

# A CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PELA RECICLAGEM DE MATERIAIS ELETROINTENSIVOS

Nelson Leon Meldonian \* e Luís Antônio Terribile de Mattos \*\*

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares ( IPEN - CNEN/SP )  
Travessa R , 400 - Cidade Universitária CEP 005508 - 900  
São Paulo / SP - Brasil

\* e-mail : meldonia@net.ipen.br

\*\* e-mail : mattos@net.ipen.br

tel. : ( 011 ) 816-9397

## RESUMO

A possibilidade do país enfrentar problemas com o suprimento de energia elétrica, nos próximos anos, com desdobramentos na economia e no bem-estar social, em parte se deve à insuficiência de recursos financeiros, que viabilizem os programas de geração e distribuição, de modo a atender a demanda de mercado. A adoção de medidas de conservação de energia, de modo amplo, pode contribuir decisivamente para minimizar a possibilidade de déficit de oferta. A reciclagem de materiais eletrointensivos, ainda não devidamente explorada no país, pode neste contexto ajudar a diminuir a demanda de energia elétrica, sendo por esta razão considerada medida efetiva de conservação de energia. O intuito geral deste trabalho é o de apresentar aspectos de conservação de energia elétrica que se pode obter por meio da reciclagem de materiais eletrointensivos contidos nos resíduos domésticos.

## INTRODUÇÃO

Este trabalho descreve resumidamente, na primeira parte, os principais "atores" do sistema elétrico nacional e as questões pertinentes ao atendimento da demanda futura de eletricidade. A seguir, a perspectiva de conservação de eletricidade, segundo o PROCEL, e por fim o potencial de conservação, pela reciclagem de materiais eletrointensivos, mesmo não sendo esta uma atividade de uso final.

## SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO

As atribuições e responsabilidades dos "atores" do sistema elétrico brasileiro estão baseadas na Constituição Federal de 1988, onde se estabelece que a União detém os direitos de exploração dos serviços e instalações de energia elétrica e o aproveitamento energético dos cursos d'água. Através do regime de autorização, concessão ou permissão, as atividades de geração e distribuição de energia elétrica são executadas por empresas públicas (atualmente majoritárias) e particulares. A União exerce por meio do Ministério de

Minas e Energia - MME, sua responsabilidade sobre o setor de energia elétrica.

Subordinada ao MME, destaca-se a Secretaria de Energia - SE (formula a política energética nacional) que engloba o Departamento de Águas e Energia Elétrica - DNAEE (outorga de concessão, permissão ou autorização de serviços de energia elétrica; fixação de tarifas); o Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético - DNDE (planejamento energético como um todo), e as Centrais Elétricas Brasileiras - ELETROBRÁS (planeja a expansão e operação dos sistemas elétricos, bem como o financiamento setorial).

O território brasileiro é dividido em quatro regiões geo-elétricas, para efeito de áreas de concessão das empresas regionais de energia elétrica, (ELETRONORTE, CHESF, FURNAS, ELETROSUL).

Estas empresas tem por objetivo a geração e transmissão de energia elétrica enquanto que a distribuição fica por conta de empresas estaduais e privadas.

Com este quadro institucional, aqui resumidamente descrito, o país produz energia elétrica de origem predominantemente hidrelétrica (96 % em 1994), cabendo às termelétricas a complementação dos sistemas interligados, bem como o suprimento dos sistemas

isolados. No final de 1995 a capacidade instalada do país chegou a 55.512 MW, não considerando os autoprodutores e metade da usina de Itaipú.

A produção de eletricidade, neste ano, chegou a 296,3 TWh (249,8 TWh faturados). Segundo o PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), a perda de aproximadamente 15 % da energia gerada, pelo sistema elétrico nacional, se dá 30 % na transmissão e 70 % na distribuição. Na distribuição, até as instalações dos consumidores, as perdas técnicas respondem por 73 % e as perdas comerciais (sem medição) por 27 % [2, 4].

De acordo com o Ministro das Minas e Energia, Raimundo Brito, caso não haja aumento considerável nesta capacidade, corre-se o risco de escassez no fornecimento de energia elétrica [3].

O esgotamento do modelo de financiamento (estatal) da expansão, está levando a União a aceitar a entrada de capitais privados que possibilitem tal intento. As companhias estrangeiras ou mesmo privadas nacionais, por sua vez, aguardam definições da política tarifária, da nova regulação do sistema elétrico e também das regras do setor de transmissão (privatizado ou não).

A dificuldade pela qual o setor elétrico passa (expansão, financiamento), mais do que justifica a adoção de medidas que tenham por objetivo a conservação de energia, não somente com a melhoria da eficiência energética de produtos e instalações, mas também com a reciclagem de materiais eletrointensivos.

### AS PERSPECTIVAS DE CONSERVAÇÃO DE ELETRICIDADE SEGUNDO O PROCEL

Nos mais recentes estudos sobre a demanda futura de energia elétrica, a ELETROBRÁS se valeu da técnica de cenarização das taxas de crescimento da economia brasileira. Para tanto foram estabelecidas quatro alternativas para a evolução do PIB, que redundam na elaboração das previsões do mercado de energia elétrica.

A Tabela 1 nos apresenta o mercado potencial (necessidade global) de energia elétrica, incluindo a autoprodução e deixando de subtrair os totais relativos às perspectivas de conservação.

TABELA 1  
Mercado Potencial de Energia Elétrica (TWh)

Cenário	1995	2000	2005	2010	2015
I	249,2	302,7	405,1	510,0	626,9
II	254,5	344,2	461,9	574,8	707,1
III	278,3	378,5	517,4	660,5	836,7
IV	278,9	397,6	544,9	724,2	950,1

Fonte : ELETROBRÁS, Plano 2015, Projeto 3

Os quatro cenários adotados na elaboração da mesma, baseados numa "visão prospectiva do comportamento futuro da economia" utilizam taxas de crescimento inferiores aos verificados na década de 80 [3].

Para atender a estimativa de demanda de energia elétrica, o país dispõe hoje, além de um parque gerador da ordem de 56.000 MW, potencial hidrelétrico considerável (ainda não aproveitado); opções termelétricas diversas (carvão, gás natural, nuclear, resíduos de cana, biomassa florestal, derivados de petróleo) e outras fontes alternativas. Parte representativa do referido potencial hidrelétrico encontra-se na Amazônia, em especial no Estado do Pará. O local onde se encontra tal potencial, suscita dúvidas quanto ao seu aproveitamento, visto que traz associado problemas de ordem ambiental e de distância dos centros de carga. Em princípio, o sobrecusto ambiental está sendo considerado no custo estimado de geração, apresentado na tabela abaixo, devendo somente ser acrescido o custo de transmissão, em função da distância.

A Tabela 2 nos fornece uma lista de fontes, o seu potencial e o custo estimado de geração. Com base nesta tabela, podemos concluir que o atendimento do mercado estimado de energia elétrica é, em princípio, viável mas dentro de uma ampla faixa de custos de geração. Apesar desta conclusão preliminar, devemos ter em mente outros parâmetros que pesam na adoção de uma das alternativas. Parâmetros estes que dizem respeito à viabilidade econômico-ambiental do empreendimento.

TABELA 2 [7, 8]  
Recursos Energéticos para a Produção de Energia Elétrica

FONTE	POTENCIAL		CUSTOS (US\$/MWh) dez. 91 (1)
	GWano	GW	
Hidráulica (2)	123,5	247	33 % até 40 39 % 40 a 70 28 % > 70
Carvão (3)	12	18,0	50 a 65
Nuclear (4)	15	25	60 a 70
Biom. Fl. (5)	22,2	n.d.	38 a 78
Re. Cana (6)	6,2	n.d.	32 a 89
Eólica (7)	n.d.	21,6	39 a 84
Solar, etc. (8)	n.d.	n.d.	acima de 50

- (1) custos incluindo investimento, operação/manutenção e combustível
- (2) considerando 95 % do total, parcela para a qual se dispõe de custos
- (3) potencial associado às reservas minerais à céu aberto
- (4) considerando-se apenas as reservas recuperáveis de urânio nacional (120 mil toneladas de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>), sem reciclagem de urânio e plutônio; fator de capacidade médio anual: 60 %
- (5) custos no caso da produção por gaseificação de madeiras obtidas de florestas plantadas para este fim; fator de capacidade máximo de 80 %
- (6) custos para cogeração somente na safra (bagaço)
- (7) fator de capacidade de 33 %

A conservação de energia também é uma opção a ser considerada no planejamento da oferta e demanda de energia elétrica, visto que a adoção de tal prática pode proporcionar a “redução” no consumo de eletricidade e conseqüentemente a postergação da entrada em operação de novas unidades de geração.

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL, criado em dezembro de 1985, tem por objetivo “racionalizar o uso de energia elétrica e, como decorrência da maior eficiência, propiciar o mesmo produto ou serviço com menor custo, eliminando desperdícios em novas instalações do sistema elétrico”.

Desta forma estabeleceu como meta economizar até 123,70 TWh, no ano 2015, baseado em estudos a partir dos principais usos finais da eletricidade (força motriz, processos eletrotérmicos, iluminação, refrigeração e condicionamento de ar), levando em conta os quatro cenários, anteriormente mencionados.

A Tabela 3 nos apresenta os quatro cenários de conservação estimados pelo PROCEL, dentro do Plano 2015. [3]

Os valores abaixo, na realidade, são o resultado de hipóteses de conservação de energia, arbitrados pelo PROCEL. Para podermos contar com a respectiva “redução” da demanda de eletricidade, deveríamos ter efetivamente, uma política nacional que tornasse obrigatório o cumprimento de metas de conservação para produtos e instalações, no país. Assim é necessária a troca de equipamentos e processos convencionais por outros energeticamente mais eficientes. Caso contrário, só nos resta torcer para que o consumo de eletricidade não cresça além do previsto e que seja viável aumentar a capacidade geradora instalada, para fazer frente a demanda.

TABELA 3  
Cenários de Conservação (TWh)

Cenário	1995	2000	2005	2010	2015
I	3,0	9,09	21,07	42,84	63,94
II	3,62	14,69	31,33	50,94	75,82
III	4,57	17,81	44,16	70,82	105,28
IV	5,19	20,01	49,48	81,61	123,70

Fonte : ELETROBRÁS, Plano 2015, Projeto 3

A Tabela 4 nos apresenta o mercado de energia elétrica, nas estimativas do PROCEL, já descontada a energia conservada.

O aumento do número de usinas termelétricas (maior fator de capacidade) no parque gerador, pode reduzir um pouco a potência instalada necessária para suprir a demanda de energia elétrica.

TABELA 4  
Mercado de Energia Elétrica Total (TWh)

Cenário	1995	2000	2005	2010	2015
I	246,2	293,8	384,0	467,2	563,0
II	250,9	329,5	430,6	523,9	631,3
III	273,7	360,7	473,2	589,7	731,4
IV	273,7	377,6	495,4	642,6	826,4

Fonte: ELETROBRÁS, Plano 2015, Projeto 3

Para suprir este mercado de energia elétrica (2015), o país terá que possuir um parque gerador da ordem de 2 a 3 vezes o atualmente disponível, operando com o mesmo fator de capacidade.

### A RECICLAGEM DE MATERIAIS ELETROINTENSIVOS

A questão pertinente à insuficiência de recursos financeiros, no setor elétrico nacional, com vistas ao planejamento dos programas de geração, transmissão e distribuição, nos leva a avaliar mais atentamente a atuação dos diversos componentes do mercado de energia elétrica no país. Esta forma de abordagem tem por objetivo determinar quais são os setores que mais contribuem para o consumo total de energia elétrica, os seus processos de produção e a intensidade energética associada.

Numa rápida pesquisa sobre o consumo de energia elétrica por classe, nas referências disponíveis (Plano Decenal de Expansão - GCPS - ELETROBRÁS), constatamos que a participação por classe de consumo (%) em 1992, foi a seguinte : residencial (24,4), comercial (12,2), industrial (48,6), rural (3,0), governo (11,8). Desta forma destacam-se os setores industrial e residencial, como responsáveis pelas maiores parcelas de consumo de energia elétrica. Este quadro não deve apresentar mudanças significativas, ainda este ano.

A Tabela 5 apresenta as principais indústrias consumidoras de energia elétrica, representando 69,1 % do consumo industrial brasileiro (1990). Destas indústrias destacam-se a do alumínio, a da siderurgia e a do papel/celulose que juntas são responsáveis por 36 % do consumo total do setor industrial.

Identificado o setor industrial como o maior consumidor de eletricidade, e as indústrias do alumínio (18,7 TWh, em 1992) e papel/celulose (7,9 TWh, em 1992), como representativos daquele setor, surge a pergunta : qual o destino dos seus produtos ? Na resposta a esta pergunta, sabemos que o Brasil é grande exportador destes produtos, conseqüentemente um grande exportador de energia. A parcela do produto consumida no mercado interno em parte é recuperada e o restante vai para o lixo, assim como a energia a ela agregada.

TABELA 5

Principais Setores Industriais  
Participação no Consumo Total Industrial

SETORES	%
Alumínio	15,0
Siderurgia	12,2
Papel e Celulose	8,8
Alimentos e Bebida	7,6
Ferro - Ligas	5,8
Extrativo Mineral	4,4
Soda - Cloro	3,6
Cimento	2,8
Petroquímica	2,7
Têxtil	5,8
TOTAL	69,1

Fonte : ELETROBRÁS, Plano 2015, Projeto 3, maio 93

As Tabelas 6 e 7 nos apresentam as vantagens energético - ambientais e o nível de reciclagem no Brasil.

TABELA 6

Benefícios Energético - Ambientais com a Reciclagem

Benefício com redução : (%)	Alumínio	Aço	Papel	Vidro
uso de energia	90 - 97	47 - 74	23 - 74	4 - 32
poluição do ar	95	85	74	20
poluição da água	97	76	35	-
restos na miner.	-	97	-	80
uso de água	-	40	58	50

Fonte : Manual Global de Ecologia, pg. 269, Ed. Augustus, 1993

Das tabelas citadas podemos concluir que a reciclagem gera benefícios, com a redução da quantidade de energia; do uso de recursos naturais e do volume de resíduos sólidos nos aterros sanitários / lixões, nas cidades do país. O nível de reciclagem, no Brasil, só pode ser considerado bom, quando comparado a países desenvolvidos neste setor, no caso da reciclagem das latas de bebidas (alumínio). Esta constatação deixa claro o interesse da indústria do setor, em levar adiante a reciclagem, pois lhe proporciona uma economia bastante representativa no consumo de energia elétrica, parâmetro fundamental na produção do alumínio primário. Num segundo plano, destaca-se a significativa reciclagem do papel. Reciclagem esta, mais destinada a produção de papelão, que não requer aparas de primeira qualidade.

Apesar da taxa de reciclagem, o Brasil não é auto-suficiente na produção de todo o tipo de papel.

TABELA 7

Nível de Reciclagem no Brasil (%)

	Papel	Plástico	Vidro	Aço	Alumínio	
					Total	Latas
Nível de Recicl. (%)	37	11	23	25	11	56

Fontes: Amazonas; Wells; Motta [ 5 ]

De qualquer forma, há um espaço bastante considerável a ser explorado e até agora só não possui maiores dimensões, pela inexistência de uma política nacional de reciclagem, que englobe questões pertinentes a legislação e metas para reciclagem; política de preços; isenção e/ou redução tributária; etc. .

De acordo com Zulauf (Secretário do Verde e do Meio Ambiente de São Paulo), reciclar é um conceito amplo, que extrapola a ação de recuperar parcelas ou conteúdos energéticos. Vejamos o caso da cidade de Nova York, que produz diariamente 26.000 toneladas de lixo, sendo 13.000 t de lixo doméstico. Nesta cidade, 50 % do lixo é reciclado, o restante vai para o último aterro sanitário (Staten Island) em operação. Já se cogita "exportar" o lixo da cidade, para localidades mais distantes. Este exemplo serve para mostrar que não basta coletar o lixo gerado, há a necessidade de se solucionar a questão referente à disposição do mesmo. E neste caso é possível compreender que os aterros tem vida útil, ou seja, não recebem eternamente o lixo gerado. Assim sendo, uma forma de postergar o esgotamento do local de disposição, diz respeito à reciclagem que proporciona a redução do volume de lixo a ser disposto, com conseqüente ganho energético - ambiental.

No Brasil 76 % do lixo é disposto a céu aberto, 13 % em aterro controlado e 10 % em aterro sanitário . A cidade de São Paulo produz diariamente 14.000 toneladas de lixo (1994), dos quais 14,4 % são de papel / papelão e 3,2 % de metais e latas. Somente nesta cidade foram produzidas 4.500.000 toneladas de lixo coletado, em 1994.

Para termos uma pequena noção do que se desperdiça energeticamente, no lixo doméstico, podemos tomar como exemplo o caso das tão conhecidas latinhas de alumínio, para bebidas em geral. Assim vejamos como se segue.

Em 1995, a indústria brasileira do alumínio produziu 1,2 milhão de toneladas de metal primário, sendo 500.000 toneladas consumidas no mercado interno, e o restante exportado. Para estimar o consumo de energia elétrica nesta produção do metal, usamos um consumo médio específico de 15,2 MWh/t. Portanto temos 18,2

TWh (7 % da energia elétrica faturada no Brasil, em 1995) como consumo total, dos quais 10,6 TWh foram “exportados” e 7,6 TWh “consumidos” no país.

A indústria de latas de alumínio produzirá, em 1996, 4 bilhões de unidades (16,7 g/cada: 66.800 toneladas) necessitando, para tanto, 1,02 TWh. Segundo estimativa da Associação Brasileira do Alumínio - ABAL, espera-se uma taxa de reciclagem de 63 % (42.084 t), portanto podemos assumir que 24.716 t vão para o lixo, ou seja, 375.683 MWh.

Considerando se uma hidrelétrica operando com fator de capacidade de 50 %, concluímos que haverá uma perda equivalente a da produção anual de uma usina de 87 MWe !!

O consumo de alumínio na produção de latinhas representa apenas 13,4 % da quantidade deste metal consumida no Brasil. Em outras palavras, os aterros e lixões recebem mais do que 24.716 t de Al por ano. Certamente os demais produtos fabricados com aquele metal (esquadrias, peças de automóvel, utensílios domésticos etc.) não possuem vida tão curta quanto as latinhas, não podendo assim ser computadas como lixo no ano de sua fabricação. De qualquer maneira uma parcela dos mesmos é descartada diariamente, sem reciclagem, fato este que nos leva a concluir que o desperdício energético é na realidade superior ao anteriormente estimado.

A mesma forma de abordagem usada para os produtos de alumínio, pode ser empregada para outros materiais. Como observado nas Tabelas 6 e 7, o aço, o plástico, o papel e o vidro, que estão abundantemente presentes no lixo doméstico e industrial descartado, oferecem benefícios diversos se adequadamente reciclados.

Um estudo amplo pode demonstrar que a quantidade de energia “descartada” nos aterros/lixões deste país, vai bem além do que aquela acima estimada para um único metal. A reciclagem destes materiais oferece ainda vantagens sócio-ambientais que podem ser computadas, valorizando ainda mais esta atividade.

## CONCLUSÕES

Com um consumo de eletricidade mantendo taxas de crescimento acima do esperado (6 % em 1995), e investimentos abaixo do nível ideal, o sistema elétrico nacional encontra dificuldades para elevar a capacidade de geração.

Por esta razão, caso não sejam tomadas medidas efetivas de combate a perda e/ou implementados procedimentos que redundem na conservação de energia, corre-se o risco (de magnitude discutível) de escassez no fornecimento de energia elétrica. De acordo com dados constantes do Sistema de Informações do Setor de Energia Elétrica (SIESE), em 1995, houve uma perda de 46,5 TWh, por conta de perdas técnicas e fraudes! Esta energia perdida corresponde a geração anual de uma usina hidrelétrica de 10.764 MWe !!

O esgotamento/falência do modelo de financiamento (estatal) da expansão do parque gerador e manutenção da distribuição, está levando a União e os Governos Estaduais a aceitarem as mais diversas parcerias (grupos privados nacionais, e privados e estatais estrangeiros). Neste sentido vimos a chegada da EDF (Electricité de France) associada a dois outros grupos norte-americanos, na venda de parte da Light (RJ). Presenciamos também a parceria da CESP (Companhia Energética de São Paulo) com a Companhia Brasileira de Alumínio - CBA, do Grupo Votorantim, na construção das hidrelétricas de Canoas I e II.

O que falta para se obter a conservação de energia estimada pelo PROCEL? Será que é mais barato construir novas unidades de geração de eletricidade ou ainda delegar a terceiros (estrangeiros ou não) a responsabilidade pela construção das mesmas?

Embora não seja uma atividade de uso final (força motriz, processos eletrotérmicos, iluminação, refrigeração e condicionamento de ar), a reciclagem de materiais eletrointensivos pode garantir a conservação de energia elétrica, além de proporcionar vantagens sócio-ambientais, em larga escala. Estes benefícios resultam da redução da quantidade de energia elétrica; do uso de recursos naturais exauríveis; e do volume de lixo a ser disposto em aterros/lixões.

A reciclagem de latas de alumínio, no Brasil, já permite boa economia de energia, porém ainda há espaço para a implementação desta atividade, visto que a disposição, em aterros/lixões, de 37 % das latas fabricadas, representam a perda de 375.683 MWh, ou seja, a energia gerada anualmente por uma usina hidrelétrica de 87 MWe. E como mencionado, o alumínio usado na fabricação destas latinhas, é apenas uma pequena parcela do metal descartado.

Ao analisarmos a quantidade de outros materiais eletrointensivos contidos no lixo doméstico/industrial, concluímos que a reciclagem dos mesmos é mais do que justificável, pelo potencial de conservação de energia, associado a vantagens sócio-ambientais relevantes.

## REFERÊNCIAS

- [1] ELETROBRÁS, **Plano 2015, Projeto 1 - Metodologia e Processo de Planejamento da Expansão do Setor Elétrico Brasileiro**, julho / 93
- [2] Gazeta Mercantil, **Maior consumo de energia beneficia o setor elétrico**, 24 /04/ 96
- [3] ELETROBRÁS, **Plano 2015, Projeto 3 , Perspectivas do Mercado e da Conservação de Energia Elétrica**.
- [4] PROCEL, **Home Page** , maio/96

[5] Amazonas, M.; Wells, C.; Motta, R.S.; **A Economia da Reciclagem: Agenda para uma Política Nacional**, Workshop CEMPRE/ IPEA, RJ 25-26/08/95

[6] ABAL, **Reciclagem**, maio /1996

[7] Ventura Filho, A.; **O Papel da Geração Nuclear no Atendimento do Sistema Elétrico Brasileiro a Longo Prazo**. Anais do V CGEN, RJ 28/08 a 02/09/94, p. 1025 a 1030

[8] ELETROBRÁS; **Plano 2015; Estudo de Oferta e Demanda - Estratégia de Expansão do Sistema**, RJ/ 92

### **ABSTRACT**

The purpose of this paper is to present some electrical energy conservation aspects obtained by recycling of energy intensive material contained in domestic waste. The country's possibility to face electrical energy supply problems soon, come partly from fund insufficiency, which are necessary to attend market's demand. The economy and social well-being might be affected by these electrical problems. Energy conservation strategy's adoption contribute to minimize offering electrical energy deficit feasibility. The energy intensive material's recycling, not well used up to now, may contribute to reduce the electrical energy demand, being considered an efficient conservation strategy.