

5

Análise Comparativa

Neste capítulo o ciclo tradicional e a alternativa 5.1 do estudo de alternativas do capítulo 4 são comparadas em termos de eficiência energética e exergética.

5.1.

Resultados para o Ciclo Rankine Tradicional

A partir dos resultados obtidos na simulação, o balanço exergético pode ser efetuado. O Gate Cycle ® fornece as pressões, temperaturas, vazões e entalpias das correntes, a potência gerada e o consumo das bombas. Os fluxos de exergia foram calculados a partir das propriedades termodinâmicas fornecidas pelo simulador e são apresentados na Tabela 5. O cálculo das irreversibilidades dos componentes do ciclo também foi efetuado. Segue uma tabela com o resumo dos resultados para a modelagem do ciclo Rankine tradicional:

Componente	η	ψ	$\dot{W}$ (kW)	$\dot{I}$ (kW)	δ
Caldeira	0.87	0.49	-	126,876.21	88.01
Turbina	0.88	0.92	77,309.00	9,328.60	6.47
Condensador	0.61	0.31	-	3,573.10	2.48
Bomba de Condensado	0.85	0.95	-37.83	4.38	0.00
Pré-aquecedor 1	0.65	0.58	-	624.62	0.43
Pré-aquecedor 2	0.74	0.77	-	907.71	0.63
Desaerador	0.98	0.90	-	775.41	0.54
Bomba de Alimentação	0.85	0.98	-995.90	116.38	0.08
Pré-aquecedor 3	0.77	0.97	-	300.95	0.21
Pré-aquecedor 4	0.81	0.96	-	807.88	0.56
Pré-aquecedor 5	0.94	0.97	-	800.72	0.56
Válvula	1.00	1.00	-	44.77	0.03
Ciclo Global	0.35	0.34	76,275.27	144,160.73	100.00

Tabela 15- Resumo dos resultados para o ciclo tradicional

A tabela traz as eficiências de Primeira e Segunda Leis, o fluxo de trabalho, o fluxo de irreversibilidade e a porcentagem da irreversibilidade de cada componente em relação à irreversibilidade total. A eficiência de Primeira Lei é de 35,21%, enquanto

que a eficiência de Segunda Lei é de 34,06%.

Fica evidente que a maior contribuição na irreversibilidade total é da caldeira (88%). Note-se que neste valor está considerada a perda de exergia nos gases de exaustão.

A eficiência de Primeira Lei indicada para o condensador e para os pré-aquecedores, na verdade são as efetividades dos mesmos. Para a turbina e para as bombas adotou-se as eficiências isentrópicas.

Com as irreversibilidades apresentadas na Tabela 15, o diagrama de fluxo das irreversibilidades (ou da distribuição de exergia) pode ser obtido (Figura 54):

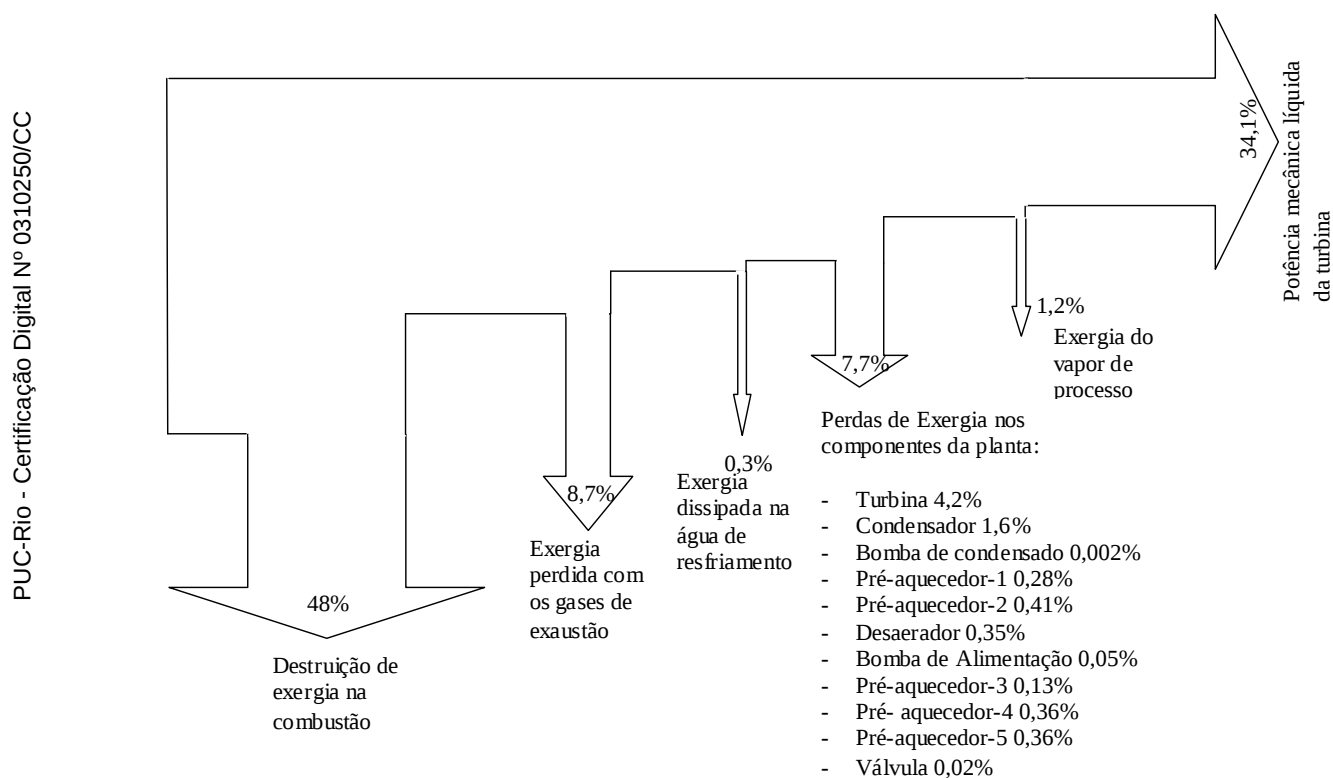


Figura 54- Diagrama de fluxo de irreversibilidades para o ciclo Rankine tradicional

A Figura 54 mostra que, da exergia total fornecida pelo combustível, 34,1% é convertida em trabalho de eixo da turbina. As perdas de exergia decorrentes da destruição de exergia na combustão, da exergia dissipada na água de resfriamento e

da exergia do vapor de processo, não possuem grande potencial de redução pois são ocasionadas respectivamente por: restrições tecnológicas, condições ambientais e demanda do processo. A exergia perdida nos gases de combustão poderia ser reduzida, porém deve-se atentar para o fato de que a temperatura de exaustão não pode ser menor que a temperatura de condensação de óxido de enxofre. Portanto, o maior potencial de melhoria do aproveitamento da exergia disponível ocorre nos componentes do ciclo.

5.2.

Resultados para o Ciclo Rankine Inovador

Com as propriedades termodinâmicas apresentadas na Tabela 14, os balanços de energia e exergia são aplicados aos componentes e ao ciclo como um todo. Segue uma tabela com os resultados obtidos, a partir das propriedades termodinâmicas fornecidas pelo simulador, para modelagem do ciclo Rankine inovador:

Componente	η	ψ	$\dot{W}$ (kW)	$\dot{I}$ (kW)	δ
Caldeira	0.87	0.49	-	126,879.73	88.23
Turbina	0.95	0.92	80,281.00	9,488.22	6.60
Condensador	0.61	0.31	-	3,551.41	2.47
Bomba de Condensado	0.85	0.93	-57.67	7.67	0.01
Pré-aquecedor 1	0.65	0.58	-	619.09	0.43
Pré-aquecedor 2	0.74	0.77	-	900.63	0.63
Desaerador	-	0.87	-	1,185.18	0.82
Bomba Bifásica 1	0.75	0.98	-1,472.50	339.19	0.24
Bomba Bifásica 2	0.75	0.97	-1,526.20	665.76	0.46
Bomba de Alimentação	0.85	1.00	-679.70	118.25	0.08
Válvula	1.00	1.00	-	44.99	0.03
Ciclo Global	0.35	0.34	76,544.93	143,800.10	100.00

Tabela 16- Resumo dos resultados para o ciclo inovador

As eficiências de Primeira e Segunda Leis da Termodinâmica do ciclo global são, respectivamente, 35,33% e 34,18% (praticamente iguais às do ciclo tradicional). Vê-se que o fluxo total de irreversibilidade do ciclo inovador é menor que o do ciclo tradicional. O diagrama de fluxo das irreversibilidades é apresentado na Figura 55:

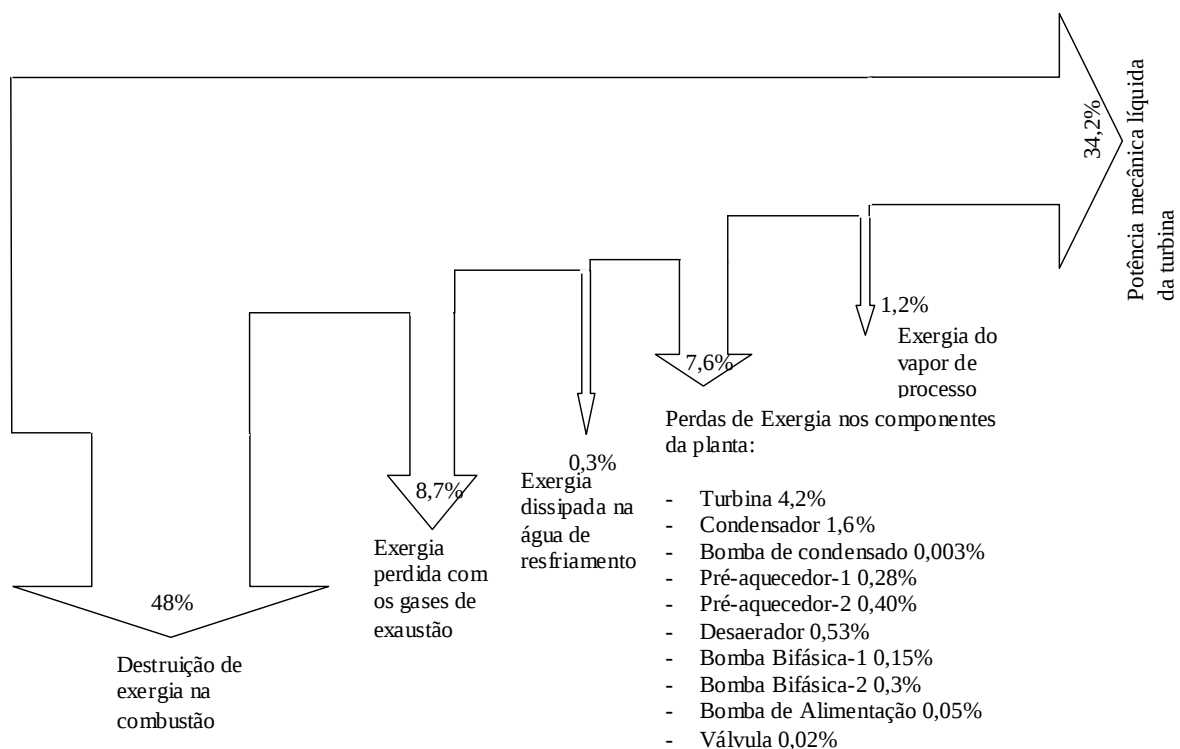


Figura 55- Diagrama de fluxo de irreversibilidades para o ciclo Rankine inovador

Comparando os diagramas, pode ser observado que as perdas de exergia na combustão, nos gases de exaustão, na água de resfriamento e no vapor de processo são praticamente iguais nos dois ciclos. A diferença, ainda que marginal, ocorre nas irreversibilidades dos componentes do ciclo. Enquanto que no ciclo tradicional estas representam 7,72% do total, no ciclo inovador este valor cai para 7,56%.