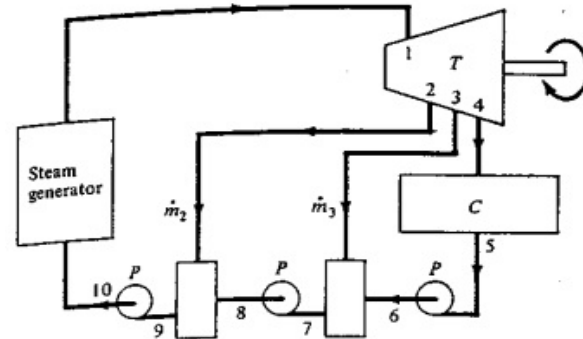
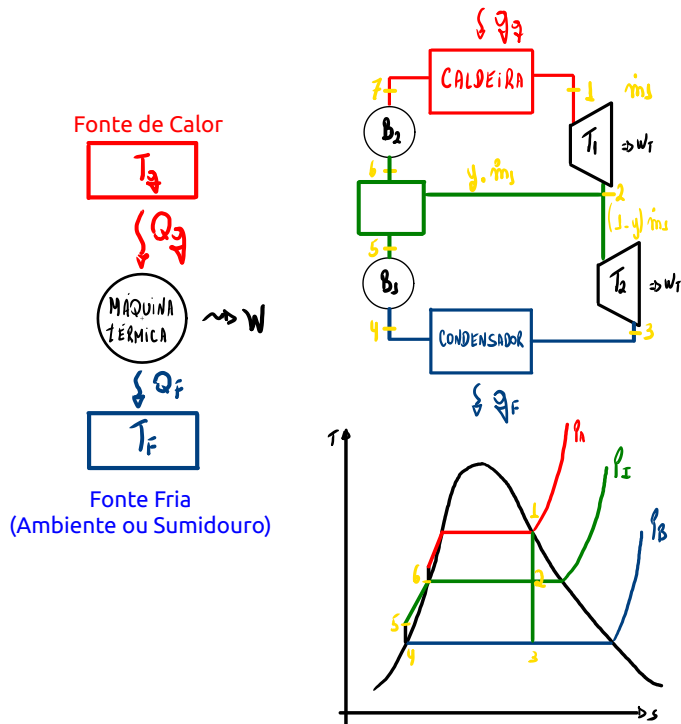


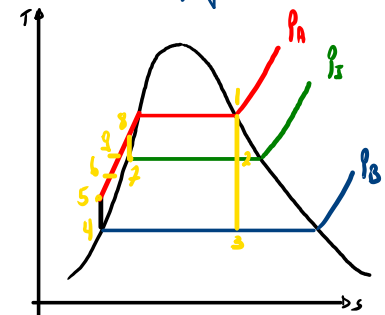
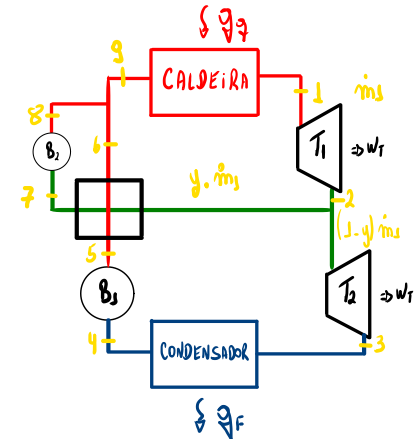
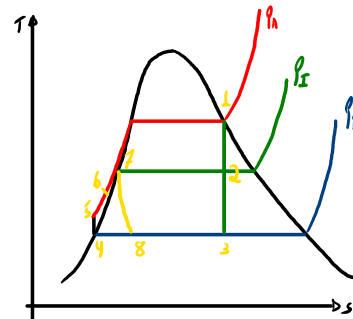
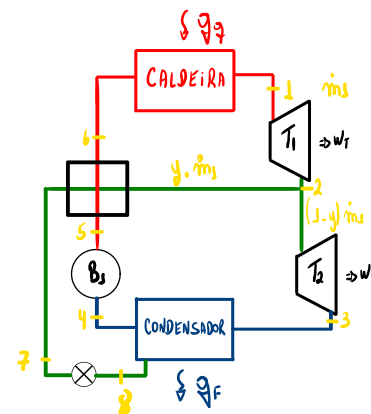
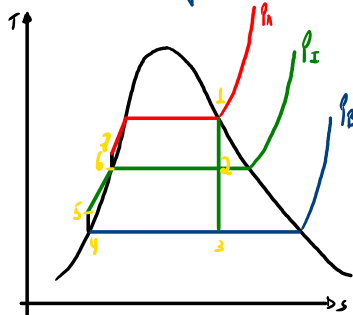
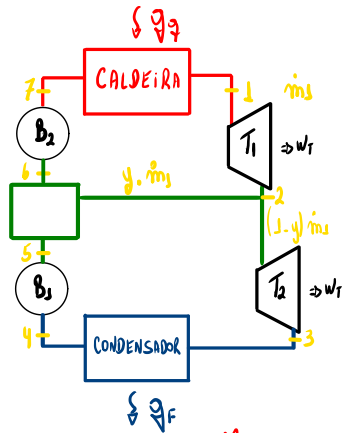
CICLO RANKINE REGENERATIVO

PARTE 2

Exercício: Trocador Aberto



&



Objetivo

REALIZAR ANÁLISE TERMODINÂMICA DE UM CICLO RANKINE
REGENERATIVO COM TROCADOR ABERTO

AO FINAL DA AULA O ALUNO DEVE SER CAPAZ DE

CALCULAR A TRACÇÃO MÁSSICA Y EXTRAÍDA DA TURBINA

CALCULAR CALORES E TRABALHOS EM FUNÇÃO DAS TAXAS MÁSSICAS

AVALIAR O RENDIMENTO DO CICLO

→ 110CA 01 - LECT A 9

Água é o fluido de trabalho em um ciclo de potência a vapor de Rankine saturado. Vapor entra na turbina a 8 [MPa] e sai a 1 [MPa]. Parte do vapor é extraído para o trocador aberto e o restante expande na segunda turbina. A pressão no condensador é de 20 [KPa]. Determine:

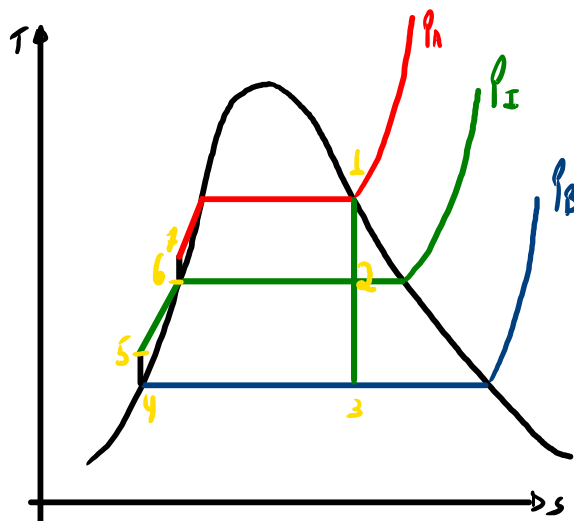
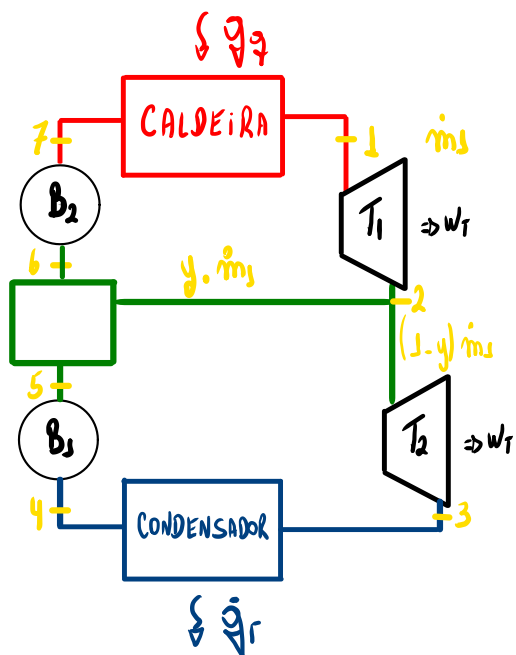
- a) Trabalhos nas turbinas e bombas
- b) Transferências de calor na caldeira e condensador
- c) Eficiência térmica
- d) Eficiência de Carnot

Água é o fluido de trabalho em um ciclo de potência a vapor de Rankine saturado. Vapor entra na turbina a 8 [MPa] e sai a 1 [MPa]. Parte do vapor é extraído para o trocador aberto e o restante expande na segunda turbina. A pressão no condensador é de 20 [kPa]. Determine:

- Trabalhos nas turbinas e bombas
- Transferências de calor na caldeira e condensador
- Eficiência térmica
- Eficiência de Carnot

1) DESENHE OS COMPONENTES DO CICLO E DIAGRAMA T-s

↳ NUMERE OS ESTADOS TERMODINÂMICOS

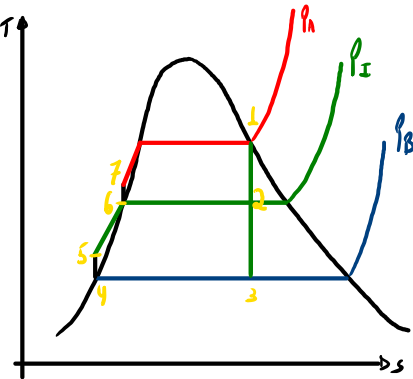
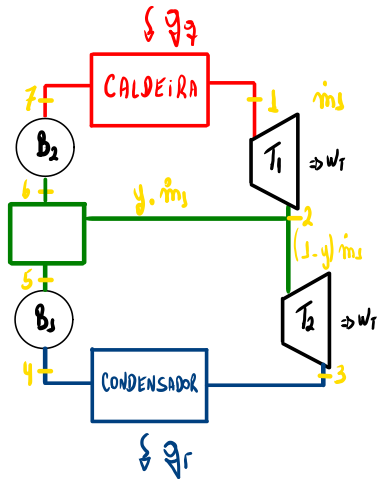


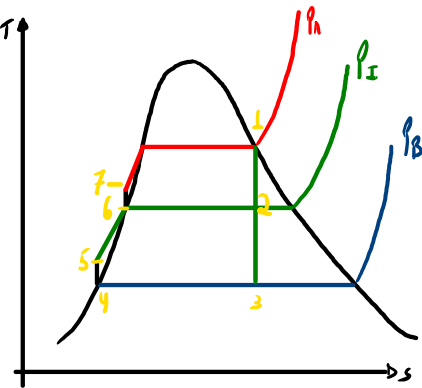
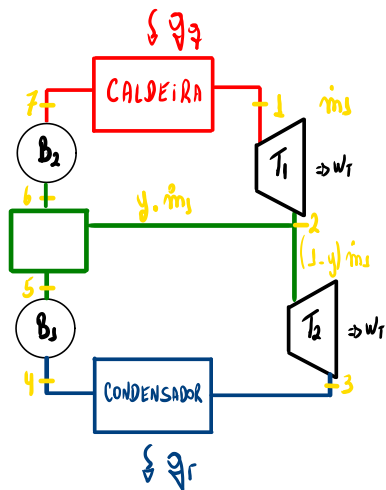
Água é o fluido de trabalho em um ciclo de potência a vapor de Rankine saturado. Vapor entra na turbina a 8 [MPa] e sai a 1 [MPa]. Parte do vapor é extraído para o trocador aberto e o restante expande na segunda turbina. A pressão no condensador é de 20 [KPa]. Determine:

- Trabalhos nas turbinas e bombas
- Transferências de calor na caldeira e condensador
- Eficiência térmica
- Eficiência de Carnot

2) FAZER TABELA DOS ESTADOS

	P [kPa]	T [°C]	x	h [kJ/kg]	s [kJ/kg·K]	v [m³/kg]
1	8000		1			
2	3000					
3	20					
4	20		0			
5	3000					
6	3000		0			
7	8000					





	$P [\text{kPa}]$	$T [^\circ\text{C}]$	x	$h [\text{kJ/kg}]$	$s [\text{kJ/kg K}]$	$v [\text{m}^3/\text{kg}]$
1	8000		1			
2	8000					
3	20					
4	20		0			
5	8000					
6	8000		0			
7	8000					

3) CALCULAR PROPRIEDADES RESTANTES E COMPLETAR A TABELA

ESTADO 1 VAPOR SATURADO

$$\left. \begin{array}{l} P = 8000 \text{ kPa} \\ x = 1 \end{array} \right\}$$

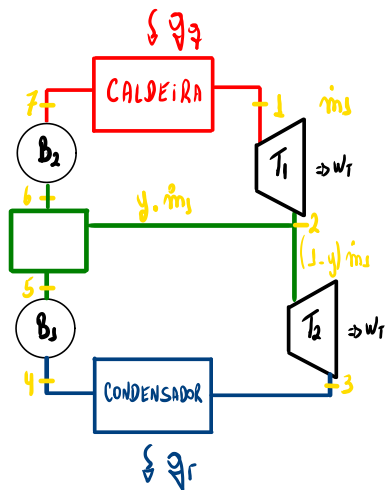
$$T_1 = T_{\text{SAT}} = 295,06$$

$$h_1 = h_v = 2757,94$$

$$s_1 = s_v = 5,7431$$

Água saturada: tabela em função da pressão

Pressão kPa	Temp. °C	Volume específico (m³/kg)		Energia interna (kJ/kg)			Entalpia (kJ/kg)			Entropia (kJ/kg K)		
		Líquido sat.	Vapor sat.	Líquido sat.	Evap.	Vapor sat.	Líquido sat.	Evap.	Vapor sat.	Líquido sat.	Evap.	Vapor sat.
P	T	v_f	v_g	u_f	u_{fg}	u_g	h_f	h_{fg}	h_g	s_f	s_{fg}	s_g
5000	263,99	0,001286	0,03944	1147,78	1449,34	2597,12	1154,21	1640,12	2794,33	2,9201	3,0532	5,9733
6000	275,64	0,001319	0,03244	1205,41	1384,27	2589,69	1213,32	1571,00	2784,33	3,0266	2,8625	5,8891
7000	285,88	0,001351	0,02737	1257,51	1322,97	2580,48	1266,97	1505,10	2772,07	3,1210	2,6922	5,8132
8000	295,06	0,001384	0,02352	1305,54	1264,25	2569,79	1316,61	1441,33	2757,94	3,2067	2,5365	5,7431
9000	303,96	0,001419	0,02040	1350,47	1207,20	2557,75	1362,22	1370,00	2735,72	3,2857	2,4015	5,6872

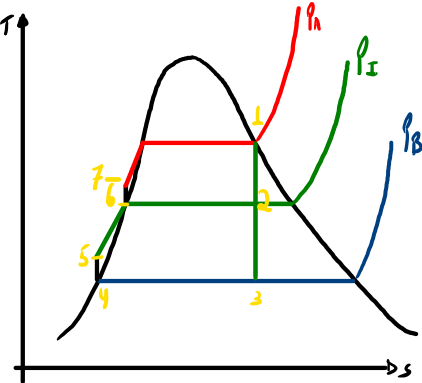


	$P [kPa]$	$T [^{\circ}C]$	x	$h [kJ/kg]$	$s [kJ/kg \cdot K]$	$v [m^3/kg]$
1	8000	235,06	1	2757,94	5,7431	
2	8000		0,8104			
3	20					
4	20		0			
5	8000					
6	8000		0			
7	8000					

3) CALCULAR PROPRIEDADES RESTANTES E COMPLETAR A TABELA

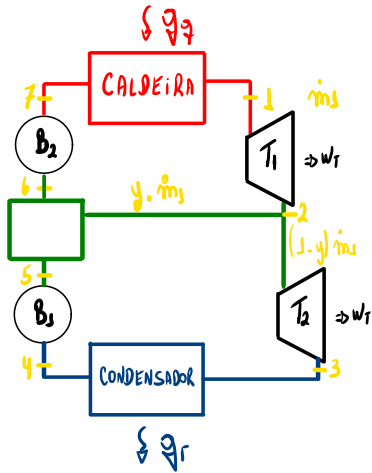
ESTADO 2 $P_2 = 1000 \text{ kPa}$ $s_2 = s_1 = 5,7431$

$$x_2 = \frac{s_2 - s_f}{s_g - s_f} = \frac{5,7431 - 2,1386}{6,5864 - 2,1386} = 0,8104 \Rightarrow h_2 = 162,19 + 0,8104 \times 2015,29 = 2335,9823$$



Água saturada: tabela em função da pressão

Pressão kPa	Temp. °C	Volume específico (m³/kg)		Energia interna (kJ/kg)			Entalpia (kJ/kg)			Entropia (kJ/kg K)		
		Líquido sat.	Vapor sat.	Líquido sat.	Evap.	Vapor sat.	Líquido sat.	Evap.	Vapor sat.	Líquido sat.	Evap.	Vapor sat.
P	T	v_f	v_g	u_f	u_{fg}	u_g	h_f	h_{fg}	h_g	s_f	s_{fg}	s_g
850	172,96	0,001118	0,22698	731,25	1847,45	2578,69	732,20	2039,43	2,2771,63	2,0709	4,5711	6,6421
900	175,38	0,001121	0,21497	741,81	1838,65	2580,46	742,82	2031,12	2773,94	2,0946	4,5280	6,6225
950	177,69	0,001124	0,20419	751,94	1830,17	2582,11	753,00	2023,08	2776,08	2,1171	4,4869	6,6040
1000	179,91	0,001127	0,19444	761,67	1821,97	2583,64	762,79	2015,29	2778,08	2,1386	4,4478	6,5864



	$P [kPa]$	$T [^{\circ}C]$	x	$h [kJ/kg]$	$s [kJ/kg \cdot K]$	$v [m^3/kg]$
1	8000	295,06	1	2757,94	5,7431	
2	8000	179,91	0,8104	2395,9823	5,7431	
3	20					
4	20		0			
5	8000					
6	8000		0			
7	8000					

3) CALCULAR PROPRIEDADES RESTANTES E COMPLETAR A TABELA

ESTADO 3 $P_3 = 20 kPa$; $s_3 = s_2 = 5,7431$

$$x_3 = \frac{5,7431 - 0,8319}{7,0766} = 0,6940 \Rightarrow h_3 = 251,38 + 0,6940 \times 2358,33 = 1888,0142$$

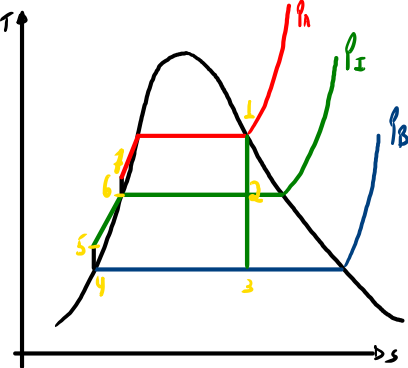
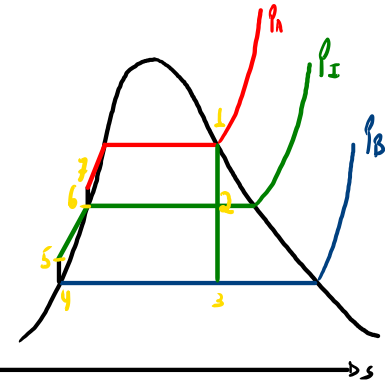


Tabela B.1.2

Água saturada: tabela em função da pressão

Pressão kPa	Temp. °C	Volume específico (m³/kg)		Energia interna (kJ/kg)			Entalpia (kJ/kg)			Entropia (kJ/kg K)		
		Líquido sat.	Vapor sat.	Líquido sat.	Evap.	Vapor sat.	Líquido sat.	Evap.	Vapor sat.	Líquido sat.	Evap.	Vapor sat.
P	T	v_f	v_g	u_f	u_{fg}	u_g	h_f	h_{fg}	h_g	s_f	s_{fg}	s_g
20	53,97	0,001014	10,02218	225,90	2222,83	2448,73	225,91	2373,14	2599,06	0,7501	7,2536	8,0037
8000	60,06	0,001017	7,64937	251,35	2205,36	2456,71	251,38	2358,33	2609,70	0,8319	7,0766	7,9085

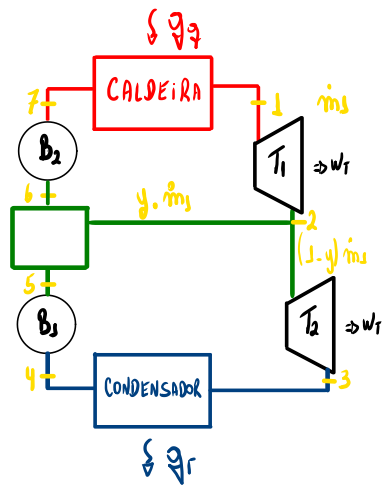


3) CALCULAR PROPIEDADES RESTANTES E COMPLETAR A TABELA

ESTADO 4 Líquido SATURADO

Água saturada: tabela em função da pressão

Pressão kPa	Temp. °C	Volume específico (m³/kg)		Energia interna (kJ/kg)			Entalpia (kJ/kg)			Entropia (kJ/kg K)		
		Líquido sat.	Vapor sat.	Líquido sat.	Evap.	Vapor sat.	Líquido sat.	Evap.	Vapor sat.	Líquido sat.	Evap.	Vapor sat.
<i>P</i>	<i>T</i>	<i>v_f</i>	<i>v_g</i>	<i>u_f</i>	<i>u_{fg}</i>	<i>u_g</i>	<i>h_f</i>	<i>h_{fg}</i>	<i>h_g</i>	<i>s_f</i>	<i>s_{fg}</i>	<i>s_g</i>
15	53,97	0,001014	10,02218	225,90	2222,83	2448,73	225,91	2373,14	2599,06	0,7548	7,2536	8,0084
20	60,06	0,001017	7,64937	251,35	2205,36	2456,71	251,38	2358,33	2609,70	0,8319	7,0766	7,9085



	$P [kPa]$	$T [^{\circ}C]$	x	$h [kJ/kg]$	$s [kJ/kgK]$	$v [m^3/kg]$
1	8000	295,06	1	2757,94	5,7431	
2	1000	179,91	0,8104	2395,9823	5,7431	
3	20	60,06	0,684	1888,0742	5,7431	
4	20	60,06	0	251,38	0,8319	0,001017
5	1000					
6	1000		0			
7	8000					

3) CALCULAR PROPRIEDADES RESTANTES E COMPLETAR A TABELA

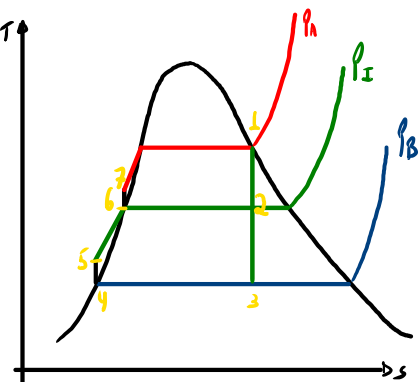
ESTADO 5 $P_5 = 1000 kPa$; $s_5 = s_4$; $v_5 = v_4$

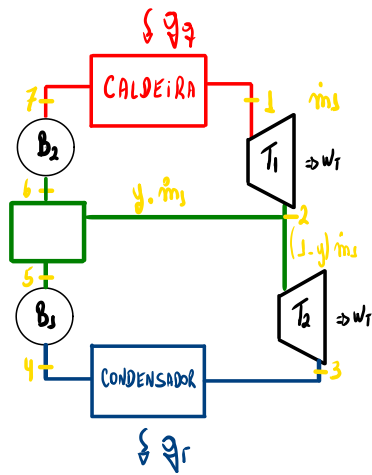
$$w_{b1} : h_5 - h_4 = v_4 (P_5 - P_4)$$

$$= 0,001017 \frac{m^3}{kg} (1000 - 20) kPa = 0,99666 \frac{kJ}{kg}$$

$$h_5 = 251,38 + 0,99666$$

$$h_5 = 252,37666 < h_g(P_5) = 762,79$$





3) CALCULAR PROPRIEDADES RESTANTES E COMPLETAR A TABELA

ESTADO 5 $p_5 = 1000 \text{ kPa}$; $s_5 = s_4$; $v_5 = v_4$; $h_5 = 252,37666$

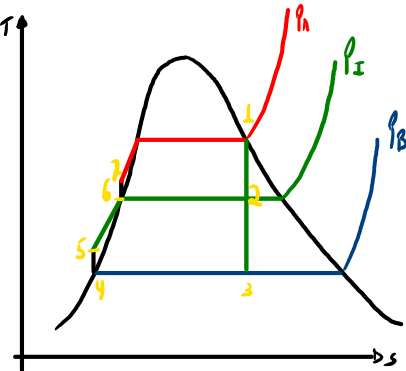
Propriedade de líquido comprimido $\rightarrow$ Líquido saturado na temperatura

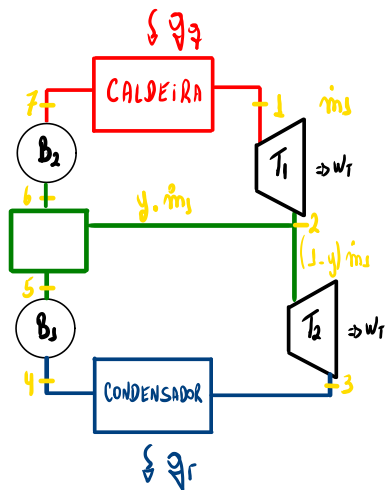
Pressão kPa	Temperatura °C	Líquido sat. v_f	Vapor sat. v_g	Líquido sat. u_f	Evap. u_{fg}	Vapor sat. u_g	Líquido sat. h_f
0,6113	0,01	0,001000	206,132	0	2375,3	2375,3	0,00
0,98	6,98	0,001000	129,20802	29,29	2355,69	2384,98	29,29
1,5	13,03	0,001001	87,98013	54,70	2338,63	2393,32	54,70
2	17,50	0,001001	67,00385	73,47	2326,02	2399,48	73,47
2,5	21,08	0,001002	54,25385	88,47	2315,93	2404,40	88,47
3	24,08	0,001003	45,66502	101,03	2307,48	2408,51	101,03
4	28,96	0,001004	34,80015	121,44	2293,73	2415,17	121,44
5	32,88	0,001005	28,19251	137,79	2282,70	2420,49	137,79
7,5	40,29	0,001008	19,23775	168,76	2261,74	2430,50	168,77
10	45,81	0,001010	14,67355	191,79	2246,10	2437,89	191,81
15	53,07	0,001014	10,02218	225,90	2222,83	2448,73	225,91
20	60,06	0,001017	7,64937	251,35	2205,36	2456,71	251,38
25	64,97	0,001020	6,20424	271,88	2191,21	2463,08	271,90

251,35 60,06

252,3766 T_5 $\Rightarrow T_5 = 60,35^\circ\text{C}$

271,90 14,97



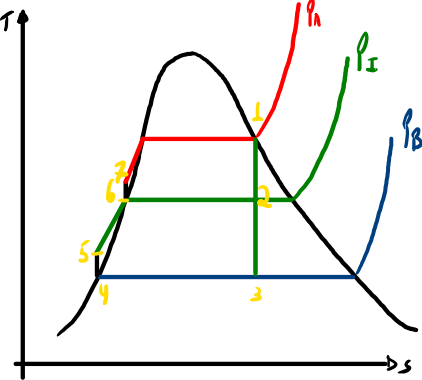


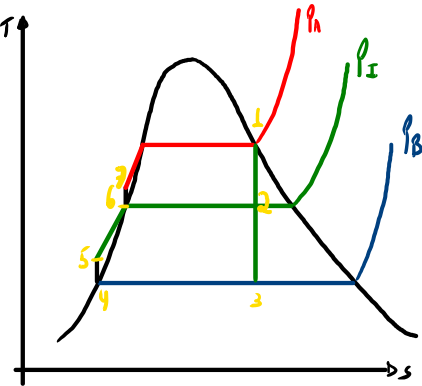
3) CALCULAR PROPRIEDADES RESTANTES E COMPLETAR A TABELA
ESTADO 6 $p_6 = 1000 \text{ kPa}$; $x_6 = 0$

Tabela B.1.2 (continuação)

Água saturada: tabela em função da pressão

Pressão kPa	Temp. °C	Volume específico (m³/kg)		Energia interna (kJ/kg)			Entalpia (kJ/kg)			Entropia (kJ/kg K)		
		Líquido sat.	Vapor sat.	Líquido sat.	Evap.	Vapor sat.	Líquido sat.	Evap.	Vapor sat.	Líquido sat.	Evap.	Vapor sat.
P	T	v_f	v_g	u_f	u_{fg}	u_g	h_f	h_{fg}	h_g	s_f	s_{fg}	s_g
850	172,96	0,001118	0,22698	731,25	1847,45	2578,69	732,20	2039,43	2,2771,63	2,0709	4,5711	6,6421
900	175,38	0,001121	0,21497	741,81	1838,65	2580,46	742,82	2031,12	2773,94	2,0946	4,5280	6,6225
950	177,69	0,001124	0,20419	751,94	1830,17	2582,11	753,00	2023,08	2776,08	2,1171	4,4869	6,6040
1000	179,91	0,001127	0,19444	761,67	1821,97	2583,64	762,79	2015,29	2778,08	2,1386	4,4478	6,5864





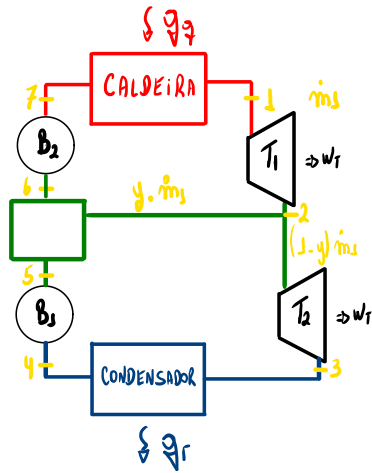
3) CALCULAR PROPIEDADES RESTANTES E COMPLETAR A TABELA

$$wb_2: h_7 - h_6 = v_6 (h_7 - h_6)$$

$$0,001127 (8000 - 1000) = 7,889 \text{ kJ/kg}$$

$$h_1 = 762,19 + 1,889$$

$$h_7 = 770,613 \text{ kJ/kg} < h_c(p_7)$$



3) CALCULAR PROPRIEDADES RESTANTES E COMPLETAR A TABELA

ESTADO 7 $P_7 = 8000 \text{ kPa}$; $s_7 = s_6$; $v_7 = v_6$; $h = 170,612$

Propriedade de líquido comprimido $\rightarrow$ Líquido saturado na temperatura

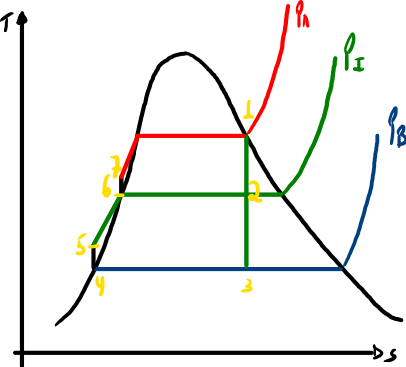
Água saturada: tabela em função da pressão

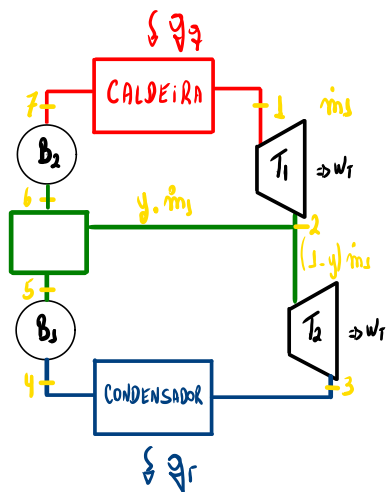
Pressão kPa	Temp. °C	Volume específico (m³/kg)		Energia interna (kJ/kg)			
		Líquido sat.	Vapor sat.	Líquido sat.	Evap.	Vapor sat.	Líquido sat.
P	T	v_f	v_g	u_f	u_{fg}	u_g	h_f
800	172,96	0,001118	0,22698	731,25	1847,45	2578,69	732,20
900	175,38	0,001121	0,21497	741,81	1838,65	2580,46	742,82
900	177,69	0,001124	0,20419	751,94	1830,17	2582,11	753,00
1000	179,91	0,001127	0,19444	761,67	1821,97	2583,64	762,79
1100	184,09	0,001133	0,17753	780,08	1806,32	2586,40	781,32

762,79 179,91

770,612 $T_7 \Rightarrow T_7 = 181,63^\circ\text{C}$

781,32 184,09





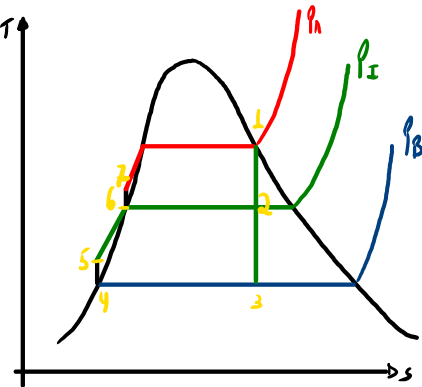
	$P [kPa]$	$T [^{\circ}C]$	x	$h [kJ/kg]$	$s [kJ/kgK]$	$v [m^3/kg]$
1	8000	295,06	1	2751,94	5,7431	
2	8000	173,91	0,8104	2395,9823	5,7431	
3	20	60,06	0,684	1888,0742	5,7431	
4	20	60,06	0	251,38	0,8319	0,001017
5	8000	60,35	L.C	252,37666	0,8319	0,001017
6	8000	173,91	0	762,79	2,1386	0,001127
7	8000	181,65	L.C	770,679	2,1386	0,001127

4) CALCULAR y ($y \dot{m}_1 h_2 + \dot{m}_s h_5 = \dot{m}_6 h_6$)

$$\begin{aligned} \dot{m}_6 &= \dot{m}_7 = \dot{m}_1 \\ \dot{m}_5 &= \dot{m}_4 = \dot{m}_3 = (1-y) \dot{m}_1 \end{aligned}$$

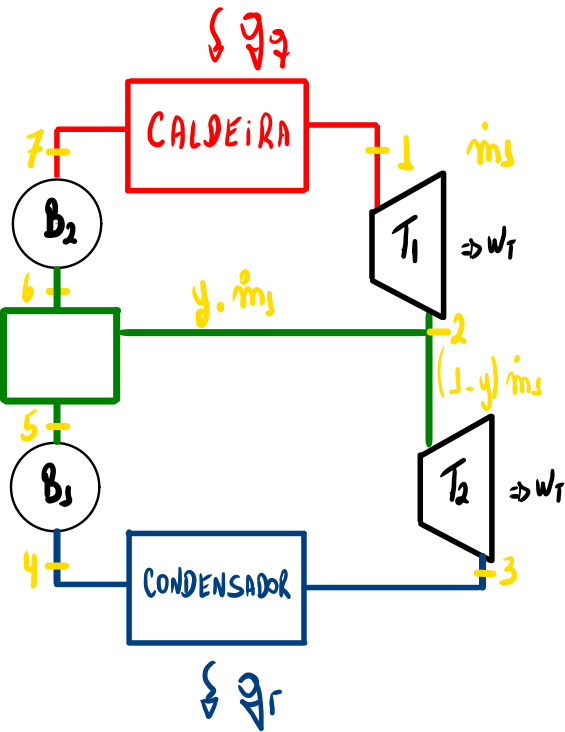
$$y \dot{m}_1 h_2 + (1-y) \dot{m}_1 h_5 = \dot{m}_6 h_6$$

$$y h_2 + h_5 - y h_5 = h_6 \Rightarrow y = \frac{h_6 - h_5}{h_2 - h_5} \Rightarrow y = 0,23810972$$



5) CALCULAR CALORES E TRABALHOS

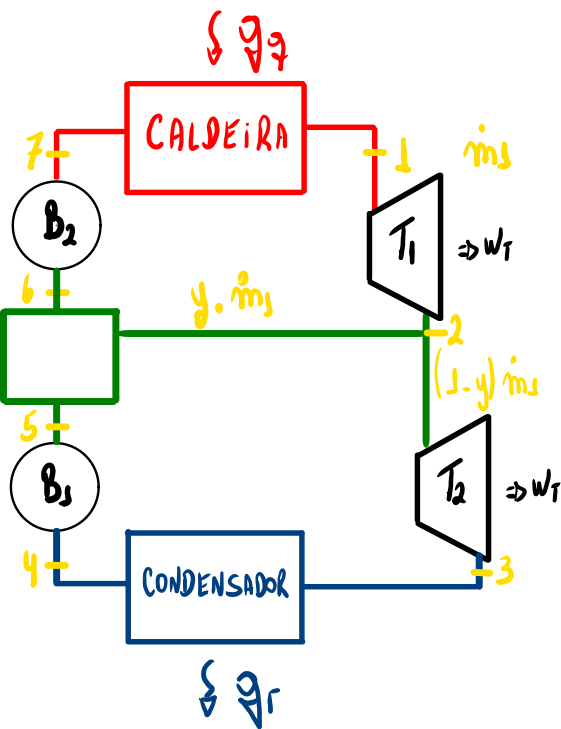
↳ TAXA ↳ POTÊNCIA



	$Q \text{ [kW]}$	$W \text{ [kW]}$
CALDEIRA	$\dot{m}_1 (h_1 - h_7)$	0
TURBINA 1	0	$\dot{m}_1 (h_2 - h_3)$
TURBINA 2	0	$(1 - y) \dot{m}_1 (h_3 - h_4)$
CONDENSADOR	$(1 - y) \dot{m}_1 (h_4 - h_3)$	0
BOMBA 1	0	$(1 - y) \dot{m}_1 (h_5 - h_4)$
BOMBA 2	0	$\dot{m}_1 (h_7 - h_6)$

5) CALCULAR CALORES E TRABALHOS

DEIXAR EM FUNÇÃO DE $\dot{m}_s$



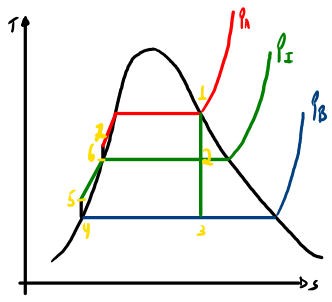
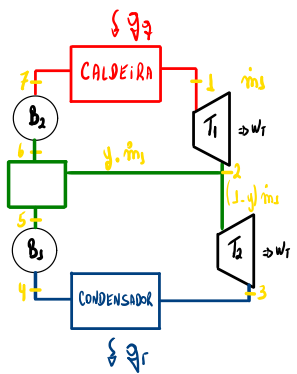
	$Q_{THW}] / \dot{m}_s$	$W [kW] / \dot{m}_s$
CALDEIRA	$\dot{m}_s (h_1 - h_7)$	0
TURBINA 1	0	$\dot{m}_s (h_2 - h_3)$
TURBINA 2	0	$(1-y)\dot{m}_s (h_4 - h_5)$
CONDENSADOR	$(1-y)\dot{m}_s (h_4 - h_3)$	0
BOMBA 1	0	$(1-y)\dot{m}_s (h_5 - h_4)$
BOMBA 2	0	$\dot{m}_s (h_7 - h_6)$

P [kg]	T [°C]	x	h [kJ/kg]	s [kJ/kg.K]	v [m³/kg]
1 8000	235,06	J	2757,94	5,7431	
2 1000	179,91	0,984	2395,3823	5,7431	
3 20	60,06	0,894	1888,0742	5,7431	
4 20	60,06	0	251,38	0,8319	0,001011
5 1000	60,35	L.C	252,3766	0,8319	0,001011
6 1000	179,91	0	762,19	2,1386	0,001127
7 8000	181,63	L.C	770,679	2,1386	0,001127

5) CALCULAR CALORES E TRABALHOS

↳ EM FUNÇÃO DE $\dot{m}_1$

$$y = 0,23810972$$



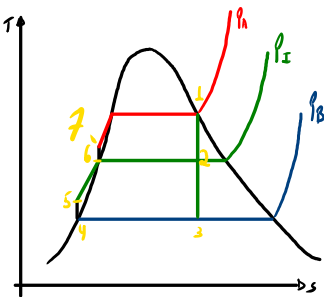
	$Q [kW] / \dot{m}_1$	$W [kW] / \dot{m}_1$
CALDEIRA	$(h_1 - h_2) = 1987,261$	0
TURBINA 1	0	$\dot{m}_1(h_2 - h_1) = -361,9577$
TURBINA 2	0	$(1-y)\dot{m}_1(h_3 - h_2) = -386,9702$
CONDENSADOR	$(1-y)\dot{m}_1(h_4 - h_3) = -1246,981$	0
BOMBA 1	0	$(1-y)\dot{m}_1(h_5 - h_4) = 0,759345$
BOMBA 2	0	$\dot{m}_1(h_7 - h_6) = 7,889$
	740,27	-740,27

$de = \delta q + \delta w$

	$Q [kW] / m_s$		$W [kW] / m_s$
CALDEIRA	$(h_1 - h_7) =$	1987,261	0
TURBINA 1	0		~~$m_s(h_2 - h_1) =$~~ -361,9577
TURBINA 2	0		~~$(1-y)m_s(h_3 - h_2) =$~~ -386,9702
CONDENSADOR	~~$(1-y)m_s(h_4 - h_3) =$~~ -1246,981		0
BOMBA 1	0		~~$(1-y)m_s(h_5 - h_4) =$~~ 0,759345
BOMBA 2	0		~~$m_s(h_7 - h_6) =$~~ 7,889
	740,27		-740,27

$$\eta = \frac{|W_{Liq}|}{Q} = \frac{740,27}{1987,261} \Rightarrow \eta = 37,25\%$$

$$bwn = \frac{W_b}{W_T} = \frac{0,759345 + 7,889}{361,9577 + 386,9702} \Rightarrow bwn = 1,15\%$$



RENDIMENTO DE CARNOT

$$ds = \frac{\delta q}{T}$$

$$\bar{T}_g = \frac{\delta q_3}{\delta s_g} = \frac{q_{\text{CALOEFER}}}{s_1 - s_f} = \frac{1981,26 \text{ kJ/kg}}{(5,7431 - 2,1386) \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}} \Rightarrow \bar{T}_g = 553,3218 \text{ K}$$

$$\bar{T}_F = \frac{\delta q_F}{ds_F} = \frac{q_{\text{CONDENSADOR}}}{(1-y) \cdot (s_4 - s_3)} = \frac{-1246,981 \text{ kJ/kg}}{0,76183 (0,8319 - 5,7431) \text{ kJ/kgK}} \Rightarrow \bar{T}_F = 333,26 \text{ K}$$

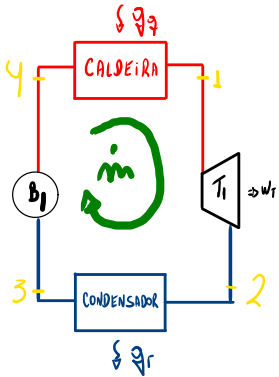
$$\eta_c = 1 - \frac{T_f}{T_g} = 1 - \frac{333,26}{551,3278}$$

$$\eta_c = 39.55\%$$

	$P[kPa]$	$T[^\circ C]$	x	$h[kJ/kg]$	$s[kJ/kgK]$	$v[m^3/kg]$
1	8000	295,06	1	2757,94	5,7431	
2	8000	179,91	0,9404	2395,3823	5,7431	
3	20	60,06	0,894	1888,0742	5,7431	
4	20	60,06	0	254,38	0,8319	0,001017
5	8000	60,35	L.C	252,37666	0,8319	0,001017
6	8000	179,91	0	762,19	2,1386	0,001127
7	8000	181,65	L.C	770,179	2,1386	0,001127

	Q_{ikw} / m_i	W_{ikw} / m_i
CHLOEIRA	$(h_1 - h_2) = 1987,261$	0
TURBINA1	0	$m_1(h_2 - h_1) = -361,9577$
TURBINA2	0	$(1-g)m_1(h_3 - h_2) = -386,9702$
CONDENSADOR	$(1-g)m_1(h_4 - h_3) = -1246,981$	0
BOMBA 1	0	$(1-g)m_1(h_5 - h_4) = 0,759345$
BOMBA 2	0	$m_2(h_7 - h_6) = 7,889$
	740,27	-740,27

RANKINE SATURADO



Estado	P [KPa]	T [°C]	x	v [m³/Kg]	h [KJ/Kg]	s [KJ/Kg.K]
1	8000	295,06	1	0,2352	2757,94	5,7431
2	20	60,06		0,694	1888,067	5,7431
3	20	60,06	0	0,001017	251,38	0,8319
4	8000	62		0,001017	259,49566	0,8319

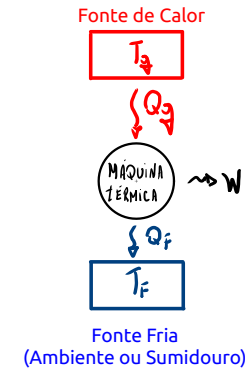
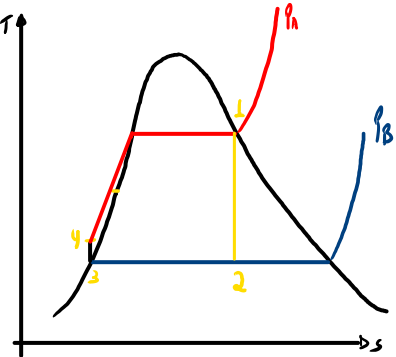
Componente	q [KJ/Kg]	w [KJ/Kg]
CALDEIRA	$h_1 - h_4 = 2498,4434$	0
TURBINA	0	$h_1 - h_2 = -863,873$
CONDENSADOR	$h_3 - h_2 = -1636,687$	0
Bomba	0	$+ 8,11566$
	863,15	-863,15

$$\eta = \frac{863,15}{2498,4434} = 34,49\%$$

$$\bar{T}_g = \frac{q_{\text{CALO}}}{s_1 - s_4} = 508,12\text{K}$$

$$\bar{T}_F = \frac{q_{\text{COND}}}{s_3 - s_2} = 333,256\text{K}$$

$$\eta_c = 34,49\%$$



$$\bar{T}_g^R = 553,3218\text{K}$$

$$\bar{T}_F^R = 333,25\text{K}$$

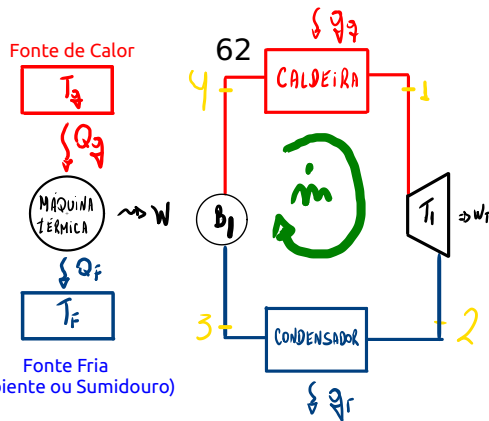
$$\eta_c^R = 39,55\%$$

$$P_A = 8 \text{ MPa} \quad P_B = 20 \text{ kPa} \quad P_S = 1 \text{ MPa}$$

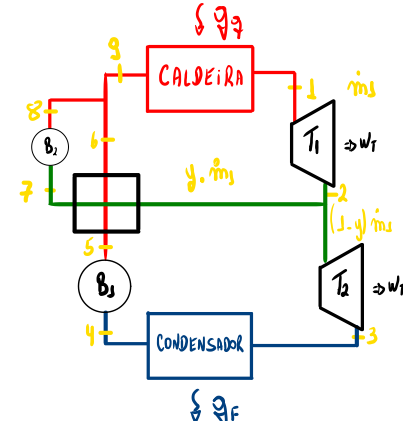
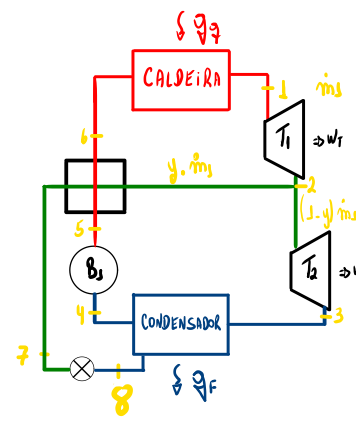
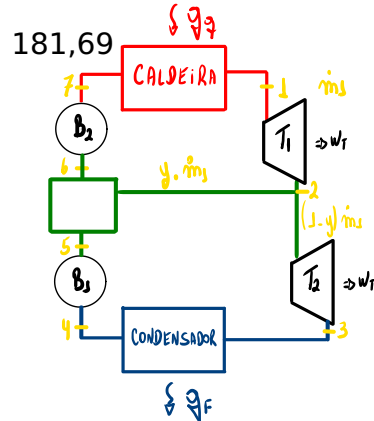
$$295,06^\circ\text{C} \quad 60,06^\circ\text{C}$$

	Rendimento [%]	Rend. de Carnot [%]	$\bar{T}_q$ [K]	$\bar{T}_F$ [K]
Carnot	41,35	41,35	568,21	333,21
Rankine Saturado	34,49	34,49	508,72	333,256
Regenerativo Trocador Aberto	37,25	39,55	551,33	333,257
Regenerativo Trocador Fechado Cascata				
Regenerativo Trocador Fechado Bombeado				

Rankine Saturado



Rankine Regenerativo com Trocador Aberto



The logo consists of a large yellow circle centered on a red background. Inside the circle, the text "CIÊNCIAS TÉRMICAS" is written in a bold, white, sans-serif font, with "CIÊNCIAS" on the top line and "TÉRMICAS" on the bottom line. Below this, the text ".com" is written in a smaller, white, sans-serif font.

**CIÊNCIAS
TÉRMICAS**
.com