



**GRUPO XI  
GRUPO DE ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS ( GIA )**

**INCENTIVOS PARA A RECICLAGEM DE LÂMPADAS VISANDO  
A CONSERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE**

Roberto Akira Yamachita\*      Paulo Henrique R. P. Gama      Jamil Haddad      Eduardo C. Guardia

**EFEI**

**RESUMO**

Desde a criação das primeiras fontes de luz artificial, tem havido uma grande procura por tecnologias mais eficientes em iluminação. Com isso surgiram no mercado lâmpadas que contêm mercúrio e, no Brasil, ao final de sua vida útil, são geralmente destinados aos aterros sanitários podendo contaminar o meio ambiente. Com isso, objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia para incentivar a reciclagem destas lâmpadas, visando a preservação do meio ambiente. É apresentado também, a metodologia de reciclagem de lâmpadas em empresas da América do Norte.

**PALAVRAS-CHAVE**

Reciclagem –Lâmpadas – Mercúrio – Meio Ambiente

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Com o desenvolvimento tecnológico, surgiram no mercado sistemas de iluminação lâmpadas com maior eficiência na relação lúmens por Watt e, uma dessas tecnologias aplicadas, é a utilização de mercúrio em lâmpadas de vapor de mercúrio, vapor de sódio, luz mista, fluorescentes tubular, circular e compacta.

Atualmente essas lâmpadas eficientes são bastante utilizadas no Brasil e, ainda que impacto sobre o meio ambiente causado por uma única lâmpada seja desprezível, o somatório de mercúrio consumido para a produção destas lâmpadas é da ordem de 10 toneladas ao ano ( 1 ).

Ao final de sua vida útil as lâmpadas contendo mercúrio são, na maioria das vezes, destinadas aos aterros sanitários contaminando o solo e, mais tarde, os cursos d'água. A presença de mercúrio nas águas, mesmo que em pequenas quantidades, representa um grande problema ecológico devido à sua bioconcentração, ou seja, a concentração de mercúrio aumenta nos organismos animais com a passagem através da cadeia alimentar, devido ao depósito do metal em vários tecidos vivos.

Assim, os organismos situados no final da cadeia alimentar apresentam uma concentração mais elevada e, por vezes, perigosa para o próprio animal ou para os que deste se alimentam, originando sérios problemas de saúde pública, podendo intoxicar comunidades inteiras, além dos prejuízos econômicos que daí possam advir.

A via respiratória é a mais importante via de penetração e absorção do mercúrio pelo organismo do ser humano. Um indivíduo adulto pode respirar cerca de 4 m<sup>3</sup> de ar por dia de trabalho (8 horas), o que lhe proporcionará absorção de quantidade relativamente alta de mercúrio. Uma concentração de 0,1 mg de Hg/m<sup>3</sup> de atmosfera em ambiente de trabalho é considerada satisfatória, não produzindo uma incidência significativa de sinais e sintomas de intoxicação ( 2 ).

A ação tóxica do mercúrio se manifesta, sobretudo, nas células do sistema nervoso, originando o quadro clínico característico do mercurialismo, com tremores das mãos e eretismo, que é um comportamento anormal e introvertido.

A norma brasileira que trata dos resíduos sólidos, a ABNT NBR 10004, classifica o mercúrio como altamente tóxico, mas não menciona o problema das lâmpadas nem especifica a necessidade de reciclagem. Classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ter manuseio e destino adequados. Entende-se daí que é proibido o descarte do mercúrio, porém nenhuma observação é feita em relação às lâmpadas que contenham mercúrio.

O conceito de qualidade total da ISO 14000 não refere-se apenas ao produto e sim a todo o seu “ciclo de vida”, ou seja, desde a busca pela matéria-prima até o descarte do produto final, passando a englobar o meio ambiente como parte de um sistema onde deve haver qualidade ( 3 ). Com isso a reciclagem de lâmpadas contendo mercúrio deverá ser incentivado.

## **2.0 - RECICLAGEM DE LÂMPADAS CONTENDO MERCÚRIO**

### **2.1 Potencial de Reciclagem**

Atualmente as medidas de prevenção quanto a liberação de mercúrio no meio ambiente são mínimas ou quase inexistentes e, uma medida preventiva seria a reciclagem dessas lâmpadas, onde os materiais são reaproveitados, diminuindo a necessidade de extração de matéria prima.

O rendimento da reciclagem poderá chegar a 99% do material descartado, sendo que:

- mercúrio pode ser reutilizado na construção de novas lâmpadas, termômetros e outros produtos;
- vidro pode ser utilizado na fabricação de containers não alimentícios, misturado ao asfalto e manilhas de cerâmica;
- alumínio pode ser reciclado e utilizado para qualquer fim.

### **2.2 Reciclagem – Argumentos Favoráveis**

Os argumentos favoráveis ao desenvolvimento do programa de reciclagem das lâmpadas são:

- recebimento de um certificado garantindo que os resíduos tóxicos do mercúrio recebem tratamento adequado;
- com o tratamento o mercúrio é completamente recuperado, não gerando outros tipos de resíduos;
- na busca pela qualidade total o processo de reciclagem pode valer o recebimento da ISO14001;

- a preocupação do programa com a saúde dos funcionários que trabalham com as lâmpadas melhora a imagem da empresa junto ao consumidor;
- contribuição direta e indireta com a preservação do meio ambiente;
- colabora com a conscientização da população a respeito dos resíduos tóxicos e preservação do meio ambiente.

### **2.3 Reciclagem no Brasil**

No Brasil, há somente uma empresa que faz a reciclagem de lâmpadas fluorescentes comuns e de descarga contendo mercúrio. O processo para as lâmpadas fluorescentes incide sobre três partes: a central, a gasosa e a porção das pontas. A Figura 1 apresenta o processo de descontaminação de lâmpadas fluorescentes ( 4 ) e, basicamente, pode-se resumir nas seguintes etapas:

- as duas extremidades da lâmpada são cortadas, de modo simultâneo ou seqüencial, mediante abrasão, percussão e/ou choque térmico;
- o vidro é moído num britador ou moinho, obtendo-se pedaços menores que 20 mm;
- os vapores de mercúrio são aspirados e retidos num compartimento especial da máquina;
- o material vítreo é lavado em ácido e água e, depois de seco, conduzido para embalagem;
- as pontas das lâmpadas são britadas para quebrar o vidro remanescente;
- o produto da britagem é conduzido para um separador magnético e para uma peneira, onde são separados os materiais ferrosos e o alumínio do vidro.

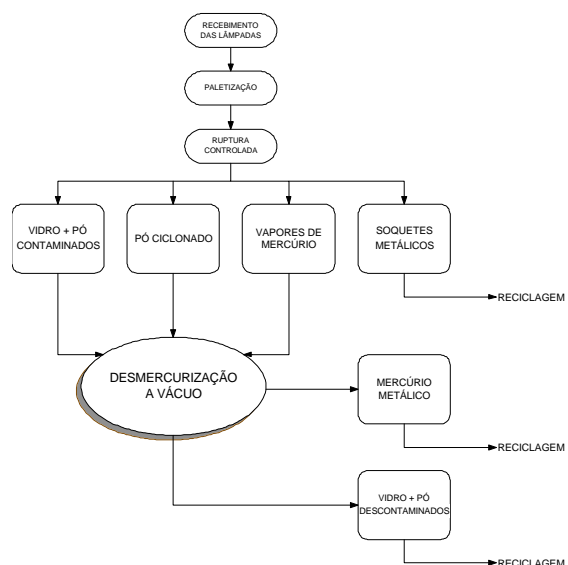


FIGURA 1 – Descontaminação de Lâmpadas Fluorescentes

A descontaminação de lâmpadas de descarga é um pouco diferente, pois o padrão não é igual ao das fluorescentes, sua estrutura é diferente e possui dois tipos de vidros, um que forma a cápsula interna de alta pressão onde está contido o mercúrio, e outro vidro comum que forma o encapsulamento externo da lâmpada. A Figura 2 apresenta o processo de descontaminação de lâmpadas de descarga ( 4 ).

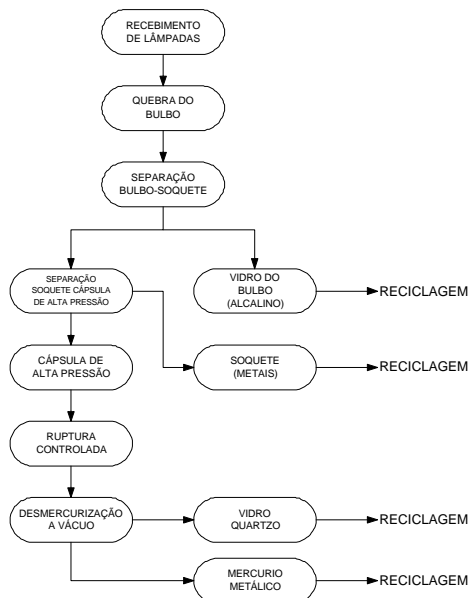


FIGURA 2 – Descontaminação de Lâmpadas de Descarga.

### 2.3 Reciclagem nos países da América do Norte

A cada ano mais de 650 milhões de lâmpadas contendo mercúrio são descartadas na América do Norte. O descarte impróprio destas lâmpadas lançam mais de 19500 kg de mercúrio no meio ambiente norte americano ( 5 ).

As fontes de mercúrio estão separadas em três grupos principais:

- Produção primária e secundária de mercúrio; utilização do mercúrio para separação do ouro; extração do mercúrio; importação, etc.
- Uso em equipamentos e manufatura, onde os principais equipamentos que podem conter o mercúrio estão listados a seguir:
  - Produtos químicos: Látex para pintura, agrícola, cosméticos, explosivos, farmaceuticos, pigmentos, etc.;
  - Área elétrica: Lâmpadas fluorescentes, vapor de mercúrio, vapor de sódio, baterias com óxido de mercúrio, etc.;
  - Instrumentação: Barômetros, termômetros, relês, etc.

- Descarte ou depósito do produto: Através de Incineradores industriais ou comerciais; depósito em aterro sanitário; crematórios; efluentes industriais, etc.

Para a redução da poluição devida ao mercúrio, as empresas norte americanas trabalham através de uma legislação regulatória. Esta regulação abrange múltiplos estatutos federais, estaduais e municipais.

A *Environmental Protection Agency* (EPA) ( 6 ) regula o uso do mercúrio em pesticidas e o seu lançamento sobre o ar, água e solo. Já o *Food and Drug Administration* (FDA) regula o uso do mercúrio em cosméticos, alimentos e produtos dentários. E o *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) regula a exposição do mercúrio nos ambientes de trabalho. A regulação do mercúrio é diferenciada dependendo do categoria da sua fonte.

O descarte de equipamentos e produtos que contenham mercúrio, são regulados pela *Lei Resource Conservation and Recovery Act* (RCRA). Esta Lei regula também o armazenamento e a reciclagem de produtos que contém mercúrio. Atualmente as baterias estão incluídas em uma regra geral de descarte, que proporciona aos estados elaborarem programas específicos para o seu tratamento. Para as lâmpadas, por possuírem altos índices de mercúrio, são consideradas perigosas e desta forma, a EPA incluem-na em duas regras de descarte:

- Uma regra geral de descarte, para facilitar a reciclagem;
- Um regra específica relacionada ao descarte em aterros sanitários.

A título de exemplificação, os gráficos das Figuras 3 e 4 mostram as categorias de consumo industrial do mercúrio o consumo na área eletro-eletrônica respectivamente

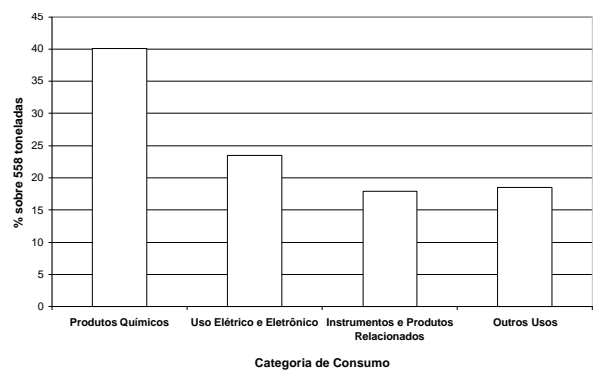


FIGURA 3 – Consumo norte americano de Mercúrio (Base 1993)

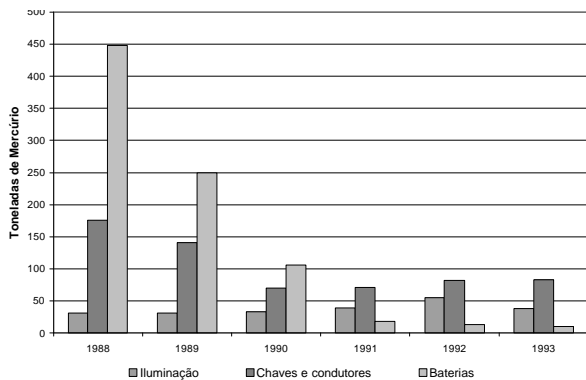


FIGURA 4 – Uso do Mercúrio em equipamentos eletro-eletrônicos ( 5 )

Pode-se observar que com a regulamentação das fontes e usos do mercúrio, a percentagem de uso ao longo dos anos em análise decresceu bastante. Em específico com relação à iluminação, houve um acréscimo que pode ser creditado à utilização de lâmpadas mais eficientes, tendo em vista o crescimento de programas paralelos voltados à eficiência energética.

Assim sendo, o potencial e a necessidade de reciclagem de lâmpadas deve ser cada vez mais importante voltado ao contexto de proteção ambiental.

Sendo as empresas sujeitas a uma regulação do uso e descarte do mercúrio, elas necessariamente terão um custo associado a este controle. Assim, uma política de incentivos poderá estar relacionada com os benefícios que as empresas de reciclagem podem proporcionar. Deve-se portanto ter em mente (neste caso para o empresário norte-americano) alguns aspectos fundamentais, tais como:

- A companhia de reciclagem está licenciada para a finalidade específica das lâmpadas?
- Qual o nível de poluição permitido para a empresa de reciclagem?
- A empresa possui um controle de entrada e saída dos materiais a serem reciclados?
- A reciclagem de lâmpadas fornece a reutilização de 100% de seus componentes?
- A empresa utiliza-se de aterros sanitários para depositar eventuais materiais não recuperados?
- A empresa pode oferecer o serviço de reciclagem a nível nacional?
- A empresa de reciclagem responsabiliza-se pela coleta, embalagem, armazenamento, transporte e tratamento dos resíduos das lâmpadas?

Estudos realizados mostram que o custo com as lâmpadas fluorescentes, ao longo de sua vida útil, podem ser assim representados ( Ver Figura 5 ):

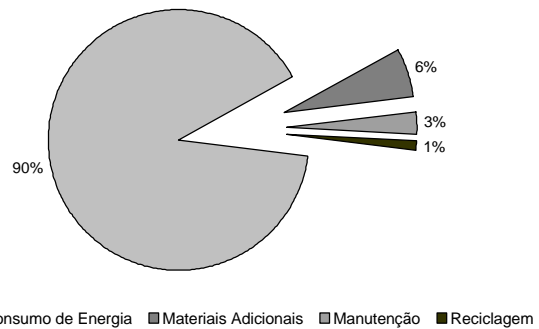


FIGURA 5 – Custo com lâmpadas fluorescentes ( 5 )

Comparativamente com outros métodos de descarte de lâmpadas no mercado norte americano, tem-se os seguintes valores apresentados na Tabela 1:

TABELA 1 – Custo do descarte de lâmpadas ( 5 )

Descrição	Variação de Custo
Reciclagem	US\$0,40 por lâmpada T12 (1,21m) US\$0,60 a 0,80 por lâmpada em U US\$0,51 a 0,56 para coleta e transporte por lâmpada
Depósito em aterro sanitário	US\$1,00 por lâmpada US\$0,50 para processamento (esmagamento) por lâmpada

Verifica-se portanto que os custos associados com o descarte de lâmpadas em aterros sanitários chega a ser superior comparado ao custo de reciclagem. Isto, sem contar com os benefícios ambientais.

Sugere-se por fim que a legislação brasileira adote medidas preventivas no controle da poluição do mercúrio.

#### 2.4 Reciclagem de lâmpadas no Brasil

No Brasil existem algumas empresas ( setor industrial e concessionárias de energia ) que desenvolvem, de alguma forma, programas de reciclagem de lâmpadas, porém, com o interesse de estabelecimentos governamentais ( órgãos federais, estaduais e municipais ) mostram ser ótimos veículos de conscientização quanto ao problema do impacto ambiental provocado pelo mercúrio.

As empresas do setor industrial e concessionárias de energia, na busca pela qualidade total e maior competitividade, procuram através da implantação de medidas de preservação do meio ambiente, alcançar uma certificação ambiental da ISO14000 que possa significar um diferencial importante no mercado.

Como esta reciclagem possui um custo, ( ver Tabela 2 ) ( 4 ) deve-se obter recursos para que o programa seja iniciado. É importante ressaltar também que, dentro destes custos são necessários contabilizar o transporte e o container para acondicionamento das lâmpadas provido de tampa e filtro ativado para absorver vapores de mercúrio emanados por lâmpadas que se quebrarem eventualmente ( ver Tabela 3 ) ( 4 )

TABELA 2 – Reciclagem de lâmpadas (R\$) 1998

Preço Unitário para lâmpadas inteiras			
Quantidade	Fluorescentes		Outras*
	até 1.21m	acima de 1,21 m	
Até 790	0,70	1,00	0,70
De 791 a 3950	0,67	0,95	0,67
De 3951 a 7900	0,63	0,90	0,63
De 7901 a 15800	0,57	0,81	0,57
Acima de 15801	0,52	0,52	0,52
Lâmpadas quebradas – 3500 por tonelada (recomenda-se não quebrar as lâmpadas)			

\* Vapor de mercúrio, vapor de sódio, luz mista, etc.

TABELA – 3 Custo do container para acondicionamento e transporte de lâmpadas - 1998

Capacidade Nominal	Preço (R\$) por unidade
100 unidades 20W	350,00
100 unidades 40W	410,00
100 unidades 65W	650,00
100 unidades 80W	700,00
1000 unidades 40W	990,00
1000 unidades 65W	1800,00
1000 unidades 80W	1890,00

Para estabelecimentos que apresentem dificuldades financeiras para desenvolver tal programa pode ter como sugestão alternativa deste artigo, três maneiras de conseguir incentivos: através das prefeituras locais; através da concessionária de energia elétrica local; e através do próprio fabricante de lâmpadas do qual executa suas compras.

#### 2.4.1 Incentivos Através das Prefeituras

É obrigação da prefeitura da cidade fornecer um serviço de coleta de lixo ao seu município. No serviço comum de coleta de lixo não existe nenhuma diferenciação do lixo e, geralmente, são destinados aos aterros sanitários próximos às cidades.

O que tem se verificado a respeito da participação das prefeituras de algumas cidades, quanto a preocupação com o descarte de lâmpadas é, em primeiro lugar, o desenvolvimento de um serviço de coleta seletiva do

lixo urbano, o qual é convertido em fonte de receitas para o pagamento das despesas com a reciclagem.

Esta pode ser a maneira mais viável de executar o programa de reciclagem, pois as verbas para tratar do lixo são levantadas do próprio lixo produzido. Ou seja, com a venda de materiais recicláveis como vidro, metais e papel é que se paga a reciclagem das lâmpadas.

Seguindo o exemplo da Noruega, poderia ser desenvolvido pelo governo uma taxa a ser paga pelo consumidor no ato de compra de uma lâmpada nova. Esta taxa poderia ser dividida em duas partes: uma que cobrisse os custos de coleta e tratamento de lâmpadas usadas e outra que fosse reembolsada ao consumidor quando este devolvesse a lâmpada como resíduo. Esta última providência asseguraria que as lâmpadas usadas não sejam destinadas em lixos comuns ( 7 ).

A parcela destinada a cobrir os custos de coleta e manuseio poderia ser alocado em um fundo, o qual seria usado para pagar o serviço da indústria de reciclagem. Tal sistema poderia ter início mediante acordo entre fabricantes, fornecedores e autoridades.

#### 2.4.2 Incentivo através das concessionárias de energia

Uma sugestão para este item seria as concessionárias de energia elétrica destinarem, desde que acordado com a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, uma parte dos recursos provenientes da Resolução ANEEL 242, de 24 de julho de 1998 para os programas de reciclagem de lâmpadas.

Esta resolução se destina a promover a conservação de energia elétrica e a divulgação de programas de incremento à eficiência no uso e na oferta de energia elétrica educando a sociedade quanto à necessidade de combate ao desperdício. E uma das políticas adotadas pelas concessionárias para reduzir o desperdício de energia em sistemas de iluminação é, justamente a utilização de lâmpadas contendo mercúrio (fluorescentes tubulares, compactas e circulares, vapor de mercúrio e vapor de sódio).

#### 2.4.3 Incentivo através dos fabricantes de lâmpadas

A intenção da sugestão deste procedimento é repassar a responsabilidade e custeio da reciclagem para o fornecedor das lâmpadas.

Esta maneira de se desenvolver o projeto de reciclagem das lâmpadas depende da negociação entre

o fornecedor das lâmpadas e o consumidor ou órgãos do governo.

Visto que, para muitos estabelecimentos públicos e privados, o processo de compra é realizado através de licitação e, nem sempre o fornecedor das lâmpadas é o fabricante.

Portanto a alternativa é colocar no edital de licitação da compra das lâmpadas, uma cláusula que obrigue o fornecedor a receber as lâmpadas descartadas no ato da entrega e, responsabilizar pelo envio das lâmpadas para a reciclagem.

Com a confirmação da entrega das lâmpadas também deve ser enviado ao estabelecimento a nota de recebimento e descontaminação fornecido pela empresa.

### **3.0 - CONCLUSÃO**

Tendo em vista que os Programas de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica das concessionárias de energia no Brasil adotam, geralmente, a política de utilização de lâmpadas contendo mercúrio para reduzir o consumo de energia elétrica em sistemas de iluminação. E que na maioria das vezes, estas lâmpadas são destinadas em aterros sanitários ao final de sua vida útil, totalizando cerca de dez toneladas de mercúrio lançados no meio ambiente.

Como o mercúrio é altamente nocivo à saúde do ser humano, torna-se necessário a adoção de programas de reciclagem destas lâmpadas e, para isso são necessários: recursos financeiros, uma conscientização da população com relação à descontaminação das lâmpadas e uma lei que regulamente este processo. Pois atualmente as empresas, na maioria das vezes, adotam o programa de reciclagem para obter o certificado da ISO 14000 que trata da qualidade ambiental.

Através de experiência dos países norte americanos, observa-se que a política de reciclagem das lâmpadas é mais viável economicamente, se comparados com a alternativa de descarte, com segurança, em aterros sanitários; um outro fator favorável à reciclagem é a reutilização dos materiais reciclados.

Com isso, este artigo sugere que o programa de reciclagem de lâmpadas seja adotado a nível nacional, através de esforços entre concessionárias de energia elétrica, fabricantes e fornecedores de lâmpadas, órgãos públicos e a população.

### **4.0 - BIBLIOGRAFIA**

- ( 1 ) MOGAMI, S. M. “ Grandes Usuários no Brasil já Reciclam Lâmpadas Fluorescentes”, Revista Eletricidade Moderna, São Paulo, Setembro 1993.
- ( 2 ) COLACIOPPO S. - “Avaliação do Risco de Intoxicação Profissional por Vapores de Mercúrio”, Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, São Paulo, 1975.
- ( 3 ) VALLE, C. E. “Como se preparar para as normas ISO 14000 “, São Paulo, Editora Pioneira, 1995.
- ( 4 ) GUARDIA, E. C., DINELLI, G. B., “Programa de reciclagem de lâmpadas fluorescentes para a EFEI” – Trabalho de diploma para conclusão do curso de graduação em Engenharia Elétrica na Escola Federal de Engenharia de Itajubá –EFEI, 1998, orientado pelo Prof. Jamil Haddad.
- ( 5 ) <http://www.lamprecycling.com>
- ( 6 ) <http://www.epa.gov>
- ( 7 ) HANSEN, T., HANSEN, E. H. “ Lâmpadas de Descarga: Impactos no Meio Ambiente e formas de Tratamento”, Revista Eletricidade Moderna, São Paulo, Setembro 1998.

### **5.0 – DADOS BIOGRÁFICOS**

Roberto Akira Yamachita nasceu em São Paulo em 30/08/1966. Concluiu o curso de graduação e mestrado na Engenharia Elétrica na Escola Federal de Engenharia de Itajubá – MG em dezembro de 1991 e março de 1998 respectivamente. Trabalha desde então na área de conservação de energia, auditoria energética e meio ambiente.