

REVISÃO QUALITATIVA DE ANÁLISES TERMoeCONÔMICAS EM SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO SOLAR APLICADOS A CHILLERS DE ABSORÇÃO

Luccas Barbosa Carneiro¹; Antônio Gabriel Souza Almeida²; Alex Álisson Bandeira Santos³

¹ Bolsista; Mestrado Profissional – FAPESB; luccas.lbc@gmail.com

² Engenheiro Mecânico; Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – IFBA; Salvador-BA; gabrielalmeida@ifba.edu.br;

³ Engenheiro Mecânico; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; alex.santos@fieb.org.br;

RESUMO

A implementação da refrigeração solar em Chillers de absorção vêm sendo um tema amplamente pesquisado na comunidade científica tendo em vista a busca da compatibilidade dos padrões de conforto térmico exigidos no século atual com a necessidade da busca do consumo de fontes de energias sustentáveis em equipamentos de refrigeração. A partir desse cenário, esse trabalho teve como objetivo realizar uma revisão de literatura qualitativa de análises termoeconômicas em sistemas de refrigeração solar aplicada a Chillers de absorção. Obteve-se como resultado um volume de pesquisas em três categorias básicas: análises energéticas e exergéticas em Chillers de baixa capacidade, efeito do clima no desempenho termoeconômico de sistemas de absorção por refrigeração solar e a implementação de sistemas de cogeração utilizando energia solar como uma das fontes.

PALAVRAS-CHAVE: Chillers; Refrigeração solar; Ciclo de absorção; Termoeconomia;

1. INTRODUÇÃO

Na busca de utilização de sistemas de refrigeração que visem reduzir a emissão de gases de efeito estufa e também se adequem ao consumo de energia sustentável, a refrigeração solar é uma aplicação atrativa e ambientalmente adequada a realidade atual. Associado a implementação da refrigeração solar, diversos estudos vêm demonstrando a utilização de Chillers por absorção como um dos equipamentos mais adaptáveis tecnicamente à implementação da refrigeração solar.¹

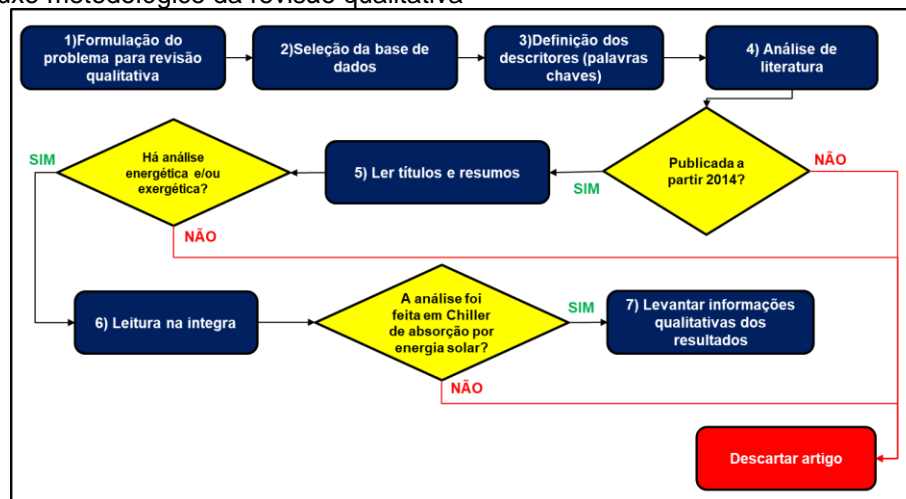
Há um grande esforço científico, nessa última década, de vários pesquisadores que estão promovendo novas opções de projetos no uso de sistemas por absorção com o uso de coletores solares, sistemas de energia e modos de resfriamento, buscando ultrapassar esse estágio inicial presente do estado da arte em sistemas de refrigeração solar.²

A partir desse cenário, esse trabalho tem como objetivo geral realizar uma revisão de literatura qualitativa de análises termoeconômicas em sistemas de refrigeração solar aplicada a Chillers de absorção.

2. METODOLOGIA

Na figura 1 é demonstrado o fluxo metodológico implementado na revisão qualitativa.

Figura 1 – Fluxo metodológico da revisão qualitativa



Fonte: Elaboração do autor

No passo 1 (formulação do problema) foi feita a busca de literatura que avaliasse termoeconomicamente ciclos de absorção acionados por refrigeração solar. No passo 2, foram selecionados duas bases de dados: *Science Direct* e *Research Gate*. Os descritores selecionados no passo 3 foram selecionados e estruturados da seguinte forma: “(absorption Chiller OR absorptiion cycle) AND (solar cooling) AND ((thermoeconomic OR exergetic) AND analysis)”. No passo 4, foi feito a análise de literatura de 57 artigos, iniciando com o primeiro processo decisório a respeito do ano de publicação. Após essa verificação, restaram-se 39 trabalhos, os quais foram submetidos a leitura de título e resumo, identificando a presença de análise energética e exérgica (que são a base teórica da análise termoeconômica). Após o descarte de 10 artigos (restando apenas 29), foi feito a leitura na íntegra, identificando a presença de trabalhos que constavam a presença da aplicação da refrigeração solar. Foram detectados que 9 artigos não abordavam a refrigeração solar no acionamento do Chiller, restando-se, no final, 20 artigos, os quais foram avaliados qualitativamente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diversos estudos na recente literatura vêm mostrando análises energéticas e exérgicas de Chillers por absorção acionados pela refrigeração solar em sistemas de baixa capacidade.

Um estudo da avaliação econômica foi desenvolvido, no viés da análise energética e exérgica, sobre a implementação de um sistema de refrigeração solar, que aciona um Chiller por absorção de LiBr-H₂O, em Atenas (Grécia). Ao analisarem diferentes áreas de captação solar de um coletor solar de tubos à vácuo e diferentes tanques de armazenamento térmico, os autores encontraram, como uma ótima solução termoeconômica, um conjunto de coletores solar com área de 450m² e um tanque com volume de 14m³, retornando o investimento feito num total de 15 anos.³

Realizou-se uma análise termoeconômica de um sistema de refrigeração solar por absorção através do uso de diferentes tipos de coletores solares (placa plana, tubo à vácuo e parabólico). O sistema visava atender uma demanda de carga térmica de 10kW. Os resultados explanados na pesquisa apontaram uma melhor eficiência do sistema a partir do uso de coletor solar do tipo tubo à vácuo, sendo a solução econômica mais viável com um custo de aproximadamente 7.2 k€ para uma área de coleta de 24 m².⁴

Uma pesquisa abordou um estudo energético e exérgico de um sistema de refrigeração por absorção, utilizando LiBr-H₂O, avaliando a influência dos vários tipos de coletores solares disponíveis no mercado. Os parâmetros de performance avaliados foram o coeficiente de performance, eficiência exérgica, destruição de exergia e potencial de melhorias. O estudo concluiu que coletores solares de tubo à vácuo apresentaram melhor eficiência no ganho de calor, em comparação à coletores de placa plana com vidro único e duplo. Os autores também averiguaram que a maior destruição de exergia está no coletor solar.⁵

Foi feita uma análise da aplicação de um Chiller por absorção por energia solar, com capacidade de 5 toneladas de refrigeração (TR), utilizando TRNSYS®. Os autores realizaram uma parametrização dos principais dispositivos do sistema, variando-os em seu dimensionamento, buscando encontrar até quanto a combinação ótima de cada dispositivo poderia melhorar a performance no sistema. Como conclusão, a pesquisa apresentou que o setup correto pode apresentar uma melhora de 28% do aprimoramento da eficiência exérgica.⁶

Analisou-se também as mudanças de parâmetros e dispositivos de um sistema absorção por refrigeração solar de 10kW, visando a sua otimização de operacionalização. Os resultados indicaram um aumento de 10% no COP do projeto convencional usando a recuperação de calor do deflegmador e um aumento de 8% no COP do projeto convencional devido ao uso de armazenamento de refrigerante, acumulando uma melhora de 18%.⁷

Efetou-se um estudo analítico de um Chillers de absorção com LiBr-H₂O, alimentados por energia solar, em uma aplicação residencial. Os autores fizeram uma análise considerando que o Chiller de pequeno porte fosse resfriado a ar, e obtiveram como resultados um equipamento que apresentasse um COP em torno de 0,61, atendendo a demanda térmica da residência em quase 70%.⁸

Observa-se também uma tendência na utilização de uso da refrigeração solar em sistemas combinados que envolvam sistemas de absorção combinados com outros tipos de ciclos. Foi estudado um ciclo combinado de refrigeração por absorção e um ciclo Rankine orgânico acionado por coletores solares com concentradores lineares. A pesquisa visava avaliar a viabilidade da aplicação desse ciclo combinado na geração de eletricidade e a remoção de carga térmica em um prédio acadêmico numa instituição de ensino. Verificou-se que o condensador foi o dispositivo com maior destruição exérgica (devido à alta dissipação de calor).⁹

Desenvolveu-se uma análise exérgica, energética e exergo-econômica de um sistema de refrigeração solar de tri-geração o qual era composto por um subsistema de coletores solares, um Chiller de absorção e um ciclo Rankine orgânico. Utilizando o software EES®, verificou-se que a maior destruição de exergia foi vno tanque de armazenamento. Além disso, a turbina foi verificada como o maior custo de investimento endógeno.¹⁰

Há pesquisas também que realizaram análise de cunho energético e exérgico, estudando a variação do clima nos sistemas de absorção por refrigeração solar. Avaliou-se os aspectos financeiros e energéticos de sistemas de refrigeração de absorção LiBr-H₂O, de simples efeito, alimentados por energia solar, verificando a viabilidade desses sistemas em algumas cidades no mundo, a partir das diferenças climáticas de cada uma. As cidades de Abu Dhabi e Phoenix apresentaram a melhor combinação de clima e custo nivelado mínimo de resfriamento, tendo como valores 0,0575 €/kWh e 0,0590 €/kWh, respectivamente.¹¹

Estudou-se o impacto dos diferentes comportamentos de clima no Marrocos em Chillers de absorção por refrigeração solar. Os autores realizaram o estudo com base nos dados da fração solar. Verificou-se que para índices de fração solar média anual de 30% levaram aos Chillers de refrigeração solar possuírem um COP de 0,33. Além disso, à medida que a fração solar em outras regiões atingem valores em torno de 19%, os valores do COP podem chegar até 0,12, demonstrando inviabilidade térmica do equipamento.¹²

Diante do exposto acima, análises energéticas e exérgicas em Chillers, efeito do clima (relacionado a fatores climáticos) e sistemas de cogeração são os temas mais demandado da comunidade científica no uso de Chillers por energia solar.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pôde-se verificar que três categorias teóricas vêm sendo mais abordadas no que se diz respeito a análise termoeconômica em Chillers de absorção, acionados por refrigeração solar: análises energéticas e exérgicas em Chillers de baixa capacidade, efeito do clima no desempenho termoeconômico de sistemas de absorção por refrigeração solar e a implementação de sistemas de cogeração utilizando energia solar como uma das fontes.

Como proposta de incremento científico para esse trabalho, sugere-se uma análise sistemática dos coeficientes de eficiência energética e exérgica desses trabalhos, buscando concluir, com mais exatidão, sobre a viabilidade termoeconômica desses equipamentos e a sua adequação ao uso de energias sustentáveis.

5. REFERÊNCIAS

- ¹ANAND, S.; GUPTA, Ankush; TYAGI, S. K. **Solar cooling systems for climate change mitigation: A review.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 41, p. 143-161, 2015.
- ²LEONZIO, Grazia. **Solar systems integrated with absorption heat pumps and thermal energy storages: state of art.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 70, p. 492-505, 2017.
- ³BELLOS, Evangelos et al. **Energetic, exergetic and financial evaluation of a solar driven absorption chiller– A dynamic approach.** Energy Conversion and Management, v. 137, p. 34-48, 2017.
- ³ASADI, Javad et al. **Thermo-economic analysis and multi-objective optimization of absorption cooling system driven by various solar collectors.** Energy conversion and management, v. 173, p. 715-727, 2018.
- ⁵KERME, Esa Dube et al. **Energetic and exergetic analysis of solar-powered lithium bromide-water absorption cooling system.** Journal of Cleaner Production, v. 151, p. 60-73, 2017.
- ⁶SOKHANSEFAT, T. et al. **Simulation and parametric study of a 5-ton solar absorption cooling system in Tehran.** Energy Conversion and Management, v. 148, p. 339-351, 2017.
- ⁷SAID, S. A. M.; EL-SHAARAWI, M. A. I.; SIDDIQUI, M. U. **Analysis of a solar powered absorption system.** Energy Conversion and Management, v. 97, p. 243-252, 2015.
- ⁸CHEN, J. F.; DAI, Y. J.; WANG, R. Z. **Experimental and analytical study on an air-cooled single effect LiBr-H₂O absorption chiller driven by evacuated glass tube solar collector for cooling application in residential buildings.** Solar energy, v. 151, p. 110-118, 2017.
- ⁹GROU, Lavinia et al. **Exergy analysis of a solar combined cycle: organic Rankine cycle and absorption cooling system.** International Journal of Energy and Environmental Engineering, v. 7, n. 4, p. 449-459, 2016.

¹⁰MONTAZERINEJAD, Hadis; AHMADI, Pouria; MONTAZERINEJAD, Zeynab. **Advanced exergy, exergo-economic and exergo-environmental analyses of a solar based trigeneration energy system.** Applied Thermal Engineering, v. 152, p. 666-685, 2019.

¹¹BELLOS, Evangelos; TZIVANIDIS, Christos. **Energetic and financial analysis of solar cooling systems with single effect absorption chiller in various climates.** Applied Thermal Engineering, v. 126, p. 809-821, 2017.

¹²AGROUAZ, Y. et al. **Energy and parametric analysis of solar absorption cooling systems in various Moroccan climates.** Case Studies in Thermal Engineering, v. 9, p. 28-39, 2017.