

# INVERSOR DE FREQUÊNCIA

## MECÂNICA DOS FLUIDOS II PARA ENGENHARIA QUÍMICA

RENAN RAVETI DURAN  
TOBIAS ALEXANDRE ROMANELLI DE CARVALHO

PROFESSOR ORIENTADOR: RAIMUNDO FERREIRA  
IGNÁCIO

# MÉTODOS PARA DIMINUIÇÃO DE VAZÃO

- Nas instalações hidráulicas convencionais, normalmente utiliza-se a válvula globo para o controle de vazão.
- Esse método baseado-se na alteração da CCI através do aumento da perda de carga conseguindo assim, deslocar a intersecção para um ponto com vazão menor. (figura no próximo slide)



# DIMINUIÇÃO DA VAZÃO UTILIZANDO A VÁLVULA GLOBO

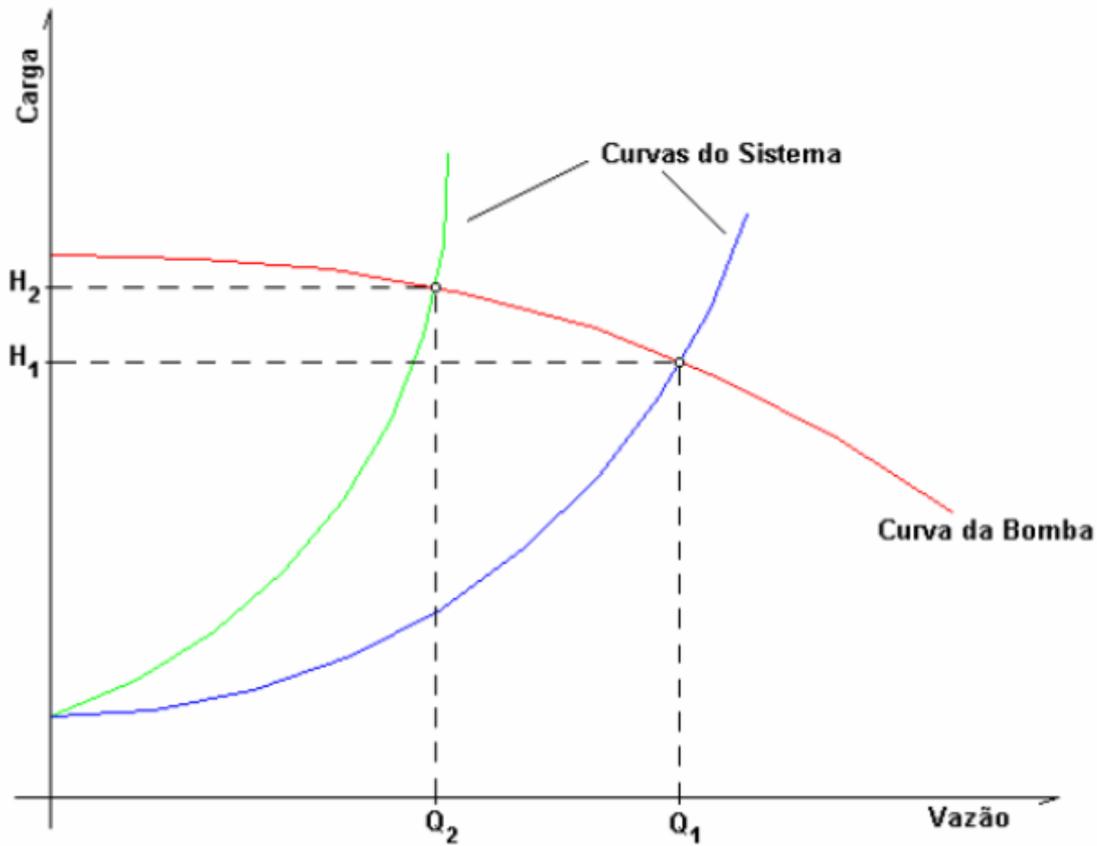


Gráfico retirada do sitio "Escola da vida" -  
[http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento\\_12009/aulas\\_12009/Nota\\_aula.pdf](http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento_12009/aulas_12009/Nota_aula.pdf)



“Conduzir o carro com o freio de mão acionado: o resultado é o desperdício desnecessário de energia” - Wood e Reddy (1994)

“Estima-se que de toda energia elétrica utilizada pela indústria, 65% seja destinada a motores elétricos e que, do montante relativo a esse percentual, 20% seja desperdiçado por mecanismos de controle” - Brown (2001)



# MÉTODOS PARA DIMINUIÇÃO DE VAZÃO

- Outro modo para se controlar a vazão é utilizando o inversor de frequência.
- Este método baseia-se na alteração da frequência e conseqüentemente uma alteração na rotação da bomba. Com isto obtém-se vazão menores e um consumo de energia menor. (figura na próxima página)

$$n = \frac{120 \times f}{p}$$

f → frequência

p → número de pólos



# DIMINUIÇÃO DA VAZÃO UTILIZANDO O INVERSOR DE FREQUÊNCIA

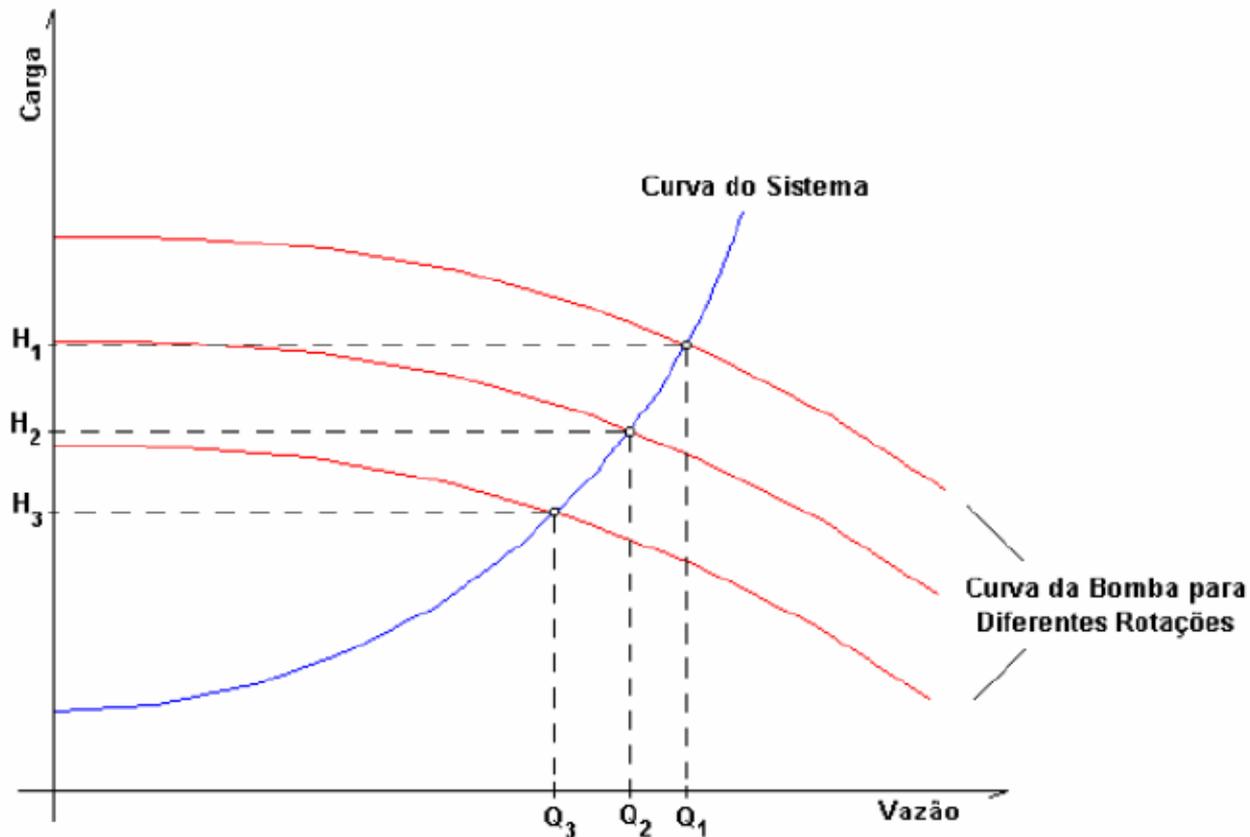


Gráfico retirada do sitio "Escola da vida" -  
[http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento\\_12009/aulas\\_12009/Nona\\_aula.pdf](http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento_12009/aulas_12009/Nona_aula.pdf)



# MOTIVOS PARA O USO DO INVERSOR DE FREQUÊNCIA

- Diminuição de custos;
- Automação;
- Aumento da vida útil da bomba (rampa de aceleração/desaceleração);
- Aumento da vazão máxima;
- Precisão;



# REGIÃO DE OPERAÇÃO RECOMENDADA

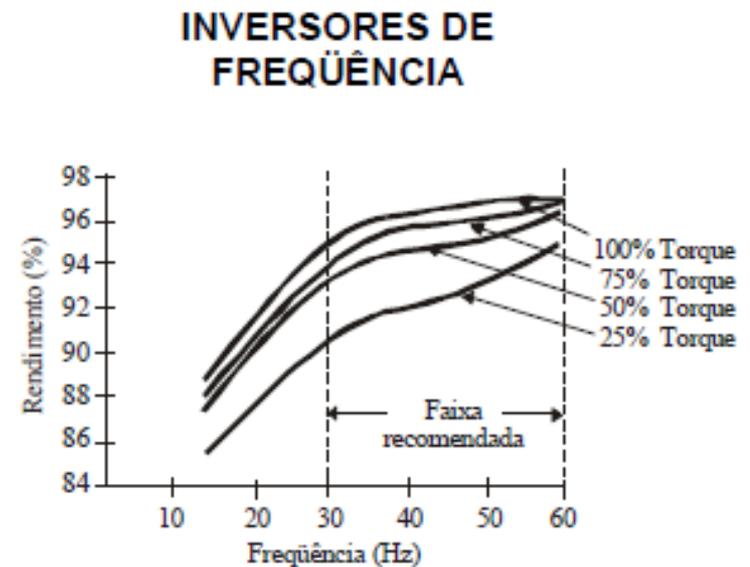
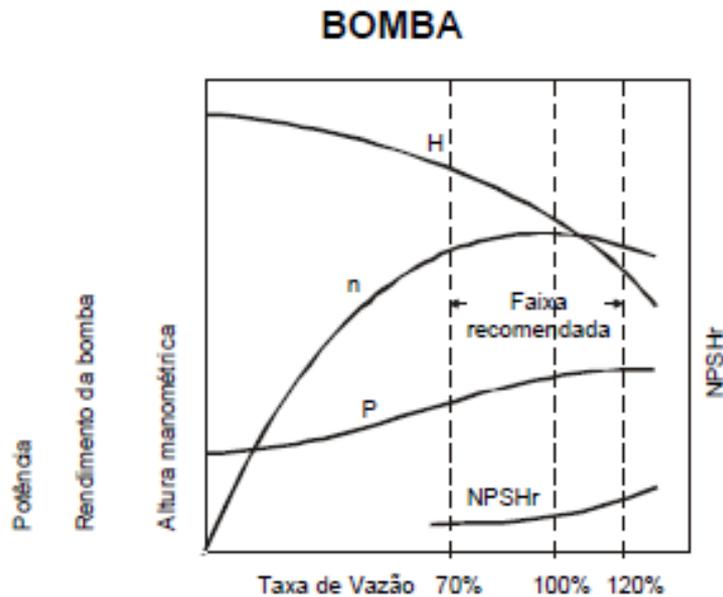


Gráfico obtido do sitio -  
<http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/conferencia/VI%20serea%20palestra/p05.pdf>



# CONSUMO DE ENERGIA EM FUNÇÃO DOS MÉTODOS DE CONTROLE DE VAZÃO

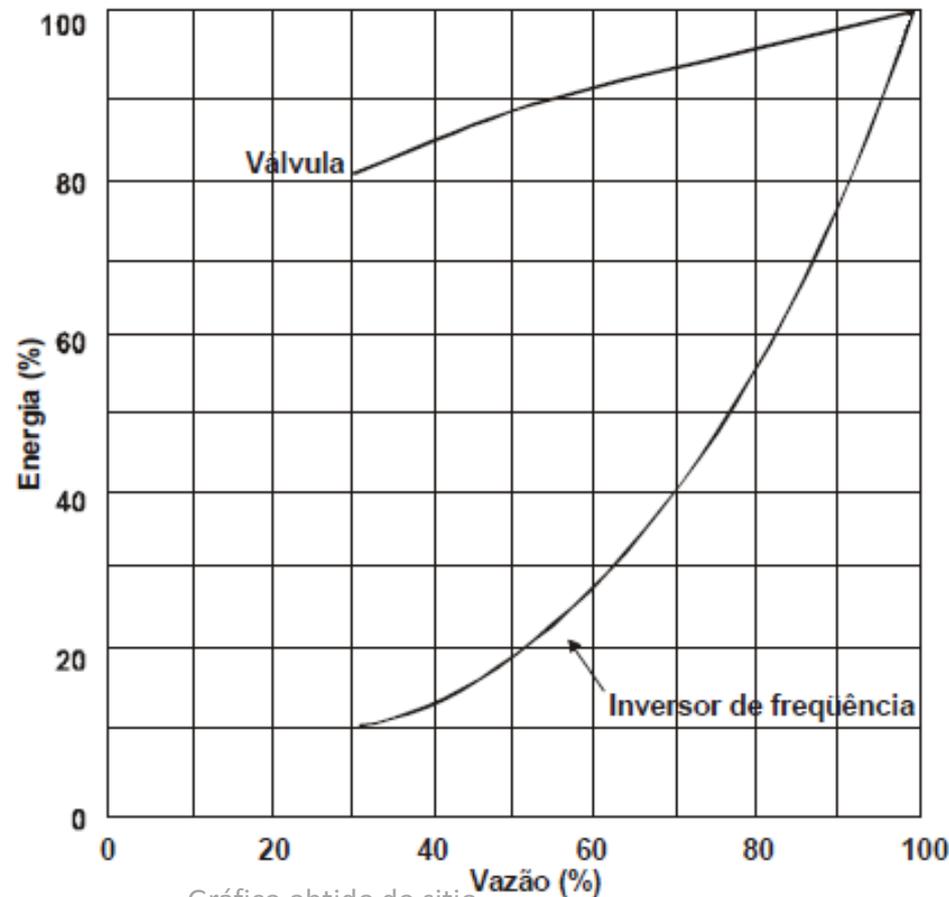


Gráfico obtido do sitio -  
[http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/  
conferencia/VI%20serea%20palestra/p05.pdf](http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/conferencia/VI%20serea%20palestra/p05.pdf)



# PRIMEIRA COLETA DE DADOS

Vazão (L/min)	Frequência (Hz)	Consumo (KW)	Consumo (KW) para f=60 Hz	Economia (KW)
191,3	60	2,00	2,000	0,000
178,0	55	1,60	1,950	0,350
163,9	50	1,20	1,925	0,725
149,8	45	0,90	1,850	0,950
135,2	40	0,65	1,825	1,175
119,5	35	0,45	1,750	1,300
103,7	30	0,30	1,650	1,350
86,9	25	0,20	1,550	1,350
68,1	20	0,15	1,450	1,300



# SEGUNDA COLETA DE DADOS

Vazão (L/min)	Frequência (Hz)	Consumo (KW)	Consumo (KW) para f=60 Hz	Economia (KW)
202,10	60	2,000	2,000	0,000
186,00	55	1,600	2,000	0,400
170,90	50	1,200	1,975	0,775
155,30	45	0,900	1,925	1,025
139,40	40	0,650	1,875	1,225
123,00	35	0,450	1,800	1,350
106,30	30	0,300	1,700	1,400
88,90	25	0,225	1,600	1,375
69,50	20	0,150	1,500	1,350



# TERCEIRA COLETA DE DADOS

Vazão (L/min)	Frequência (Hz)	Consumo (KW)	Consumo (KW) para f=60 Hz	Economia (KW)
203,80	60	2,000	2,000	0,000
187,50	55	1,600	1,925	0,325
171,60	50	1,200	1,875	0,675
156,20	45	0,900	1,800	0,900
141,30	40	0,650	1,750	1,100
123,80	35	0,475	1,700	1,225
106,80	30	0,325	1,600	1,275
89,10	25	0,225	1,500	1,275
69,50	20	0,175	1,400	1,225



# QUARTA COLETA DE DADOS

Vazão (L/min)	Frequência (Hz)	Consumo (KW)	Consumo (KW) para f=60 Hz	Economia (KW)
204,40	60	2,000	2,000	0,000
187,80	55	1,600	1,975	0,375
172,50	50	1,200	1,950	0,750
156,70	45	0,900	1,875	0,975
140,80	40	0,650	1,775	1,125
124,00	35	0,450	1,700	1,250
107,20	30	0,325	1,600	1,275
89,60	25	0,225	1,525	1,300
69,80	20	0,175	1,425	1,250



# QUINTA COLETA DE DADOS

Vazão (L/min)	Frequência (Hz)	Consumo (KW)	Consumo (KW) para f=60 Hz	Economia (KW)
203,30	60	2,000	2,000	0,000
187,10	55	1,600	1,950	0,350
171,40	50	1,200	1,925	0,725
156,10	45	0,900	1,850	0,950
140,20	40	0,650	1,825	1,175
123,50	35	0,450	1,725	1,275
106,60	30	0,325	1,600	1,275
88,80	25	0,225	1,550	1,325
69,50	20	0,175	1,450	1,275



# MÉDIA DA COLETA DE DADOS

Vazão (L/min)	Frequência (Hz)	Consumo (KW)	Consumo (KW) para f=60 Hz	Economia (KW)
200,98	60	2,000	2,000	0,000
185,28	55	1,600	1,960	0,360
170,06	50	1,200	1,930	0,730
154,82	45	0,900	1,860	0,960
139,38	40	0,650	1,810	1,160
122,76	35	0,455	1,735	1,280
106,12	30	0,315	1,630	1,315
88,66	25	0,220	1,545	1,325
69,28	20	0,165	1,445	1,280



# SIMULANDO UMA EMPRESA

Turnos	
Números	Tempo (h)
1	6
2	12
3	18
4	24

Dias por mês
20
24
30



# ENERGIA ECONOMIZADA POR MÊS (KWh/mês)

$E_e = \text{Economia} \times n^\circ \text{ de turnos} \times \text{dias por mês}$

1 turno 20 dias por mês	2 turnos 20 dias por mês	3 turnos 20 dias por mês	4 turnos 20 dias por mês
0	0	0	0
43,2	86,4	129,6	172,8
87,6	175,2	262,8	350,4
115,2	230,4	345,6	460,8
139,2	278,4	417,6	556,8
153,6	307,2	460,8	614,4
157,8	315,6	473,4	631,2
159	318	477	636
153,6	307,2	460,8	614,4



1 turno 24 dias por mês	2 turnos 24 dias por mês	3 turnos 24 dias por mês	4 turnos 24 dias por mês
0	0	0	0
51,84	103,68	155,52	207,36
105,12	210,24	315,36	420,48
138,24	276,48	414,72	552,96
167,04	334,08	501,12	668,16
184,32	368,64	552,96	737,28
189,36	378,72	568,08	757,44
190,8	381,6	572,4	763,2
184,32	368,64	552,96	737,28



1 turno 30 dias por mês	2 turnos 30 dias por mês	3 turnos 30 dias por mês	4 turnos 30 dias por mês
0	0	0	0
64,8	129,6	194,4	259,2
131,4	262,8	394,2	525,6
172,8	345,6	518,4	691,2
208,8	417,6	626,4	835,2
230,4	460,8	691,2	921,6
236,7	473,4	710,1	946,8
238,5	477	715,5	954
230,4	460,8	691,2	921,6



# ENERGIA ECONOMIZADA POR MÊS (R\$/mês)

$E_e = \text{Economia(KWh/mês)} \times \text{preço da energia(R\$/KWh)}$   
 preço da energia=0,29857(R\$/KWh)

1 turno 20 dias por mês	2 turnos 20 dias por mês	3 turnos 20 dias por mês	4 turnos 20 dias por mês
0,0	0,0	0,0	0,0
12,9	25,8	38,7	51,6
26,2	52,3	78,5	104,6
34,4	68,8	103,2	137,6
41,6	83,1	124,7	166,2
45,9	91,7	137,6	183,4
47,1	94,2	141,3	188,5
47,5	94,9	142,4	189,9
45,9	91,7	137,6	183,4



1 turno 24 dias por mês	2 turnos 24 dias por mês	3 turnos 24 dias por mês	4 turnos 24 dias por mês
0,0	0,0	0,0	0,0
15,5	31,0	46,4	61,9
31,4	62,8	94,2	125,5
41,3	82,5	123,8	165,1
49,9	99,7	149,6	199,5
55,0	110,1	165,1	220,1
56,5	113,1	169,6	226,1
57,0	113,9	170,9	227,9
55,0	110,1	165,1	220,1



1 turno 30 dias por mês	2 turnos 30 dias por mês	3 turnos 30 dias por mês	4 turnos 30 dias por mês
0,0	0,0	0,0	0,0
19,3	38,3	57,5	76,7
39,2	77,8	116,6	155,5
51,6	102,3	153,4	204,5
62,3	123,6	185,3	247,1
68,8	136,3	204,5	272,7
70,7	140,1	210,1	280,1
71,2	141,1	211,7	282,3
68,8	136,3	204,5	272,7



# PREÇO DO INVERSOR

Inversor Siemens (R\$)	Inversor Mueller (R\$)	Inversor Weg (R\$)
1300	700	800

## QUANTIDADE DE MESES PARA AMORTIZAR O INVESTIMENTO MÊS

$Q_m = \text{preço do inversor} / \text{economia}$



1 turno 20 dias por mês			2 turnos 20 dias por mês		
Inversor Siemens	Inversor Mueller	Inversor Weg	Inversor Siemens	Inversor Mueller	Inversor Weg
0	0	0	0	0	0
101	54	62	50	27	31
50	27	31	25	13	15
38	20	23	19	10	12
31	17	19	16	8	10
28	15	17	14	8	9
28	15	17	14	7	8
27	15	17	14	7	8
28	15	17	14	8	9



3 turnos 20 dias por mês			4 turnos 20 dias por mês		
Inversor Siemens	Inversor Mueller	Inversor Weg	Inversor Siemens	Inversor Mueller	Inversor Weg
0	0	0	0	0	0
34	18	21	25	14	16
17	9	10	12	7	8
13	7	8	9	5	6
10	6	6	8	4	5
9	5	6	7	4	4
9	5	6	7	4	4
9	5	6	7	4	4
9	5	6	7	4	4



1 turno 24 dias por mês			2 turnos 24 dias por mês		
Inversor Siemens	Inversor Mueller	Inversor Weg	Inversor Siemens	Inversor Mueller	Inversor Weg
0	0	0	0	0	0
84	45	52	42	23	26
41	22	25	21	11	13
31	17	19	16	8	10
26	14	16	13	7	8
24	13	15	12	6	7
23	12	14	11	6	7
23	12	14	11	6	7
24	13	15	12	6	7



3 turnos 24 dias por mês			4 turnos 24 dias por mês		
Inversor Siemens	Inversor Mueller	Inversor Weg	Inversor Siemens	Inversor Mueller	Inversor Weg
0	0	0	0	0	0
28	15	17	21	11	13
14	7	8	10	6	6
10	6	6	8	4	5
9	5	5	7	4	4
8	4	5	6	3	4
8	4	5	6	3	4
8	4	5	6	3	4
8	4	5	6	3	4



1 turno 30 dias por mês			2 turnos 30 dias por mês		
Inversor Siemens	Inversor Mueller	Inversor Weg	Inversor Siemens	Inversor Mueller	Inversor Weg
0	0	0	0	0	0
67	36	41	34	18	21
33	18	20	17	9	10
25	14	16	13	7	8
21	11	13	11	6	6
19	10	12	10	5	6
18	10	11	9	5	6
18	10	11	9	5	6
19	10	12	10	5	6



3 turnos 30 dias por mês			4 turnos 30 dias por mês		
Inversor Siemens	Inversor Mueller	Inversor Weg	Inversor Siemens	Inversor Mueller	Inversor Weg
0	0	0	0	0	0
23	12	14	17	9	10
11	6	7	8	5	5
8	5	5	6	3	4
7	4	4	5	3	3
6	3	4	5	3	3
6	3	4	5	2	3
6	3	4	5	2	3
6	3	4	5	3	3



# CONSIDERANDO O DINHEIRO RENDENDO JUROS REFERENTE A DE UMA POUPANÇA

Economia de 100 R\$/mês  
Inversor da marca Siemens que custa 1300 reais

Sem considerar o dinheiro rendendo o tempo de amortização do investimento é de 13 meses

Considerando juros de 0,5% (valor referente ao juros que rende uma poupança) ao mês este tempo aumenta



Final do Período	Antes do pagamento	Valor da Parcela	Juros	Amortização	Depois do Pagamento
<b>0</b>	1300,00	0	0	0	13000,00
<b>1</b>	1306,50	100	6,500	93,50	1206,50
<b>2</b>	1212,53	100	6,033	93,97	1112,53
<b>3</b>	1118,10	100	5,563	94,44	1018,10
<b>4</b>	1023,19	100	5,090	94,91	923,19
<b>5</b>	927,80	100	4,616	95,38	827,80
<b>6</b>	831,94	100	4,139	95,86	731,94
<b>7</b>	735,60	100	3,660	96,34	635,60
<b>8</b>	638,78	100	3,178	96,82	538,78
<b>9</b>	541,47	100	2,694	97,31	441,47
<b>10</b>	443,68	100	2,207	97,79	343,68
<b>11</b>	345,40	100	1,718	98,28	245,40
<b>12</b>	246,62	100	1,227	98,77	146,62
<b>13</b>	147,36	100	0,733	99,27	<b>47,36</b>
<b>14</b>	47,59	100	0,237	99,76	-52,41



# BIBLIOGRAFIA

[http://www.bandeirante.com.br/energia/utilidades/informacoes\\_comerciais/pdf/Tarifas\\_Fornecimento\\_Energia\\_Eletrica\\_outubro\\_2008\\_grupo\\_B.pdf](http://www.bandeirante.com.br/energia/utilidades/informacoes_comerciais/pdf/Tarifas_Fornecimento_Energia_Eletrica_outubro_2008_grupo_B.pdf)

•<http://oglobo.globo.com/economia/indicadores/>

•Gráfico retirada do sitio "Escola da vida" –  
[http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento\\_12009/aulas\\_12009/Nona\\_aula.pdf](http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento_12009/aulas_12009/Nona_aula.pdf)

•Gráfico obtido do sitio -  
<http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/conferencia/VI%20serea%20palestra/p05.pdf>

