

# SIMULAÇÃO DE CICLOS DE REFRIGERAÇÃO POR ADSORÇÃO SÓLIDA COM ENERGIA SOLAR.

## II. ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS PARES ZEÓLITA 13x/ÁGUA E CARVÃO ATIVO AC-35 / METANOL

João Francisco ESCOBEDO\*  
Evandro Ferreira PASSOS\*\*  
Marco Antonio de REZENDE\*

- **RESUMO:** Uma simulação numérica do ciclo de refrigeração a adsorção foi realizada para os pares zeólita 13x/água e carvão ativo AC-35/metanol. O coeficiente de *performance* térmico ( $COP_{TERM}$ ) e o rendimento exergético ( $\eta_{EXERG}$ ) calculado em função das temperaturas de operação ( $T_{DES}$ ,  $T_{ADS}$ ,  $T_{EV}$  e  $T_{COND}$ ) da máquina frigorífica mostraram que o par zeólita 13x/água é superior ao par carvão ativo AC-35/metanol para condições de operação pouco favoráveis: condensação a ar ou difícil resfriamento noturno. A teoria prevê um ótimo de funcionamento para o par zeólita 13x/água a temperaturas elevadas e temperaturas menos elevadas para o par carvão ativo AC-35/metanol. Neste caso, o sistema de captação solar indicado para o par zeólita 13x/água é o de concentração, enquanto para carvão ativo AC-35/metanol, o sistema de captação é o plano sofisticado com revestimento seletivo.
- **UNITERMOS:** Simulação; zeólita 13x/água; carvão ativo/metanol.

### Introdução

Desde o final da década de 1970, vários pesquisadores vêm procurando através de simulações otimizar a máquina de refrigeração por adsorção sólida para produzir frio com radiação solar. A maior parte das realizações citadas na literatura provém do grupo de Meunier et al. na França.

Os primeiros trabalhos foram divulgados a partir de 1980. Guilleminot & Meunier<sup>8</sup> apresentaram um estudo teórico da máquina operando com um coletor solar plano e simularam a *performance* de vários pares adsorvente/adsorvato. Em 1982, Delgado et al.<sup>2</sup> apresentaram também um estudo teórico do ciclo intermitente a adsorção usando carvão ativo/metanol. O esquema da máquina apresentada é semelhante ao refrigerador de Guilleminot & Meunier<sup>3</sup>, que usaram o par zeólita 13x/água, e os

\* Departamento de Física e Biofísica - UNESP - 18610 - Botucatu - SP.

\*\* Departamento de Física da UFV - 36570 - Viçosa - MG.

resultados mostraram que o par carvão ativo/metanol é bem adaptado para a produção de gelo, operando a uma temperatura de evaporação de  $-10^{\circ}\text{C}$ . Neste mesmo ano de 1982, Dupont & Guilleminot<sup>3</sup> introduziram uma modificação no componente de captação solar plano. Um sistema de concentração plano-refletor foi posicionado no coletor plano no sentido leste-oeste. Com isso pôde-se aumentar a potência incidente no absorvedor em pelo menos duas vezes e conseqüentemente aumentar a temperatura de operação da fonte quente da máquina frigorífica. O par utilizado nesta máquina foi zeólita 13x/água. Grenier, Meunier & Pons<sup>5</sup> realizaram um estudo do par zeólita 13x/água para refrigeração solar em função do tipo de captação da energia solar. Nesta simulação foi estudado, como coletor de radiação, um concentrador cilindro-parabólico de orientação fixa. O sólido poroso seria colocado num tubo posicionado no eixo focal do concentrador. Cálculos teóricos permitiram otimizar o fator de concentração e a massa de zeólita utilizada no tubo focal. Para um fator de concentração igual a 4, o sistema de refrigeração seria capaz de ciclar 140 g de água para cada kg de zeólita.

Os trabalhos mais recentes em refrigeração solar por adsorção foram desenvolvidos por Boubakal<sup>1</sup> e Passos<sup>10</sup>, na Universidade Pierre et Marie Curie (França) e na École Polytechnique de Lausanne (Suíça), respectivamente, como parte de suas teses de doutoramento. Ambos os trabalhos foram realizados com coletores planos e utilizando o par carvão ativo AC-35/metanol.

A fim de se verificar qual o par frigorífico que melhor se adapta às condições climáticas do Brasil, o objetivo deste trabalho foi simular uma máquina frigorífica usando os pares zeólita 13x/água e carvão ativo AC-35/metanol, comparar os desempenhos e indicar o sistema de captação solar apropriado para cada par<sup>4</sup>.

### Simulação do ciclo

O cálculo, ilustrado pelo fluxograma da Figura 1, é feito em duas partes, correspondendo aos trechos isotérmico (A-B) e isobárico (B-C) da Figura 2 (Parte I deste trabalho). Os trechos C-D e D-A não entram nos cálculos, pois não estamos interessados no aproveitamento do calor de adsorção.

#### Trecho A-B

a) O sistema parte da temperatura  $T_{\text{Ads}}$  e da pressão  $P_{\text{Ev}}$ , calculada no ponto A como sendo a pressão de saturação do fluido correspondente à temperatura  $T_{\text{Ev}}$ . Utilizando a equação de estado

$$a(P, T) = \rho(T) W_0 \exp \left[ -D \left( T \ln \frac{P_s}{P} \right)^n \right] \quad (1)$$

calcula-se a concentração  $a_0 = f(T_{\text{Ads}}, P_{\text{SAT}}(T_{\text{Ev}}))$  que permanecerá constante neste trecho.

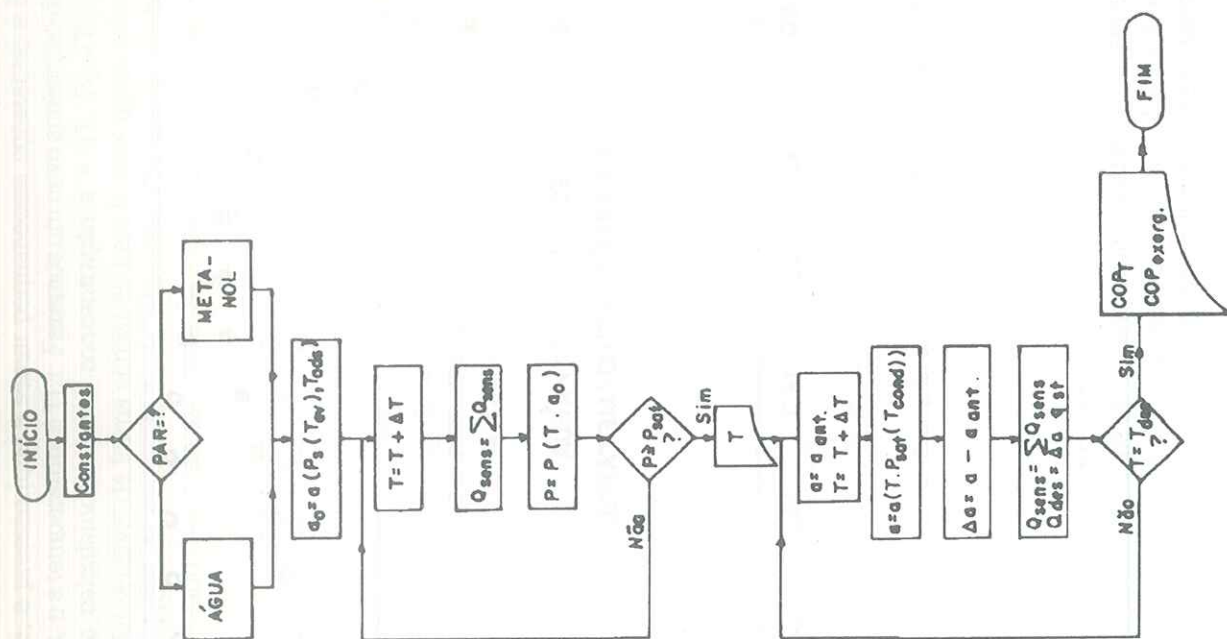


FIGURA 1 - Fluxograma.

d) No ponto B, a pressão (que a seguir permanecerá constante) é  $P_{SAT}(T_{COND})$ , a concentração é  $a_0$  e a temperatura é  $T_{L1}$ . Fazemos um novo acréscimo de temperatura  $T = T_{L1} + \Delta T$  e calculamos a nova concentração  $a = f(T, P_{SAT}(T_{COND}))$ . A seguir calculamos o calor sensível de forma similar ao item b, mas agora levando em conta a diminuição gradativa da massa de fluido adsorvido. Calcula-se também o calor de dessorção como sendo  $Q_{DES} = \Delta a q_{ST}$ , onde  $q_{ST}$  é calculado pela equação:

$$q_{st} = L + RT \ln \frac{P}{P_s} + \frac{\alpha R}{nD} \left( \ln \frac{P_s}{P} \right) \quad (2)$$

e) A seguir é feito o teste  $T = T_{DES}$ ? Caso negativo, novo incremento de temperatura é feito e os calores sensível e de dessorção, bem como  $\Delta a$ , vão sendo integrados. Quando  $T = T_{DES}$ , o programa é interrompido e os diferentes COPs são calculados com base nos valores integrados  $Q_{SENS}$ ,  $Q_{DES}$  e  $\Delta a$ , através das equações:

$$COP_{TERM} = \frac{\Delta a \cdot L}{Q_{SENS} + Q_{DES}} \quad (3)$$

$$\eta_{EXERG} = \frac{COP_{TERM}}{COP_{CARNOT}} \quad (4)$$

As temperaturas utilizadas no cálculo do COP CARNOT são  $T_{ADS}$ ,  $T_{COND}$ ,  $T_{EV}$  e  $T_{DES}$  e os valores numéricos utilizados nas simulações foram<sup>1, 6, 7</sup>:

par zeólita-água:  $W_0 = 269 \cdot 10^{-6}$  m<sup>3</sup>/kg  
 $D = 4,15 \cdot 10^{-7}$   
 $n = 2$

par carvão ativo AC-35/metanol:  $W_0 = 407 \cdot 10^{-6}$  m<sup>3</sup>/kg  
 $D = 3,22 \cdot 10^{-7}$   
 $n = 2,195$

- calor específico da água = 4,18 kJ/kg°C
- calor específico do metanol = 2,6 kJ/kg°C
- calor específico da zeólita = 0,92 kJ/kg°C
- calor específico do carvão ativo = 0,92 kJ/kg°C
- calor latente de vaporização da água (0°C) = 2498 kJ/kg
- calor latente de vaporização do metanol (0°C) = 645 kJ/kg

As massas do sólido poroso foram iguais a 1 kg para todos os cálculos. Igualmente a capacidade calorífica das partes metálicas foi a mesma: 1,05 kJ/kg°C de sólido poroso. Os incrementos de temperatura utilizados nos cálculos do ciclo foram de

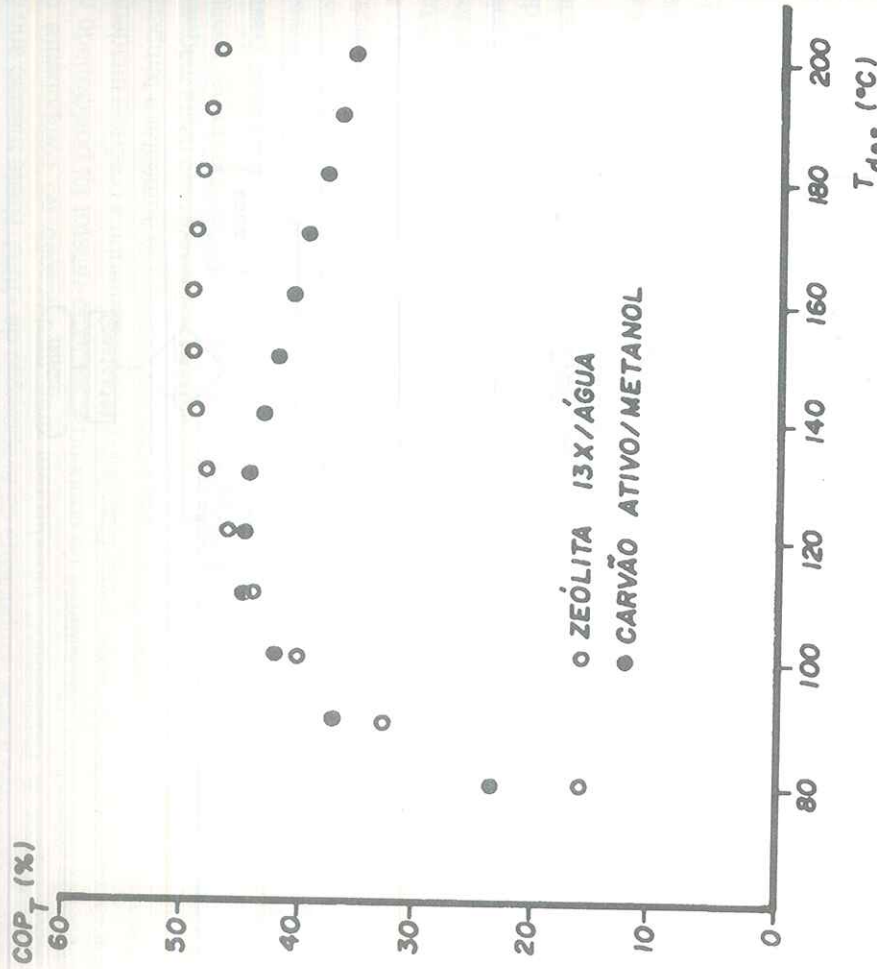


FIGURA 2 - Coeficiente de performance térmico do ciclo de refrigeração em função da temperatura  $T_{DES}$  para  $T_{ADS} = 0^\circ C$ ,  $T_{COND} = T_{ADS} = 35^\circ C$ .

b) A seguir fazemos um incremento na temperatura  $T1 = t_{ADS} + \Delta T$ . Calculamos com ajuda da equação de estado a nova pressão do sistema como  $P = f(T2, a_0)$ . O calor sensível envolvido devido à variação da temperatura será  $Q_s = M_s C_s \Delta T$ , onde o índice refere-se aos componentes metálico, sólido poroso e fluido frigorífico.

c) A seguir é feito o teste  $P = P_{SAT}(T_{COND})$ ? Caso negativo, voltamos ao início do item b fazendo novo acréscimo de temperatura  $T2 = T1 + \Delta T$  e assim sucessivamente até que o teste tenha resposta positiva. Neste caso, a temperatura do sistema é igual a  $T_{L1}$  (ponto B do ciclo). O calor sensível  $Q_s$  vai sendo integrado ao longo do trecho A-B.

$\Delta T = 5^\circ\text{C}$  e as equações usadas na obtenção das pressões de saturação de condensação e evaporação para os dois fluidos frigoríficos foram:

$$\text{Água: } \log_{10} P_s = 7,825 - 1602,65/T - 103979,9/T^2$$

$$\text{Metanol: } \log_{10} P_s = 7,509 - 1004,57/T - 246199/T^2 + 191914/T^3 \text{ com } T \text{ em Kelvin e } P_s \text{ em Torr.}$$

As equações das densidades para os dois fluidos foram:

$$\text{Água: } (T) = 667,141 + 2,8366775 T - 6,98532 \cdot 10^{-3} T^2 + 3,95558 \cdot 10^{-6} T^3 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$\text{Metanol: } (T) = 1.283,31 - 3,338863T + 8,651651 \cdot 10^{-3} T^2 - 1,0165518 \cdot 10^{-5} T^3 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

com  $T$  em Kelvin.

### Comparação dos COP térmicos

Apresentamos nesta seção os resultados dos cálculos numéricos descritos na seção precedente. A Figura 2 mostra o  $\text{COP}_{\text{TERM}}$  em função da temperatura máxima de dessorção  $T_{\text{DES}}$ . A temperatura mínima de adsorção, bem como as temperaturas de condensação e evaporação, foram fixadas em:  $T_{\text{ADS}} = T_{\text{COND}} = 35^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{EV}} = 0^\circ\text{C}$ , para os dois pares.

A Figura 3 mostra os  $\text{COP}_{\text{TERM}}$  para os mesmos pares, mas com as temperaturas de adsorção e condensação maiores:  $T_{\text{EV}} = 0^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{ADS}} = T_{\text{COND}} = 45^\circ\text{C}$ .

Pode-se observar pelas duas Figuras que o COP do ciclo zeólita-13x/água é superior ao do ciclo carvão ativo AC-35/metanol para temperaturas de dessorção acima de  $110^\circ\text{C}$ . Para temperaturas inferiores, há uma pequena vantagem para o carvão ativo, e a diferença é mais acentuada para a menor temperatura de condensação.

As duas Figuras mostram ainda que o COP dos pares diminui com o acréscimo da temperatura do condensador, dentro de todo o intervalo de variação de  $T_{\text{DES}}$ . O par zeólita 13x/água é o menos afetado, principalmente para temperaturas de dessorção acima de  $120^\circ\text{C}$ , onde o decréscimo do COP é menos acentuado. Esses resultados mostram que o par zeólita 13x/água está mais adaptado que o par carvão ativo AC-35/metanol, para uso em máquinas operando com condensadores resfriados por convecção natural.

A Figura 4 mostra o  $\text{COP}_{\text{TERM}}$  em função da temperatura mínima  $T_{\text{ADS}}$ , fixando-se  $T_{\text{DES}} = 110^\circ\text{C}$ , temperatura em que os dois pares apresentaram os mesmos rendimentos nas Figuras 2 e 3. A temperatura do evaporador  $T_{\text{EV}}$  foi fixada em  $0^\circ\text{C}$  e a de condensação  $T_{\text{COND}}$  foi feita igual a  $T_{\text{ADS}}$ . Os resultados mostram que os COP decrescem com o aumento das temperaturas  $T_{\text{ADS}}$  e  $T_{\text{COND}}$  quase que igualmente para os dois pares.

A Figura 5 é similar à Figura 4, exceto pela temperatura  $T_{\text{DES}}$ , que foi fixada em  $150^\circ\text{C}$ . Observa-se que a vantagem do par zeólita 13x/água conserva-se em todo o intervalo de variação de  $T_{\text{ADS}}$ .

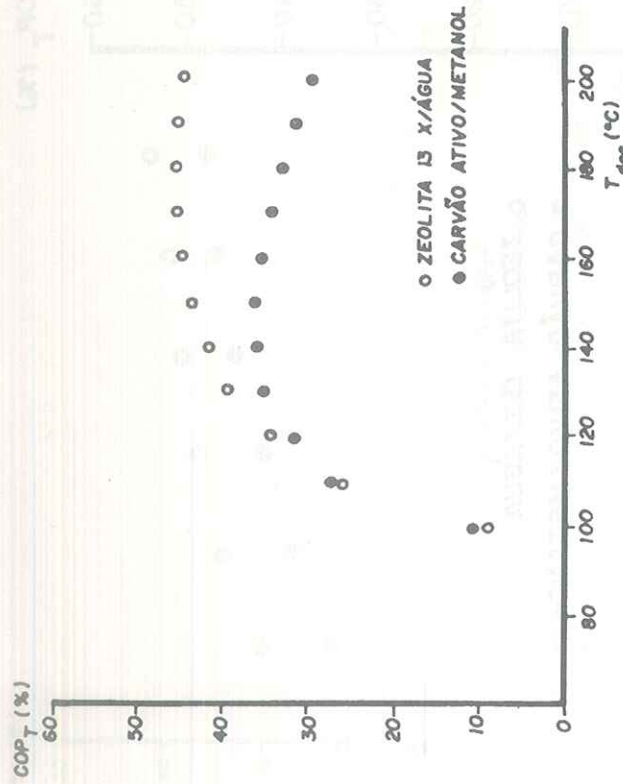


FIGURA 3 - Coeficiente de performance térmico do ciclo de refrigeração em função da temperatura  $T_{\text{DES}}$  para  $T_{\text{EV}} = 0^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{COND}} = T_{\text{ADS}} = 45^\circ\text{C}$ .

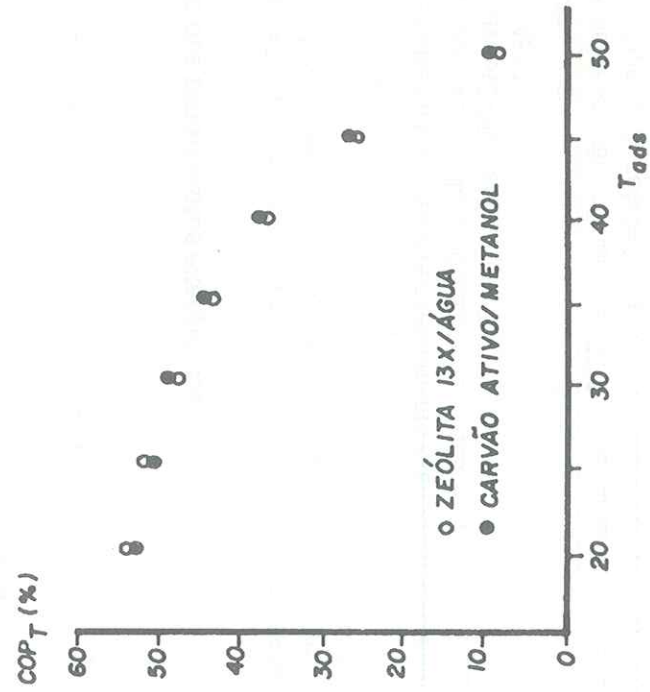


FIGURA 4 - Coeficiente de performance térmico em função de  $T_{\text{DES}} = 110^\circ\text{C}$  e  $T_{\text{EV}} = 0^\circ\text{C}$ .

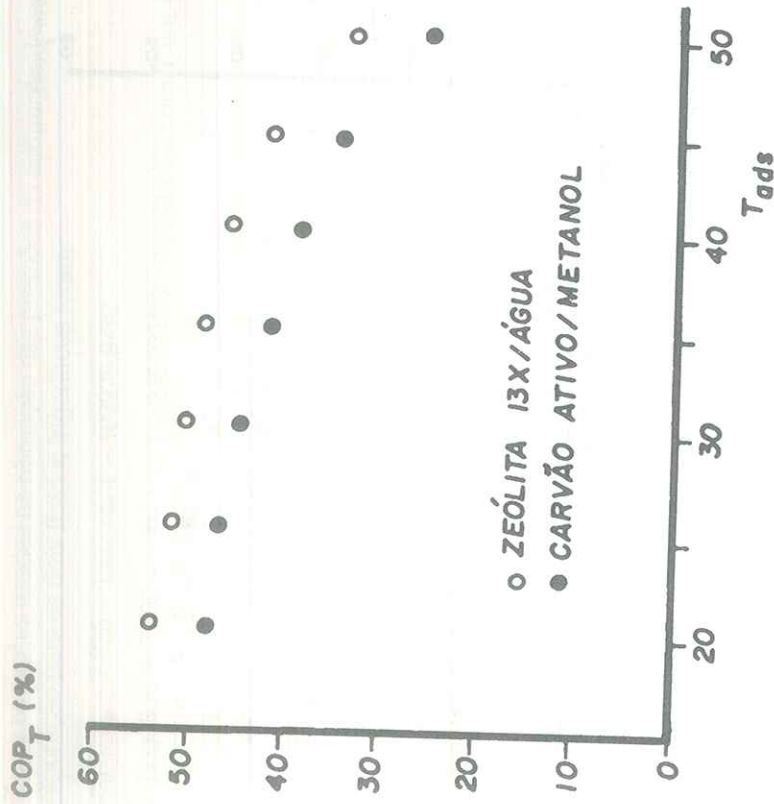


FIGURA 5 - Coeficiente de performance térmico em função de  $T_{ads}$  para  $T_{des} = 150^{\circ}C$  e  $T_{ev} = 0^{\circ}C$ .

### Comparação dos rendimentos exergéticos

As Figuras 6 e 7 mostram os rendimentos exergéticos para os pares zeólita 13x/água e carvão ativo AC-35/Metanol em função das temperaturas de dessorção, com as seguintes temperaturas fixas:  $T_{ev} = 0^{\circ}C$ ,  $T_{cond} = 35^{\circ}C$  para Figura 6 e  $T_{ev} = 0^{\circ}C$ ,  $T_{cond} = 45^{\circ}C$  para a Figura 7.

Observa-se pelas duas curvas que o rendimento exergético apresenta um máximo, sendo que  $\eta_{exerg}$  máximo do ciclo zeólita 13x/água é inferior a  $\eta_{exerg}$  máximo do ciclo carvão ativo AC-35/metanol para  $T_{cond} = T_{as} = 35^{\circ}C$  e superior para condições  $T_{cond} = T_{ads} = 45^{\circ}C$ .

Pelas Figuras, esses valores situam-se na faixa de 30% para os dois pares. Para temperaturas de dessorção inferiores a  $100^{\circ}C$ , o rendimento do par carvão ativo é superior ao rendimento da zeólita 13x/água. Para  $T_{des} > 100^{\circ}C$ , o par zeólita 13x/água é superior ao par carvão ativo AC-35/metanol, principalmente nas condições em que as temperaturas  $T_{ads}$  e  $T_{cond}$  são elevadas.

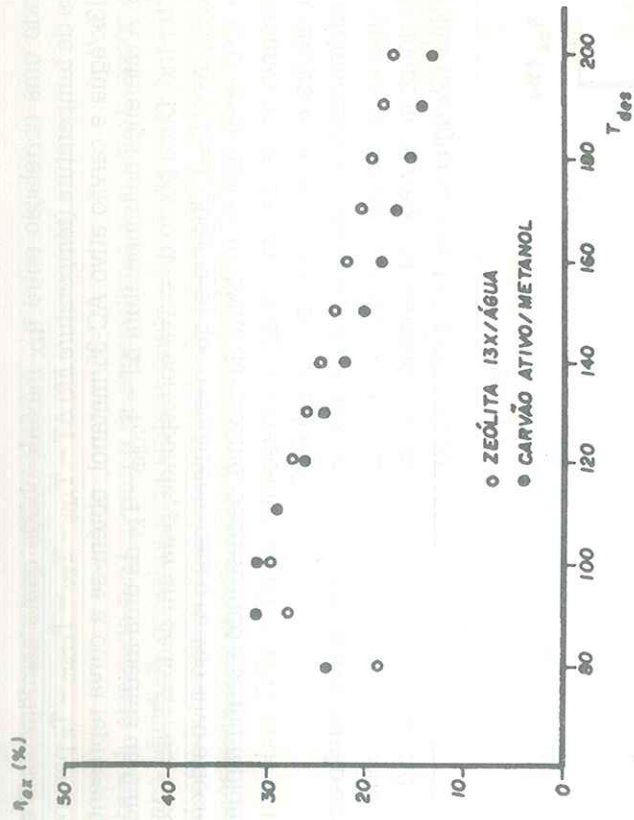


FIGURA 6 - Rendimento exergético em função da temperatura máxima  $T_{des}$  com  $T_{cond} = T_{ads} = 35^{\circ}C$ .

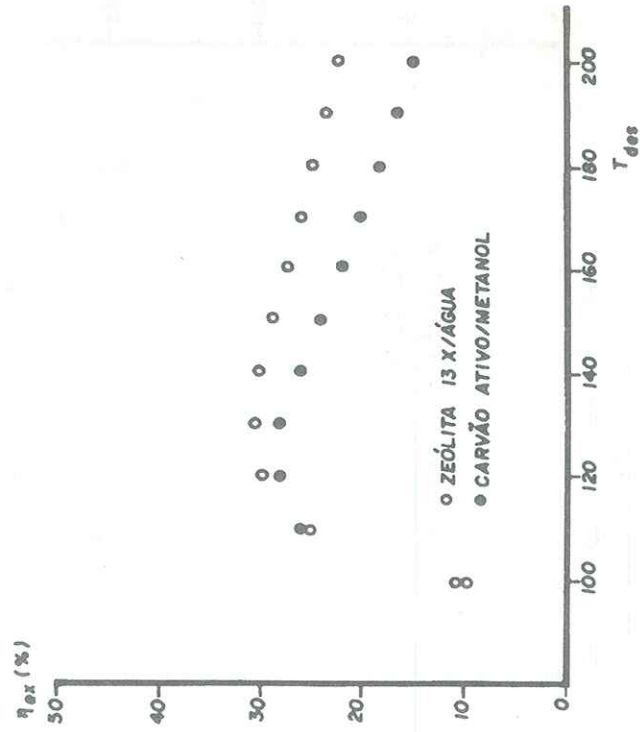


FIGURA 7 - Rendimento exergético em função da temperatura máxima  $T_{des}$  com  $T_{cond} = T_{ads} = 45^{\circ}C$ .

Fazendo uma correlação entre  $\eta_{ex}$  máximo obtido como nas Figuras 6 e 7 e a diferença de temperatura (*temperature lift*)  $\Delta T = T_{ADS} - T_{EV} = T_{COND} - T_E$  para os pares zeólita 13x/água e carvão ativo AC-35/metanol, obtém-se a curva representada na Figura 8. A diferença de temperatura  $\Delta T = T_{COND} - T_{EV}$  dá uma medida da dificuldade de se obter frio. Cada ponto da curva corresponde, para um dado  $\Delta T$ , ao máximo da curva  $\eta_{EXERG\ max}$  ( $T_{DES}$ ). Observa-se que o rendimento para o carvão ativo é decrescente até  $\Delta T = 30^\circ C$ , onde atinge um ponto de máximo, decrescendo a seguir rapidamente, e o rendimento do par zeólita 13x-água é crescente até  $\Delta T = 45^\circ C$ , onde atinge um máximo, decrescendo muito lentamente até  $60^\circ C$ .

Para diferenças de temperaturas  $\Delta T < 35^\circ C$ , o rendimento do par carvão ativo-metanol é superior ao do par zeólita-água. Para  $\Delta T > 40^\circ C$ , ou seja, em condições de operação pouco favoráveis (condensador a ar, difícil resfriamento noturno do coletor), o par zeólita 13x/água apresenta maiores rendimentos.

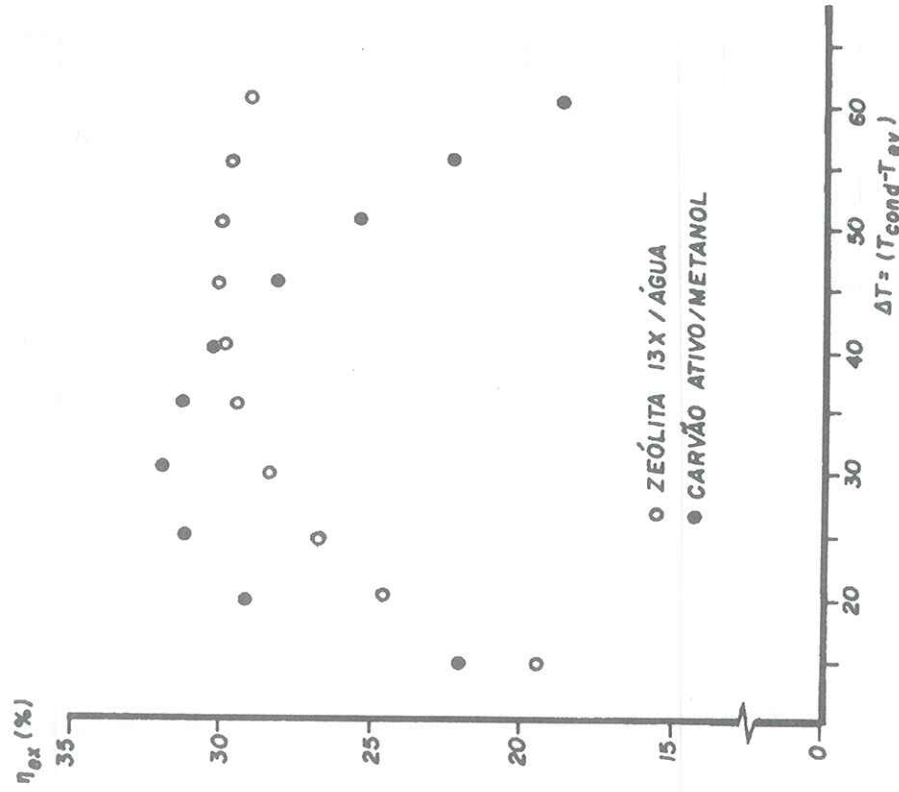


FIGURA 8 - Rendimento exergético em função da diferença  $\Delta = T_{COND} - T_{EV}$ .

## Escolha do sistema de captação solar

A Tabela 1, elaborada por um grupo de especialistas num estudo encomendado pelo Banco Mundial<sup>9</sup>, constitui uma síntese muito valiosa dos custos, eficiência e temperaturas de operação, pois permite uma comparação entre os coletores planos, coletores especiais/baixa concentração e concentradores de foco linear.

Tabela 1 - Custos, eficiências e temperaturas de operação dos coletores solares

Tipo de coletor	Temperatura °C	US\$/m <sup>2</sup>	Eficiência (%)
Coletor plano	T < 80	80	30-60
Plano com concentração ou seletivo com duplo vidro	T < 120	150	30-60
Concentrador de foco linear com rastreamento, RC < 50	150 < T < 300	200	30-60

Somos da opinião que a Tabela 1 indica com boa precisão os custos atuais e que estes podem ser aplicados no Brasil sem alterações significativas. A razão principal de os custos ainda estarem elevados deve-se ao fato de que estes tipos de coletores não foram tão pesquisados quanto o tipo plano simples, por exemplo. As pesquisas com tais sistemas caminham atualmente neste sentido e existe uma expectativa de se atingir uma redução de 50% nestes custos através de projetos mais bem elaborados.

Como foi visto nas Figuras da seção anterior, o ciclo zeólita 13x/água opera com temperaturas ótimas superiores a  $140^\circ C$ . As realizações experimentais com coletores do tipo especial estudadas por Guilleminot, Meunier<sup>7</sup> e Tchernev<sup>11</sup> mostram que as temperaturas atingidas por estas máquinas frigoríficas não atingem o nível de temperatura ótimo para regeneração da zeólita. Como consequência, temos uma pequena quantidade de fluido refrigerante ciclando dentro da máquina (menos de 15% do total adsorvido e potencialmente disponível para a refrigeração). A solução encontrada por Tchernev<sup>11</sup> em compensar esta limitação com o aumento da massa de sólido adsorvente no coletor encareceu o custo da máquina frigorífica. Para nosso país esta alternativa não é boa, pois a zeólita ainda é importada e cara, muito embora exista a perspectiva de redução dos custos com a produção, em escala comercial.

Uma análise mais atenta dos custos e dos intervalos de temperatura dos dois tipos de coletores (planos com revestimento seletivo e concentrado de foco linear) mostra que a diferença de  $50\% \text{ US}/\text{m}^2$  é pouco significativa diante do grande acréscimo da temperatura de operação. A utilização de concentradores de foco linear não deve ser

descartada, sobretudo se forem minimizados os custos dos dois principais fatores que encarecem a construção destes concentradores: o sistema de rastreamento do Sol e o sistema de transferência do calor.

As Figuras da seção anterior mostram ainda que o ciclo carvão AC-35/metanol opera com temperaturas ótimas no intervalo de 110°C a 130°C. Neste caso, os coletores planos sofisticados, com revestimento seletivo e dupla cobertura de vidro, são o sistema de captação solar indicado pois sua temperatura de operação é de 120°C, aproximadamente.

O grupo de pesquisas de Meunier & Guilleminot, a partir de 1984, tem se dedicado ao estudo do par carvão ativo AC-35/metanol, cujos resultados têm-se mostrado mais promissores que o par zeólita 13x/água para coletores planos sofisticados.

## Conclusões

A partir de um critério de escolha baseado na 2ª lei da Termodinâmica, verifica-se que o par zeólita 13x/água é superior ao par carvão ativo AC-35/metanol para condições de operação pouco favoráveis (condensação a ar). Neste caso, a teoria prevê um ótimo de funcionamento para temperaturas elevadas e o sistema de captação solar indicado é o de concentração solar, onde as temperaturas de operação atingem de 150°C a 300°C. O par carvão ativo AC-35/metanol é indicado para condições de operação mais favoráveis (condensação à água, bom resfriamento noturno) e para baixas temperaturas de regeneração. O sistema de captação solar indicado para o par carvão ativo AC-35/metanol é aquele dos coletores planos sofisticados com revestimentos seletivos, cujas temperaturas de operação são da ordem de 120°C, aproximadamente.

## Agradecimentos

À FAPESP (91/3883-0), à FUNDUNESP (388/91-DFP) e ao CNPq (302624/880), pelo apoio financeiro, e a Antonio A. Martins e João Carlos Omodei, pela colaboração nos serviços gráficos e datilográficos deste trabalho.

ESCOBEDO, J. F., PASSOS, E. F., REZENDE, M. A. de. Refrigeration cycles simulation through solid adsorption using solar energy. II. Comparative study between zeolite 13x/water and active coke AC-35/methanol pairs. *Ecl. Quím.*, São Paulo, v. 18, p. 69-82, 1993.

■ **ABSTRACT:** This paper presents a numerical simulation of the refrigeration cycle through adsorption carried out with zeolite 13x/water and active coke AC-35/methanol pairs. The thermal performance coefficient (COP<sub>TERM</sub>) and the exergetic efficiency ( $\eta_{EXERG}$ ) obtained in accordance to the freezing machine operation temperatures showed that the zeolite 13x/water pair is better than the active coke AC-35/methanol pair for less favourable operation conditions: air condensation or difficult night cooling. Theoretical results indicate a optimum performance for zeolite 13x/water pair when high temperature is prevalent, but for lower temperatures better performance is obtained by active coke AC-35/methanol. In this case, the solar collection system for the zeolite 13x/water pair is by concentration, while for active coke AC-35/methanol the collection system is sophisticated plane with selective coat.

■ **KEYWORDS:** Simulation; zeolite 13x/water; active coke/methanol.

## Referências bibliográficas

1. BOUBAKAI, R. *Determination des caractéristiques thermodynamiques du couple charbon actif AC-35/methanol et étude de son application à la réfrigération solaire*. Paris, 1985. Tese (Doutorado) – Université Pierre et Marie Curie.
2. DELGADO, R. et al. Étude du cycle intermittent charbon actif-méthanol en vue de la réalisation d'une machine fabriquer de la glace fonctionnant a l' energie solaire. *Proceedings IIR*, Jerusalem, 1982. p. 185-191.
3. DUPONT, M., GUILLEMINOT, J. J., MEUNIER, F. et al. Étude de glacières solaires utilisant le cycle intermittent jour-nuit zeolithe 13x-eau en climat tempéré et en climat tropical, *Proceedings IIR*, Jerusalem, 1982. p. 193-200.
4. ESCOBEDO, J. F. *Refrigeração com uso de Energia Solar*. São Carlos, 1987. 185p. Tese (Doutorado) – Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo.
5. GRENIER, P., MEUNIER, F., PONS, M. Les diferentes possibilités d' application du couple zeolithe 13x-eau pour le froid solaire en fonction du type de captation de l'energie solaire. *Proceedings IIR*, Jerusalem, 1982. p. 201-8.
6. GUILLEMINOT, J. J. Dijon, 1978. Tese (Doutorado).
7. GUILLEMINOT, J. J., MEUNIER, F. *Rev. Gen. Therm.*, v. 239, p. 825, 1981.
8. GUILLEMINOT, J. J., MEUNIER, F., MISCHLER, B. *Rev. Phys. Appl.* v. 15, p. 441, 1980.
9. LIMA, W. O desenvolvimento tecnológico dos coletores de energia solar. In: SIMPÓSIO SOBRE ENERGIA SOLAR, 2, 1961. *Anais... ACIESP*, n. 28, p. 15-20.
10. PASSOS, E. F. *Étude des couples charbon actif/methanol et de leur application 1a. réfrigération solaire*. Lausanne, 1986. Tese (Doutorado) – École Polytechnique Federale de Lausanne, Suisse. n. 624.

11. TCHERNEV, D. I. Solar air conditioning and refrigeration systems utilizing zeolithes,  
Proceedings IIR, Jerusalem, 1982. p. 205-11.

Recebido em 27.10.1992.  
Aceito em 19.1.1993.