



7^{mo} Congreso de Medio Ambiente

Actas 7mo Congreso de Medio Ambiente AUGM
22 al 24 de mayo de 2012. UNLP. La Plata Argentina

DESTINO E GESTÃO AOS RESÍDUOS DE LÂMPADAS ELÉTRICAS A DESCARGA

Management and destination for residues from electrical discharge lamps

Elvo C Burini Junior ^{a*}, Eduardo R Manzano ^c, Emerson R Santos ^b, Mario R Raitelli ^c,
Leonardo O Assaf ^c, Adnei M de Andrade ^a

^a Instituto de Eletrotécnica e Energia – IEE, Universidade de São Paulo – USP, Av. Prof. Luciano Gualberto, 1289; CEP 05508-010, Butantã, Cidade Universitária, São Paulo Capital, Brasil. elvo@iee.usp.br

^b Departamento de Engenharia Metalúrgica e Materiais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP, São Paulo, Capital, Brasil. emerson@lme.usp.br

^c Depto. Luminotecnia Luz y Visión - DLLyV, Universidade Nacional de Tucumán – UNT, Av. Independencia, 1800, San Miguel de Tucumán, Argentina. emanzano@herrera.unt.edu.ar

*Autor para correspondência: +55 11 3091 2572. elvo@iee.usp.br

Palavras-chave: Gestão Ambiental, Lâmpada elétrica a descarga, Gestão de resíduo perigoso classe I, Fluorescente, HID.

Keywords: Environmental Management, Electrical discharge lamp, class I hazardous waste management, Fluorescent, HID

Título abreviado: Gestão Lâmpada Eficiente

ABSTRACT

The use of gas discharge lamps is an important instrument to reduce energy demand and to increase efficiency at the end use of energy. It has been considered under the electrical energy reduction purposes. In this work the environment point of view was aggregated. After the bulb life time end the final destination of the harmful elements contained in it must be treated with focus on management of hazardous waste. Large data variability on the amount of Mercury (Hg) detected inside the discharge tube of the lamps were observed, particularly at fluorescent bulbs. The current situation in Brazil, where electricity generation is not based on burning coal and a greater market diffusion of bulbs based on Hg technology can induce increase in the emission of Hg during the bulb life cycle, unlike at the U.S. and other countries. Investments for the main equipments to quantify Hg content in discharge tubes from lamps were discussed and estimated.

RESUMO

A utilização de fonte de luz elétrica eficiente tem sido uma prática crescente e atual, mesmo quando esse produto deixa de ser produzido localmente e necessita ser importado. Numa avaliação exclusivamente sob o prisma energético e quando comparada com fonte incandescente: a lâmpada a descarga em gases pode reduzir a demanda de energia elétrica e aumentar a eficiência em uso final. Neste artigo a análise que foi realizada agregou base ambiental importante. Terminada a vida útil da lâmpada a descarga, o destino final deve ser melhor considerado e com foco na gestão de resíduos perigosos. É bastante ampla a variabilidade que pode ser observada na literatura em relação à quantidade de Mercúrio (Hg) presente em lâmpadas a descarga, particularmente aquelas do tipo fluorescente. Na situação brasileira atual, cuja geração de eletricidade não tem base predominante na queima de carvão, uma maior difusão no mercado local de fonte de luz com base no Hg pode induzir uma elevação na emissão desse elemento nocivo durante o ciclo de vida da lâmpada, diferentemente dos EUA e outros países. O Hg e os resíduos potencialmente perigosos, particularmente aqueles que são encontrados nas fontes primárias de luz elétrica artificial, utilizadas localmente, deverão ser monitorados e controlados. Eles não devem continuar sendo descartados juntamente aos demais resíduos humanos e recolhidos sem qualquer cuidado especial e eficaz. Investimentos e necessidades para adequação de espaço laboratorial e aquisição

dos principais equipamentos para quantificar Hg contido em tubos de descarga elétrica em lâmpadas foram discutidos e dimensionados.

INTRODUÇÃO

A contaminação do ar por particulados, gases tóxicos; da água, do meio ambiente são ameaças à qualidade de vida da população do planeta. Os metais pesados incorporados em produtos eletrotécnicos deverão ser quantificados e controlados. Existe um grupo de elementos que passou a ter monitoramento em vários países. Nesse trabalho o foco está dirigido a possibilidade de contaminação por Mercúrio (Hg), em particular a partir de uma fonte potencial que é a lâmpada com descarga elétrica em gases. A seguir estão considerados tópicos que foram revisados e atualizados, principalmente, de publicação anterior sobre o tema Hg em lâmpadas elétricas (Burini Junior *et al.*, 2010). Os principais resíduos sólidos contendo Mercúrio, que estão listados por produto na literatura (Durão Junior *et al.*, 2008) são as pilhas e baterias (72 %), depois os equipamentos elétricos, incluindo lâmpadas (14 %) e termômetros (7 %). As lâmpadas fluorescentes e HID (do inglês: *High Intensity Discharge*) têm sido incluídas na lista de resíduos sólidos nocivos, principalmente, devido ao conteúdo de Hg, elemento químico que pode ser admitido através de cadeia alimentar e vir a provocar efeito danoso principalmente ao sistema nervoso humano. Ao longo do ciclo de vida de um tipo particular de fonte de luz elétrica, como da lâmpada incandescente, o elemento Mercúrio poderá estar presente quando a energia elétrica utilizada é produzida a partir da queima de combustíveis como óleos e particularmente o carvão. Na análise do ciclo de vida da lâmpada fluorescente, quando são considerados os processos de

queima de combustível, a emissão de dióxido de carbono (CO₂) relativa à fração da energia utilizada será a parcela mais elevada (67 %), se comparada com a emissão oriunda da queima da própria lâmpada (27 %), ao final da vida útil, sendo a fração restante (cerca de 6 %) atribuída à produção de combustível (Heijungs & Kleijn, 2001). Esforços estão sendo conduzidos por vários agentes da sociedade, particularmente no lado da demanda, tanto sobre a questão energética quanto para reduzir emissões de carbono e demais poluentes. As lâmpadas incandescentes convencionais que atualmente são utilizadas para a iluminação geral, já tiveram a produção interrompida na Argentina, Inglaterra. Apenas um fabricante (Osram) estava produzindo, no ano 2010, a lâmpada incandescente convencional de uso geral no Brasil. Na falta da lâmpada incandescente, provavelmente, a lâmpada fluorescente de base única - LFBU (também denominada: compacta) deverá substituí-la num primeiro momento. Terminada a vida útil de uma LFBU, aquele consumidor que não desejar descartar o produto junto ao lixo doméstico, necessitará armazená-la em local reservado e com segurança. Na cidade de São Paulo, a legislação vigente coíbe a colocação da lâmpada fluorescente no lixo doméstico urbano, porém, o cenário nas ruas é diferente. Fica uma mensagem: é preciso fazer chegar esse conhecimento àqueles que recolhem o lixo urbano e junto deles buscar soluções para evitar que os bulbos sejam rompidos em locais impróprios. A lâmpada fluorescente tubular é utilizada, principalmente, pelo setor de comércio e serviços. Ela pode ser desmontada e os materiais constituintes submetidos a processos de separação e reciclagem. Informações disponíveis sinalizam que uma fração bastante reduzida das fontes fluorescentes tubulares era recuperada e/ou reciclada no Brasil (Faria, 2008). Para o Estado da Carolina do Norte, nos EUA, existe registro que indica aplicação do processo de reciclagem em cerca de 2 % das lâmpadas fluorescentes do setor residencial e 29 % do setor de comércio (Silveira & Chang, 2011). A geração de resíduos, no caso

de lâmpadas utilizadas nas vias públicas (HID), e alguns possíveis encaminhamentos estão considerados na literatura (Manzano & San Martín, 2004). Considerando cenário brasileiro, no qual não haverá mais lâmpada incandescente convencional para iluminação geral, disponível no mercado local, deveremos ter comercializadas anualmente valor estimado de duzentos e cinquenta milhões de LFBUs cujo custo pelo descarte (R\$ 0.40) será incorporado ao preço da lâmpada. O consumidor irá custear, antecipadamente, um processo que necessita ser controlado, ter transparência elevada e prestação de contas para a sociedade/consumidores. É necessário investimento em educação/informação completa sobre as LFBUs. Apenas citar na embalagem que as mesmas possuem Hg não é suficiente para inversão da situação presente, a grande maioria da população descarta a LFBU no lixo urbano. O setor residencial, aparentemente, deve ser o mais crítico em relação ao descarte impróprio e disponibilidade de informações. Também o destino do material que tem sido recolhido junto aos demais setores, em alguns casos não é declarado, nem conhecido e isso traz certa preocupação. Alguns resultados estabelecidos sobre os materiais e componentes das lâmpadas a descarga, sobre o mercado local da reciclagem, preços praticados, a existência de mais de uma dezena de empresas, distribuídas pelo território brasileiro, que recebem lâmpadas para o processo de reciclagem, a quantidade de Mercúrio metálico, importação anual, para a fabricação de lâmpadas e a quantificação do conteúdo de Hg com lastro na literatura norte-americana já foram fixados anteriormente (Burini Junior *et al.*, 2010). Naquela oportunidade o estabelecimento de registros sobre conteúdo de Hg em lâmpadas elétricas foi buscado, qual conhecimento sobre o destino dessas lâmpadas, após elas terem sido retiradas de serviço, por exemplo, num estabelecimento público brasileiro, o destino final de um produto do setor de iluminação (globalizado?). O direcionamento atual da pesquisa sobre a lâmpada com descarga

elétrica em meio gasoso está em conhecer e buscar dimensionar as necessidades mínimas para poder quantificar, com segurança, o Hg contido numa amostra de lâmpada, seja HID, LFBU ou fluorescente tubular convencional (T12 a T5, por exemplo). Esforço tecnológico foi identificado na literatura (Born, 2002 a,b), trata-se de uma alternativa ao Hg (100 lm.W^{-1}), qual seja a substituição por Zinco (93 lm.W^{-1}), porém a difusão de uma lâmpada sem Hg ainda está sendo aguardada pelo mercado. O diodo emissor de luz (LED) pode ser uma opção importante para evitar a utilização de Hg por fonte de luz primária produzida em grande escala.

METODOLOGIA

Atualmente não existe disponibilidade local de uma metodologia (prática e rápida) capaz de permitir a quantificação da concentração de Hg nos componentes das lâmpadas fluorescentes no final da sua vida útil. Apenas uma minuta de documento normativo internacional (IEC TC 111 *Working Group 3*) pode ser acessado. Nele a determinação de várias substâncias químicas em produtos elétricos e luminotécnicos estão consideradas (IEC, 2005). A metodologia para quantificar Hg em lâmpada fluorescente tubular nova encontra-se definida no documento IEC 62554 (ABNT, 2010). Um procedimento destinado a lâmpadas ao final da vida útil pode ser importante, particularmente, devido à possibilidade do Hg poder difundir durante o período de utilização da lâmpada ficando ancorado no interior dos materiais. No caso dessa barreira ser superada, isto possibilitará agregar avanços tecnológicos, como exemplo em relação à utilização da “poeira fosforosa” (pó) de lâmpadas fluorescentes seguramente. O conhecimento sobre as técnicas recomendadas para avaliar Hg em lâmpada constituiu a

etapa inicial da pesquisa. Com base nesse lastreou, a etapa seguinte foi a busca e seleção de equipamento com capacidade para quantificar o Hg contido numa amostra. Foi feita interação com o fornecedor, tendo sido obtida documentação técnica e cotação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A combustão de carvão que é utilizada para a geração de energia elétrica será uma fonte de poluição atmosférica por Mercúrio, a redução na demanda por eletricidade a partir da utilização de fontes de luz a descarga confere maior eficiência em uso final e permitirá redução das emissões de Mercúrio ao longo do ciclo de vida da fonte de luz artificial. Quando a geração de energia tem base em recursos naturais hídricos, a situação de emissão pode ficar invertida (Eckelman, *et al.*, 2008). A utilização de lâmpada fluorescente convencional, LFBU e HID remetem a questão abrangente, complexa e que envolve outros setores, além dos consumidores, não consiste exclusivamente em redução de consumo de energia elétrica, nem da elevação da eficiência no uso final de energia, possui outros desdobramentos e peculiaridades que devem ser considerados. Um deles está ligado ao descarte e capacidade instalada para conhecimento da quantidade de Hg contido nas amostras. No Brasil, existe registro que indica não superior a 7 % a fração das lâmpadas fluorescentes tubulares convencionais que experimentam algum tipo de reciclagem, tendo essa atividade maior concentração no setor de comércio e serviços do Estado de São Paulo. No âmbito da USP foi identificado um programa de gestão de lâmpadas fluorescentes tubulares em funcionamento (Barbosa, 2010). Para a cidade de Pelotas (RS), existe a constatação de não haver destino adequado às lâmpadas fluorescentes pós-consumo, existe a falta de

aplicação da legislação Estadual e fiscalização dos diversos setores, tanto público quanto privado. Tendo sido sugerido ao município uma cadeia de distribuição reversa adequada e organizada visando à reciclagem de lâmpadas fluorescentes, especialmente aquelas de uso doméstico, que em sua maioria são descartadas de forma inadequada em lixões causando danos à saúde e contaminação do meio ambiente (Sampaio & Sá, 2009). Esse não é um caso isolado, aparentemente trata-se de situação geral e típica em muitos municípios pelo Brasil. Para o pó branco (revestimento interno do tubo das LFBUs) ou “poeira fosforosa” não pode ser localizado valor econômico praticado, tão pouco qualquer limite de concentração de Hg para o pó de lâmpadas fluorescentes. Um registro da literatura indica ter sido encontrado Mercúrio em lâmpada fluorescente tubular nova, entre 15 elementos constituintes, na concentração de 4.7 g.kg^{-1} (EPA, 1994). A determinação de Hg em materiais elétricos, em especial nos produtos como lâmpadas, no ano 2005, estava em discussão no meio técnico internacional. A minuta de norma internacional IEC 62321 (IEC, 2005) acessada possui estabelecido os métodos de ensaio para a determinação de níveis dos elementos Pb, Hg, Cd, Cr (VI ou tetravalente). O projeto de norma internacional IEC 62554 (ABNT, 2010) orienta a preparação de amostras destinadas a medição do nível de Mercúrio nas lâmpadas fluorescentes tubulares novas (inclui vários tipos) contendo pelo menos 0.1 mg de Hg. Nesse mesmo documento não está considerado o procedimento para a medição de Hg em lâmpada após o final da vida devido à difusão desse elemento na parede vítrea da lâmpada e a reação com o material do vidro referido. Uma técnica que está citada para a avaliação é a fluorescência por Raios X (IEC, 2005). Existe ampla variabilidade nos dados que foram acessados na literatura sobre a quantidade de Hg por tubo de descarga de lâmpada elétrica. No caso da lâmpada fluorescente convencional, T12 (diâmetro nominal de 38 mm), o valor relatado de aproximadamente 20 mg tem frequência elevada (Atiyel,

2001), e para as LFBUs o limite teórico máximo prescrito, nos EUA, tem o valor de 5 mg (NEMA, 2007), ainda que exista relato que informa patamar diferente (da ordem de 1.0 mg) para Hg liberado (Li & Jin, 2011). A quantidade de Hg contido numa lâmpada a descarga tem relação direta com a extensão de vida útil da lâmpada. Um método para determinação de Hg emitido por lâmpada quebrada estabelece que entre 17 % e 40 % do Hg é liberado durante duas semanas, sendo 33 % liberado nas primeiras 8 horas (Aucott *et al.*, 2004), o mesmo autor apresenta estimativas para emissão e limite ocupacional de Hg nos EUA. Para outras informações sobre os demais resultados coligidos da literatura ver publicação anterior (Burini Junior *et al.*, 2010). Na seleção de equipamento para quantificar o Hg contido em amostra dois equipamentos (modelos: TM-3A e TM-4) foram identificados junto a um fabricante japonês (NIC, 2005, 2010), são analisadores para Hg em tubos de lâmpadas, fornecidos apenas sob encomenda, e possuem indicação sobre utilização especificamente com lâmpadas fluorescentes, sendo o valor cotado para cada equipamento (preço FOB, Japão), em mil US\$: 86.7 e 106.2, respectivamente. Ambos analisadores possuem o início da escala em 0.01 mg, a diferença básica está no fundo de escala ou na faixa de medição, sendo o até 99.99 mg e 19.99 mg, respectivamente. O princípio de funcionamento se faz por aquecimento e a vaporização do material da amostra (CV-AAS: *Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometry*). Em relação a limitação do equipamento, relativo ao diâmetro fixado para a entrada de amostra e que pode ser interpretada como sendo relativa ao maior diâmetro de tubo de descarga entre (8 e 6) mm, conforme o modelo do equipamento. Não foi feito questionamento para obter maiores esclarecimento junto ao fabricante. Isso poderá limitar a utilização do analisador com alguns tipos de lâmpadas ou tubos. A aquisição de um terceiro equipamento dedicado ao controle do local onde as amostras serão preparadas é importante, o qual possui custo (FOB, Japão) de US\$ 52.0 mil, início da

escala em 0.002 ng e fundo de escala em 25 µg. Devido ser muito ampla a faixa de valores de Hg amostrado em lâmpadas fluorescentes nos EUA, e sendo esperada variabilidade semelhante no Brasil (as LFBUs são todas importadas), idealmente, a melhor opção aponta ser necessária a aquisição de ambos os modelos de analisadores de Hg. Ainda assim não haverá capacidade para atendimento, por completo, a faixa que foi registrada para lâmpada a vapor de Hg (até 250 mg) e multivapor metálico (até 165 mg), fonte: (UNC, 2003). A quantidade de Hg declarada e prescrita para LFBUs é reduzida, e da ordem de 25 % do valor médio declarado para as lâmpadas fluorescentes tubulares convencionais 40 W, apontado ser da ordem de 23 mg (UNC, 2003).

CONCLUSÕES

Foi avaliada a viabilidade para quantificar por instrumental o conteúdo de mercúrio contido no interior de lâmpadas, principalmente fluorescentes, que atualmente são descartadas ou abandonadas no meio urbano. Isso quando elas não ficam fragmentadas, em campo, e ou passam a fazer parte do lixo urbano comum. O impacto ambiental da utilização de lâmpada a descarga em gases está considerado a partir do prisma energético, mas não isoladamente, tendo sido agregando também questão ambiental, o destino final da lâmpada, que passou a ter maior importância em razão da legislação vigente no Brasil. Na situação brasileira atual, cuja geração de eletricidade não está baseada na queima de carvão, aproximadamente 75 % tem origem hidráulica, a maior difusão de iluminantes com base no Hg, e caso não haja uma gestão que trate os resíduos de modo eficaz, diferentemente de outros países, poderá induzir a elevação na emissão de Hg (Burini Junior *et al.*, 2010). Em relação às necessidades para o

estabelecimento de um destino seguro aos materiais constituintes das lâmpadas consideradas, além de capacidade para conhecimento sobre o conteúdo de Hg, práticas adequadas necessitam estar implementadas. A maior valorização aos resíduos sólidos também é importante (Jardim, 2010). No caso das lâmpadas fluorescentes a solução propalada no Brasil está em fixar um sobre preço no valor de quarenta centavos de real (moeda brasileira atual) por unidade de lâmpada (LFBU) comercializada, cuja aplicação preconizada será o custeio da destinação apropriada das lâmpadas “eficientes”. Em relação ao controle dos resíduos de lâmpadas após “descontaminados”, para nós isso ainda é uma incógnita a ser resolvida. A ampla variabilidade que foi observada nos dados coligidos sobre a quantidade de Hg por lâmpada a descarga, particularmente do tipo fluorescente foi o principal fator motivador para o avanço implementado junto ao tema. Os recursos mínimos necessários para estabelecer capacidade para quantificar o conteúdo de Hg em lâmpada a descarga elétrica em gases foi realizado, tendo sido verificado disponibilidade de metodologia internacional, porém, ela ainda não é utilizada localmente para quantificar a concentração de Hg em tubos de descarga de lâmpada nova. No caso de lâmpada retirada de serviço ao final da vida é aceito que a grande parte do Hg, por difusão, fica ancorado nos materiais que constituem o interior do tubo de arco da lâmpada. Os equipamentos avaliados para analisar Hg numa faixa de (0.01 a 99.99) mg possuem limitação importante em relação a temperatura do ambiente onde o equipamento deverá ser instalado e quanto ao nível de Hg no ar, que deverá ser de até $1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Uma possível limitação operacional do equipamento, relativo ao diâmetro fixado para a entrada de amostra foi relatada. Esclarecimento a esse respeito deverá ser buscado junto ao fabricante, a possível limitação do analisador deve ser dirimida. A aquisição de um terceiro equipamento, para ficar dedicado ao controle do ar em capela (de laboratório ou sala) onde as amostras serão preparadas, também fica

sugerida. Sem considerar despesas de importação e internação no país, mobiliário, instalações, condicionamento do ambiente, investimento em material de reposição e laboratório (incluído uma capela), pessoal, treinamento, aquisição de material bibliográfico e documentos normativos: o investimento para a aquisição dos três equipamentos principais para quantificar Hg no ambiente e em lâmpada a descarga elétrica em gases ficou estimado valor na ordem de US\$ 300 mil. Ao dispor de equipamento capaz de quantificar nível de 0.1 mg de Hg.m⁻³ no ambiente poderão ser realizados experimentos para avaliar a eficácia de recintos ou embalagens projetadas para acomodar lâmpadas durante transporte e armazenagem. O conceito de eficiência luminosa de fontes não deve ser analisado isoladamente. Um caso típico, aparentemente, é o LED que emite luz branca e quando a redução na emissão, hoje desordenada, de resíduos perigosos ao meio ambiente esteja sendo busca concomitantemente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro da CAPES-SPU: projeto binacional CAF-BA 023/09; UNT-CIUNT 26E/430 e CONICET (fonte de financiamento argentino).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT, Boletim. 2010. (34A/1389) IEC 62554 Ed.1: Measurement of mercury level in fluorescent lamps - Sample preparation for measurement of mercury level in fluorescent lamps, Maio: 12

- Atiyel SO. 2001. *Gestão de Resíduos Sólidos: O Caso das Lâmpadas Fluorescentes*. Dissertação ao Programa de pós-graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil: 101p
- Aucott M, McLinden M & Winka M. 2004. Release of Mercury from broken fluorescent bulbs. Environmental Assessment and Risk Analysis Element, Research Project Summary, STATE OF NEW JERSEY, Division of Science, Research and Technology, February: 4p
- Barbosa W. 2010. Gestão de Lâmpadas Fluorescentes da Escola Politécnica da USP. In: *V Seminário “Reciclagem e Valorização de Resíduos Sólidos”*. EPUSP, palestra, material de apresentação realizada em 14/Maio: 11p http://www.reciclagemevalorizacao.com.br/images/stories/2010/poli_usp_recicla.pdf
- Born M. 2002a. Physics of mercury-free high-pressure discharge lamps. *Plasma Sources Sci Technol*, 11: A55-A63
- Born M. 2002b. Physics Aspects of Mercury-Free High Pressure Discharge Lamps. *American Institute of Physics, API Conference*, 636: 35-47
- Burini Junior EC, Santos ER, Wang, SH, Fonseca, FJ, Andrade, AM. 2010. Gestão de Resíduos: Lâmpada Elétrica a Descarga. *Anais do 5º Workshop de Pós-Graduação do Centro Paula Souza*, São Paulo, Brasil: 20-21
- Durão Junior WA & Windmüller CC. 2008. A questão do Mercúrio em Lâmpadas Fluorescentes. *Química Nova na Escola*, 28: 15-19
- Eckelman MJ, Anastas PT & Zimmerman JB. 2008. Spatial assessment of net mercury emissions from the use of fluorescent bulbs. *Environmental Science Technology*, 15 42(22): 8564-8570
- EPA (Environmental Protection Agency). 1994. *Evaluation Of Mercury*

- Emissions From Fluorescent Lamp Crushing*. CTC, Emission Standards Division Office of Air Quality Planning and Standards, Air and Energy Engineering Laboratory, Office of Research and Development, eEPA-453R-94-018, U.S. Disponível em: <http://www.epa.gov/ttn/catc/dir1/mercury.txt>
- Faria N. 2008. A Solução é ... Reciclar. Revista *Lumière*, 137 (Maio): 49
Disponível em: http://revistalumiere.com.br/revistaonline/abre_revista.php?arq=204&id_revista=204&altura=640&largura=1024
 - Heijungs R & Kleijn R. 2001. Numerical Approaches Towards Life Cycle Interpretation. *Int J LCD* 6 (3):141-148
 - IEC (International Electrotechnical Commission). 2005. *Procedures for the Determination of Levels of Six Regulated Substances (Lead, Mercury, Hexavalent Chromium, Polybrominated Biphenyls, Polybrominated Biphenyl Ether) in Electrotechnical Products*. TC 111 Working Group 3, IEC 62321, Document 111/24/CD – IEC: 91p
 - Jardim A. 2010. Programa Nacional de Resíduos Sólidos. Em: *Seminário de Reciclagem e Valorização dos Resíduos Sólidos Meio Ambiente 2010*, EPUSP, em 14/Maio: 41p. Disponível em: http://www.reciclagemevalorizacao.com.br/images/stories/2010/Programa_Nacional_Residuos_Solidos.pdf
 - Li Y & Jin L. 2011. Environmental release Mercury from broken compact fluorescent lamps. *Environmental Engineering Science*, 28 (10):687-691
 - Manzano ER & San Martín R. 2004. Waste disposal impact from street lighting. *Light & Engineering*, Znack Publishing House, 12 (4):60-65
 - NEMA (National Electrical Manufacturers Association). 2007. Recycling Household CFLs. NEMA, September: 5p

- NIC (Nippon Instruments Corporation). 2005. Mercury Analyzer for Fluorescent Tube MERCURY/TM-3A Specifications. NIC -102-2008-03, Tokyo, Japan: 6p
- NIC (Nippon Instruments Corporation). 2010. Mercury Analyzer for Fluorescent Tube MERCURY/TM-4 Specifications. NIC-102-2043-03 (2010), Tokyo, Japan: 5p
- Sampaio MRF & Sá JS. 2009. Diagnóstico da Situação de Lâmpadas Fluorescentes Pós-Consumo em Pelotas, RS. *Livro de Resumos da 2ª-Mostra de Trabalhos de Tecnologia Ambiental*: 36-39
- Silveira GTR & Chang S-Y. 2011. Fluorescent lamp recycling initiatives in the United States and a recycling proposal based on extended producer responsibility and product stewardship concepts. *Waste Management & Research*, 29 (6): 656-668
- UNC (University of North Carolina at Asheville). 2003. Purchasing for Pollution Prevention Mercury Disclosure Requirements and the New Jersey Lamp Contract. Em: *Progress Energy – key points* (December): 3p. Disponível em:
- http://sec.unca.edu/sites/sec.unca.edu/files/Mercury_Lighting.pdf