

6 Simulação de tarifas de energia elétrica

Concluída a construção da ferramenta computacional, foi possível realizar as simulações utilizando as funcionalidades para a qual esta foi desenhada. Os estágios são: a) Comparação das tarifas (sem e com imposto), b) Comparação dos faturamentos (interconcessionárias e interenquadramentos tarifários) e d) Comparação dos enquadramentos tarifários num horizonte de um ano.

6.1. Tarifas sem imposto

Num primeiro momento foi realizada a comparação das tarifas das seis concessionárias selecionadas para fundamentar este estudo (LIGHT, AMPLA, ELETROPAULO, CPFL, CEMIG, ELEKTRO). Essas são as concessionárias que fornecem serviços elétricos em alta tensão para o grupo A, objeto deste estudo.

As Tabelas 21, 22 e 23 mostram os resultados das comparações das tarifas homologadas pela ANEEL livres das alíquotas de tributos impostos pela legislação do setor elétrico nas três estruturas tarifárias existentes (TCV, THA e THV). O resultado apresentado é da comparação das tarifas aplicadas pela concessionária LIGHT com as tarifas das outras concessionárias restantes. Foi também possível realizar comparações com os dados praticados por cada uma das seis concessionárias selecionadas.

Tabela 21 - Comparação de tarifas elétricas sem imposto: THA

	A-4						A-S					
	Demanda R\$/KW		Energia R\$/MWh				Demanda R\$/KW		Energia R\$/MWh			
	Ponta	Fora Ponta	Ponta		Fora ponta		Ponta	Fora Ponta	Ponta		Fora ponta	
			Seca	Úmida	Seca	Úmida			Seca	Úmida	Seca	Úmida
LIGHT	100.0	100.0	100.	100.0	100.0	100.0	100.0	100.	100.0	100.	100.0	
CEMIG	103.5	112.2	118.	117.6	115.1	114.2	98.0	115.4	118.	118.3	115.	115.1
ELEKTRO	102.1	91.7	91.2	91.1	90.6	90.5	96.5	94.3	91.7	91.6	91.2	91.1
CPFL	101.3	83.3	94.3	94.6	95.8	96.1						
ELETROPAULO	74.1	67.8	110.	109.6	108.3	107.3	70.0	69.8	110.	110.3	109.	108.6
AMPLA	111.7	148.0	97.2	97.1	96.8	96.6						

Tabela 22 - Comparação de tarifas elétricas sem imposto: THV

	A-4					A-S				
	Demanda R\$/KW	Energia R\$/MWh				Demanda R\$/KW	Energia R\$/MWh			
		Ponta		Fora Ponta			Ponta		Fora Ponta	
		Seca	Úmida	Seca	Úmida		Seca	Úmida	Seca	Úmida
LIGHT	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
CEMIG	112.2	106.3	106.0	115.0	114.2	115.4	105.7	105.4	115.8	115.1
ELEKTRO	91.7	99.9	100.1	90.6	90.5	94.3	99.4	99.5	91.2	91.1
CPFL	83.3	100.0	100.1	95.8	96.1					
ELETRO	67.8	81.2	80.6	108.3	107.8	69.8	80.9	80.1	109.0	108.6
AMPLA	148.0	108.8	109.0	96.8	96.6					

Tabela 23 - Comparação de tarifas elétricas sem imposto: TCV

	A4		A-S	
	Demanda R\$/KW	CONSUMO R\$/MWh	Demanda R\$/KW	CONSUMO R\$/MWh
LIGHT	100.0	100.0	100.0	100.0
CEMIG	112.4	112.3	112.4	112.8
ELEKTRO	89.2	96.1	89.3	96.5
CPFL	117.2	87.8		
ELETRO PAULO	65.8	108.5	65.7	108.9
AMPLA	133.2	94.6		

6.2. Tarifas com imposto

Cada concessionária trabalha com critérios específicos para a aplicação das alíquotas dos tributos (ICMS), de acordo com a faixa de demanda. Por essa razão os resultados das comparações apresentarem diferenças. Nas Tabelas 24, 25 e 26 são mostrados os resultados das comparações das tarifas aprovadas pela Aneel, incluindo as alíquotas dos tributos (ICMS, PIS e COFINS). Os valores aplicados resultam da legislação que o setor elétrico impõe nas três estruturas tarifárias (THA, THV e TCV) utilizando o algoritmo da relação (5.31). Ou seja, tal qual no caso anterior, que ilustra apenas a comparação das tarifas da LIGHT com as tarifas das outras distribuidoras (Tarifas LIGHT = 100).

Tabela 24 - Comparação de tarifas elétricas com imposto: THA

	A-4						A-S					
	Demanda		Energia R\$/MWh				Demanda		Energia R\$/MWh			
	Ponta	Fora Ponta	Ponta		Fora ponta		Ponta	Fora Ponta	Ponta		Fora ponta	
			Seca	Úmida	Seca	Úmid			Seca	Úmid		
LIGHT	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
CEMIG	101.9	110.5	116.4	115.9	113.3	112.5	96.5	113.7	117.1	116.5	114.1	113.4
ELEKTRO	101.3	91.0	90.5	90.4	89.9	89.8	95.7	93.5	91.0	90.9	90.5	90.4
CPFL	100.0	82.2	93.1	93.3	94.5	94.9						
ELETROPAULO	72.5	66.3	107.55	107.3	105.8	105.4	68.5	68.3	108.1	107.8	106.5	106.2
AMPLA	110.9	147.0	96.5	96.4	96.1	96.0						

Tabela 25 - Comparação de tarifas elétricas com imposto: THV

	A-4						A-S			
	Demanda R\$/KW	Energia R\$/MWh				Demanda R\$/KW	Energia R\$/MWh			
		Ponta		Fora Ponta			Ponta		Fora Ponta	
		Seca	Úmida	Seca	Úmida		Seca	Úmida	Seca	Úmida
LIGHT	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
CEMIG	110.5	104.8	104.5	113.3	112.5	113.7	104.2	103.8	114.1	113.4
ELEKTRO	91.0	99.2	99.3	89.9	89.8	93.5	98.6	98.7	90.5	90.4
CPFL	82.2	98.7	98.8	94.5	94.9					
ELETRO PAULO	66.3	79.4	78.8	105.9	105.4	68.3	78.9	78.3	106.6	106.2
AMPLA	147.0	108.1	108.3	96.1	96.0					

Tabela 26 - Comparação de tarifas elétricas com imposto: TCv

	A4		A-S	
	Demanda R\$/KW	Consumo R\$/MWh	Demanda R\$/KW	Consumo R\$/MWh
LIGHT	100.0	100.0	100.0	100.0
CEMIG	110.7	110.6	110.8	111.1
ELEKTRO	88.6	95.4	88.6	95.8
CPFL	115.7	86.7		
ELETRO PAULO	64.3	106.1	64.3	106.5
AMPLA	132.3	94.0		

Por meio de cálculos relativamente simples³⁵, pode-se determinar qual é o impacto dos tributos na tarifa impostas aos usuários. Na Tabela 25 é mostrado que o impacto é diferente para cada uma das concessionárias, cabendo às concessionárias do estado do Rio de Janeiro (AMPLA e LIGHT) o maior incremento percentual (superior a 50%).

Tabela 27 - Impacto dos tributos na tarifa

	A-4					
	Demanda R\$/KW		Energia R\$/MWh			
	Ponta	Fora Ponta	Ponta		Fora ponta	
			Seca	Úmida	Seca	Úmida
LIGHT	53.6%	53.6%	53.6%	53.6%	53.6%	53.6%
CEMIG	29.5%	29.5%	29.5%	29.5%	29.5%	29.5%
ELEKTRO	43.5%	43.5%	43.5%	43.5%	43.5%	43.5%
CPFL	42.6%	42.6%	42.6%	42.6%	42.6%	42.6%
ELETROPAULO	41.2%	41.2%	41.2%	41.2%	41.2%	41.2%
AMPLA	54.8%	54.8%	54.8%	54.8%	54.8%	54.8%

6.3. Comparação entre faturamentos

Para um mês qualquer do ano, as figuras 25 a 30, e as tabelas a elas associadas, mostram os resultados das simulações dos faturamentos mensais das concessionárias estudadas ilustrando o valor que um consumidor do grupo A deveria pagar caso fosse cliente de cada uma das seis distribuidoras do estudo, nos três enquadramentos tarifários (THA, THV e TCV). Estes resultados são baseados nas tarifas incluindo as alíquotas dos tributos (ICMS, PIS, COFINS) para os níveis de tensão A4 e AS. Sendo simulações sucessivas, para cada concessionária é ajustado um modelo linear, cuja variável dependente é o faturamento (R\$/MWh) e a variável independente o consumo (MWh). Os parâmetros estimados destas regressões são mostrados nas respectivas tabelas. Em particular, o parâmetro da tendência de uma estimativa requer o valor do incremento do faturamento mensal com o aumento do consumo de energia.

³⁵ A formula $x = (B/A - 1) \times 100$ é o algoritmo que permite calcular a percentagem de incremento de A à B onde $B = A + x\%$ de A

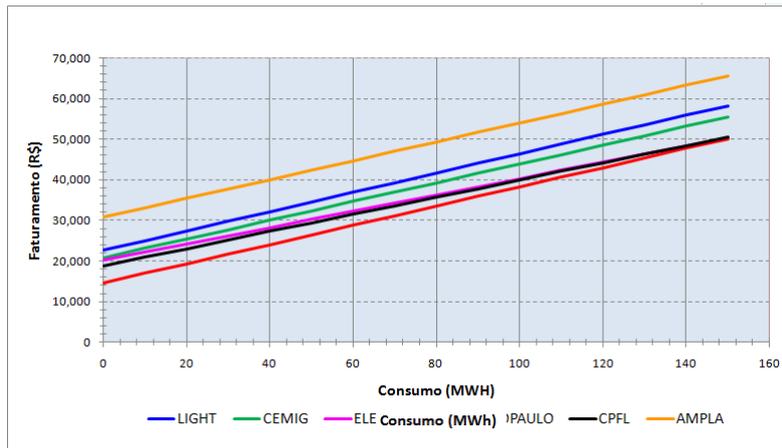


Figura 25 - Simulação do faturamento: (Demanda: 1000 kW; THA; Tensão: Nível A4)

Tabela 28 - Ajuste da regressão linear (Tarifa: THS Azul; Tensão: A4)

Concessionária	LIGHT kWh	CEMIG kWh	ELEKTRO kWh	CPFL kWh	ELETRO PAULO kWh	AMPLA kWh
Tendência (Coef. angular)	237,65	230,94	201,30	211,00	236,83	231,71
Intercepto (Coef. linear)	22.635,83	20.808,06	20.169,15	18.858,02	14.575,67	30.792,61
Tendência Máxima	237,65					
Tendência Mínima			201,30			

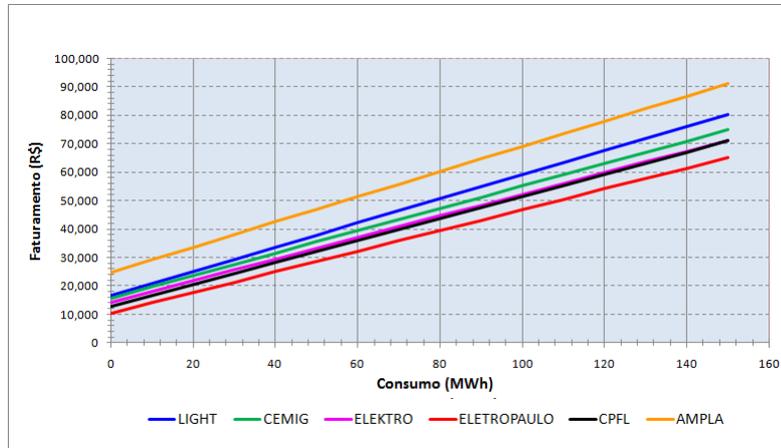


Figura 26 - Simulação do faturamento: (Demanda: 1000 kW; THV; Tensão: Nível A4)

Tabela 29 - Ajuste da regressão linear (THS Verde – A4)

Concessionária	LIGHT kWh	CEMIG kWh	ELEKTRO kWh	CPFL kWh	ELETRO PAULO kWh	AMPLA kWh
Tendência (Coef. angular)	424,91	394,24	379,81	387,19	364,43	442,34
Intercepto (Coef. linear)	16.653,77	15.744,01	14.265,33	12.881,08	10.378,41	24.824,45
Tendência Máxima						442,34
Tendência Mínima					364,43	

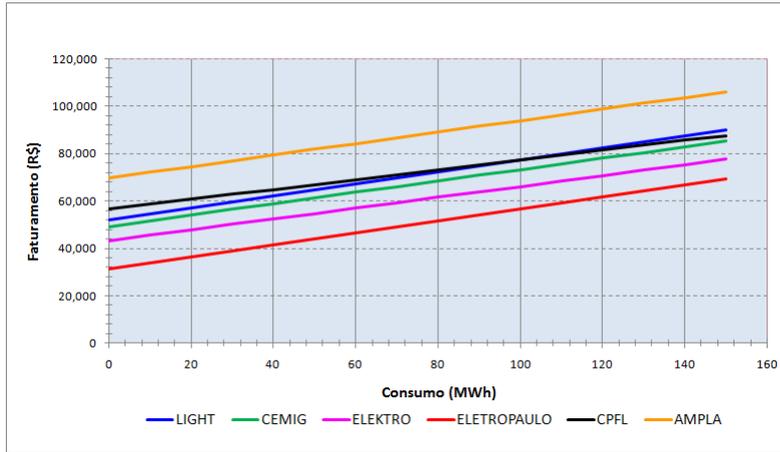


Figura 27 - Simulação do faturamento: (Demanda: 1000 kW; TCV; Tensão: Nível A4)

Tabela 30 - Ajuste da regressão linear (Tarifa Convencional – A4)

Concessionária	LIGHT kWh	CEMIG kWh	ELEKTRO kWh	CPFL kWh	ELETRO PAULO kWh	AMPLA kWh
Tendência (Coef. angular)	254,00	240,36	228,09	207,14	253,25	242,15
Intercepto (Coef. linear)	51.989,25	49.251,83	43.341,34	56.574,05	31.431,76	69.752,98
Tendência Máxima	254,00					
Tendência Mínima				207,14		

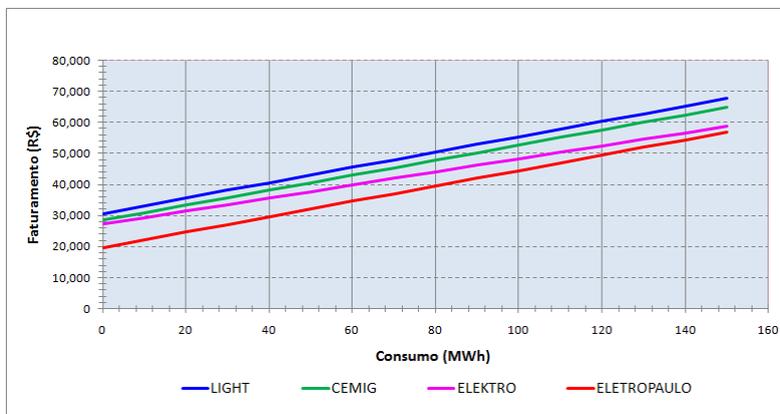


Figura 28 - Simulação do faturamento: (Demanda: 1000 kW; THA; Tensão: Nível AS)

Tabela 31 - Ajuste da regressão linear (THA – Tensão AS)

Concessionária	LIGHT kWh	CEMIG kWh	ELEKTRO kWh	ELETRO PAULO kWh
Tendência (Coef. angular)	247,08	241,71	210,68	247,84
Intercepto (Coef. linear)	30.670,81	28.518,22	27.187,00	19.703,10
Tendência Máxima				247,84
Tendência Mínima			210,68	

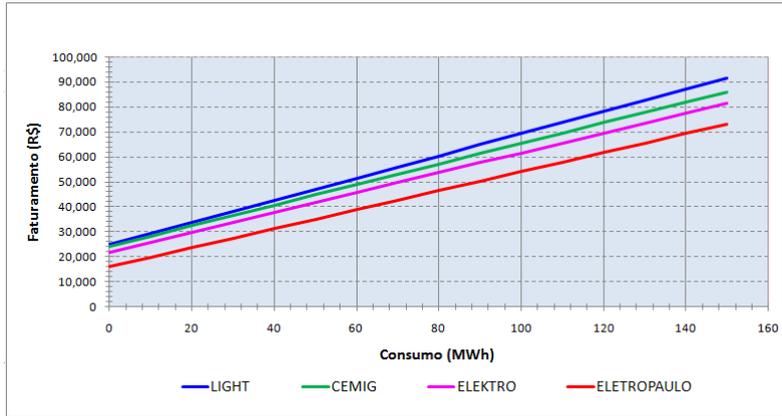


Figura 29 - Simulação do faturamento: (Demanda: 1000 kW; THV; Tensão: Nível AS)

Tabela 32 - Ajuste da regressão linear (THS Verde – AS)

Concessionária	LIGHT kWh	CEMIG kWh	ELEKTRO kWh	ELETRO PAULO kWh
Tendência (Coef. angular)	444,73	412,59	397,49	381,37
Intercepto (Coef. linear)	24.857,74	24.172,76	21.885,94	15.955,93
Tendência Máxima	444,73			
Tendência Mínima				381,37

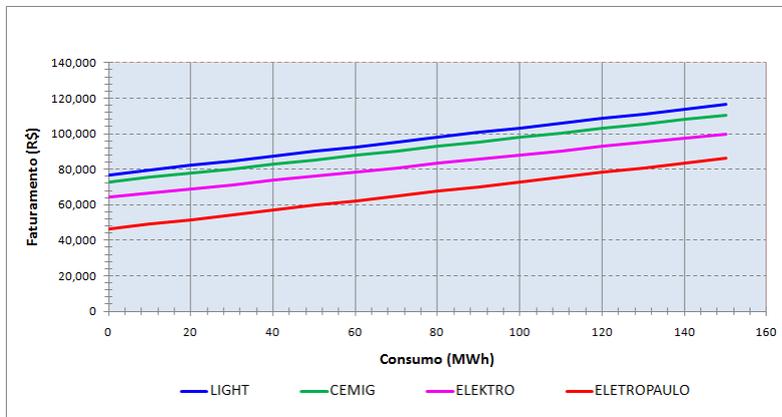


Figura 30 - Simulação do faturamento: (Demanda: 1000 kW; TCV; Tensão: Nível AS)

Tabela 33 - Ajuste da regressão linear (Tarifa Convencional – AS)

Concessionária	LIGHT kWh	CEMIG kWh	ELEKTRO kWh	ELETRO PAULO kWh
Tendência (Coef. angular)	264,74	251,58	238,74	265,02
Intercepto (Coef. linear)	76.831,63	72.803,12	64.093,51	46.399,27
Tendência Máxima				265,02
Tendência Mínima			238,74	

6.4. Comparação dos faturamentos por estrutura tarifária

Referindo-se às três estruturas tarifárias (TCV, THA e THV), os próximos gráficos e tabelas mostram os resultados das simulações que comparam os enquadramentos tarifários para cada uma das concessionárias. Os resultados são apresentados de forma dinâmica, visto que um enquadramento tarifário é a melhor opção até uma dada faixa de consumo. Entretanto, podem mudar a partir daí. As tabelas anexas a cada figura documentam informações mais detalhadas da simulação, incluindo os parâmetros de cada modelo tarifário identificando os coeficientes angulares β mínimos e máximos, além da comparação de pares de enquadramentos tarifários, indicando os pontos críticos.

Cabe observar que as interseções das retas ajustadas para os três enquadramentos tarifários podem acontecer na região de consumo negativo (o que é inviável), como é o caso da interseção convencional x azul da figura 31, que ocorre para um consumo hipotético de -1.795,68 MWh.

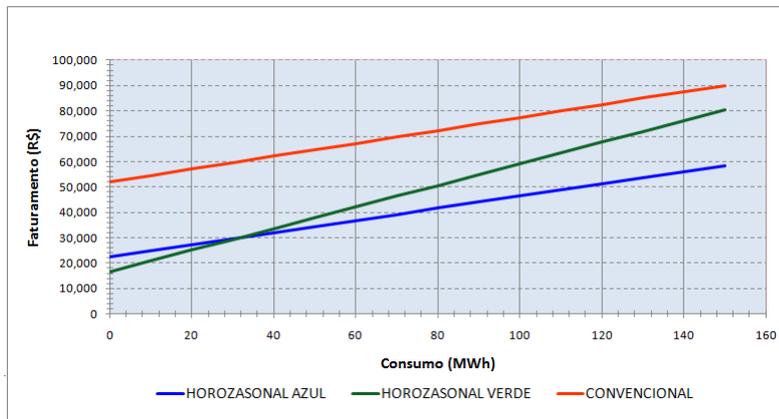


Figura 31- Simulação do faturamento da LIGHT para três tarifas: Demanda 1000 kW – Nível A4

Tabela 34 - Ajuste da regressão linear (LIGHT – A4)

Concessionária	Horosazonal Azul	Horosazonal Verde	Convencional
Tendência	237,65	424,91	254,00
Intercepto	22.635,83	16.653,77	51.989,25
Tendência Máxima		424,91	
Tendência Mínima	237,65		
PONTOS CRITICOS		Consumo (MWh)	Faturamento (R\$/MWh)
	TH Azul vs TH Verde	31,95	30.227,95
	TH Azul vs. T Conv.	-1.795,68	-404.115,32
	TH Verde vs. T Conv.	206,75	104.504,15

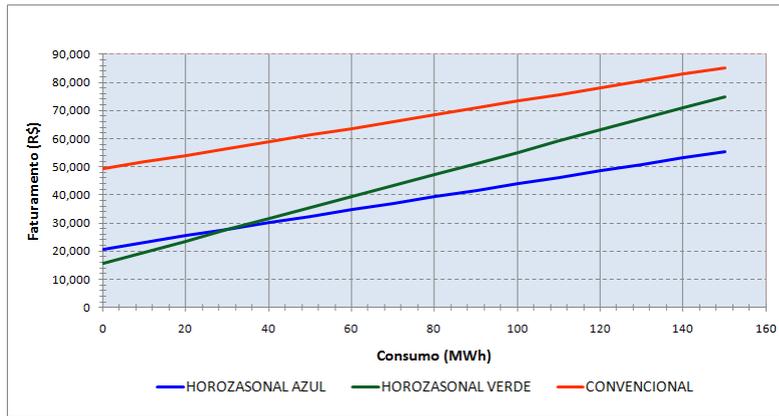


Figura 32 - Simulação do faturamento da CEMIG para três tarifas: Demanda 1000 kW – Nível A4

Tabela 35 - Ajuste da regressão linear (CEMIG – A4)

Concessionária	Horosazonal Azul	Horosazonal Verde	Convencional
Tendência	230,94	394,24	240,36
Intercepto	20.808,06	15.744,01	49.251,83
Tendência Máxima		394,24	
Tendência Mínima	230,94		
		Consumo (MWh)	Faturamento (R\$/MWh)
PONTOS CRITICOS	TH Azul vs. TH Verde	31,01	27.970,01
	TH Azul vs. T Conv.	-3.021,88	-677.072,54
	TH Verde vs. T Conv.	217,75	101.589,41

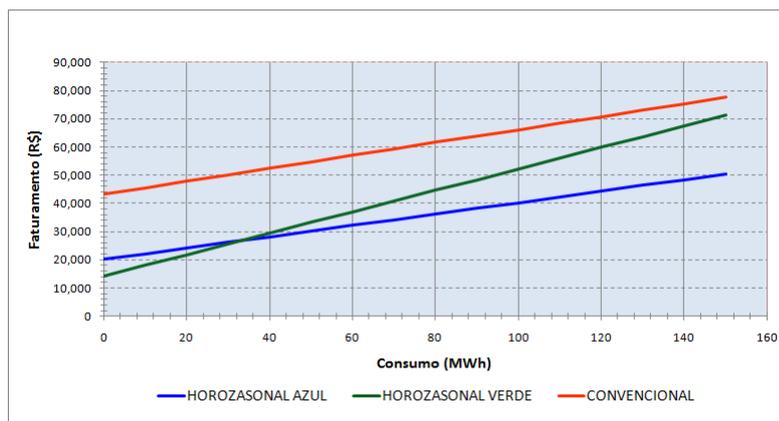


Figura 33 - Simulação do faturamento da ELEKTRO para três tarifas: Demanda 1000 kW – Nível A4

Tabela 36 - Ajuste da regressão linear (ELEKTRO – A4)

Concessionária	Horosazonal Azul	Horosazonal Verde	Convencional
Tendência	201,30	379,81	228,09
Intercepto	20.169,15	14.265,33	43.341,34
Tendência Máxima		379,81	
Tendência Mínima	201,30		
		Consumo (MWh)	Faturamento (R\$/MWh)
PONTOS CRITICOS	TH Azul vs. TH Verde	33,07	26.826,78
	TH Azul vs. T Conv.	-865,14	-153.985,48
	TH Verde vs. T Conv.	191,64	87.050,88

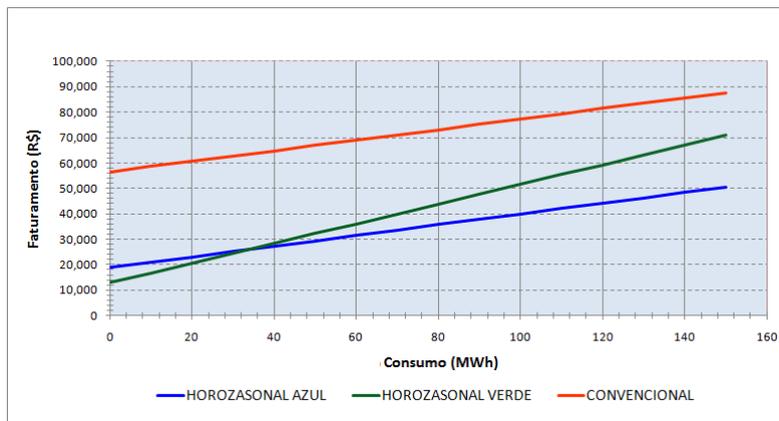


Figura 34 - Simulação do faturamento da CPFL para três tarifas: Demanda 1000 kW – Nível A4

Tabela 37 - Ajuste da regressão linear (CPFL – A4)

Concessionária	Horosazonal Azul	Horosazonal Verde	Convencional
Tendência	211,00	387,19	207,14
Intercepto	18.858,02	12.881,08	56.574,05
Tendência Máxima		387,19	
Tendência Mínima			207,14
		Consumo (MWh)	Faturamento (R\$/MWh)
PONTOS CRITICOS	TH Azul vs. TH Verde	33,92	26.015,69
	TH Azul vs. T Conv.	9.767,72	2.079.846,30
	TH Verde vs. T Conv.	242,67	106.839,45

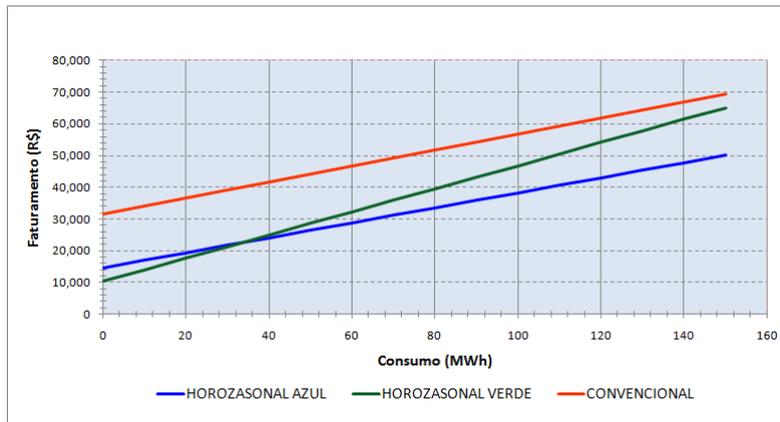


Figura 35 - Simulação do faturamento da ELETROPAULO para três tarifas: Demanda 1000 kW – Nível A4

Tabela 38 - Ajuste da regressão linear (ELETROPAULO – A4)

Concessionária	Horosazonal Azul	Horosazonal Verde	Convencional
Tendência	236,83	364,43	253,25
Intercepto	14.575,67	10.378,41	31.431,76
Tendência Máxima		364,43	
Tendência Mínima	236,83		
		Consumo (MWh)	Faturamento (R\$/MWh)
PONTOS CRITICOS	TH Azul vs. TH Verde	32,89	22.365,65
	TH Azul vs. T Conv.	-1.026,59	-228.548,79
	TH Verde vs. T Conv.	189,36	79.385,77

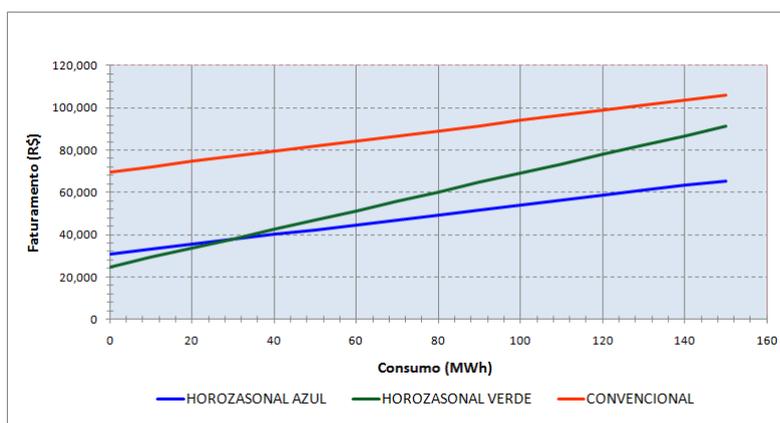


Figura 36 - Simulação do faturamento da AMPLA para três tarifas: Demanda 1000 kW – Nível A4

Tabela 39 - Ajuste da regressão linear (AMPLA – A4)

Concessionária	Horosazonal Azul	Horosazonal Verde	Convencional
Tendência	231,71	442,34	242,15
Intercepto	30.792,61	24.824,45	69.752,98
Tendência Máxima		442,34	
Tendência Mínima			242,15
		Consumo (MWh)	Faturamento (R\$/MWh)
PONTOS CRITICOS	TH Azul vs. TH Verde	28,33	37.358,00
	TH Azul vs. T Conv.	-3.732,96	-834.170,56
	TH Verde vs. T Conv.	224,42	124.096,52

6.5.

Comparação entre faturamentos num período de doze meses

Esta funcionalidade do simulador permite comparar os faturamentos de um consumidor específico que corresponde ao grupo A e que está enquadrado numa das três estruturas tarifárias (Horosazonal Azul, Horosazonal Verde e convencional). A utilidade fica no critério de escolha do enquadramento mais econômico, ou seja, esta opção permite comparar qual é o faturamento total no médio prazo a cada período de um ano. Similarmente aos outros enquadramentos, se o novo enquadramento resultar no menor, fica no mesmo, no caso contrario pode ter a opção de escolha nas outras opções.

A seguir se apresenta o caso de um consumidor em alta tensão enquadrado na Tarifa Horosazonal Azul. Na Tabela 40, é caracterizada a demanda de potência que consta do contrato celebrado com a concessionária, que especifica o incremento de 10% que resulta do cálculo de demanda de ultrapassagem.

Tabela 40 - Demanda de potência solicitada pelo consumidor

Demanda Contratada (DC)	KW	110%(DC)
Fora Ponta	1.400	1.540
Ponta	1.000	1.100

Para um determinado consumidor, os impostos são aplicados conforme a Tabela 41, que enquadra o consumidor de alta tensão cobrando-lhe embutido na tarifa o valor do ICMS (considerado na faixa máxima superior a 300 kWh) e o PIS e COFINS (considerados como a alíquota média de um ano).

Tabela 41 - Impostos aplicados ao consumo e à demanda

Imposto	0 a 300 KWh/mês	>300 KWh/mês
ICMS	19.00%	30.00%
PIS	1.55%	1.55%
COFINS	6.99%	6.99%
TOTAL	27.54%	38.54%

Os dados da tabela 42 resumem medições realizadas pela LIGHT aqui utilizadas para ilustrar uma comparação entre diferentes tarifas aplicadas (TCV, THA e THV). Esses dados referem-se a medições reais de consumo (kWh) e de demanda (kW). Fazendo uso do modelo matemático definido pelas equações (5.38), (5.39) e (5.40), pode-se calcular os faturamentos para cada uma das três tarifas.

Tabela 42 - Medições realizadas pela LIGHT na alta tensão

Consumo (kWh)		Demanda lida (kW)		Demanda faturada (kW)		Demanda de ultrapassagem (kW)	
FP	P	FP	P	FP	P	FP	P
507486	36070	1512	1056.72	1512	1056.72	0	0
514080	33272	1661.52	1038.24	1400	1038.24	261.52	0
558012	37359	1661.52	1048.32	1400	1048.32	261.52	0
491400	33311	1580.88	1009.68	1400	1009.68	180.88	0
504378	34663	1634.64	986.16	1400	1000	234.64	0
437094	27078	1466.64	871.92	1466.64	1000	0	0
484176	34356	1399.44	876.96	1400	1000	0	0
456876	32438	1470	860.16	1470	1000	0	0
464058	29737	1386	657	1400	1000	0	0
456960	34619	1359.12	940.8	1400	1000	0	0
406560	27502	1266.72	658.56	1400	1000	0	0
399420	24280	1159.2	762.72	1400	1000	0	0

A tabela a seguir caracteriza as tarifas a serem aplicadas em cada enquadramento e posto tarifário, incluídos os tributos, além da tarifa média, aplicando o ponderador β (taxa de período seco), devido a serem calculados meses do período seco e período úmido.

Tabela 43 - Impacto dos tributos na tarifa

Enquadramento Tarifário	Posto tarifário	Tarifa Sem Tributos	Tarifa Com ICMS PIS e COFINS	Tarifa Média $\beta S + (1-\beta)U$ (*)
Convencional	Consumo (R\$/kWh)	0.1653	0.2282	0.2282
	Demanda (R\$/kW)	33.8400	46.7016	46.7016
THS Verde	Consumo FP Seco (R\$/kWh)	0.1496	0.2065	0.1991
	Consumo FP Úmido (R\$/kWh)	0.1367	0.1887	0.1991
	Consumo Ponta Seco (R\$/kWh)	1.2122	1.6729	1.6601
	Consumo Ponta Úmido (R\$/kWh)	1.1899	1.6422	1.6601
	Demanda (R\$/kW)	10.8400	14.9600	14.9600
THS Azul	Consumo FP Seco (R\$/kWh)	0.1496	0.2065	0.1991
	Consumo FP Úmido (R\$/kWh)	0.1367	0.1887	0.1991
	Consumo Ponta Seco (R\$/kWh)	0.2371	0.3272	0.3144
	Consumo Ponta Úmido (R\$/kWh)	0.2149	0.2965	0.3144
	Demanda FP (R\$/kW)	10.8400	14.9600	14.9600
	Demanda Ponta (R\$/kW)	41.9900	57.9492	57.9492

(*) U: Período úmido S: Período seco

Como resultado (output) da simulação, obtém-se a tabelas 42, na qual pode ser observado que o consumidor do caso estudado encontra-se entre as alternativas Horosazonal Verde e Convencional, muito embora possa ele optar pela tarifa Horosazonal Verde por ser a mais econômica.

Tabela 44 - Faturamento em função da tarifa

Tarifa Convencional	R\$ 2.311.572,76
Tarifa Horosazonal Verde	R\$ 2.066.573,93
Tarifa Horosazonal Azul	R\$ 2.253.165,34

Os dados acima confirmam que a tarifa mais econômica é a tarifa Horosazonal Verde, ilustrada na figura 37.

Tabela 45 - Output da melhor opção

Melhor Opção	
Modelo	THS Verde
Valor	R\$ 2.066.573,93

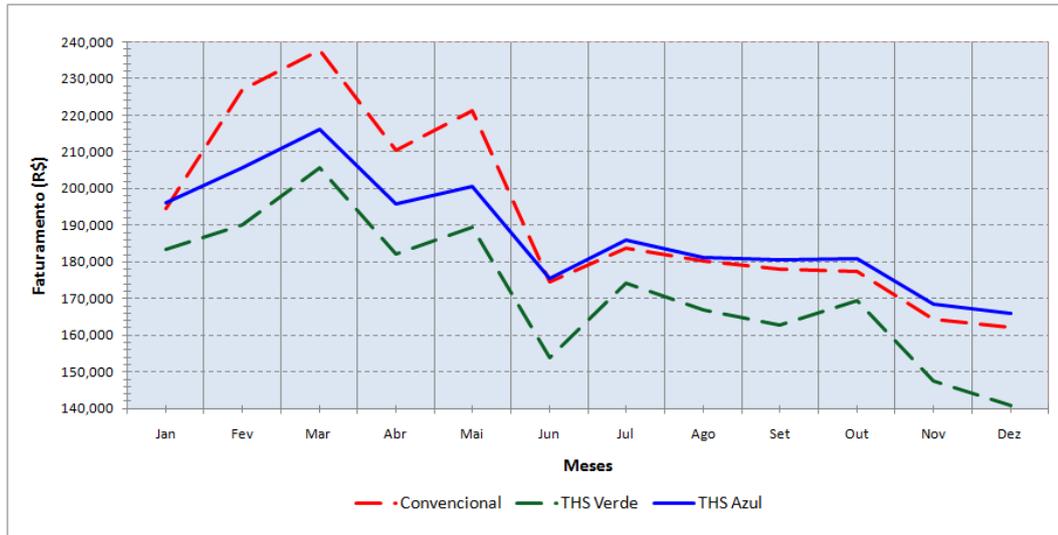


Figura 37 - Histórico de faturamento na alta tensão para três tarifas