

IMPLICAÇÕES DA NOVA NORMA BRASILEIRA PARA LÂMPADAS INCANDESCENTES (NBR IEC-64:1997)

CESAR JOSÉ BONJUANI PAGAN

Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da UNICAMP
Campinas 13081-970 SP
e-mail: pagan@fee.unicamp.br, URL: <http://www.dmcsci.fee.unicamp.br/~pagan>

GILBERTO DE MARTINO JANNUZZI

Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP
C.P. 6122
Campinas 13083-970 SP
e-mail: jannuzzi@fem.unicamp.br, URL: <http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi>

RESUMO

Recentemente entrou em vigor no Brasil a nova norma técnica para fabricação de lâmpadas incandescentes, na qual não estão incluídas tensões acima de *120 Volts* para serviço na baixa tensão secundária. Este trabalho analisa as conseqüências dessa mudança a partir do ponto de vista dos Consumidores, para o Setor Elétrico e para a economia do País, e conclui que há desvantagens econômicas em praticamente todas as situações analisadas, através da comparação entre cenários que incluem tensões de projeto de *120* e de *127 Volts*.

INTRODUÇÃO

As lâmpadas incandescentes são a forma predominante de prover iluminação para os mais de 33 milhões de consumidores residenciais do Brasil. Pouco eficientes do ponto de vista da conversão de energia elétrica em luz visível - apenas 6% da energia consumida serve para iluminar - essas cargas entram no sistema elétrico preferencialmente no horário de pico de demanda. Em média, estima-se que em torno de 10% da energia consumida no país, passe pelo filamento de uma lâmpada incandescente, razão pela qual qualquer alteração de potência no projeto das lâmpadas incandescentes fabricadas no país tem reflexos importantes sobre a demanda de energia elétrica.

Em janeiro de 1997 entrou em vigor no Brasil a nova norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para lâmpadas incandescentes, a NBR IEC-64. Nenhuma novidade foi introduzida em termos de potências e da vida das lâmpadas, que continuaram tendo os mesmos valores nominais. Porém, as tensões de projeto mudaram: Foram retiradas da nova norma as lâmpadas de *127 Volts*. Em seu lugar, as indústrias de iluminação - que participaram da elaboração da nova norma - passaram a fabricar lâmpadas de *120 Volts*, por considerar esta tensão mais próxima da tensão média encontrada nos pontos de consumo.

De fato, a tensão nominal de uma lâmpada é apenas um valor de referência. Serve para especificar as características que se deve esperar de uma lâmpada quando ligada a aquela tensão. Uma mesma lâmpada pode ser adequadamente especificada como *120 Volts/60 Watts* ou *127 Volts/65 Watts*. São designações equivalentes. As outras características da lâmpada também mudam, e foi o que na prática ocorreu com a retirada das lâmpadas de *127 Volts* do mercado nacional.

Cada lâmpada incandescente com tensão de projeto de *120 Volts* consome 9,1% a mais de energia, é 54% menos durável e brilha 21% a mais do que outra de *127 Volts*, para as mesmas condições de tensão aplicada. Por conta do tamanho dos números, as conseqüências para o país dessa mudança no consumo das lâmpadas foram dramáticas. Supondo que nenhuma mudança de hábitos de consumo tenha ocorrido por conta do uso de lâmpadas de *120 Volts*, a nova norma traz como conseqüência um aumento de 0,44% na demanda de energia elétrica total do país, um excedente que requer investimentos superiores a meio bilhão de reais para ser suprido. Para os consumidores, a energia em excesso tem custado aproximadamente R\$ 100 milhões por ano, além do consumo adicional de lâmpadas incandescentes.

Este artigo avalia as conseqüências para o País, para os Consumidores e para o Setor Elétrico, da entrada das lâmpadas de *120 Volts* no lugar das de *127 Volts* concentrando a atenção nas regiões atendidas por *127 Volts* e enfatiza a necessidade de uma legislação eficiente que regulamente não só a produção de lâmpadas incandescentes, como de outros dispositivos eletro-eletrônicos de consumo em massa.

Norma	Característica	Valor Nominal	Tensão Aplicada (Volts)					
			106	115	121	116	127	132
20 V/60 W ‡ NBR IEC-5055-1	Fluxo Luminoso (lm)	760	500	658	782	678	920	1.049

	Potência (W)	60	50	56	61	57	65	69
	Vida (horas)	1.000	[>3.800]	1.814	890	1.607	452	263
27 V/60 W BR 5121:1982	Fluxo Luminoso (lm)	750	407	536	637	552	750	855
	Potência (W)	60	45	51	56	52	60	64
	Vida (horas)	1.000	[>3.800]	[>3.800]	1.969	3.555	1.000	582
20 V/100 W ‡ NBR IEC-5075-1	Fluxo Luminoso (lm)	1.400	921	1.212	1.440	1.248	1.695	1.932
	Potência (W)	100	83	94	101	95	109	116
	Vida (horas)	1.000	[>3.800]	1.814	890	1.607	452	263
27 V/100 W BR 5121:1982	Fluxo Luminoso (lm)	1.380	749	987	1.172	1.016	1.380	1.572
	Potência (W)	100	76	86	93	87	100	106
	Vida (horas)	1.000	[>3.800]	[>3.800]	1.969	3.555	1.000	582

Tabela 1: Variação nas características de funcionamento das lâmpadas em função da tensão aplicada. Comparação entre lâmpadas de 120 V (norma NBR IEC-64, 1997) e de 127 V (norma cancelada, NBR 5121, 1982). Os valores entre colchetes são estimativas fora do intervalo de validade das fórmulas. As tensões citadas na portaria DNAEE 047/78 foram incluídas na tabela: Os limites adequados para a tensão de fornecimento de 115 Volts são 106 e 121 Volts e no caso da tensão de 127 Volts estes limites são 116 e 132 Volts. A durabilidade em serviço pode ser reduzida devido a fatores ambientais, de uso e às características da rede elétrica.

O CONSUMO DE ENERGIA COM ILUMINAÇÃO NO PAÍS

O uso de lâmpadas projetadas para 127 Volts na rede de 115 Volts leva a uma queda no fluxo luminoso da lâmpada. No caso extremo, quando a tensão no ponto de iluminação está no limite mínimo de 106 Volts, o fluxo luminoso de uma lâmpada de 100 Watts fica menor que o fluxo nominal de uma lâmpada de 60 Watts. Por esta razão consideraremos apenas as regiões atendidas por tensão de rede de 127 Volts, como cenário de comparação entre o desempenho de lâmpadas de 120 e de 127 Volts.

Esta região compreende os estados do Sudeste e Norte, além do Paraná, do Mato Grosso e do Mato Grosso do Sul, parte dos estados do Rio Grande do Sul e da Bahia, incluindo as capitais desses estados, correspondendo a uma parcela de mais de 20 milhões de consumidores residenciais e 2 milhões de consumidores comerciais, em uma região com mais de 80 milhões de habitantes. A região atendida por 115 Volts inclui principalmente a Região Metropolitana de São Paulo e algumas localidades no Rio de Janeiro, totalizando mais de 10 milhões de pessoas residentes nessas localidades.

Em outros trabalhos¹ concluímos que a demanda de potência aumentaria aproximadamente em 250 MW por causa da substituição dessas lâmpadas. Porém, esta estimativa deve ser considerada conservadora: Se os 20 milhões de consumidores residenciais em 127 Volts ligarem simultaneamente uma única lâmpada de 60 Watts/120 Volts, instalada em substituição a outra de 127 Volts, o aumento de demanda terá sido de aproximadamente 143 MW. Se a lâmpada em questão fosse de 100 Watts, o aumento teria sido de 238 MW. Este raciocínio dispensa totalmente a contribuição dos consumidores do segmento comercial, que representa a terça parte do consumo de energia com lâmpadas incandescentes¹. Considerando os custos marginais para construção de uma usina hidroelétrica em R\$ 2.500/kW, a demanda em excesso requer R\$ 625 milhões para ser compensada.

Em termos de energia total consumida, a entrada no mercado das lâmpadas de 120 Volts, e a progressiva substituição das lâmpadas de 127 Volts, trouxe um aumento do consumo de 9,1% por lâmpada. Em valores de 1996, esta substituição levaria a um consumo de 13.976 GWh, ou seja, um aumento de 1.153 GWh, que corresponderia a 0,7% do consumo daquele ano para as regiões atendidas por 127 Volts. Projetados para 1998, este total se elevaria em aproximadamente 1.250 GWh.

COMPARAÇÃO DOS CUSTOS POR PONTO DE ILUMINAÇÃO

A durabilidade média de uma lâmpada incandescente projetada para durar 1.000 horas em sua tensão nominal, modifica-se quando instalada na rede elétrica de 127 Volts. Considerando-se o intervalo entre 116 e 132 Volts (limites aceitáveis, segundo a norma 47/78 do DNAEE) as lâmpadas de 120 Volts terão uma vida em serviço reduzida à

¹ Assume-se os valores de 17,6 % para as perdas com T&D e 90% de fator de disponibilidade.

$\bar{L}_{120}=729 h$. Lâmpadas de 127 Volts, terão sua vida aumentada para $\bar{L}_{127}=1.613 h$ nas mesmas condições. Caso a potência nominal seja P_o , a potência média dessas lâmpadas será de $\bar{P}_{120} = 1,052P_o$ e $\bar{P}_{127} = 0,964P_o$.

Assume-se, para efeitos da presente análise, um fator de coincidência da carga de iluminação incandescente com o período de pico do sistema como sendo de 65%. Além disso assume-se um fator de disponibilidade do sistema de geração nacional de 90% e perdas de transmissão e distribuição de energia calculadas no ponto de geração como sendo 17,6 % da energia consumida.

Lâmpada	Potência Real da lâmpada (Watts)	Cap. Pico Necessária no Ponto de Geração (Watts)	Consumo anual no Ponto de Geração (KWh)	Vida (horas)	Lâmpadas por Ano
60 Watts/120 Volts (NBR IEC 64:1997)	63,1	53,61	107	729	1,78
60 Watts/127 Volts (NBR 5121:1982)	57,8	49,11	98	1.613	0,80
100 Watts/120 Volts (NBR IEC 64:1997)	105,2	89,39	179	729	1,78
100 Watts/127 Volts (NBR 5121:1982)	96,4	81,91	164	1.613	0,80

Tabela 2: Capacidade necessária no ponto de geração de energia e número de lâmpadas consumidas por ano . Comparação entre lâmpadas de 120 V (norma NBR IEC-64, 1997) e de 127 V (norma cancelada, NBR 5121, 1982) operando na tensão de 127 V. Assumem-se fator de coincidência com pico de 65%, fator de disponibilidade de 90% e perdas em T&D de 17,6% e tempo de uso de 1.300 horas.

A **Tabela 2** apresenta os resultados calculados a partir das hipóteses acima. A operação de uma lâmpada incandescente de 60 Watts/120Volts, em substituição a uma lâmpada de 60 Watts/127 Volts, aumenta em 4,5 Watts os requisitos de capacidade instalada no ponto de geração. No caso de lâmpadas de 100 Watts, esse valor sobe para 7,5 Watts para cada lâmpada.

Se o tempo médio anual de uso de lâmpadas incandescentes for de 1.300 horas (Gadgil&Jannuzzi², 1991), teremos que a troca média anual de lâmpadas incandescentes passa de 0,80 lâmpadas para 1,78, tanto para as lâmpadas de 60 como para as de 100 Watts (decorrente da **Tabela 1**).

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ECONÔMICOS

Perspectiva social

Se supusermos que cada lâmpada custa R\$ 1,00, a utilização de uma lâmpada projetada para 120 Volts em substituição à uma lâmpada de 127 Volts, em uma rede de 127 Volts, significa em um custo líquido adicional de R\$ 0,98 ao ano para cada ponto de iluminação incandescente, considerando os efeitos de diminuição da vida útil dessa lâmpada (**Tabela 2**). Do ponto de vista da sociedade, que não só precisará produzir mais lâmpadas como também produzir mais energia elétrica para atender o aumento de potência mostrado na **Tabela 2**, cada KWh consumido em excesso pela lâmpada incandescente vai custar a mais R\$ 0,11 e R\$ 0,07 (Gasto em excesso com lâmpadas/excesso em KWh, anuais) no caso da lâmpada de 60 Watts e 100 Watts respectivamente (**Tabela 3**).

Se assumirmos que essa situação perdure por 50 anos, tempo de vida útil usualmente utilizado para avaliação econômica de usinas hidroelétricas, teremos uma despesa adicional de R\$ 46,30 com lâmpadas, considerando uma taxa de desconto de 6% ao ano durante esse período. Isso significa que a demanda adicional de capacidade para período de pico produzida pelas lâmpadas (**Tabela 2**) terá um custo para a sociedade de R\$ 10.281/KW, no caso da lâmpada de 60 Watts, e R\$ 6.192/KW no caso da lâmpada de 100 Watts. Isso significa que, se compararmos com um custo de R\$ 2.500/KW de uma usina hidroelétrica, o gasto por unidade de potência (em KW) que foi acrescentado com lâmpadas é significativamente maior.

Lâmpada	Custo da Lâmpada (R\$)	Gastos Anuais com Lâmpadas (R\$)	Custo anual adicional (R\$/KWh)	VPL de lâmpadas adicionais (R\$)	Custo adicional por KW (R\$/KW)

60 Watts/120 Volts (NBR IEC 64:1997)	1,00	1,78	0,11	46,30	10.281,40
60 Watts/127 Volts (NBR 5121:1982)	1,00	0,81			
100 Watts/120 Volts (NBR IEC 64:1997)	1,00	1,78	0,07	46,30	6.192,20
100 Watts/127 Volts (NBR 5121:1982)	1,00	0,81			

Tabela 3: Impactos econômicos segundo a Perspectiva Social. *Comparação entre lâmpadas de 120 Volts (norma NBR IEC-64, 1997) e de 127 Volts (norma cancelada, NBR 5121, 1982) operando na tensão de 127 Volts. Valor Presente Líquido, VPL.*

Perspectiva do consumidor

Fazendo uma análise segundo a perspectiva do consumidor, é necessário incluir os efeitos das tarifas de eletricidade, além dos gastos com a compra de novas lâmpadas. Consideraremos as tarifas de R\$ 0,14 /KWh (alta) e R\$ 0,08 /KWh (média) praticadas em fev./98.

Consumidor	Potência da Lâmpada (Watts)	Gasto adicional com a compra de lâmpadas (R\$)	Gasto adicional com eletricidade (R\$)	TOTAL (R\$)
Tarifa Média	60	0,98	0,72	1,70
	100	0,98	1,20	2,18
Tarifa Alta	60	0,98	1,26	2,24
	100	0,98	2,09	3,07

Tabela 4: Gastos adicionais obtidos por ponto de iluminação por ano com a substituição das lâmpadas de 127 Volts (norma cancelada, NBR 5121, 1982) por lâmpadas de 120 Volts (norma NBR IEC-64, 1997). Assumem-se tempo de uso de 1.300 horas por ano, R\$ 0,14/KWh para consumidores de tarifa alta e R\$ 0,08 para os de tarifa média.

A **Tabela 4** apresenta um panorama dos gastos com lâmpadas e eletricidade para tanto para consumidores que pagam tarifa alta quanto para os que pagam tarifa baixa. Em ambos os casos, há um aumento nas despesas com iluminação ao utilizar as lâmpadas em tensão de 120 Volts em substituição às lâmpadas de 127 Volts.

Perspectiva do setor elétrico

No caso do setor elétrico incluímos os custos de produção de energia e as receitas com as vendas de eletricidade. Assumimos que 70% da energia elétrica utilizada em iluminação incandescente é realizada durante o período de pico e que o seu custo é de R\$ 150/MWh, sendo que os 30% restantes consumidos fora do período de pico custam ao setor elétrico R\$ 20/MWh.

A utilização das lâmpadas projetadas para 120 Volts em áreas de 127 Volts tem o efeito de aumentar as vendas de eletricidade das companhias. No caso das vendas para consumidores que pagam tarifas altas de eletricidade, cada lâmpada de 60 Watts operando nessas condições, aumentará a receita em R\$ 1,26 por ano. Esse valor sobe para R\$ 2,09 por ano para cada lâmpada de 100 Watts. No caso de consumidores que pagam a tarifa média, a receita aumentará em R\$ 0,72 para cada ponto de iluminação com lâmpada de 60 Watts e R\$ 1,20 para as de 100 Watts (observe-se que essas são as quantias que são transferidas dos consumidores para o setor elétrico).

Se assumirmos que os custos marginais de produção de eletricidade em período de pico são de R\$ 150 /MWh, conforme exposto acima, podemos ver que para o setor elétrico o balanço anual líquido de uma lâmpada de 60 Watts ou de 100 Watts operando em 127 Volts é negativo no caso dos consumidores que pagam a tarifa média. O setor elétrico perde R\$ 0,28 para cada lâmpada de 60 Watts e R\$ 0,46 para cada lâmpada de 100 Watts. No caso de consumidores que pagam a tarifa alta, o setor elétrico registra ganhos líquidos de R\$ 0,54 e 0,43, para as lâmpadas de 60 Watts e 100 Watts respectivamente.

Setor Elétrico	Potência da Lâmpada (Watts)	Receita adicional por lâmpada (R\$)	Custos adicionais com produção de eletricidade (R\$)	Benefício Anual Líquido por lâmpada (R\$)
Tarifa Média	60	0,72	1,00	-0,28
	100	1,20	1,66	-0,46
Tarifa Alta	60	1,26	1,00	0,54

Tabela 5: Impactos econômicos para o setor elétrico *obtidos por ponto de iluminação por ano com a substituição das lâmpadas de 127 Volts (norma cancelada, NBR 5121, 1982) por lâmpadas de 120 Volts (norma NBR IEC-64, 1997). Assumem-se tempo de uso de 1.300 horas por ano, R\$ 0,14/KWh para consumidores de tarifa alta e R\$ 0,08 para os de tarifa média, 70% do consumo realizado durante período de pico com custo de produção de R\$ 150/MWh e 30% consumidos fora do período de pico com custo de produção de R\$ 20/MWh.*

CONCLUSÕES

As lâmpadas vendidas hoje no mercado nacional estão consumindo 9,1% a mais de energia e durando 45% do que duravam a dois anos atrás. Caso não tenha ocorrido nenhuma mudança de hábitos, a substituição da tensão de projeto de 127 para 120 Volts trouxe para o país um aumento anual no consumo de energia elétrica da ordem de 0,44% do total distribuído. Este valor é comparável à energia economizada pelo horário de verão, que nos 4 meses em que dura corresponde a aproximadamente 1% da energia consumida nas regiões em que é aplicado

Cada ponto de iluminação em uso com lâmpadas incandescentes pode significar prejuízos para as concessionárias de energia elétrica dependendo do seu tipo de consumidor, uma vez que o consumo com iluminação ocorre principalmente durante o horário de pico de carga do sistema, quando os custos de produção são maiores.

De um ponto de vista social, o país precisará produzir mais energia e mais lâmpadas, sendo que o gasto com a compra de lâmpadas supera significativamente os custos marginais de instalação de uma nova usina hidroelétrica, que eventualmente fosse construída para suprir o consumo de energia em excesso que a troca da tensão de projeto das lâmpadas trouxe para o país.

Consumidores gastam mais com a compra de lâmpadas – que pode chegar a dobrar – e com a conta de energia elétrica, a qual somando-se os aproximadamente 20 milhões de consumidores em rede de 127 Volts corresponde a um total de aproximadamente R\$ 100 milhões por ano, em gastos adicionais com energia elétrica.

A nova norma introduz as lâmpadas de fluxo luminoso alto, que são uma decorrência de uma modificação de projeto, permitindo uma luminosidade 10% maior para as mesmas condições de tensão, potência e vida média. Esta modificação tecnológica altera o brilho sem alterar a potência e o custo de fabricação da lâmpada, uma vez que não se trata de mudar a tensão de projeto da lâmpada, como discutimos até agora.

Lâmpadas de 127 Volts também podem ser construídas para ter fluxo luminoso alto, mas como já foi dito, esta tensão não está incluída na nova norma. Seria uma solução interessante se os fabricantes colocassem no mercado lâmpadas com tensão de projeto 127 Volts de fluxo luminoso “alto”. Isto colocaria lâmpadas 10% mais brilhantes do que havia antes da nova norma, porém sem custos adicionais.

REFERÊNCIAS

- ¹ Pagan, C. J. B., "Por que nossas Lâmpadas estão Durando Menos e Consumindo Mais", aceito para publicação em *Ciência Hoje* (1998).
- ² Gadgil, A., G. M. Jannuzzi. 1991. "Conservation Potential of Compact Fluorescent Lamps in India and Brazil", *Energy Policy*, vol. 19(5):449-463, Junho. Inglaterra.