

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
Departamento de Engenharia Mecânica

PROJECTO DO CURSO

**“PROJEÇÃO DE UMA FORNALHA PARA QUEIMA DE
BIOMASSA PARA ALIMENTAR UM CICLO DE
REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO”**

Autor: **Gujamo, Wilson Manuel Carlos**
Supervisor: **Doutor Eng. Jorge O. P. Nhambiu**

Maputo, Julho de 2006

CONTEÚDO DA APRESENTAÇÃO

- Motivação para a realização do trabalho
- Objectivos
- Introdução
- Sistemas de refrigeração
- Tipo de combustível e suas características
- Cálculo térmico e projectivo da fornalha
- Aspectos construtivos
- Custos económicos
- Conclusões e Recomendações.

MOTIVAÇÃO PARA A REALIZAÇÃO DO TRABALHO

- Baixa prestação das unidades hospitalares das zonas rurais por falta de meios de conservação dos medicamentos, sangue, e muitos outros produtos, que devem ser conservados à temperaturas abaixo da temperatura ambiente.

OBJECTIVOS

Objectivo geral

- Estudo teórico de aproveitamento de fontes energéticas locais, neste caso a lenha ou carvão, na produção de energia térmica para o funcionamento de uma geleira com base no ciclo de refrigeração por absorção.

Objectivos específicos

- Determinar o consumo de combustível e a eficiência da combustão;
- Conceber a configuração geométrica da fornalha;

OBJECTIVOS

- Determinar o comprimento do tubo bomba, necessário para a vaporização da mistura refrigerante na fornalha;
- Fazer o cálculo do custo da fornalha com vista a saber se é acessível aos beneficiários do projecto.

INTRODUÇÃO

- O presente trabalho constitui um estudo teórico de aproveitamento de fontes energéticas locais, neste caso a lenha ou carvão, na produção de energia térmica para o funcionamento de uma geleira com base no ciclo de refrigeração por absorção.
- O estudo realizado, consistiu na projecção da unidade geradora de vapor da mistura refrigerante de amónia e água, com base na interacção de conhecimentos de transferência de calor e princípios de dimensionamento de geradores de vapor.

INTRODUÇÃO

- Entre muitos aspectos projectivos, observados durante a sua execução, importa referir que este estudo contempla a análise do fenómeno de combustão na fornalha, decisões construtivas da instalação e avaliação dos custos de fabricação.
- O balanço térmico da fornalha foi calculado procurando estabelecer um equilíbrio entre os custos de funcionamento, representados pelo consumo de combustível, e o rendimento da instalação associados a alguns detalhes ligados à forma da instalação.

SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO

- O objectivo da refrigeração é produzir num corpo ou espaço uma temperatura inferior a do meio ambiente com base nas leis da termodinâmica.

- ***Principais sistemas de refrigeração:***

Por compressão

Por absorção

SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO

Sistema de refrigeração por compressão

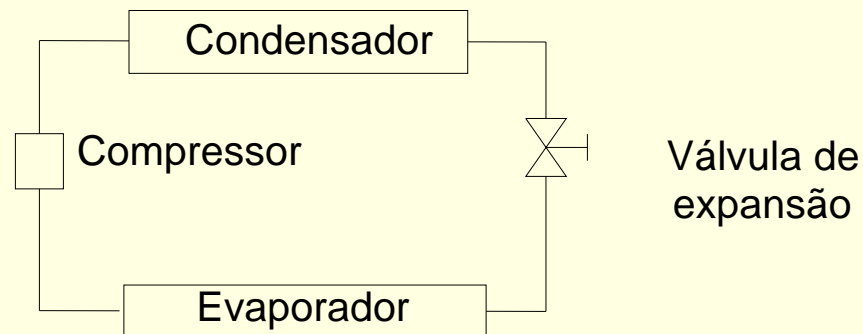


Figura 1. Esquema do sistema de refrigeração por compressão

SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO

Sistema de refrigeração por absorção

ABSORVENTE	REFRIGERANTE
Água	Amónia, Metilamina e outras aminas alifáticas
Solução de água e brometo de lítio	Água
Solução cloreto de lítio e metanol	Metanol
Ácido sulfúrico	Água
Hidróxido de sódio ou potássio ou misturas	Água
Nitrato de lítio	Amónia
Sulfocianeto de amónia	Amónia

Tabela 1. Pares refrigerante absorvente

➤ Principais sistemas de refrigeração por absorção:

- 1. Sistemas intermitentes
- 2. Sistemas Electrolux
- 3. Sistemas industriais

SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO

Sistema de refrigeração por absorção

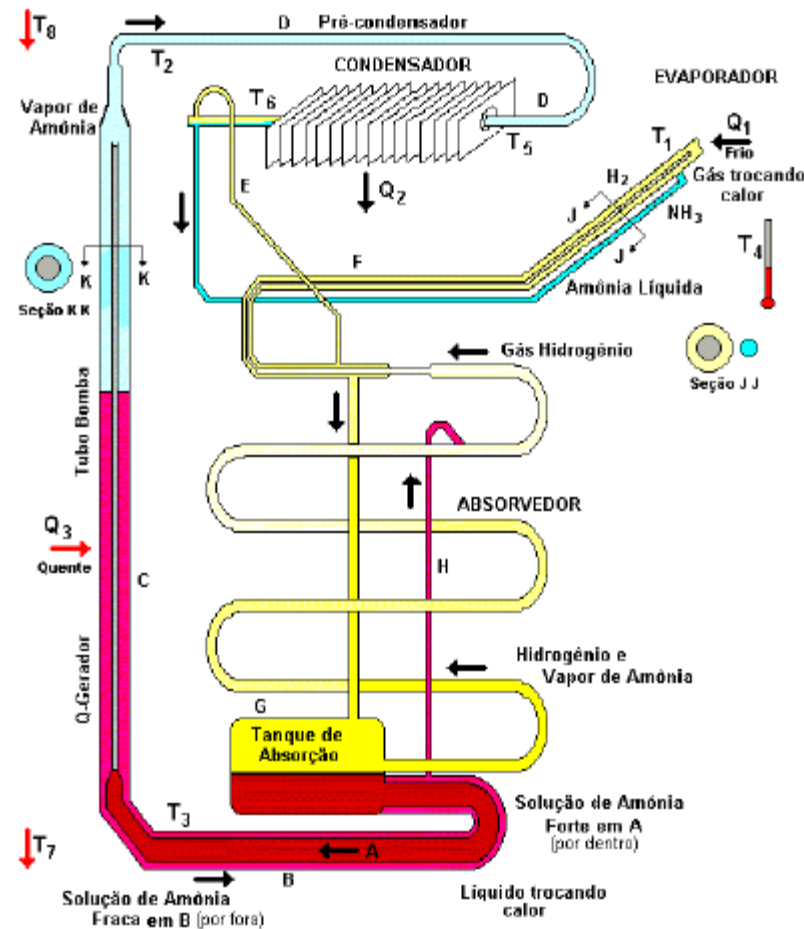


Figura 2. Sistema electrolux de refrigeração por absorção

SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO

A amónia não é totalmente condensada no condensador, coexistindo uma parte líquida e a outra em vapor. A amónia líquida, mais pesada, vai para o tubo do evaporador e o vapor de amónia, mais leve, segue pelo tubo (E) ao tanque de absorção (G). A amónia líquida, que sai do condensador e entra no evaporador, expande-se para um tubo de área maior. Nesse momento, absorve o hidrogénio que vem do absorvedor e do tubo (H).

No tanque de absorção, a amónia e o hidrogénio, proveniente do evaporador, se misturam com a água que lá está contida. Como a amónia tem mais afinidade com a água, ela liberta o hidrogénio, que flui, por ser mais leve, para o tubo (H) e pelo absorvedor. Com a mistura de amónia e água, e a liberação do hidrogénio, forma-se uma solução forte novamente, deslocando-se para os tubos concêntricos (C), e então reiniciando o ciclo

COMBUSTÍVEL E SUAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Maior parte da população moçambicana habita em zonas rurais, onde o acesso a este tipo de fontes de energia é nulo. Este facto, aliado ao baixo custo da biomassa lenhosa, conduz à escolha da lenha ou do carvão vegetal como combustível a incinerar para a vaporização da mistura concentrada de amónia e água.
- Para efeitos de cálculos de projecto e não estando definida a região onde será utilizada a fornalha, a composição do combustível é seleccionada de tabelas contendo as composições de alguns combustíveis sólidos.

COMBUSTÍVEL E SUAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

C^c	H^c	N^c	O^c	A^s	W^t
51%	3.15%	0.6%	12.25%	1%	45%

Tabela 2. Composição do combustível em massa de combustível

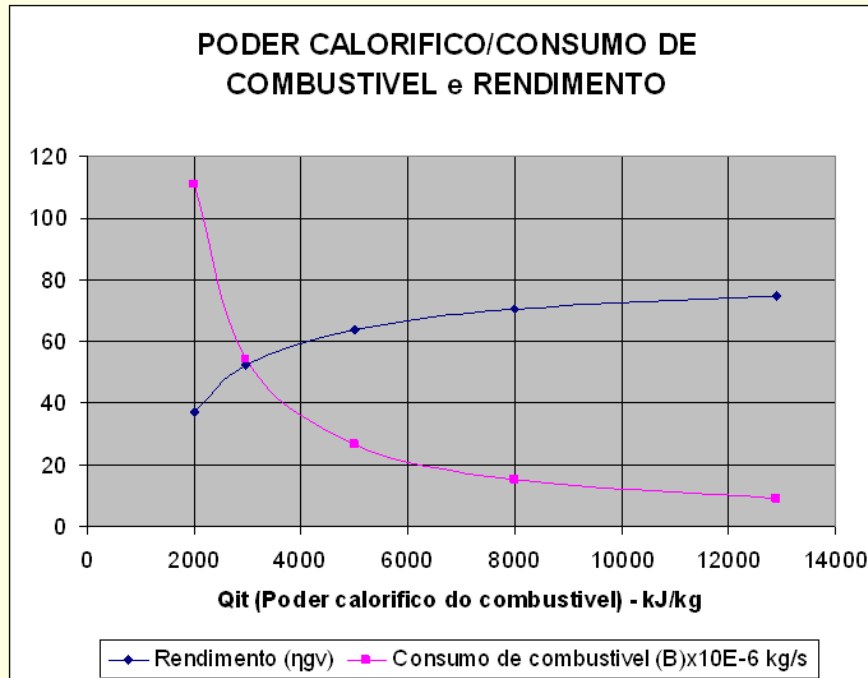
W^t	$A^t = K_{st} \cdot xA^s$	$C^t = K_{ct} \cdot xC^c$	$H^t = K_{ct} \cdot xH^c$	$O^t = K_{ct} \cdot xO^c$	$N^t = K_{ct} \cdot xN^c$
45%	0.55%	27.54%	3.32%	22.82%	0.32%

Tabela 3. Composição do combustível em massa de trabalho

RESULTADOS DO BALANÇO TÉRMICO

	Grandeza	Expressão	Valor calculado
1	Poder calorífico inferior	$Q_{it} = \frac{V_{ar}^o - 2}{203.057 \cdot 10^{-6}}$	2996.067kJ/kg
2	Calor disponível	$Q_{disp} = Q_i^r + q_{f \text{ comb}} + q_{fis.ar}$	2996.067kJ/kg
3	Temp. dos gases de escape	T_{ge}	150°C
4	Entalpia dos gases de escape	$I_{g \text{ esc.}}$	971.823kJ/kg
5	Entalpia do ar frio	$I_{ar \text{ frio}} \text{ (kJ/kg)} - \text{Tabela 1}$	47.75kJ/kg
6	Perdas de calor a custa da combustão incompleta. Mecânica	$q_4 \text{ (\%)} - \text{tabela 3}$	3%
7	Perdas com gases de escape	$Q_2 = (I_{gesc} - \alpha_{gesc} I_{arfrio}) \frac{100 - q_4}{100}$ $q_2 = \frac{Q_i}{Q_{disp}} 100$	873.19kJ/kg 29.14%
8	Perdas de calor a custa da combustão incompleta química	$q_3 \text{ (\%)} - \text{tabela 3}$	0.5%
9	Perdas de calor a custa do arrefecimento externo da fornalha	$q_5 \text{ (\%)} - \text{Figura 4}$	15%
10	Perdas de calor com escórias	$q_6 \text{ (\%)}$	0%
11	Perdas de calor somatória	$\sum q_i = q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6$	47.64%
12	Rendimento térmico bruto da Fornalha	$\eta_{GV}^{br} = 100 - \sum q_i$	52.35%
13	Consumo do combustível total	$B = \frac{Q_i}{Q_{DISP} \eta_{GV}^{br}}$	$5.41 \cdot 10^{-5} \text{ kg/s}$
14	Consumo do combustível calculado	$B_{Calc} = B \frac{100 - q_4}{100}$	$5.25 \cdot 10^{-5} \text{ kJ/s}$

CONSUMO ÓPTIMO DE COMBUSTÍVEL



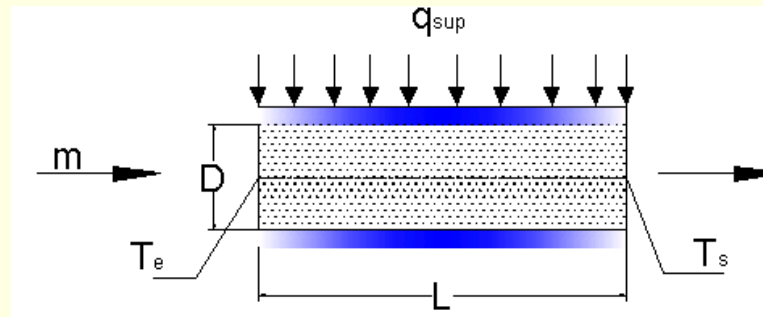
O valor obtido na intersecção apresenta-se em relação ao valor calculado com um desvio inferior a 10%, pelo que, pode-se considera-lo fiável.

TEMPERATURA DOS GASES NA SAÍDA DA FORNALHA

$$t_{g2}^f = \frac{T_1}{M \left(\frac{5.67 * 10^{-11} * \psi_{med} * F_f * a_f * T_1^3}{\varphi * B_{calc} * (V_{cp})_g} \right)^{0.6} + 1} - 273$$

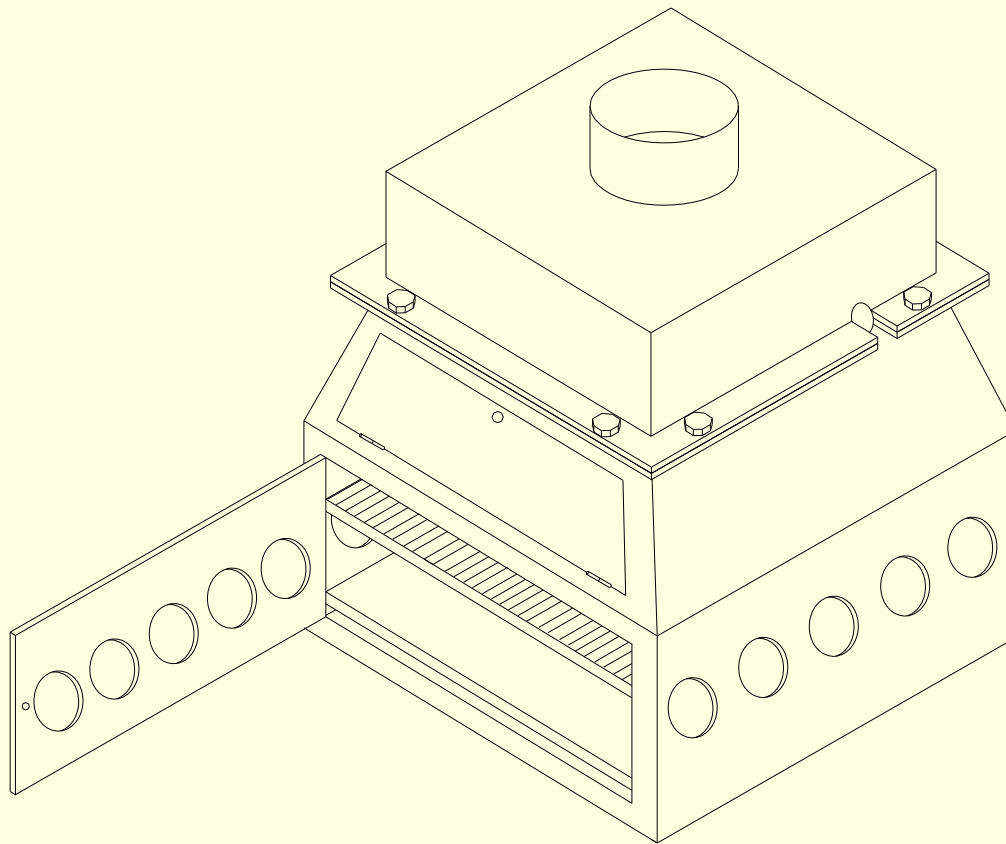
A temperatura calculada é de 331°C. A diferença entre os valores calculado e escolhido da temperatura dos gases de combustão na saída da fornalha está na ordem de 5,9%. Sendo o valor do erro relativo menor que 10%, considera-se aceitável o valor calculado da temperatura dos gases de combustão na saída da fornalha.

COMPRIMENTO DO TUBO BOMBA



O comprimento do tubo na zona de aquecimento da mistura refrigerante é de 0,36m para uma caudal de refrigerante na ordem de 0.01kg/s. Este resultado considera-se satisfatório pois, quando arrumado em fileiras na forma de serpentina cabe dentro da área útil da fornalha .

ASPECTOS CONSTRUCTIVOS



CUSTO DA FORNALHA

CÁLCULO ECONÓMICO				
DESIGNAÇÃO FORNALHA		Date	10-Jun-06	
		QTY.	1	
		DIMENSÕES	200X200X230	
Materiais Necessarios				
Qty	Designação	UN	Preço	
			Unitário	Total
1	0.26 Chapa de Fe de 3mm	m2	597,000.00	152,832.00
2	0.06 Chapa de ferro de 1mm	m2	235,000.00	14,687.50
3	4.00 Varão de ferro Ø6mm	m	5,000.00	20,000.00
4	1.40 Varão de ferro Ø8mm	m	10,500.00	14,700.00
5	8.00 Porcas M10	un	4,000.00	32,000.00
6	8.00 Parafusos M10x25mm	un	4,000.00	32,000.00
7	0.25 Electrodo de ferro Ø3.25mm	kg	100,000.00	25,000.00
8	0.25 Zarcão	l	120,000.00	30,000.00
Soma parcial 1(Cto MD)		FORNALHA		321,219.50
10%				32,121.95
				353,341.45
	Tempo (H)	Oper.	Preço/H	
Chaparia	4	2	MZM 240,000.00	↓
Estruturas	1	1	MZM 30,000.00	
pintura	0	1	MZM 0.00	
Mão-de-obra (MO)				270,000.00
Soma parcial 3(SP2+MO)				MZM 623,341.45
20%	de Administração			124,668.29
18%	de Lucro			112,201.46
Soma parcial 4(SP3+%s)				MZM 860,211.20
17%	IVA			146,235.90
			VALOR FINAL	MZM 1,006,447.11
Câmbio do dia		10-Jun-06		MZM 24,200.00
		USD		\$41.59

CUSTO DE FUNCIONAMENTO DA FORNALHA

Custo diário	Custo semanal	Custo mensal	Custo anual
15,444,00 MZM	108,108,00MZM	432,432,00 MZM	5,189,184,00 MZM

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- O consumo anual de combustível obtido, representa um custo baixo de funcionamento da instalação, quando comparado com o custo de expansão da rede eléctrica por quilómetro.
- Nas zonas rurais é viável o aproveitamento da radiação solar para fins de produção de energia eléctrica. O custo por kilowatt/hora de energia produzida por painéis solares varia de 0.35USD a 0.72USD equivalente a um valor médio de 13,375 MZM. A energia solar é uma energia “limpa” e o seu uso nas zonas rurais, seria mais barato que a queima de biomassa, porém, para a sua aplicação é necessário um investimento inicial muito elevado.
- O custo de unitário da fornalha considera-se acessível quando comparado com a capacidade financeira dos possíveis beneficiários do projecto. Refira-se ainda que no caso de uma produção em série deste artigo o seu custo pode apresentar uma redução considerável.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- A fornalha funciona com grande variação da carga térmica, devido ao controle deficiente da necessidade de combustível, facto que prejudica o rendimento do ciclo;
 - Apesar de o calor aproveitado ser suficiente para o funcionamento do ciclo, na zona da fornalha verificam-se elevadas perdas de calor ao meio ambiente devido a falta de isolamento térmico. Este aspecto pode ser corrigido por estudos mais aprofundados procurando estabelecer uma situação de equilíbrio entre o rendimento térmico da instalação e os custos da mesma, pois, parte do calor perdido poderia ser aproveitado para outros fins úteis.
 - O seu uso em recintos fechados, implica que seja feita uma boa monitorização da chama para evitar a libertação de fumo e intoxicação do meio.
1. Os resultados definitivos da eficácia da instalação só podem ser obtidos mediante ensaios experimentais que conduzam à identificação dos regimes reais de funcionamento da instalação;

Obrigado !