



Análise do aproveitamento energético do gás de aterro através de motores de combustão interna combinados a Ciclos Rankine Orgânicos.

Lucas de Souza Silva*, Joaquim Eugênio Abel Seabra.

Resumo

O projeto de Ciclos Rankine Orgânicos (ORC) combinados com motores de combustão interna (MCI) é uma alternativa para o melhor aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos. Nesse sentido, os fluidos de trabalho R134a, isobutano e amônia foram considerados na avaliação do desempenho de duas configurações distintas do ORC: um ciclo simples e um ciclo com recuperação de calor.

Palavras-chave:

Sustentabilidade, Termodinâmica, Ciclos de Potência.

Introdução

O projeto apresenta o estudo da utilização do gás de aterro como combustível em um motor de combustão interna (MCI) acoplado a Ciclos Rankine Orgânicos (ORC). O arranjo simples (Figura 1) é composto pelos componentes evaporador, turbina de estágio único, condensador e bomba, já o ciclo com recuperação de calor (Figura 2) apresenta um recuperador além dos equipamentos presentes na configuração anterior [1]. Desse modo, o principal objetivo do estudo foi avaliar as eficiências das duas configurações, visando-se determinar os rendimentos dos ORCs e o rendimento global do acoplamento MCI e ORC, bem como as irreversibilidades termodinâmicas presentes.

Resultados e Discussão

Os equacionamentos e simulações foram realizados com o auxílio do software Engineering Equation Solver (EES) e baseados na Primeira Lei da Termodinâmica, que se refere ao balanço energético, e na Segunda Lei, referente ao balanço de exergia, para avaliar as irreversibilidades dos ciclos [2]. O motor de combustão interna foi modelado como sendo um motor GE Jenbacher 3125 em carga plena e seu combustível foi modelado como uma mistura de gases ideais com 65% de CH₄ e 35% de CO₂. Foram assumidas eficiências isentrópicas de 70% para a turbina e de 80% para a bomba.

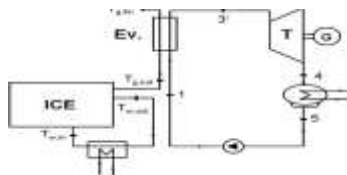


Figura 1. Acoplamento do MCI ao ORC simples.

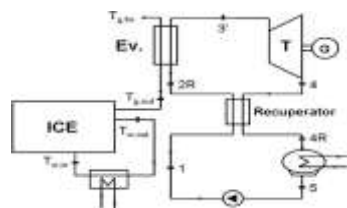


Figura 2. Acoplamento do MCI ao ORC com recuperador.

Tabela 1. Condições ótimas do ORC simples.

Fluido	Pressão máxima (kPa)	Temperatura máxima (°C)	Eficiência do ORC (%)	Eficiência global (%)
R134a	4000	180,3	9,6	45,4
Isobutano	3600	169,9	11,7	45,9
Amônia	10000	417	17,5	47,2

Tabela 2. Condições ótimas do ORC com recuperador.

Fluido	Pressão máxima (kPa)	Temperatura máxima (°C)	Eficiência do ORC (%)	Eficiência global (%)
R134a	4000	305,1	18,3	47,3
Isobutano	3600	291,3	21,4	48,0
Amônia	10000	417	23,5	48,5

Tabela 3. Destruições exergéticas no ORC simples e com recuperador para a amônia.

Equipamento	ORC simples	ORC com recuperador
Evaporador	98 kW	49,5 kW
Turbina	44,5 kW	59,8 kW
Recuperador	-	39,7 kW
Condensador	75,9 kW	12,5 kW
Bomba	1,6 kW	2,2 kW

Conclusão

A aplicação da combinação de um ORC com um motor de combustão interna é uma solução viável para o aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos e geração de energia para aplicações locais. Para as configurações analisadas, a amônia apresentou o melhor desempenho em ambos os ciclos devido à maior faixa de operação de pressões que se estende até cerca de 11000 kPa no evaporador. Contudo para mesmas pressões de operação de cada fluido, o isobutano apresenta o melhor desempenho. Para a condição ótima com amônia, os pontos de maior destruição exergética são o evaporador e o condensador no ORC simples. Já no ORC com recuperador, a turbina e o evaporador apresentam as maiores irreversibilidades.

¹ VAJA, I.; GAMBAROTTA, A. Internal Combustion Engine (ICE) bottoming with Organic Rankine Cycles (ORCs). *Energy*, v. 35, n. 2, p. 1084-1093, fev. 2010.

² SHAPIRO, Howard N. et al. *Princípios de Termodinâmica para Engenharia*. 7. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2015.