				Unid.
		Lenha	Carvão Vegetal	Casca de Arroz	Sabugo de Milho	
Poder calórico inf.	$Q_i^t$	18822	26560	14426	16928	$\text{kJ}/\text{kg}_{comb}$
Temp. adiabática	$T_{ad}$	1540	1600	1537	1532	$^{\circ}\text{C}$
Consumo de comb.	$\dot{B}$	107	76	140	119	$\text{kg}/\text{h}$
Energia Inserida	$q_{comb}$	559				$\text{kW}$

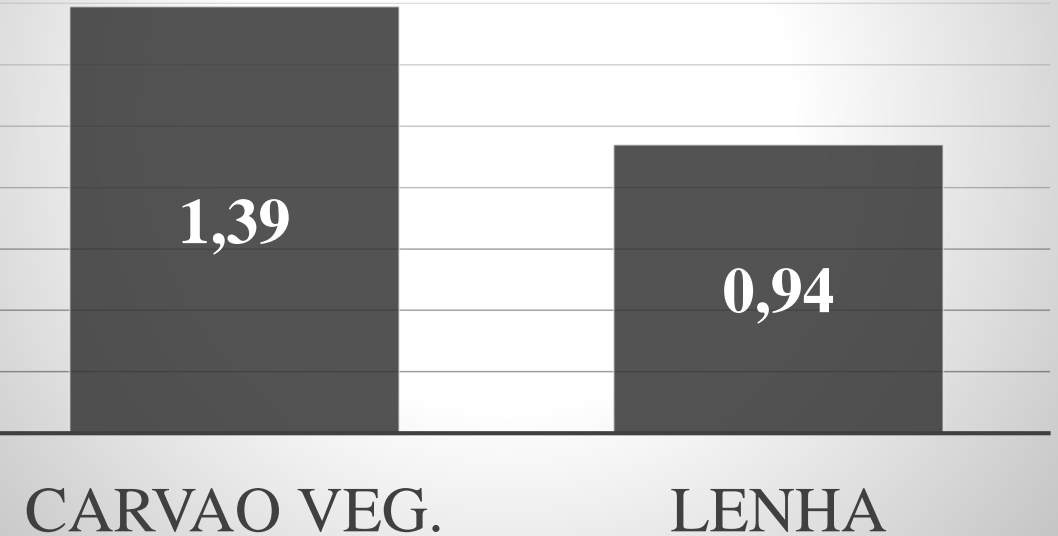
## 8. RESULTADOS E DISCUSSÃO (Continuação)

Consumo de combustível e emissões (carvão vegetal e lenha)

Consumo de combustível  
[kg/h]



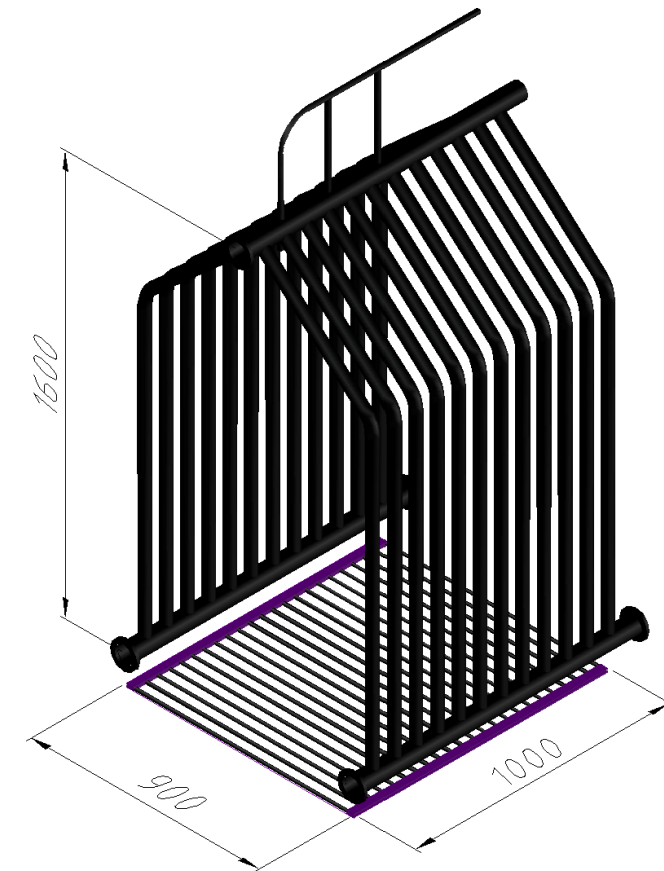
Emissões  
 $\text{CO}_x, \text{SO}_x, \text{NO}_x$  [ $\text{m}^3\text{N}/\text{kg}_{\text{comb}}$ ]



## 8. RESULTADOS E DISCUSSÃO (Continuação)

### Dimensões da fornalha

Parâmetro	Simb.	Valor	Unid.
Volume da Fornalha	$V_f$	1,4	$m^3$
Área da grelha	$A_g$	0,9	$m^2$
Altura da Fornalha	$H_f$	1,6	$m$
Comprimento da fornalha	$C_f$	1	
Largura da fornalha	$L_f$	0,9	
Diâmetro interno dos tubos	$d_i$	40	$mm$
Diâmetro interno dos tubulões	$D_i$	67	



## 8. RESULTADOS E DISCUSSÃO (Continuação)

### Resultados do cálculo de transferência de calor na fornalha

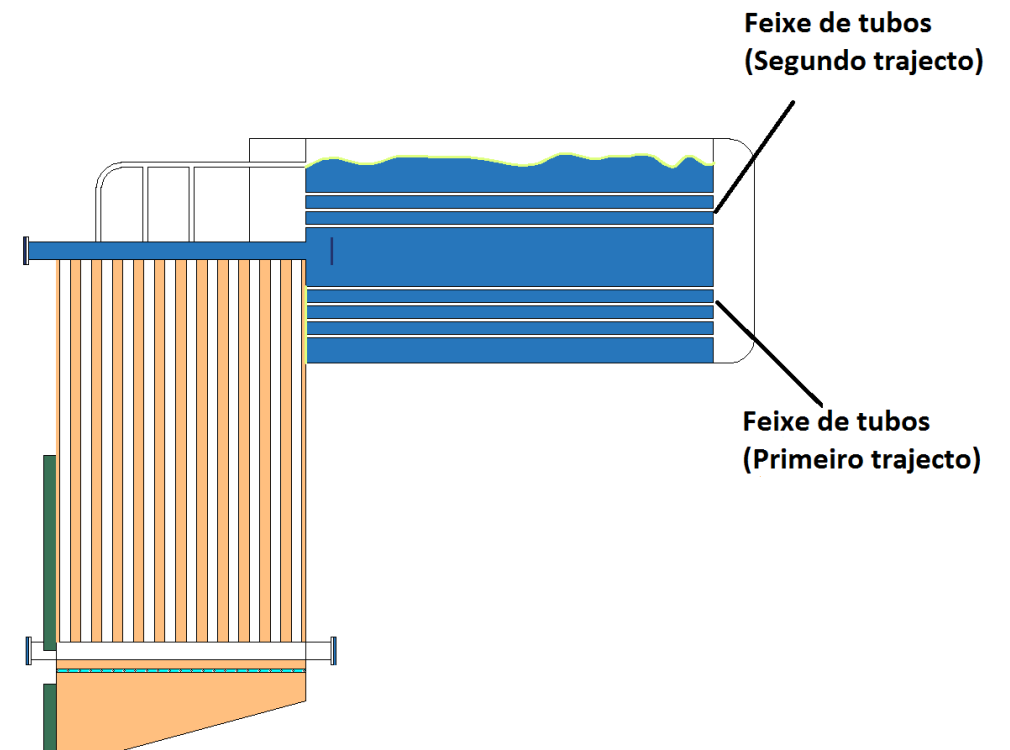
Parâmetro	Símbolo	Valor	Unidade
Temperatura de saída dos gases de combustão da fornalha	$T_s^f$	950	$^{\circ}\text{C}$
Emissividade da fornalha	$\varepsilon_f$	0,8	
Distância entre os centros dos tubos aq.	$s$	84,2	—
Número de tubos por fileira	$n_t$	12	
Superfície total de aquecimento da fornalha	$F$	1,97	$\text{m}^2$
Calor absorvido pela fornalha	$Q_{abs}$	220,37	$\text{kW}$
Recálculo da Temperatura de saída dos gases da fornalha	$T_{s(rec)}^f$	863	$^{\circ}\text{C}$
Erro na temperatura	$E$	9.16	%



## 8. RESULTADOS E DISCUSSÃO (Continuação)

### Resultados do cálculo de transferência de calor no feixe de tubos

Símbolo	Valor	Unidade
$Q_v$	142,94	$kW$
$T_s^f$	950	$^{\circ}C$
$T_s^c$	183	$^{\circ}C$
$h_{conv}$	5,86	$\frac{W}{(m^2 \cdot ^{\circ}C)}$
$h_{rad}$	9,11	
$U$	12,22	
$n_{t_1}$	88	—
$n_{t_2}$	64	
$L$	1,7	$m$
$S_v$	29,22	$m^2$



## **8. RESULTADOS E DISCUSSÃO** (Continuação)

### **Materiais escolhidos e sua aplicação na caldeira**

<b>Material</b>	<b>Propriedades dos materiais</b>		<b>Aplicação</b>
	<b>E [MPa]</b>	<b>S<sub>y</sub> [MPa]</b>	
ASTM 178 Gr 70	200000	92,4	-Tubos de convecção -Tubos da parede de água
ASTM A516 Gr 70	200000	132	-Espelhos -Invólucro da caldeira

## **8. RESULTADOS E DISCUSSÃO** (Continuação)

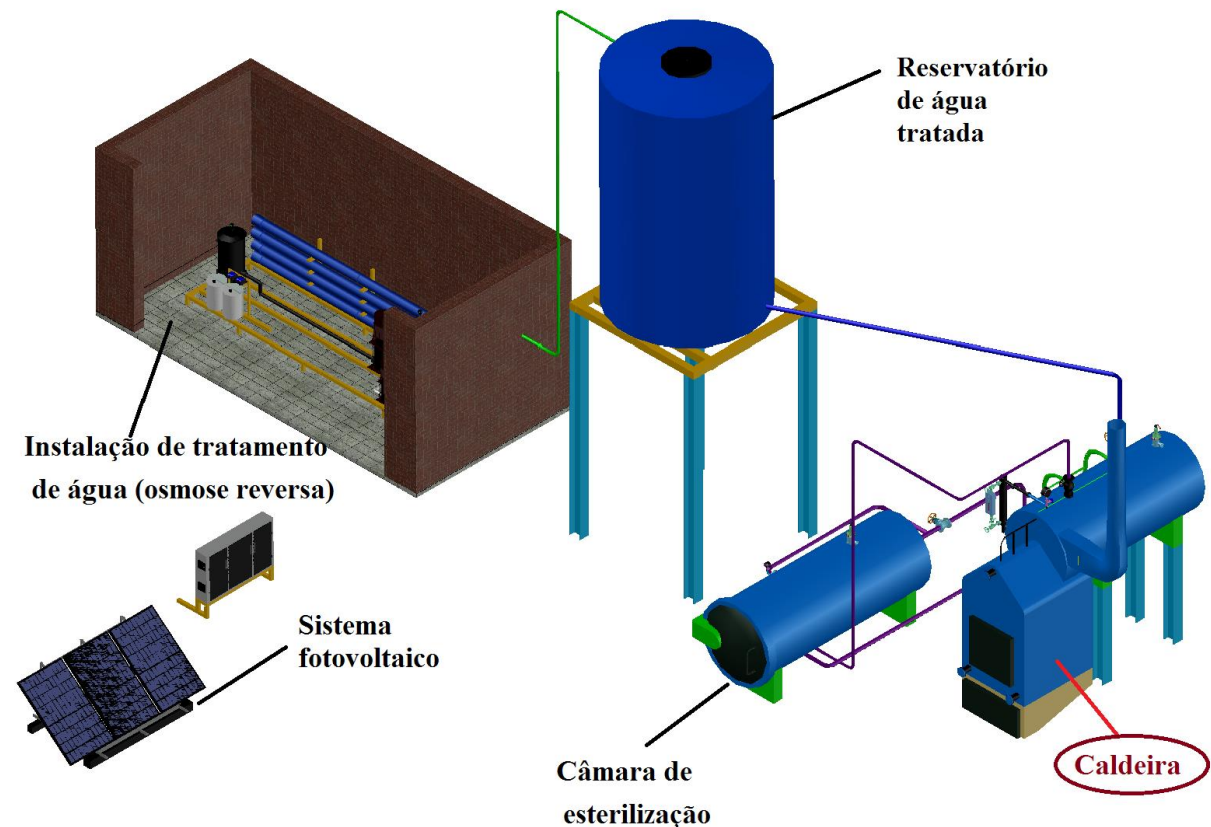
### **Resultados do dimensionamento mecânico**

<b>Elemento (Material)</b>	<b>Simb.</b>	<b>Valor (mm)</b>
Tubos de convecção	$t$	0,38
	$t_1$	0,5
	$t_f$	2,1
Tubos da parede de água	$t$	0,13
	$t_1$	0,5
	$t_f$	0,21
Invólucro da caldeira	$t$	1,2
	$t_1$	0,6
	$t_f$	3
Espelhos	$t_1$	0,1
	$t$	19,6

## 8. RESULTADOS E DISCUSSÃO (Continuação)

### Caldeira na instalação de esterilização

A caldeira dimensionada no projecto é só um equipamento na instalação de esterilização de materiais hospitalares.



## 9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### ► **Conclusões**

- Do estudo realizado sobre a esterilização, conclui-se que a melhor forma de esterilizar é usando calor em forma de vapor, por garantir margens significantes de segurança, isto é, garante a desnaturação irreversível até dos microorganismos mais resistentes, os esporos.
- No presente projecto, foi escolhida uma câmara de esterilização de médio porte, que exige uma caldeira de capacidade de 500 kg/h de vapor saturado a uma temperatura de 133°C. Esta câmara foi escolhida por se estimar não mais de 4 ciclos de esterilização nos hospitais rurais.

# 9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

(Continuação)

## ► Conclusões

- Das biomassas analisadas no projecto, verificou-se que o carvão vegetal é a biomassa que apresenta maior poder calórico, mas em contrapartida, emite maior quantidade de gases na sua queima.
- Do cálculo de dimensionamento térmico da caldeira foi possível computar dimensões e arranjos dos componentes da mesma que permitem que o vapor e os gases de combustão saiam nas condições predeterminadas no projecto.
- O cálculo de dimensionamento mecânico da caldeira obteve resultados de espessuras muito baixos. Isso deve-se ao facto da pressão máxima de trabalho da caldeira também ser baixa.

# 9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

(Continuação)

## ► **Recomendações**

- A água de alimentação da caldeira deve ser previamente tratada;
- A caldeira deve ser operada apenas por profissionais qualificados;
- Deve-se aplicar válvulas de segurança com pressão de abertura ajustadas com valor; igual ou inferior à 0,3MPa;
- Deve-se inspecionar periodicamente o nível de água na caldeira.

**OBRIGADO PELA ATENÇÃO**