



Centro de Pesquisa em Energia Inteligente - CPEI
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG

A stylized illustration of a glowing lightbulb is centered on the page. The bulb is white with a yellow glow, and its base is pink. The text is overlaid on the bulb.

MANUAL PARA ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE LÂMPADAS E REATORES

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é um recurso importante e indispensável em nossas vidas. Além de proporcionar conforto e segurança à população, garante o desenvolvimento econômico e social do país.

Atualmente, estão sendo desenvolvidas várias medidas que visam combater o desperdício de energia em diversas áreas. Isso pode conduzir à redução da necessidade de implantação de novas centrais de geração de energia elétrica, contribuindo para a preservação do meio ambiente. Além disso, essas medidas possibilitam a redução dos gastos com energia, pois o custo da mesma vem aumentando e tem representado uma parcela cada vez mais significativa nas despesas dos consumidores.

O combate ao desperdício de energia pode ser obtido por meio do uso de equipamentos mais eficientes e da mudança de hábitos. Os equipamentos ineficientes energeticamente como, por exemplo, reatores e lâmpadas utilizados em iluminação podem ser substituídos por outros que são eficientes energeticamente. Os hábitos da sociedade podem ser mudados, por meio de programas educacionais que visam despertar os cidadãos sobre a importância de se utilizar a energia de forma inteligente e eficiente.

O Decreto 43.696 de 11/12/2003 publicado pelo Governo de Minas Gerais visa a redução de 15% do consumo de energia em 2004, em relação à média verificada em 2003, para órgãos, autarquias, fundações e empresas estatais dependentes de recursos do Tesouro Estadual.

Buscando cumprir esse decreto, a SEPLAG em parceria com a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) definiu as diretrizes para a implantação do Programa de Gestão Energética Estadual (PGEE). Nele foram estabelecidas as políticas a serem adotadas em todos os órgãos e autarquias estaduais para redução do consumo de energia.

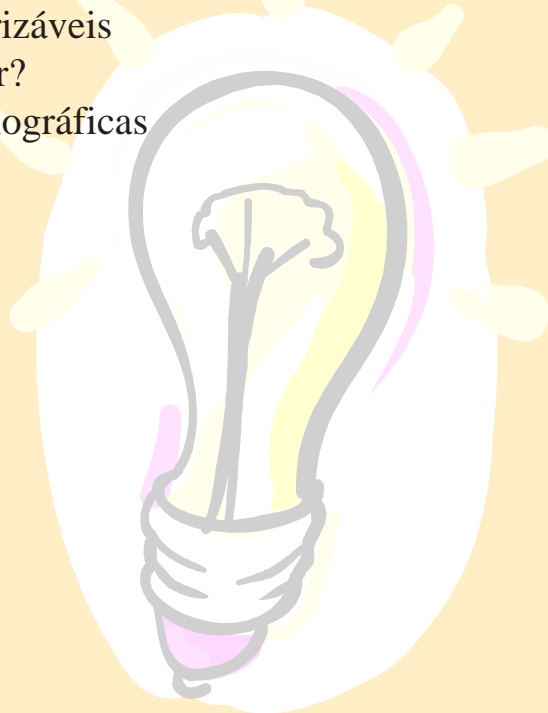
Uma dessas políticas recomenda a utilização de equipamentos energeticamente eficientes. Assim, para que esse objetivo fosse alcançado tornou-se necessário fazer uma revisão da especificação técnica dos equipamentos elétricos do Sistema Integrado de Administração de Materiais e Serviços (SIAD), que é um banco de dados utilizado para aquisição do material pelo Estado.

Nesse contexto, foi elaborada a revisão das características técnicas que compunham a especificação técnica existente no SIAD, das lâmpadas utilizadas em iluminação e reatores. Nessa revisão, foram mantidas algumas características encontradas e incluídas outras relacionadas com a eficiência energética desses equipamentos e que contribuem para uma correta aplicação dos mesmos.

Esse manual visa auxiliar os usuários do setor público dessa especificação no que diz respeito à especificação de lâmpadas utilizadas em iluminação e reatores, para que os mesmos possam tomar conhecimento da importância das características técnicas que compõe a revisão da especificação.

ÍNDICE

- 1 Introdução
- 2 Lâmpadas
 - 2.1 Definições
- 3 Reatores
 - 3.1 Reatores eletromagnéticos
 - 3.2 Reatores eletrônicos
 - 3.3 Definições
 - 3.4 Reatores eletrônicos x eletromagnéticos
 - 3.5 Reatores eletrônicos de alta e baixa performance
 - 3.6 Reatores dimerizáveis
- 4 Como especificar?
- 5 Referências bibliográficas
- 6 Equipe



2 Lâmpadas

2.1 Alguns termos utilizados em luminotécnica



Fig. 1: Fluxo luminoso

Fluxo luminoso: quantidade de luz emitida por uma fonte luminosa, na tensão nominal de funcionamento. (Figura 1)
Unidade: lúmen (lm).

Pode-se fazer uma analogia entre uma fonte de luz e um chafariz na forma esférica com inúmeros furos em sua superfície. Os raios luminosos da fonte corresponderiam à água do chafariz esguichando em todas as direções.



Fig. 2: Iluminância

Iluminância: fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância desta fonte. (Figura 2)
Unidade: lux.

Um lux equivale a 1 lúmen por metro quadrado (lm/m^2). A realização de uma atividade exige uma iluminância adequada do ambiente. Assim, por meio de pesquisas realizadas com diferentes níveis de iluminação, os valores relativos a iluminância foram tabelados por tipo de atividade. Esses valores são encontrados, no Brasil, na NBR 5413 – Iluminância de interiores, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Índice de reprodução de cores (IRC): quantifica a fidelidade em que as cores de um objeto são reproduzidas quando iluminadas por uma fonte luminosa.

Quanto maior for a diferença do objeto reproduzido para o objeto real, menor será o IRC. Quanto mais próximo o IRC de 100%, maior será a fidelidade com que as cores dos objetos são vistas.



Fig. 3: Variação da reprodução de cor

Na figura 3, a cena da esquerda está sendo iluminada por uma lâmpada incandescente que apresenta IRC de 100%. A cena da direita está sendo iluminada por uma lâmpada fluorescente com IRC de 85%.



Fig. 4: Eficiência luminosa

Eficiência Luminosa: razão entre o fluxo luminoso, em lumens, pela potência que a lâmpada consome, em Watts. (Figura 4)

Unidade: lúmen por Watt (lm/W).

Uma lâmpada é mais eficiente que outra, quando consome uma energia menor para produzir um fluxo luminoso de mesmo valor. Veja a eficiência de alguns tipos de lâmpadas no gráfico 1.

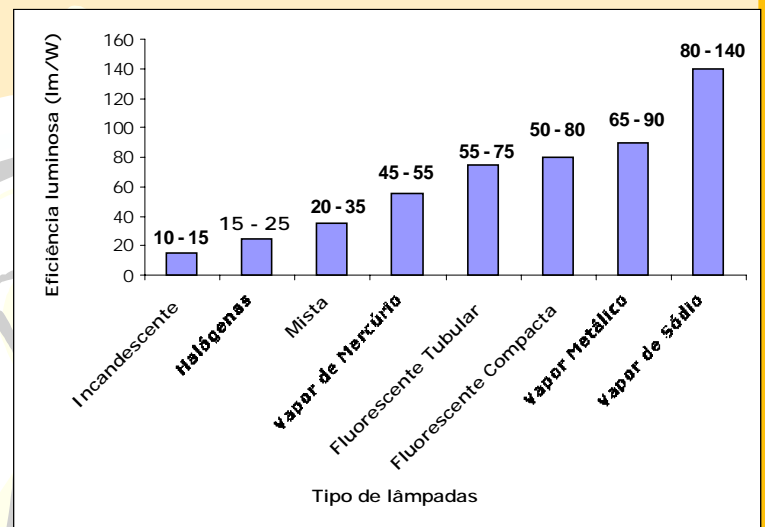


Gráfico 1 : Eficiência luminosa de alguns tipos de lâmpadas

Temperatura de cor: grandeza que expressa a aparência de cor da luz emitida por uma lâmpada.

Unidade: Kelvin (K).



PARA SABER MAIS

A lâmpada de “luz fria” tem temperatura de cor maior do que 4000K e apresenta uma tonalidade de cor da luz mais azulada. A lâmpada de “luz quente” tem temperatura de cor menor do que 3100K e apresenta uma tonalidade de cor da luz mais amarelada. A lâmpada de “luz neutra” tem temperatura de cor entre 3100 e 4000K e apresenta tonalidade de cor da luz mais esbranquiçada.

Aplicações: as lâmpadas de “luz fria” são indicadas para ambientes propícios ao trabalho, como: escritórios, áreas de serviço, cozinhas. As lâmpadas de “luz quente” são indicadas para ambientes mais aconchegantes e relaxantes como: casas, áreas sociais, dormitórios. Lâmpadas de “luz neutra” iluminam o ambiente de forma natural, sem influenciar na aparência de cor do local e são indicadas para escritórios, salas de aulas, áreas sociais etc.

O conceito de vida de uma lâmpada é dado em horas e é definido por critérios preestabelecidos, considerando sempre um grande lote testado sob condições controladas e de acordo com as normas pertinentes.

Vida mediana: é o número de horas resultantes, em que 50% das lâmpadas ensaiadas ainda permanecem acesas.

Vida média: é a média aritmética do tempo de duração de cada lâmpada ensaiada.

Vida útil: tempo em horas, no qual uma porcentagem do fluxo luminoso das lâmpadas testadas, foi depreciado.

Depreciação do fluxo luminoso: diminuição do fluxo luminoso, ao longo da vida útil da lâmpada, devido à própria depreciação normal do fluxo luminoso da lâmpada e ao acúmulo de poeira sobre as superfícies da lâmpada e do refletor.

3 Reatores

São equipamentos auxiliares necessários para proporcionar a partida e funcionamento contínuo das lâmpadas de descarga. Limitam a corrente e adequam as tensões ao perfeito funcionamento das lâmpadas.

Um reator de qualidade contribui para o desempenho do sistema de iluminação como, por exemplo, maior durabilidade da lâmpada com um nível de iluminação constante.

Quando o reator não tem as características elétricas adequadas ao seu funcionamento, ele estabiliza a corrente acima ou abaixo da necessária. Isso pode causar a queima prematura ou baixa emissão de luz, além do superaquecimento que aumenta o consumo, transformando a energia em calor e prejudicando a segurança da instalação.

Os reatores podem ser eletromagnéticos ou eletrônicos.

3.1 Reatores eletromagnéticos

São constituídos, basicamente, por uma bobina de fio de cobre enrolada ao redor de um núcleo de material ferromagnético. São conhecidos como reatores “pesados” e encontram-se divididos de acordo com o tipo de partida.

- **Partida convencional:** o reator fornece por alguns segundos uma tensão nos filamentos da lâmpada e, em seguida, com a ajuda de um starter proporciona o acendimento da lâmpada.

Aplicações: locais úmidos, de baixa temperatura ou sem condições de aterramento.

- **Partida rápida:** o reator aquece constantemente os filamentos da lâmpada, o que facilita o acendimento da lâmpada em curto espaço de tempo. Nesse tipo de partida não é utilizado o starter, mas é necessário o uso de uma luminária (chapa metálica) aterrada para o perfeito acendimento das lâmpadas nesse tipo de partida.

Aplicações: ambientes agressivos como, por exemplo, em locais onde se faz galvanoplastia.

3.2 Reatores eletrônicos

São constituídos por capacitores, indutores, resistores, circuitos integrados e outros componentes eletrônicos. Eles operam em alta frequência (de 20 kHz a 50 kHz) e são conhecidos como reatores “leves”. Os reatores eletrônicos encontram-se divididos de acordo com o tipo de partida:

- **Partida Rápida:** o acendimento é controlado eletronicamente pelo sistema de pré-aquecimento dos filamentos da lâmpada. O reator gera uma pequena tensão em cada filamento e, em seguida, uma tensão de circuito aberto entre os extremos da lâmpada. O tempo entre a energização do reator e o acendimento da lâmpada ocorre em torno de 1s a 2,5 s.

- **Partida Instantânea:** nesse sistema não há o pré-aquecimento dos filamentos. O reator gera diretamente a tensão de circuito aberto para o acendimento da lâmpada.

- **Partida Programada:** consiste na combinação das duas partidas anteriores, onde o reator controla além dos valores de tensão, o tempo de pré-aquecimento da lâmpada, fornecendo em seguida a tensão de circuito aberto e posterior acendimento.

3.3 Definições

Fator de Fluxo Luminoso (F.F. L) ou Fator de Reator ou Ballast (F.R): determina qual será o fluxo luminoso emitido pela lâmpada.

Se uma lâmpada de 16W com fluxo luminoso de 1200 lm, for ligada a um reator que possui fator de fluxo luminoso de 1,15, o fluxo emitido será de 1380 lm. Se essa mesma lâmpada for ligada a um reator que possui fator de fluxo luminoso de 0,9, o fluxo emitido será de 1080 lm. Quanto maior for o fator de fluxo luminoso de um reator, maior será a potência consumida pelo reator.

Fator de eficácia (FE): razão entre o fator de fluxo luminoso e potência de alimentação.

Perdas no reator: as perdas existentes nos reatores eletromagnéticos ocorrem devido aos efeitos Joule, Histerese e Foucault.

Fator de potência: indica o grau de defasagem no tempo entre as ondas de tensão e corrente em um circuito elétrico.

Sob o aspecto do consumo de energia, o fator de potência relaciona a potência ativa consumida por uma instalação (kW) e a potência aparente fornecida pela concessionária (kVA), ou seja, mostra com qual eficiência uma instalação está utilizando energia elétrica.

A Resolução ANEEL 456 de 29 novembro de 2000 determina que o Fator de potência deve ser mantido o mais próximo possível da unidade (1), mas permite um valor mínimo de 0,92.

Distorção harmônica total (THD): trata-se de correntes alternadas que causam poluição ou interferência na rede, geradas por equipamentos eletrônicos de alta frequência.

Equipamentos que causam distorção: liquidificador, secretárias eletrônicas, computadores, reatores eletrônicos que não seguem padrões ou normas de qualidade, entre outros.

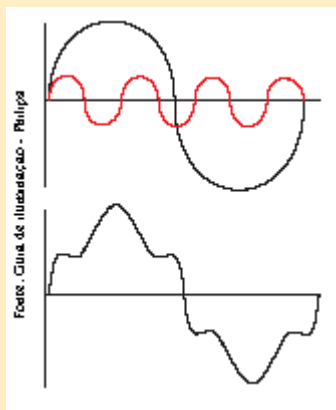


Fig. 5: Distorção harmônica total

Na figura 5, temos dois gráficos. No gráfico da parte superior da figura, temos duas curvas: uma (linha preta) representa a forma de onda de corrente senoidal sem distorção, cuja a frequência é 60 Hz. A outra curva (linha vermelha), representa a forma de onda harmônica de quinta ordem, que possui 5 vezes a frequência da onda de corrente.

No gráfico da parte inferior da figura 5, temos uma curva que representa a forma de onda resultante da soma das duas ondas do gráfico da parte superior da figura. A forma de onda resultante deixa de ser perfeitamente senoidal na presença das harmônicas.

Com o surgimento das harmônicas, temos a necessidade cada vez maior de dimensionar condutores e dispositivos de proteção, levando-se em conta os componentes harmônicos dos diversos circuitos em uma instalação elétrica.

VOCÊ SABIA?

Algumas vantagens podem ser obtidas por meio do uso de reatores de alto fator de potência, como:

- Evita a possibilidade de multa, devido a baixo fator de potência;
- O custo com a fiação da instalação elétrica é menor, pois reatores com fator de potência baixo possuem praticamente o dobro do valor de corrente elétrica;
- Podem ser instaladas mais luminárias em um mesmo circuito, devido à corrente elétrica ser mais baixa, reduzindo o número de disjuntores e conseqüentemente o custo da instalação.

Efeitos observados em instalações e componentes submetidos à presença de distorção harmônica:

- Aquecimento excessivo nos fios e nos equipamentos elétricos, devido ao aumento da corrente do circuito;
- Disparos de dispositivos de proteção (disjuntores residuais);
- Ruídos em equipamentos de áudio e vídeo, tais como rádios e televisores;
- Queda de tensão e redução do fator de potência da instalação.

3.4 Reatores eletrônicos x eletromagnéticos

Os reatores eletrônicos apresentam inúmeras vantagens em relação aos eletromagnéticos, entre as quais:

- São mais leves e compactos;
- Consomem menos energia;
- Aumentam a vida útil das lâmpadas;
- Eliminam efeitos estroboscópicos;
- São mais eficazes;
- Apresentam versões diferenciadas;
- Proporcionam uma luz com cor mais estável;
- Possibilitam a dimerização e utilização de sistemas inteligentes, com redução no consumo de energia de até 70% na comparação com os eletromagnéticos, entre outras.

O fato de um reator ser eletrônico não significa que ele apresentará todos os benefícios que um reator que utiliza essa tecnologia pode oferecer. Um reator eletrônico funciona em altas frequências e alguns modelos não possuem filtros eficientes capazes de impedir interferências em computadores, sistemas de segurança e comunicação, equipamentos hospitalares e bancários, entre outros. Quando se deseja um sistema elétrico de qualidade, como instalações em bancos, lojas, indústrias, hospitais, escritórios e grandes obras, convém optar por reatores de alta performance.

3.5 Reatores eletrônicos de alta e baixa performance

Os reatores de baixa performance são os chamados “acendedores” e servem apenas para acender lâmpadas em ambientes residenciais. Eles espalham “sujeiras” (tecnicamente chamadas de harmônicas) no sistema elétrico. Normalmente são mais baratos, de baixo fator de potência, alto índice de distorção harmônica e reduzem a vida útil da lâmpada em 50%. Nesta linha mais barata de reatores existem alguns que até são de alto fator de potência, o que não deve ser confundido com alta performance.

Os reatores eletrônicos de alta performance possuem alto fator de potência, filtros harmônicos e proteções contra sobretensão, sobrecorrente e condições anormais. São indicados para instalações comerciais, hospitais, bancos, entre outros. Um de seus indicadores de qualidade é a THD, cujo valor deve ser menor que 30% (mínimo exigido pela ABNT).

3.6 Reatores dimerizáveis

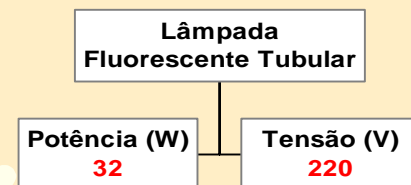
Esses reatores permitem a dimerização de lâmpadas fluorescentes que é um avanço tecnológico inimaginável há apenas dez anos atrás. Seu uso permite a integração da luz natural com a artificial, por meio da utilização de sensores que detectam a luminosidade de um ambiente e aumentam ou diminuem a intensidade luminosa das lâmpadas, conforme a necessidade.

A luz artificial é usada apenas como complemento à luz natural. Pode-se conseguir uma economia de energia de até 70% em relação a um sistema com os reatores eletromagnéticos.

4 Como especificar?

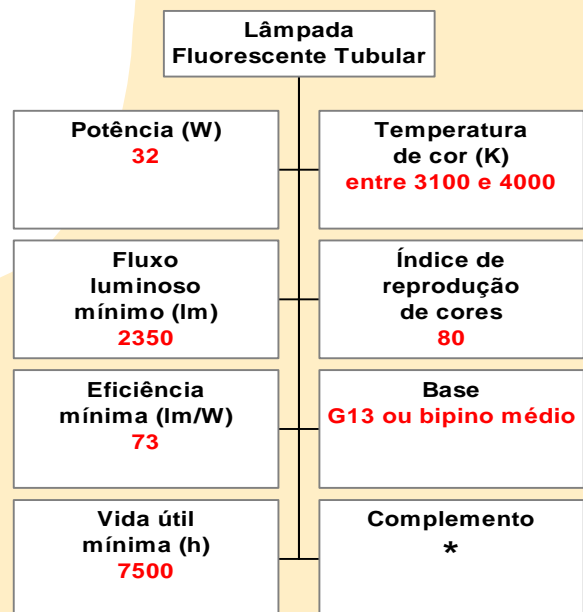
A especificação de lâmpadas e reatores que era utilizada pela Seplag não contemplava características importantes relacionadas com a eficiência energética, ambiente de instalação e tempo de vida desses equipamentos. A especificação antiga da lâmpada Fluorescente Tubular de 32W é apresentada no organograma 1.

Organograma 1: especificação antiga da lâmpada Fluorescente Tubular de 32 W



Foram realizadas algumas alterações na especificação existente para que as instituições estaduais pudessem adquirir lâmpadas e reatores com melhor desempenho energético e que fossem adequados aos ambientes de instalação. A revisão da especificação antiga da lâmpada Fluorescente Tubular de 32W pode ser verificada no organograma 2.

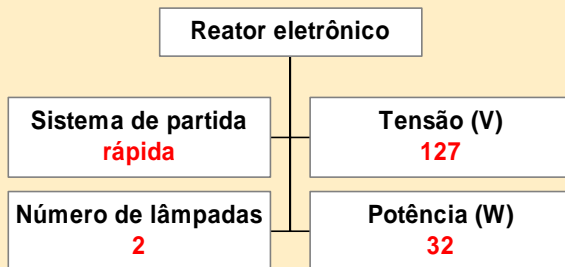
Organograma 2: revisão da especificação antiga da lâmpada Fluorescente Tubular de 32 W



*Atenção: lâmpada eficiente energeticamente. A temperatura de cor "entre 3100 e 4000 K" faz com que a luz emitida pela lâmpada apresente tonalidade de cor esbranquiçada, tendo por isso aparência de cor "neutra". Essa temperatura de cor é indicada para escritórios, sala de aulas, áreas sociais etc.

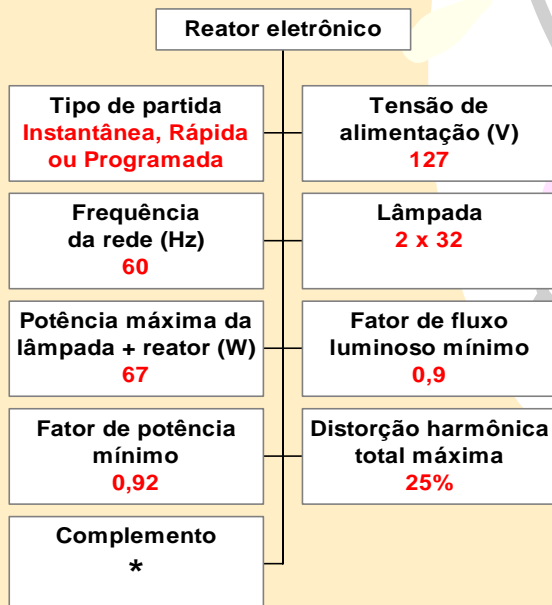
A especificação antiga do reator eletrônico para lâmpada Fluorescente Tubular de 32W é apresentada no organograma 3.

Organograma 3: especificação antiga do reator eletrônico para lâmpada Fluorescente Tubular de 32 W



A revisão da especificação do reator eletrônico para a lâmpada Fluorescente Tubular de 32W é apresentada no organograma 4.

Organograma 4: revisão da especificação antiga do reator eletrônico para lâmpada Fluorescente Tubular de 32 W



5 Referências bibliográficas

[1] Eletrobrás/Procel e Escola de Engenharia de Itajubá. (2001). *Conservação de Energia – Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos*. Editora da EFEI.

[2] Philips Iluminação. (2004). *Guia de iluminação*.

[3] Osram. (2004). *Manual Luminotécnico Prático*.

[4] Eletrobrás/Procel. (2002). *Manual de Iluminação Eficiente*.

[5] Lume Arquitetura. *Reatores*.

[6] Osram. *Conceitos luminotécnicos*.

6 Equipe

Tendo em vista a parceria entre a CEMIG, dentro do projeto de pesquisa CEMIG/ANEEL - P&D016 “Abordagem Integrada da Eficiência Energética e Energias Renováveis” e o Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), esse trabalho foi realizado por um grupo de pesquisadores do Centro de Pesquisa em Energia Inteligente (CPEI). Esse grupo é composto pelos alunos de Engenharia Industrial Elétrica, Karina de Fátima Silva e Hélciner Vitor Ferreira e pelas professoras Patrícia Romeiro da Silva Jota e Elza Koeler de Barros Ribeiro Bezerra.

*Atenção: reator com fator de crista < 1,7. O produto deverá ser certificado pelo Inmetro. Garantia de 2 anos. Recomenda-se utilizar reatores eletrônicos que possuem distorção harmônica menor do que 10% em locais que possuem aparelhos eletrônicos sensíveis.

Ao especificar-se os valores mínimos e máximos para as características técnicas que formam a nova especificação das lâmpadas e reatores, pretende-se que as diversas instituições do Estado adquiram esses equipamentos com valores superiores aos mínimos e inferiores aos máximos estabelecidos.