

**BORSI FÉLIX ROMERO ALBÚJAR**

**CONDIÇÕES OPERACIONAIS PARA O DESENVOLVIMENTO  
DO MERCADO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR  
RESIDENCIAL DE LIMA METROPOLITANA**

Dissertação apresentada ao Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia (IEE-USP, EPUSP, FEA-USP, IFUSP) da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Energia.

Área de Concentração: Energia

Orientador:  
Prof. Dr. Otavio Mielnik

000.92:021.011

0 703c

1-1500  
E-3

**São Paulo  
1996**

10-12-1

**BORSI FÉLIX ROMERO ALBÚJAR**

**CONDIÇÕES OPERACIONAIS PARA O DESENVOLVIMENTO  
DO MERCADO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR  
RESIDENCIAL DE LIMA METROPOLITANA**

Dissertação apresentada ao Programa  
Interunidades de Pós-Graduação em Energia  
(IEE-USP, EPUSP, FEA-USP, IFUSP) da  
Universidade de São Paulo para obtenção do  
título de Mestre em Energia.

Área de Concentração: Energia

Orientador:  
Prof. Dr. Otavio Mielnik

São Paulo  
1996

## AGRADECIMENTOS

À International Energy Initiative (IEI), pela concessão da bolsa, sem a qual não seria possível a realização do estudo.

Ao Professor Otavio Mielnik, por sua orientação na elaboração deste trabalho.

Ao *Centro de Conservación de Energía y del Medio Ambiente* (CENERGIA, Perú); ao *Proyecto para Ahorro de Energía del Ministerio de Energía y Minas* (PAE-MEM, Perú); e à *Comisión de Tarifas Eléctricas* (CTE, Perú) , pela colaboração no fornecimento de informação.

Aos meus amigos Roberta C.Kronka, Cássio Santos, Sergio Pacca e Robson Barbosa, pela ajuda na correção da redação da dissertação.

## SUMÁRIO

	Página
<b>1. Introdução ao trabalho de dissertação .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Sobre o trabalho de dissertação .....</b>	<b>1</b>
1.1.1. Introdução .....	1
1.1.2. Motivo do tema .....	1
1.1.3. Objetivo .....	2
1.1.4. Metodologia .....	3
1.1.5. Do conteúdo da Dissertação.....	3
<b>1.2. Introdução teórica: a transformação de mercado em eficiência energética.....</b>	<b>6</b>
1.2.1. Marco referencial.....	6
1.2.2. A transformação de mercado.....	7
1.2.3. A ‘defasagem’ da eficiência energética .....	10
1.2.4. Barreiras à transformação de mercado.....	14
1.2.5. A possibilidade de transformar o mercado .....	17
1.2.6. Estratégias de transformação de mercado .....	18
1.2.7. Aplicabilidade dos conceitos ao contexto peruano .....	21
<b>2. Descrição do setor elétrico do Peru.....</b>	<b>23</b>
<b>2.1. Estrutura do setor elétrico peruano.....</b>	<b>23</b>
2.1.1. O Marco Regulatório .....	23
2.1.2. Estrutura empresarial .....	25
2.1.3. A operação do sistema elétrico .....	28
2.1.4. Classificação de usuários.....	32
<b>2.2. O mercado de eletricidade .....</b>	<b>35</b>
2.2.1. Transações econômicas do mercado elétrico .....	35
2.2.2. A oferta da energia elétrica.....	38
2.2.3. A demanda da energia elétrica.....	40

<b>2.3. As tarifas elétricas no Peru</b> .....	43
2.3.1. Fundamento e conceitos básicos .....	43
2.3.2. Preços de Geração.....	44
2.3.3. Custos de Transmissão e Preços em Barra .....	50
2.3.4. Determinação da Tarifa para clientes finais .....	55
2.3.5. Evolução e estabilização das tarifas elétricas.....	67
<b>3. O mercado de eficiência energética no setor elétrico residencial - Caso do setor residencial de Lima Metropolitana</b> .....	69
<b>3.1. Os usos finais e o potencial de conservação da energia elétrica em Lima</b> .....	69
3.1.1. A demanda de energia elétrica .....	69
3.1.2. Composição da demanda por usos finais.....	75
3.1.3. O potencial de conservação de energia.....	79
<b>3.2. A oferta de equipamentos para usos finais em Lima</b> .....	101
3.2.1. Lâmpadas para iluminação de interiores.....	101
3.2.2. Refrigeradores de uso residencial.....	104
3.2.3. Aquecedores de água elétricos.....	109
3.2.4. Outros equipamentos de uso final de eletricidade.....	110
<b>3.3. Principais barreiras ao uso eficiente da energia elétrica</b> .....	111
3.3.1. Falta de informação dos consumidores sobre a existência de equipamentos eficientes.....	111
3.3.2. Alto custo inicial dos equipamentos eficientes.....	112
3.3.3. Ausência de normas de eficiência energética para usos finais.....	114
3.3.4. Sistema de tarifas que estimula as concessionárias de distribuição (privatizadas) a aumentar as vendas de energia .....	115

<b>3.4. Experiências de uso eficiente da energia elétrica no Peru</b> .....	116
3.4.1. A participação de organizações não-governamentais .....	116
3.4.2. O caso da iluminação pública .....	116
3.4.3. O projeto para conservação da energia do governo do Peru .....	117
<b>4. Condições operacionais para o desenvolvimento do mercado de eficiência energética no setor residencial</b> .....	123
<b>4.1. Ao nível de governo</b> .....	129
4.1.1. Liderança governamental em eficiência energética .....	129
4.1.2. Incorporação da eficiência energética na regulação.....	131
4.1.3. Normalização de eficiência energética em equipamentos.....	132
4.1.4. Controle da importação de equipamentos segundo a eficiência energética .....	136
<b>4.2. Ao nível dos fabricantes</b> .....	138
4.2.1. Incentivos financeiros para a fabricação de equipamentos eficientes.....	138
4.2.2. Etiquetagem de equipamentos .....	140
<b>4.3. Ao nível dos usuários</b> .....	144
4.3.1. Educação do usuário final .....	144
4.3.2. A criação de “consumidores de eficiência energética”.....	149
<b>4.4. Ao nível das concessionárias de distribuição</b> .....	150
<b>4.5. Ao nível de tarifas elétricas</b> .....	155
4.5.1. O sinal tarifária.....	155
4.5.2. Tarifa residencial por faixas de consumo .....	157
4.5.3. Tarifa binômia para o setor residencial .....	158

4.6. Criação do mercado de “negawatts” por meio de empresas de serviços energéticos.....	163
4.7. As consequências do processo de transformação do mercado .....	167
4.7.1. Junto aos consumidores residenciais .....	167
4.7.2. Junto às concessionárias de distribuição.....	168
4.7.3. Junto à sociedade .....	169
4.7.4. No meio ambiente.....	169
5. Conclusões e recomendações .....	170

## ANEXOS

Anexo A: Características dos programas de incentivo ao uso de lâmpadas eficientes:uma visão mundial.....	175
Anexo B: Níveis Sócio Econômicos - (Peru 1993 / 1994) .....	182
Anexo C: Distribuição da População por Nível Sócio Econômico de Lima Metropolitana - Censo 1993 .....	183
Anexo D: Sistema Económicamente Adaptado.....	184
Anexo E: Opções Tarifárias no Peru .....	186
Anexo F: Evolução das Tarifas Elétricas no Peru.....	187
Anexo G: Pliego Tarifario - Luz del Sur S.A.....	188
Anexo H: Privatización de Edelnor y Edelsur .....	189
Anexo I: Luz del Sur S.A. ....	190
REFERÊNCIAS .....	192

## Lista de Tabelas

- Tabela 1.2.1 Comparação de custos anuais para iluminação com lâmpada incandescente e lâmpada fluorescente compacta, incluindo a taxa interna de retorno no caso de investimento em eficiência energética.
- Tabela 1.2.2 Custos de opções de capacidade.
- Tabela 2.1.1 Venda de energia elétrica e número de usuários livres e regulados no Peru em 1994.
- Tabela 2.2.1 Capacidade Instalada Total de Geração Elétrica ao nível nacional - Peru 1994 (em MW).
- Tabela 2.2.2 Capacidade Instalada e Efetiva de Geração por Sistemas Interligados, incluindo autoprodutores - Peru 1994 (em MW).
- Tabela 2.2.3 Comprimento de linhas de transmissão existentes ao nível nacional - Peru 1994 (em km).
- Tabela 2.2.4 Tendências de crescimento da energia elétrica de acordo com a classificação de mercado livre e regulado no Peru.
- Tabela 2.2.5 Projeção da demanda de potência e energia elétrica ao nível nacional no Peru (cenário baixo).
- Tabela 2.3.1 Preços básicos de potência de ponta e de energia no SICN que inclui Lima onde se apresenta a maior concentração de carga elétrica.
- Tabela 2.3.2 Tarifas Marginais na barra de referência situada em Lima Metropolitana.
- Tabela 2.3.3 Usina Marginal de Potência de Ponta: *SISTEMA INTERCONECTADO CENTRO-NORTE* (50 MW).
- Tabela 2.3.4 Usina Marginal de Potência de Ponta: *SISTEMA INTERCONECTADO SUR-ESTE* (5,5 MW).
- Tabela 2.3.5 Usina Marginal de Potência de Ponta: *SISTEMA INTERCONECTADO SUR-OESTE* (5,5 MW).
- Tabela 2.3.6 Detalhe simplificado dos custos típicos de geração no setor elétrico do Peru.
- Tabela 2.3.7 Resumo dos custos de geração típicos no Peru.
- Tabela 2.3.8 Estrutura de preços de eletricidade no setor elétrico do Peru.
- Tabela 3.1.1 Venda de energia elétrica das concessionárias de distribuição no Peru em 1994 (Valores em GWh).
- Tabela 3.1.2 Venda de energia elétrica das concessionárias de distribuição de Lima Metropolitana por opção tarifária, em 1994 (Valores em MWh).
- Tabela 3.1.3 Faturamento das vendas da energia elétrica das concessionárias de distribuição no Peru em 1994.

- Tabela 3.1.4 Número de clientes da energia elétrica das concessionárias de distribuição no Peru em 1994.
- Tabela 3.1.5 Estrutura da demanda por usos finais em Lima Metropolitana.
- Tabela 3.1.6 Distribuição das lâmpadas incandescente e fluorescente, por nível sócio-econômico, em Lima Metropolitana.
- Tabela 3.1.7 Quantidade e capacidade de *Aquecedor de Água Elétrico* por família, segundo o nível sócio-econômico, em Lima Metropolitana.
- Tabela 3.1.8 Principais opções de melhoria de eficiência energética no setor residencial de Lima Metropolitana.
- Tabela 3.1.9 Opções de tecnologia convencional e eficiente para o serviço de iluminação residencial em Lima Metropolitana.
- Tabela 3.1.10 Projeção de cenários de eficiência congelada e de futuro eficiente para a iluminação no setor residencial de Lima Metropolitana.
- Tabela 3.1.11 Comparação de custos anualizados do serviço de iluminação com Lâmpadas Incandescente (IC) e Lâmpada Fluorescente Compacta (LFC), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Custo de Energia Conservada (CEC).
- Tabela 3.1.12 Características técnico-econômicas de reatores eletromagnéticos e eletrônicos para uma lâmpada fluorescente comum de 32W.
- Tabela 3.1.13 Projeção de cenários de eficiência congelada e de futuro eficiente para lâmpadas fluorescentes comuns utilizando reatores eletromagnéticos e eletrônicos.
- Tabela 3.1.14 Comparação de custos anualizados do serviço de iluminação com Lâmpadas Fluorescentes comuns utilizando reator eletromagnético (RELM) e eletrônico (RELT), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Custo de Energia Conservada (CEC).
- Tabela 3.1.15 Projeção de cenários congelado e de futuro eficiente para refrigeradores no setor residencial de Lima Metropolitana.
- Tabela 3.1.16 Consumo diário de energia elétrica de aquecedores de água elétricos de uso permanente.
- Tabela 3.1.17 Projeção de cenários de eficiência congelada e de futuro eficiente para aquecedores de água elétricos no setor residencial de Lima Metropolitana.
- Tabela 3.1.18 Potencial de Conservação de Energia com quatro opções de tecnologia eficiente no setor residencial de Lima Metropolitana, no período 1995-2005 (em GWh).
- Tabela 3.2.1 Principais modelos de Lâmpadas Fluorescentes Compactas oferecidas por *Philips* em Lima.
- Tabela 3.2.2 Principais modelos de Lâmpadas Fluorescentes Compactas oferecidas por *General Electric* em Lima.

- Tabela 3.2.3 Relação dos modelos de refrigeradores no mercado de Lima que são certificados pela *California Energy Commission* para venda na Califórnia (EUA).
- Tabela 3.2.4 Consumo de eletricidade no padrão europeu de vários tipos de refrigeradores de 200 litros (em kWh/ano).
- Tabela 3.2.5 Principais modelos de aquecedores de água elétricos existentes no mercado de Lima.
- Tabela 3.2.6 Características técnicas dos principais modelos de aquecedores elétricos de água utilizados em Lima.
- Tabela 3.2.7 Aparelhos elétricos diversos para utilização residencial, oferecidos no mercado de Lima.
- Tabela 3.3.1 Consumo mensal de equipamentos para iluminação residencial em Lima Metropolitana em 1991.
- Tabela 3.4.1 Características das LFCs e o pagamento mensal na conta de energia elétrica em concessionárias de distribuição não privatizadas no interior de Perú (fora de Lima).
- Tabela 4.1.1 Custo de Energia Conservada para diferentes opções de eficiência energética no setor residencial de Lima Metropolitana.
- Tabela 4.1.2 Marcas e modelos de refrigeradores eficientes com freezer interno, certificados pela *California Energy Commission*, utilizáveis em Lima.
- Tabela 4.3.1 Proporção dos principais motivos para conservar energia, antes, durante e após a campanha promovido por PAE (Projeto para conservação de energia).
- Tabela 4.5.1 Comparação de custo mensal (US\$/mes) com tarifa monômnia BT5 e tarifa binômnia (Energia em ponta + Energia fora de ponta + Potência de Ponta) em função da potência de ponta do usuário residencial nas horas de duração da ponta do sistema.
- Tabela 4.7.1 Potencial de economia de dinheiro para usuários finais, devido à energia conservada para diferentes opções de eficiência energética no setor residencial de Lima Metropolitana no período 1995-2005.

## Lista de Figuras

- Figura 1.2.1 Curva de difusão logística de um produto e seu deslocamento positivo devido a medidas (pre-introdução, aceleração por demonstração e aumento por marketing).
- Figura 1.2.2 Defasagens em eficiência energética.
- Figura 2.1.1 Estrutura empresarial do setor elétrico peruano.
- Figura 2.1.2 Componentes de um Sistema Elétrico Interligado, segundo a *Ley de Concesiones Eléctricas* do Peru.
- Figura 2.1.3 Operação coordenada do um sistema elétrico interligado pelo Comitê de Operação Econômica do Sistema.
- Figura 2.1.4 Estrutura de Mercado Elétrico no Peru - 1994.
- Figura 2.2.1 As Transações Econômicas no Mercado Elétrico Peruano.
- Figura 2.2.2 Níveis tarifários entre os diferentes segmentos do mercado elétrico peruano.
- Figura 2.2.3 Produção de energia elétrica ao nível nacional durante o período 1970-1994 no Peru.
- Figura 2.2.4 Evolução das vendas de energia elétrica no mercado elétrico do Peru.
- Figura 2.3.1 Fundamento tarifário estabelecido pela *Ley de Concesiones Eléctricas* do Peru para determinar os preços de geração.
- Figura 2.3.2 Curva de custos totais para distintas opções de geração em função do fator de carga.
- Figura 2.3.3 Cascata de custos em um sistema elétrico e a tarifas elétricas para clientes finais.
- Figura 2.3.4 Esquema simplificado de um sistema elétrico e os preços e tarifas elétricas nos respectivos níveis do sistema.
- Figura 2.3.5 Procedimento empregado para calcular as tarifas elétricas para clientes finais.
- Figura 2.3.6 Procedimento empregado para qualificar os sistemas de distribuição típicos.
- Figura 2.3.7 Esquema geral da formulação tarifária para clientes finais.
- Figura 2.3.8 Tendências nas tarifas elétricas residencial, comercial, industrial e outros, no período 1975-1995.
- Figura 2.3.9 Tendência a preços reais das tarifas elétricas residencial, comercial, industrial e outros, após a promulgação da lei de concessões elétricas.
- Figura 3.1.1 Energia faturada em 1994 pelas concessionárias de distribuição *Edelnor* e *Luz del Sur* em Lima Metropolitana, segundo as faixas de consumo mensal.

- Figura 3.1.2 Comportamento típico da demanda residencial em um período de 24 horas observado no ano de 1994.
- Figura 3.1.3 Composição por usos finais da demanda do setor residencial em horas de máxima demanda, segundo uma pesquisa no ano de 1992
- Figura 3.1.4 Proporção de utilização média das lâmpadas incandescentes em um período de 24 horas em Lima Metropolitana
- Figura 3.1.5 Proporção de utilização média das lâmpadas fluorescentes em um período de 24 horas em Lima Metropolitana
- Figura 3.1.6 Projeção da demanda de usos finais de energia considerando os cenários de eficiência congelada, de futuro eficiente e o cenário atingível.
- Figura 3.1.7 Projeção de cenários de eficiência congelada e de futuro eficiente para iluminação de interiores no setor residencial de Lima Metropolitana.
- Figura 3.1.8 Custo de Energia Conservada para a substituição de lâmpadas incandescentes pelas LFCs em função das horas de utilização diária
- Figura 3.1.9 Projeção de cenários de eficiência congelada e de futuro eficiente para iluminação de interiores com Lâmpadas Fluorescente comuns, utilizando reator eletromagnético e eletrônico, no setor residencial de Lima Metropolitana.
- Figura 3.1.10 Custo de Energia Conservada para substituição de reatores eletromagnéticos por reatores eletrônicos para Lâmpadas Fluorescentes convencionais de 32W.
- Figura 3.1.11 Evolução do número de refrigeradores segundo cenários de eficiência congelada e de futuro eficiente.
- Figura 3.1.12 Projeção de cenários de eficiência congelada e de futuro eficiente para refrigeradores no setor residencial de Lima Metropolitana.
- Figura 3.1.13 Projeção de cenários de eficiência congelada e de futuro eficiente para aquecedores de água elétricos no setor residencial de Lima Metropolitana.
- Figura 3.1.14 Projeção de cenários de eficiência congelada e de futuro eficiente para quatro opções de tecnologia eficiente, no setor residencial de Lima Metropolitana, no período 1995-2005.
- Figura 3.2.1 Principais modelos de refrigeradores e freezers vendidos em Lima Metropolitana.
- Figura 3.2.2 Evolução da eficiência energética dos refrigeradores no Estados Unidos.
- Figura 3.2.3 Comparação de consumo de energia por litro de refrigerador-freezer (frost-free) fabricado nos Estados Unidos, Europa e Japão em 1995.
- Figura 3.3.1 Comparação de custos de uma lâmpada incandescente (100W) e uma lâmpada fluorescente compacta (20-23W) para um mesmo serviço de iluminação.
- Figura 3.3.2 Comparação do faturamento mensal por consumo de energia elétrica e o custo de uma LFC, e distribuição do número de usuários residenciais em função do consumo mensal de energia elétrica.

- Figura 3.4.1 Mudança na tendência de crescimento da demanda de energia elétrica no SICN como resultado do programa de conservação e uso racional da energia, propiciado pelo PAE-MEM.
- Figura 4.1.1 Potencial de conservação de energia elétrica e Custo de Energia Conservada de opções de eficiência energética, no setor residencial de Lima Metropolitana, no período 1995-2005.
- Figura 4.1.2 Curva integrada de tecnologias de geração e de demanda (uso de tecnologias eficientes no setor residencial de Lima Metropolitana).
- Figura 4.1.3 Evolução da redução do consumo energético de refrigeradores como consequência das normas de mínima eficiência.
- Figura 4.2.1 Etiquetagem de equipamentos em um contexto de normas de eficiência no Estado de Califórnia.
- Figura 4.2.2 Exemplo de uma medida de lei para o etiquetagem de lâmpadas.
- Figura 4.3.1 Tendência nos principais motivos para conservar energia, antes, durante e após a campanha promovido por PAE.
- Figura 4.4.1 Projeção da demanda elétrica para cenários tendencial (StatusQuo) e com medidas de eficiência energética em usos finais (GLD).
- Figura 4.4.2 Valor Presente Líquido de comparação para cenários GLD e StatusQuo para 5%, 10% e 15% de sobrecarga prevista.
- Figura 4.4.3 Curva de indiferença para cenários tendencial e com medidas de eficiência energética em usos finais para uma subestação de distribuição de 100 kVA no setor residencial.
- Figura 4.5.1 Evolução mensal de preço e consumo de eletricidade no setor residencial da parte sul de Lima Metropolitana no período 1994-1995.
- Figura 4.5.2 Comparação de custo de serviço de fornecimento de energia elétrica para o setor residencial com tarifa monômnia e binômnia.

## RESUMO

No setor elétrico do Peru, o setor residencial de Lima Metropolitana apresenta um grande potencial de conservação de energia, principalmente no serviço de iluminação, além da refrigeração e o aquecimento de água, proporcionalmente pequenos, porém significativos. Neste trabalho, estima-se o potencial acumulada de conservação de energia elétrica igual a 8:456,9 GWh, no período 1995-2005, como resultado da utilização de tecnologias eficientes no serviços de iluminação, conservação de alimentos e aquecimento de água. Os custos de energia conservada são inferiores a US\$ 0,04/kWh, ou seja, equivalem a 36% do preço de energia elétrica que paga o consumidor residencial (US\$ 0,11/kWh).

Com a finalidade de superar as barreiras ao uso eficiente da energia elétrica no Peru, neste trabalho propõe-se diversas condições que devem estabelecer-se para desenvolver um mercado de tecnologias eficientes com o objetivo de acelerar e aumentar a penetração destas tecnologias no mercado de usos finais de energia elétrica no setor residencial de Lima metropolitana. Analisam-se condições operacionais ao nível de governo, dos fabricantes, das concessionárias e tarifas elétricas, e dos consumidores.

## ABSTRACT

The residential sector in the city of Lima, Peru has a large potential for energy conservation, mainly for lighting, refrigeration and water heating. While relatively small, savings obtained for these energy services are meaningful. In this work, we assessed a cumulated potential of 8,456.9 GWh for electricity conservation in the period 1995-2005, that might be developed through efficient technologies for residential lighting, food storage and water heating. The energy conservation costs are below US\$0.04/kWh, which is equivalent to 36 percent of the residential electricity rate in Lima (US\$0.11/kWh).

In this work, we discussed some operational conditions for development of a market for energy efficient technologies and equipments that may increase the penetration of those devices for the residential electricity end-use consumption in Lima. The operational conditions for development of such a market have been considered for its four main components, i.e., the power distribution utility, the consumers, the electricity rates, the equipment manufacturers and the governments.

# Capítulo 1

## Introdução ao trabalho de dissertação

### 1.1. Sobre o trabalho de dissertação

#### 1.1.1. Introdução

A realização do trabalho de dissertação proposto, que permitirá a obtenção do grau acadêmico de Mestre em Energia, é parte das atividades da *International Energy Initiative* (IEI), cujo Programa de Bolsas no Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo visa capacitar profissionais da América Latina provenientes das diversas empresas e instituições energéticas, do ponto de vista dos usos finais de energia, com ênfase em sua eficiência. A maioria dos países da América Latina desenvolve uma abordagem da planificação energética pelo lado da oferta. Neste caso, trata-se de uma abordagem pelo lado dos usos finais de energia. A idéia é a formação de profissionais com um potencial de decisão nos mercados energéticos da América Latina, com uma orientação em usos finais de energia [Mic93].

#### 1.1.2. Motivo do tema

A escolha do tema deve-se, em primeiro lugar, à importância da abordagem da planificação energética do ponto de vista dos usos finais de energia com ênfase na eficiência energética. Existem inúmeros casos onde medidas de conservação de energia são menos custosas do que o incremento da oferta, resultando, por conseguinte, em uma adequada utilização dos recursos. Porém, não se pretende apenas enfatizar a nova opção. Trata-se de considerá-la como uma alternativa, de modo que a solução seja a de custo mínimo, e que, mais adiante, possa ser implementado o Planejamento Integrado dos Recursos (uma metodologia que integra, ao mesmo tempo, os conceitos de método tradicional de planejamento do lado de oferta e o gerenciamento de demanda) [Kra88].

Este trabalho será desenvolvido com ênfase na transformação do mercado das tecnologias e dos equipamentos de usos finais de energia.

Outro motivo importante é a necessidade de prosseguir com medidas de conservação de energia diante do previsível déficit de oferta de energia elétrica no Peru. As causas de provável déficit devem-se ao fato de que durante o período 1985-1990 não ocorreram investimentos importantes em geração elétrica, devido às crises econômico sociais.<sup>(i)</sup> Em seguida, durante 1990-1995, devido aos reajustes macroeconômicos e às reformas estruturais do setor elétrico (cujo motivo principal foi estabelecer um marco legal para a privatização) não foram feitos investimentos importantes em geração elétrica - dada a incerteza diante da nova legislação - que assegurara a oferta elétrica. Por outro lado, soma-se o fato do súbito crescimento econômico experimentado durante os anos 1993 e 1994 e, por conseguinte, o aumento da demanda elétrica. Além disso, atualmente a lenta privatização do parque de geração posterga, ainda mais, o incremento da oferta elétrica. Ante esses fatos, o *Ministerio de Energía y Minas* (MEM) implementou, de maneira urgente, em outubro de 1994, um projeto para a conservação de energia denominado *Proyecto para Ahorro de Energía* (PAE). Paralelamente, a organização não-governamental CENERGIA<sup>(ii)</sup>, por delegação da ELECTROPERU<sup>(iii)</sup>, na mesma data, implementou o projeto *Administración de Demanda y Uso Racional de la Energía Eléctrica* (ADUREE) com o mesmo objetivo. O resultado foi a unificação do projeto com a finalidade de conservar e/o deslocar 100 MW durante 1995 e 1996 <sup>[Rom96]</sup>.

### 1.1.3. Objetivo

O objetivo que se pretende neste trabalho é estabelecer as condições operacionais para o desenvolvimento do mercado de eficiência energética no setor elétrico residencial na região de Lima Metropolitana. Em outras palavras, trata-se de elaborar uma estratégia para incrementar a penetração de tecnologias eficientes no mercado dos usos finais do setor elétrico residencial de Lima Metropolitana.

---

<sup>(i)</sup> Neste período, o Peru foi governado por Alan Garcia Perez. Caracterizou-se o governo por um populismo econômico que gerou uma crise econômico social e o isolamento do sistema financeiro internacional.

<sup>(ii)</sup> CENERGIA: *Centro de Conservación de Energía y del Ambiente*

<sup>(iii)</sup> ELECTROPERU: Empresa matriz do sector elétrico de Peru (Geração e Transmissão)

#### 1.1.4. Metodologia

A metodologia a seguir neste trabalho consistiu em:

- i. Revisar a literatura que trata, entre outros temas, das seguintes questões: a transformação do mercado da eficiência energética; as barreiras de mercado; a eficiência energética; a ‘brecha’ da eficiência energética; a conservação de energia; os usos finais de energia; *DSM (Demand-Side Management)*; entre outros.
- ii. Compilar e analisar a informação e a literatura relacionada com o tema segundo a experiência peruana (Marco regulatório do setor elétrico; O projeto de conservação de energia elétrica no Peru; dados estatísticos; entre outros). Realizar entrevistas com atores envolvidos no assunto (*Comisión de Tarifas Eléctricas; Proyecto para Ahorro de Energía - Ministerio de Energía y Minas PAE-MEM; Centro de Conservación de Energía y del Ambiente: CENERGIA*; entre outros)
- iii. Segundo as conclusões da revisão da literatura e com base nas experiências dos países desenvolvidos, elaborar uma estratégia com a finalidade de incrementar a penetração de tecnologias eficientes no mercado dos usos finais do setor elétrico residencial de Lima Metropolitana.

#### 1.1.5. Do conteúdo da dissertação

**Capítulo 1: Introdução ao trabalho de dissertação:** Em primeiro lugar, há uma introdução geral do trabalho, onde se apresenta a motivação do tema escolhido, o objetivo que se pretende na dissertação, e a metodologia empregada. Em seguida, desenvolve-se uma abordagem teórica da “transformação de mercado”, especificamente da penetração de tecnologias eficientes no mercado dos usos finais. Descreve-se a característica da difusão de um novo produto, o fenômeno chamado “a brecha da eficiência energética”, que trata de uma sub-utilização de tecnologias eficientes, apesar destas fornecerem uma elevada taxa interna de retorno. Tal fenômeno pretende ser explicado do ponto das “barreiras

do mercado”. Finalmente, enfoca-se a possibilidade de transformar o mercado e as estratégias para esta transformação.

**Capítulo 2: Descrição do setor elétrico do Peru:** Neste capítulo, descreve-se o perfil do setor elétrico de Peru. Em primeiro lugar, faz-se uma descrição da estrutura do setor elétrico, ressaltando três pontos: o marco regulatório; a desverticalização das empresas de eletricidade e os tipos de usuários de eletricidade. Como segundo ponto, explica-se o funcionamento do mercado elétrico e a situação da oferta e demanda de energia elétrica ao nível nacional. Como terceiro ponto, explica-se como são calculadas as tarifas elétricas para o usuário final.

**Capítulo 3: O mercado de eficiência energética no setor elétrico residencial - Caso setor residencial Lima Metropolitana:** O capítulo 3 tem o propósito de apresentar o mercado da eficiência energética no setor residencial de Lima. Em primeiro lugar, apresenta-se a demanda de energia elétrica com informações sobre a venda de energia elétrica das concessionárias, o faturamento, o número de clientes e sua participação na demanda global. Em seguida, apresenta-se a composição dos usos finais na demanda em horas de ponta do setor residencial (iluminação, refrigeração, cocção, calefação, entre outros). Além disso, realiza-se uma estimativa elementar, com as limitações da informação, do potencial técnico de conservação de energia elétrica para quatro opções de tecnologia eficiente no setor residencial. Como ponto seguinte, descreve-se a oferta de equipamentos em Lima considerando as suas características do ponto de vista da eficiência energética. Como terceiro ponto, descrevem-se as principais barreiras ao uso eficiente da energia elétrica no setor residencial. Finalmente apresenta-se a experiência peruana em conservação de energia.

**Capítulo 4: Condições operacionais para o desenvolvimento do mercado de eficiência energética no setor residencial:** O capítulo 4 é o principal capítulo do trabalho de dissertação. Nesta seção são propostas as principais condições para o desenvolvimento do mercado de eficiência energética no setor residencial, ao nível dos agentes envolvidos, tais como o governo, os fabricantes, as concessionárias e os usuários finais. Além disso, propõe-se a criação de um mercado de “negawatts”, baseado na premissa de que um aumento na geração equivale a uma contração da demanda mais a respectiva perda técnica no sistema elétrico, considerando um contexto de mercado competitivo. Finalmente, pretende-se avaliar as implicações da penetração de tecnologias no mercado.

**Capítulo 5: Conclusões e recomendações:** Neste último capítulo são expostas as principais conclusões e recomendações resultantes do trabalho da dissertação.

## 1.2. A transformação do mercado em eficiência energética

### 1.2.1. Marco referencial

A economia é uma ciência social. Neste sentido, “a finalidade da economia é o *progresso social e econômico* da sociedade em geral. Para obter esta finalidade a ciência econômica tem por objetivo *o rechaço individual e social à pobreza* e além disso uma *oposição social à desigualdade*. Para remover a pobreza e desigualdade social numa sociedade, a economia pretende resolver o problema da *escassez* por meio da *racionalidade*”<sup>[Dag95]</sup>.

A escassez significa uma dotação insuficiente de bens e serviços com respeito às necessidades da sociedade. Aplicando este conceito ao setor elétrico, por exemplo, no Peru, a escassez do serviço elétrico visualiza-se por meio do coeficiente de eletrificação que é ligeiramente superior a 43%. Significa que mais de 50% da população peruana carece de serviço elétrico residencial. Outro exemplo é a escassez de capital para expandir as instalações elétricas.

Por outro lado, a racionalidade significa a inteligência em ação que busca a otimização de funções objetivo de entidades (família, empresa, governo, entre outros) sujeitos a restrições (recursos humanos, riqueza, recursos naturais e estruturas institucionais e tecnológicas). Isto implica a “escolha da estratégia factível ótima na alocação e administração de recursos escassos, dada as limitações exógenas”<sup>[Dag95]</sup>. Por exemplo, no setor elétrico residencial, a função objetivo da família poderia ser a maximização dos benefícios que os serviços energéticos oferecem tal como a iluminação, aquecimento, refrigeração, entre outros a mínimo custo, sujeita a restrições como disponibilidade de suprimento elétrico, capital inicial, grau de conhecimento de equipamentos eficientes, métodos e tecnologias alternativas, entre outros.

No caso dos usos finais de energia elétrica no setor residencial no Peru, especificamente em Lima Metropolitana, existe uma subutilização de métodos e tecnologias eficientes, tal como poderá-se ver no capítulo seguinte. Isto significa que há

uma má utilização dos recursos. Em outras palavras, os usuários atualmente pagam um preço elevado quando poderiam reduzir os seus custos para obter o mesmo serviço energético.

Por tanto, existe a necessidade da escolha de uma estratégia factível para minimizar os custos para obter o mesmo serviço energético requerido. Neste contexto, um novo conceito denominado “Transformação do Mercado” constitui uma alternativa para resolver o problema da subutilização ou defasagem de métodos e tecnologias eficientes, por meio de estratégias específicas que permitam uma maior e acelerada penetração de tecnologias eficientes no mercado.

### 1.2.2. A transformação do mercado

Tratar o tema da transformação do mercado implica a possibilidade de influenciar e mudar o mundo mercantil. O assunto é relativamente novo para economistas e não está fora de controvérsias. Diversos autores têm tratado de definir a “Transformação do Mercado”. Por exemplo, Nadel e Geller o definem como o processo em que tecnologias com eficiência energética são introduzidas no mercado e, ao longo do tempo, penetram progressivamente ocupando uma ampla parcela do mercado <sup>[Nad94]</sup>. Por outro lado, Nilsson define a transformação do mercado como um método orientado ao mercado (*market-driven*) para atingir uma melhora durável no desempenho de partes objetivas da economia, por exemplo sistemas de energia <sup>[Nil95]</sup>. A definição que adotam Prahel e Schlegel é de que a transformação do mercado acontece quando atividades de GLD (Gerenciamento pelo lado de demanda) induzem a uma permanente mudança, benéfica na conduta de alguns grupos de agentes dentro de um sistema de mercado (relações entre consumidores, concessionárias, distribuidores e fabricantes) <sup>[Pra94]</sup>.

Nas definições dadas, distinguem-se os seguintes aspectos:

- A transformação do mercado é um processo dinâmico permanente, porque implica a *introdução permanente* de métodos e tecnologias eficientes (em constante evolução) no mercado. As melhoras em eficiência energética continuam, apesar de os programas serem mudados ou eliminados.

- A transformação do mercado requer a participação consciente dos atores envolvidos (consumidores, concessionárias, distribuidores e fabricantes). Uma participação consciente implica uma mudança no comportamento dos atores. Por exemplo, os consumidores são conscientes de alternativas tecnológicas e optam pela melhor solução.
- A transformação do mercado ocorre como resposta a uma intervenção estratégica no sistema de mercado (conjunto dos agentes envolvidos). Isto implica a criação de condições no sistema para produzir esta transformação. Neste campo, os programas GLD representam um potencial para a mudança.

Em síntese, podemos afirmar que a transformação do mercado é um processo dinâmico que consiste na introdução permanente de métodos e tecnologias eficientes no mercado, com a participação consciente dos atores envolvidos, como resposta a uma intervenção estratégica no sistema de mercado.

A transformação do mercado pode ser visualizada em termos da conhecida “Curva de Difusão Logística”, tal como na Figura 1.2.1. Nesta curva, basicamente distinguem-se três fases:

- i. Em primeiro lugar, em uma fase introdutória, a curva apresenta uma ligeira inclinação que aumenta levemente; a penetração é mínima, seja por falta de informação ou por resistência ao novo produto.
- ii. Em seguida a curva apresenta a fase de adoção, que consiste em um rápido incremento da inclinação; uma vez vencida a inércia inicial o produto propaga-se rapidamente, ocupando uma ampla parcela no mercado; e,
- iii. Finalmente, temos a fase da saturação, onde a penetração do produto no mercado alcança um nível de estancamento que dificilmente pode-se aumentar no tempo. Este nível não necessariamente implica que o produto alcançou o pleno potencial do mercado em que tenha atingido 100% de penetração.

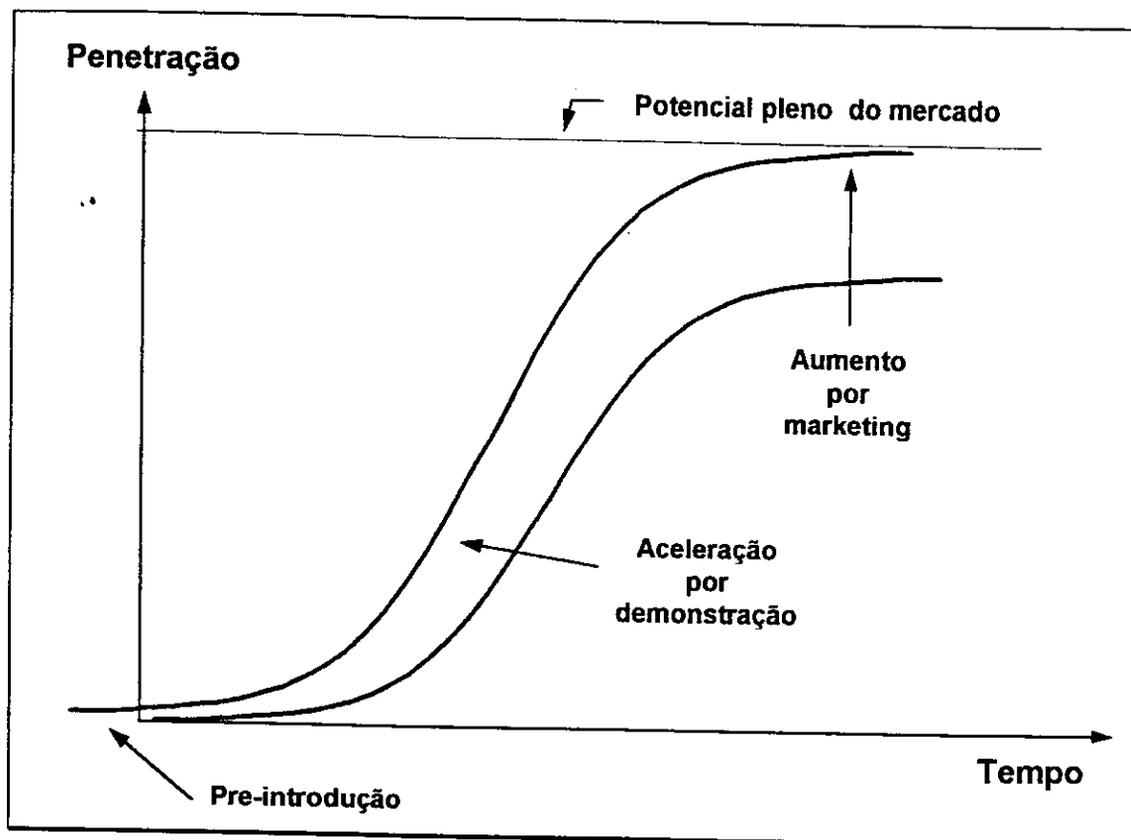


Figura 1.2.1 Curva de difusão logística de um produto e seu deslocamento positivo devido a medidas (pre-introdução, aceleração por demonstração e aumento por marketing).

Uma das principais razões para a transformação do mercado é o fato de que um melhoramento na eficiência energética, em muitos casos, implica em uma melhoria na produtividade e eficiência econômica. Quer dizer, medidas de eficiência energética constituem um benefício efetivo. Em outras palavras, menor custo para uma mesma unidade produzida ou maior produção para um mesmo custo. Não obstante, ocorre um fenômeno em que as tecnologias eficientes não penetram amplamente no mercado por si mesmas e são necessários programas e políticas de intervenção. Este fenômeno é conhecido como a “defasagem de eficiência energética”.

### 1.2.3. A ‘defasagem’ da eficiência energética

A defasagem observada entre o atual nível de tecnologias com alta eficiência energética disponíveis no mercado e o nível usual de tecnologias com baixa eficiência energética denomina-se, na literatura técnica, como a “defasagem da eficiência energética”, conhecido como “*energy-efficiency gap*” [Ja94].

A ‘defasagem’ implica que há um potencial de tecnologias com elevada eficiência energética que está sendo desperdiçado por diversos motivos. Não obstante, isto não significa que deveria aproveitar-se todo o potencial, dado que teoricamente existe um ótimo nível de utilização. Aqui surge uma questão crítica: como definir o nível ótimo de eficiência energética?

A esse respeito, Jaffe e Stavins identificam até cinco noções distintas de níveis ótimos [Ja94]:

- i. Economias e o seu potencial de economia
- ii. Tecnologias e o seu potencial de economia
- iii. Potencial hipotético
- iv. Ótimo social limitado
- v. Ótimo social real

Na Figura 1.2.2, esquematizam-se tais conceitos. No eixo vertical, representa-se o incremento da eficiência energética e na linha horizontal representa-se um caso base. As alturas representam, aproximadamente, um relativo nível de eficiência e para cada ‘defasagem’ está associada uma breve descrição das medidas necessárias para alcançar o nível ótimo respectivo. Neste contexto, a frase “potencial de economia” significa o grau de eficiência energética que pode ser alcançado caso várias barreiras econômicas sejam removidas.

O importante, neste ponto, é que, indistintamente das diversas categorias de defasagem da eficiência energética, há um desperdício no usos dos métodos e tecnologias eficientes. O impacto da defasagem da eficiência energética é negativo para a economia do usuário final. Por exemplo, um usuário final que utiliza uma lâmpada

incandescente de 100 W em lugar de uma lâmpada fluorescente compacta equivalente em lúmens (20 W), operando 5 horas por dia, em um período de análise de 10 anos, desperdiça US\$ 11,34 anualmente, ou seja, gasta US\$ 21,08 em lugar de US\$ 9,74. Por outro lado, se o usuário trocar a lâmpada incandescente pela lâmpada eficiente, a taxa interna de retorno de seu investimento em conservação de energia seria igual a 82,8%, considerando uma taxa de desconto de 12% ao ano e o custo da energia elétrica igual a US\$ 0,11. Na Tabela 1.2.1, apresenta-se uma comparação de custos anuais por conceito de iluminação com lâmpada incandescente e lâmpada fluorescente compacta, incluindo a taxa interna de retorno no caso de investimento em eficiência energética.

Outro impacto negativo é o desperdício de capital, quer dizer, os investimentos adicionais feitos no lado da oferta que podem ser evitados. Como consequência, outro impacto da defasagem da eficiência energética é a poluição do meio ambiente.

Apesar dos impactos negativos da defasagem da eficiência energética, a racionalidade da economia cria um potencial de mercado para novos tipos de negócios onde a mercadoria é a eficiência energética. Por exemplo, o mercado de tecnologias eficientes, as empresas de serviço energético, consultorias, auditorias, software, entre outros.

Em resumo, há uma má alocação dos recursos onde os mais afetados são os consumidores finais. A razão disto deve-se à existência de uma série de obstáculos chamados barreiras de mercado, os quais são tratados na próxima seção.

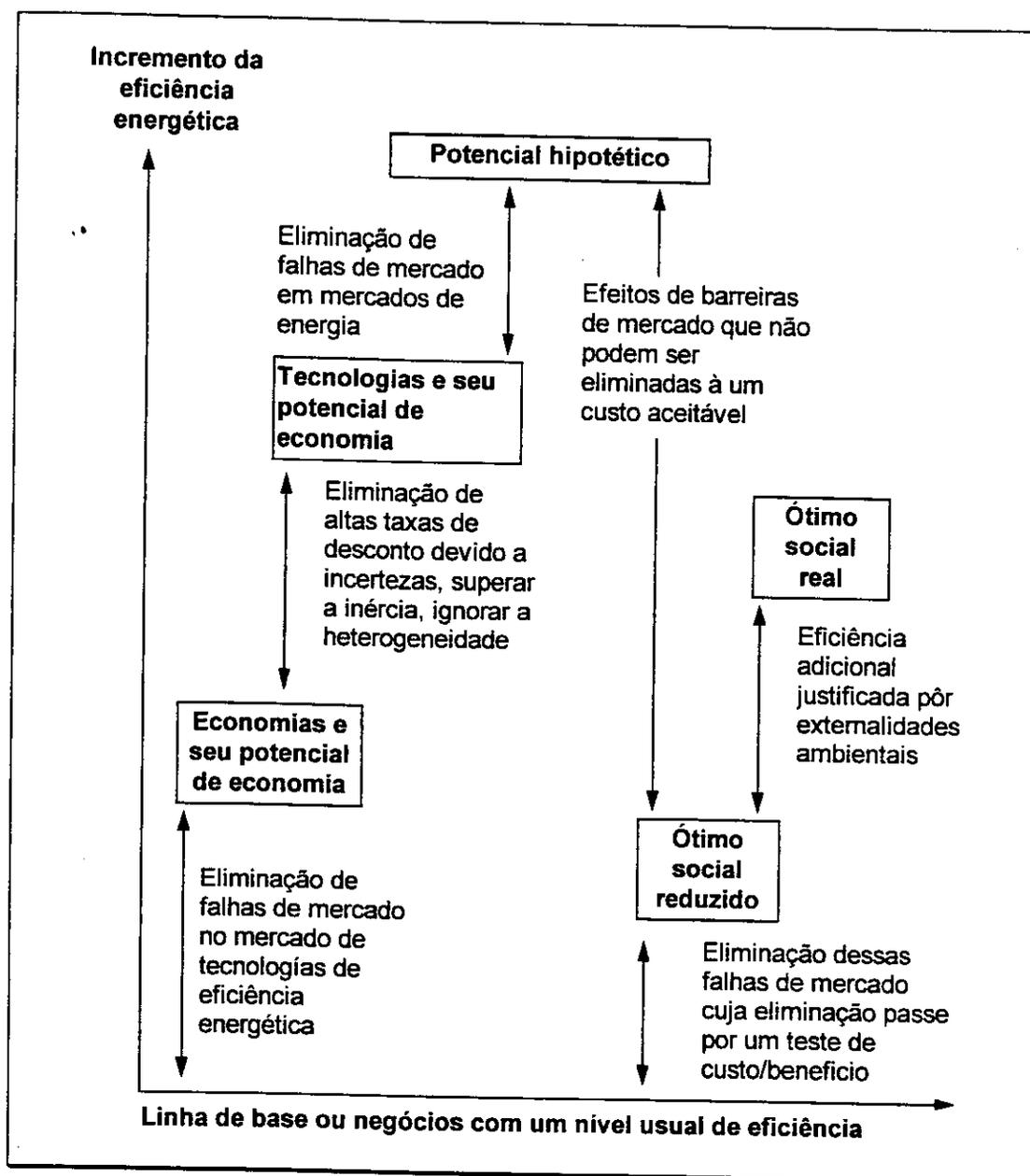


Figura 1.2.2 Defasagens em eficiência energética.

Fonte: Referência [Jaf94]

**Tabela 1.2.1** Comparação de custos anuais para iluminação com lâmpada incandescente e lâmpada fluorescente compacta, incluindo a taxa interna de retorno no caso de investimento em eficiência energética.

Horas de utilização diária	Custo anual (US\$/ano)		Desperdício econômico/ano	TIR
	Lâmpada Incandescente	Lâmpada Fluorescente Compacta		
0,5	2,16	3,29	-1,13	4,8%
1,0	4,26	4,04	0,22	13,5%
1,5	6,36	4,90	1,46	22,4%
2,0	8,46	5,80	2,65	31,4%
2,5	10,55	5,87	4,68	41,4%
3,0	12,68	6,81	5,88	49,7%
3,5	14,78	7,75	7,03	58,0%
4,0	16,88	8,69	8,19	66,3%
4,5	18,98	8,79	10,19	74,7%
5,0	21,08	9,74	11,34	82,8%
5,5	23,18	10,69	12,49	90,9%
6,0	25,31	11,64	13,66	98,9%
6,5	27,40	12,60	14,81	106,9%
7,0	29,50	12,70	16,81	114,9%
7,5	31,60	13,65	17,95	122,7%
8,0	33,70	14,61	19,09	130,5%

**PREMISSAS:**

	lâmpada incandescente	lâmpada fluorescente compacta
Potência (W)	100	20
Vida útil (horas)	1000	8000
Preço lâmpada (US\$)	0,50	15,00
Preço do Reator (US\$)		5,00
Vida útil reator (anos)		10
Custo total (US\$)	0,50	20,00
Taxa de desconto anual	12%	
Preço de eletricidade (US\$/kWh)	0,11	
Período de análise (anos)	10	

### 1.2.4. Barreiras à transformação do mercado

É um fato que as opções de eficiência energética são muito vantajosas do ponto de vista econômico. Por exemplo, na Tabela 1.2.2 apresentam-se os custos comparativos em um contexto de planificação do setor elétrico que integra alternativas de expansão de geração e gerenciamento da demanda. Como é notório, os custos de melhoria de eficiência são evidentemente muito competitivos em relação à tradicional opção de expansão de geração e, além disso, mais convenientes do ponto de vista ambiental<sup>[Rah95]</sup>.

Tabela 1.2.2 Custos de opções de capacidade.

Opção de Capacidade		Custo (US\$ ctv./kWh)	
Lado da Oferta	Convencional	Carvão	5-7
		Hidro	2-3
		Gás	3-4
		Cogeração	3
	Alternativas	Fotovoltaica	30-40
		Eólica	7-9
		Biogás	5
		Solar térmica	10
		Geotérmica	5-7
Lado da Demanda	Prenchimento de vale (Deslocamento de ponta)	2-3	
	Melhoria em Eficiência	Refrigerador	3
		Aquecedor de água	1-3
		HVAC	1-2
		Iluminação	1-3
	Motores eficientes	1-3	

Fonte: S.Rahman and A. de Castro: "Environmental Impacts of Electricity Generation: A Global Perspective", *IEEE Transaction on ENERGY CONVERSION*, NY, USA, Vol. 10, Nº 2, June 1995, pp. 307-314.

Apesar de medidas de eficiência energética resultarem em uma poupança de energia e, por conseguinte, em uma redução de custos, a adoção destas medidas não é significativa, de modo a eliminar ou reduzir ao mínimo a defasagem da eficiência energética. A razão deste fenômeno deve-se à existência das barreiras em relação a todos os agentes envolvidos (consumidores, fabricantes, empresas de serviço, governo).

Em relação ao tema, Reddy<sup>[Red91]</sup> e Sathaye<sup>[Sat92]</sup> descrevem as barreiras a partir de diversas perspectivas, como menciona-se a seguir:

*Perspectiva do consumidor:*

- A ignorância da existência de equipes eficientes. Por exemplo, uma pesquisa da Companhia Energética de São Paulo (CESP) demonstra que 67.7% da população consultada ignorava a existência das Lâmpadas Fluorescente Compactas (LFCs) e só 4.5% as possuem <sup>[Pla95]</sup>.
- O custo inicial elevado dos equipamentos eficientes com relação aos equipamentos convencionais. Em Lima, uma LFC custa 45 vezes mais do que uma lâmpada incandescente equivalente.
- Indisponibilidade de equipamentos eficientes. Em especial no países com uma economia protegida, não existem incentivos a uma produção competitiva de equipamentos eficientes.
- A indiferença causada pelo preço da eletricidade muito reduzido (devido a subsídios). Neste caso, a aquisição de um equipamento eficiente não oferece vantagem na conta de consumo elétrico.

*Perspectiva do fabricante*

- Preferências do consumidor que não sejam necessariamente a eficiência do equipamento. Por exemplo, a preferência por refrigeradores com baixo nível de ruído.
- Tamanho do mercado. A economia de escala requer um número mínimo de unidades produzidas e vendidas para ser rentável. Um fabricante de equipamento eficiente preferirá investir no Brasil (150 milhões de hab.) que no Peru (22 milhões hab.), apesar do “Custo Brasil” (excessiva carga tributária).

### ***Perspectiva da empresa de serviço público***

- A redução no faturamento. As concessionárias de distribuição, em especial as privatizadas, são contrárias à qualquer medida de conservação de energia em usos finais, devido ao seu interesse prioritário em maximizar a venda da energia elétrica.

### ***Perspectiva de governo***

- A dependência econômica. Os países em desenvolvimento são altamente dependentes do crédito externo. A concessão de um crédito implica condições como a aquisição de tecnologias e métodos segundo o critério do país que oferece o crédito, os quais não necessariamente são favoráveis para a eficiência energética. O fato é conhecido como a transferência de lixo tecnológico.
- A pressão das empresas transnacionais ligadas ao lado da oferta.
- A falta de visão e de especialistas no tema da eficiência energética.

### ***Imperfeições de mercado***

Estudiosos do tema, como Koomey e Sanstad, distinguem até quatro condições que implicam na existência destas imperfeições, que mencionam-se a seguir <sup>[Koo94]</sup>:

- i. Custos ocultos, que não são incluídos nos cálculos.
- ii. Incorreta especificação dos parâmetros nos cálculos.
- iii. Tempo de atraso entre a introdução e a aceitação destas tecnologias.
- iv. Falhas de mercado que inibem a adoção desta opção.

### ***Outras barreiras***

- A importação, por parte dos países em desenvolvimento, de tecnologias ineficientes.
- Uma cultura tecnocrática dominante, orientada para o lado da oferta.

Obviamente, toda imperfeição e/ou barreira pode ser superada com medidas apropriadas. Com isto se quer dizer que existe a possibilidade de transformar o mercado.

### 1.2.5. A possibilidade de transformar o mercado

A possibilidade de influenciar e mudar o mercado é um tema relativamente novo e controverso, pois implica uma “intervenção”, medida que não é simpática em uma economia de livre mercado, que é a tendência atual no mundo. Não obstante, países com uma economia de livre mercado, como os Estados Unidos, proporcionam experiências de intervenção no mercado com medidas de eficiência energética com relativos bons resultados durante os últimos 20 anos. Nos Estados Unidos, a eficiência energética incrementou-se bastante em muitos segmentos do mercado. Por exemplo, a eficiência média dos refrigeradores incrementou-se em 175% (medido em termos de [volume refrigerado]/[kWh-ano]) nos últimos 20 anos<sup>[Nad94]</sup>. Outro exemplo extraordinário é a experiência do Estado da Califórnia (EUA) que, por meio de programas de eficiência energética administrados pela *Califórnia Energy Commission*, poupou mais de US\$ 11 bilhões em custos de energia no período 1977-1995. Para 2011, estima-se uma poupança de US\$ 43 bilhões em diversos setores energéticos<sup>[INT-1]</sup>. Entretanto, vinte anos depois da primeira crise da energia moderna e cinco anos na era GLD, a proporção dos donos de casa que regularmente realizam melhorias de eficiência energética continua sendo reduzida, talvez um quarto a um terço do mercado. Apesar disso, este segmento tem crescido modestamente ao longo dos últimos cinco anos<sup>[Vor94]</sup>.

Em outras palavras, existe a possibilidade da transformação do mercado, esta ainda não atingiu o pleno desenvolvimento, é relativamente recente e precisa ser tratada em profundidade. No entanto, representa um novo paradigma no planejamento energético.

Convém mencionar que: “O futuro não é calculado - é formado”<sup>[Nil95]</sup>. Isto quer dizer que no lugar do enfoque tradicional de planejar, estimando por indução o que poderia acontecer no futuro, aqui trata-se de definir o futuro hoje. Em outras palavras, é preciso uma intervenção estratégica no sistema de mercado visando minimizar os custos, o que é uma condição necessária para uma alocação dos recursos economicamente eficiente. Suposto isto, surge a necessidade de estabelecer uma estratégia apropriada para transformar o mercado.

### 1.2.6. Estratégias de Transformação do Mercado

Diversos autores, como Nadel e Geller, Lohani e Azimi<sup>[Loh92]</sup> e outros, estabelecem numerosos tipos de programas de conservação e gerenciamento da demanda, que constituem potencialmente elementos de estratégias de transformação do mercado. Estes elementos podem classificar-se em:

- I. Marco legal
  - i. Legislação.
  - ii. Regulação.
  - iii. Normalização de eficiência energética.
  
- II. Desenvolvimento tecnológico
  - i. Pesquisa e Desenvolvimento.
  - ii. Teste de performance.
  - iii. Demonstração e Prova de campo.
  
- III. Comunicação e Educação
  - i. Informação geral.
  - ii. Educação do consumidor.
  - iii. Etiquetagem de equipamentos.
  - iv. Treinamento.
  - v. Auditorias energéticas.
  
- IV. Incentivos
  - i. Comercialização (compras por atacado).
  - ii. Instalação direta por parte das concessionárias.
  - iii. Financiamento de investimentos para conservação de energia.
  - iv. Programas de empréstimos.
  - v. Incentivos nas tarifas (penalização e/ou prêmios).
  
- V. Planejamento alternativo
  - i. Planejamento Integrado de Recursos (Integrated Resource Planning).
  - ii. Planejamento de Mínimo-Custo (Least-Cost Planning).

Como exemplo dos programas de incentivo, no Anexo A apresentam-se as características principais dos programas de incentivo ao uso de lâmpadas eficientes no mundo.

A aplicabilidade de cada método ou estratégia depende do contexto onde se realiza. Por exemplo, medidas de GLD são mais viáveis em uma empresa de eletricidade verticalmente integrada. Na perspectiva da concessionária, no curto prazo, a conservação de energia reduz as vendas. Entretanto ela pode reduzir os seus custos no longo prazo por meio de uma redução nos investimentos na construção de novas instalações de geração, redes de transmissão e distribuição<sup>[Dut93]</sup>. No setor elétrico com atividades de geração, transmissão e distribuição independentes, a situação é distinta. O problema neste contexto é como compensar a concessionária de distribuição pela redução de seu faturamento.

Outro aspecto muito importante, que não se menciona acima, é o papel da liderança. A transformação do mercado não se produziria, na opinião de Hans Nilsson, a menos que fosse manejada por um líder, que normalmente é o governo<sup>[Nil95]</sup>. Não obstante, existem grupos que acreditam que o setor privado e a livre concorrência podem manejar o mercado melhor que os governos quando usam instrumentos tradicionais para administrar mudanças por meio de medidas regulatórias. O fato é que historicamente observa-se que a transformação do mercado não acontece espontaneamente. É preciso um agente promotor, em outras palavras, um líder.

A necessidade de uma liderança é chave. Para que exista uma transformação do mercado é necessário uma intervenção por parte dos agentes envolvidos. De fato, como foi demonstrado, a transformação do mercado não é um resultado da mão invisível de livre mercado. É preciso a mão visível, melhor dizendo, um líder. Um líder é alguém capaz de planejar, promover e conduzir a um fim específico, neste caso, a transformação do mercado.

Como exemplo de liderança podemos mencionar, no Estado de Califórnia, a ação da *Califórnia Energy Commission*. Criada em 1974, é a principal organização daquele Estado para política e planejamento energético. Possui cinco divisões, uma das quais é a

*Energy Efficiency Division*, cuja responsabilidade é promover a conservação e a eficiência energética<sup>[INT-2]</sup>.

Os programas conduzidos pela *Energy Efficiency Division* cobrem:

- Eficiência de edifícios residenciais e não residenciais.
- Eficiência de equipamentos.
- Concessões e empréstimos para melhorias de eficiência energética para escolas, hospitais, governos locais e fazendas.

A meta da Divisão é garantir que todas as melhorias de custo efetivo em eficiência energética sejam incorporadas nas casas e negócios da Califórnia. Para atingir sua meta, a Divisão administra os seus programas por meio de três escritórios principais [INT-3].

- i. *Efficiency Standards Office*. Para desenvolver e implementar normas de energia que garantem que todas os novos edifícios construídos e equipamentos vendidos na Califórnia sejam energeticamente eficientes.
- ii. *Efficiency Technology Office*. Este escritório define objetivos, quantifica avaliações de financiamento e impactos da energia de todos os programas de conservação no Estado por meio da coleção e análise de dados.
- iii. *Efficiency Services Office*. Identifica e implementa opções de custo efetivo em energia para consumidores de energia.

Os resultados da liderança governamental na Califórnia é evidente. Mais de US\$ 11 bilhões de investimentos foram evitados em custos de energia, no período 1977-1995, como resultado dos programas e medidas de conservação de energia.

### 1.2.7. Aplicabilidade dos conceitos ao contexto peruano

Antes de aplicar os conceitos ao contexto peruano, é preciso esclarecer alguns pontos importantes:

- A maioria das medidas de conservação e uso eficiente de energia em usos finais tem ocorrido nos países desenvolvidos, especialmente nos Estados Unidos. Neste país, a estrutura do setor elétrico caracteriza-se por empresas verticalmente integradas em zonas de concessão específicas<sup>[Gut94]</sup>. É evidente que medidas de GLD são mais viáveis em uma empresa de eletricidade verticalmente integrada. Na perspectiva da empresa elétrica, no curto prazo, a conservação de energia reduz as vendas, entretanto ela pode reduzir os seus custos no longo prazo por meio de uma redução dos investimentos na construção de novas instalações de geração, redes de transmissão e distribuição. O fato explica a razão do relativo sucesso das medidas de conservação e uso eficiente de energia em usos finais.
- O Peru é um dos poucos países no mundo com um setor elétrico onde as atividades de geração, transmissão e distribuição são exercidas por empresas independentes. Neste contexto, as atividades de GLD são contrárias ao interesse das concessionárias de distribuição, cujo objetivo primordial é a maximização de seus lucros dentro dos limites da regulação. No Peru, a regulação do setor elétrico permite uma rentabilidade de  $12\pm 4\%$  para as distribuidoras. Não obstante, a possibilidade de aplicar medidas de GLD pode-se fundamentar no seguinte fato: diante de uma brecha prevista entre a oferta e demanda de energia elétrica, uma redução da demanda - mediante o uso eficiente da energia - é equivalente a um aumento na geração de eletricidade mais as perdas de transmissão e distribuição<sup>[Dut95]</sup>. Por outro lado, em um contexto de livre concorrência no setor elétrico no lado da oferta justifica-se a criação de um mercado de conservação de energia, na medida em que o custo de energia conservada seja menor que o custo de geração.

Como conclusão, a proposta principal da dissertação é o desenvolvimento, no Peru, do mercado de equipamentos de uso eficiente de energia, além de outras medidas independentemente das concessionárias de distribuição. A disseminação destas medidas, num contexto de livre concorrência, será a chave para introduzir tecnologias eficientes no usos finais de energia elétrica.

Para demonstrar sua viabilidade, desenvolveram-se cenários de futuro eficiente enfocando dois serviços energéticos com maior potencial de conservação: a iluminação e a refrigeração residencial.

## Capítulo 2

### Descrição do setor elétrico de Peru

#### 2.1. Estrutura do setor elétrico

##### 2.1.1. O Marco Regulatório

As atividades relacionadas com a geração, transmissão, distribuição e comercialização da energia elétrica no Peru são regidas pelas seguintes leis:

- *Ley de Concesiones Eléctricas (Decreto Ley N° 25844)*, e seu
- *Reglamento (Decreto Supremo 009-93-EM)*.

A nova lei do setor é o resultado das reformas na estrutura sócio - econômica do Peru, realizadas durante o primeiro período de governo do Presidente Alberto Fujimori (1990-1995). A lei de concessões foi promulgada em 19 de novembro de 1992.

A nova lei estabelece a liberdade empresarial para participar no negócio elétrico, em um contexto de concorrência e livre mercado. Outro aspecto é a busca da eficiência do setor elétrico com a introdução do conceito de *Sistema Económicamente Adaptado* (um sistema de mínimo custo para o atendimento eficiente da demanda e mantendo a qualidade do serviço).

No contexto da nova lei, o serviço elétrico tem o caráter de um negócio e, portanto, é sujeito às leis de mercado de livre oferta e demanda. A lei estabelece liberdade de preços para situações de concorrência e um sistema de preços regulados para os casos onde, por sua natureza, precisa ser regulada, o que é o caso da distribuição de energia elétrica para o serviço público.

Em síntese, a *Ley de Concesiones Eléctricas* estabelece as regras e procedimentos para <sup>[Cat93]</sup>:

- i. Desenvolver as atividades de geração, transmissão e distribuição
- ii. Fixar as tarifas e preços de eletricidade
- iii. Estruturar o setor
- iv. Estabelecer os direitos e obrigações das Concessionárias e suas relações com os clientes

- *Ministerio de Energía y Minas* (MEM)

O *Ministerio de Energía y Minas* é o representante do Estado, encarregado de zelar pelo cumprimento da *Ley de Concesiones Eléctricas* e outorgar concessões e autorizações.

Há necessidade de concessão para o desenvolvimento das seguintes atividades:

- a) A geração de energia elétrica que utilize recursos hidráulicos e geotérmicos, quando a potência instalada for superior a 10 MW.
- b) A transmissão de energia elétrica, quando as instalações afetem os bens do Estado e/ou requerem a imposição de desapropriações.
- c) A distribuição de energia elétrica com caráter de serviço público de eletricidade, quando a demanda supere os 500 kW.

- *Comisión de Tarifas Eléctricas* (CTE)

A *Comisión de Tarifas Eléctricas* é a responsável pelo estabelecimento das tarifas de energia elétrica de acordo com os critérios estabelecidos pela *Ley de Concesiones Eléctricas*. É um organismo descentralizado do *Sector Energía y Minas* e tem autonomia funcional, econômica e administrativa.

A CTE é formada pelo *Consejo Directivo* com cinco integrantes, que exerce as funções de *Directorio*, e pela *Secretaria Ejecutiva* que exerce funções técnicas e administrativas de apoio. Os integrantes do *Consejo Directivo* são designados por *Resolución Suprema* com voto de aprovação do *Conselho de Ministros* à proposta do *Ministro de Energia e Minas* e têm um mandato de cinco anos.

As principais funções da CTE são:

- i. Fixar, revisar e modificar as tarifas de venda de energia elétrica com estrita submissão aos procedimentos estabelecidos na *Ley de Concesiones Eléctricas*.
- ii. Supervisionar o cumprimento de suas resoluções e impor as sanções pelo não cumprimento das mesmas.
- iii. Dirimir, por solicitação das partes, as discrepâncias pelo uso do Sistema Secundário de Transmissão e das instalações de Distribuição.
- iv. Aprovar o *Valor Nuevo de Reemplazo (VNR)*<sup>[\*]</sup> das instalações de transmissão e distribuição.
- v. Estabelecer o fator de indisponibilidade teórica das unidades geradoras do sistema elétrico.
- vi. Emitir as diretivas complementares para a aplicação tarifária

### 2.1.2. Estrutura empresarial

No marco da nova *Ley de Concesiones Eléctricas* do Peru, as atividades de geração, transmissão e distribuição são exercidas por unidades empresariais

---

[\*] Define-se como VNR (Valor Novo de Substituição) ao valor das instalações novas, sob o conceito de sistema economicamente adaptado, considerando o estado da tecnologia e os custos de mercado que substituiriam as instalações existentes. Por outro lado, a lei define o sistema economicamente adaptado como "aquele sistema elétrico em que existe uma correspondência de equilíbrio entre a oferta e a demanda de energia, procurando o menor custo e mantendo a qualidade do serviço."

independentes. Porém a lei não impede que um consórcio de capitais seja o acionista majoritário nas três atividades. No marco anterior, as empresas de eletricidade eram estatais monopolistas e integradas verticalmente. O Peru foi dividido em oito regiões de serviço elétrico, cada uma com sua respectiva empresa de eletricidade, além de uma empresa matriz denominada *ElectroPeru*. Com a nova lei, todas as empresas de eletricidade têm sido desverticalizadas.

- ***Empresas de Geração.*** Nesta categoria consideram-se as unidades de geração hidráulica e térmica (exceto a geração nuclear). A lei não estipula medidas sobre a geração com outras fontes (eólica, solar). Com a nova lei, existe livre competição entre geradoras. Requer-se autorização quanto à potência instalada (quando superior a 500 kW) e concessão para explorar recursos hídricos e geotérmicos (quando a potência instalada e superior a 10 MW).
- ***Empresas de Transmissão.*** Empresas cujas instalações de transmissão de energia elétrica são parte do *Sistema Principal de Transmissão*. Os concessionários de transmissão são obrigados a permitir a utilização de suas instalações por parte de terceiros, que devem assumir os custos respectivos. Nenhuma empresa de geração ou de distribuição pode exercer propriedade sobre um *Sistema Secundário de Transmissão*, que seja parte do *Sistema Principal de Transmissão*. No contexto da lei de concessões elétricas existe livre acesso aos sistemas de transmissão.
- ***Empresas de Distribuição.*** Empresas cujas instalações de distribuição de energia elétrica são com fins de comercialização a usuários finais. A concessão implica uma zona determinada e de caráter exclusivo. O âmbito da concessão é para os usuários considerados com caráter de *Servicio Público de Eléctricidad*.

Todas as concessionárias (geração, transmissão e distribuição) devem cumprir com as normas de conservação do meio ambiente e do patrimônio cultural do País.

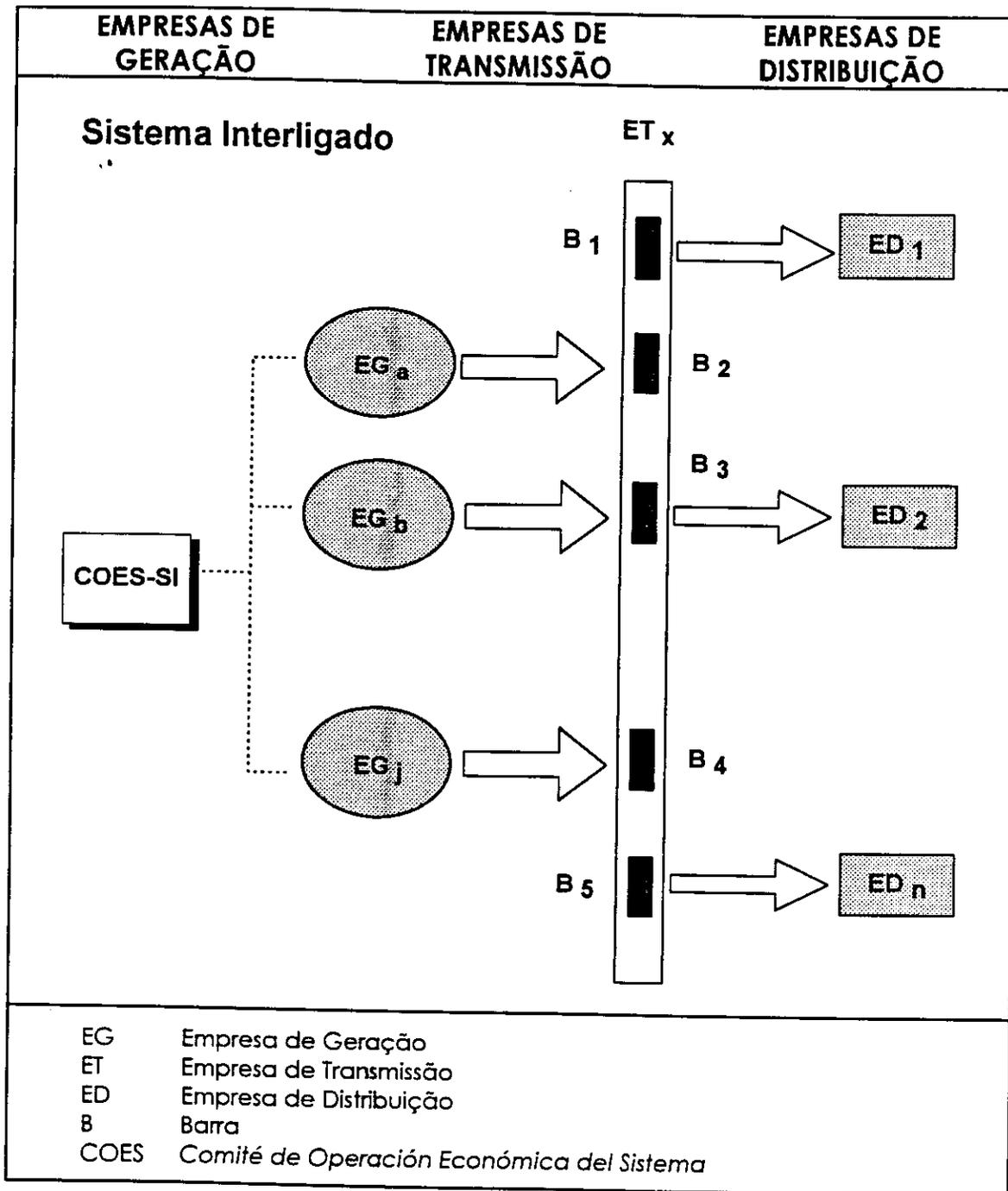


Figura 2.1.1 Estrutura empresarial do setor elétrico peruano.

Fonte: Referência [Ca193]

### 2.1.3. A operação do sistema elétrico

- **O operador do sistema**

A operação do sistema interligado está submetida a um organismo técnico denominado COES (*Comité de Operación Económica del Sistema*). O COES é um organismo técnico formado pelos titulares das centrais de geração e dos sistemas de transmissão cujas instalações encontram-se interligadas, e sua finalidade consiste em coordenar a operação do sistema ao mínimo custo, garantindo a segurança do fornecimento da energia elétrica e o melhor aproveitamento dos recursos energéticos.

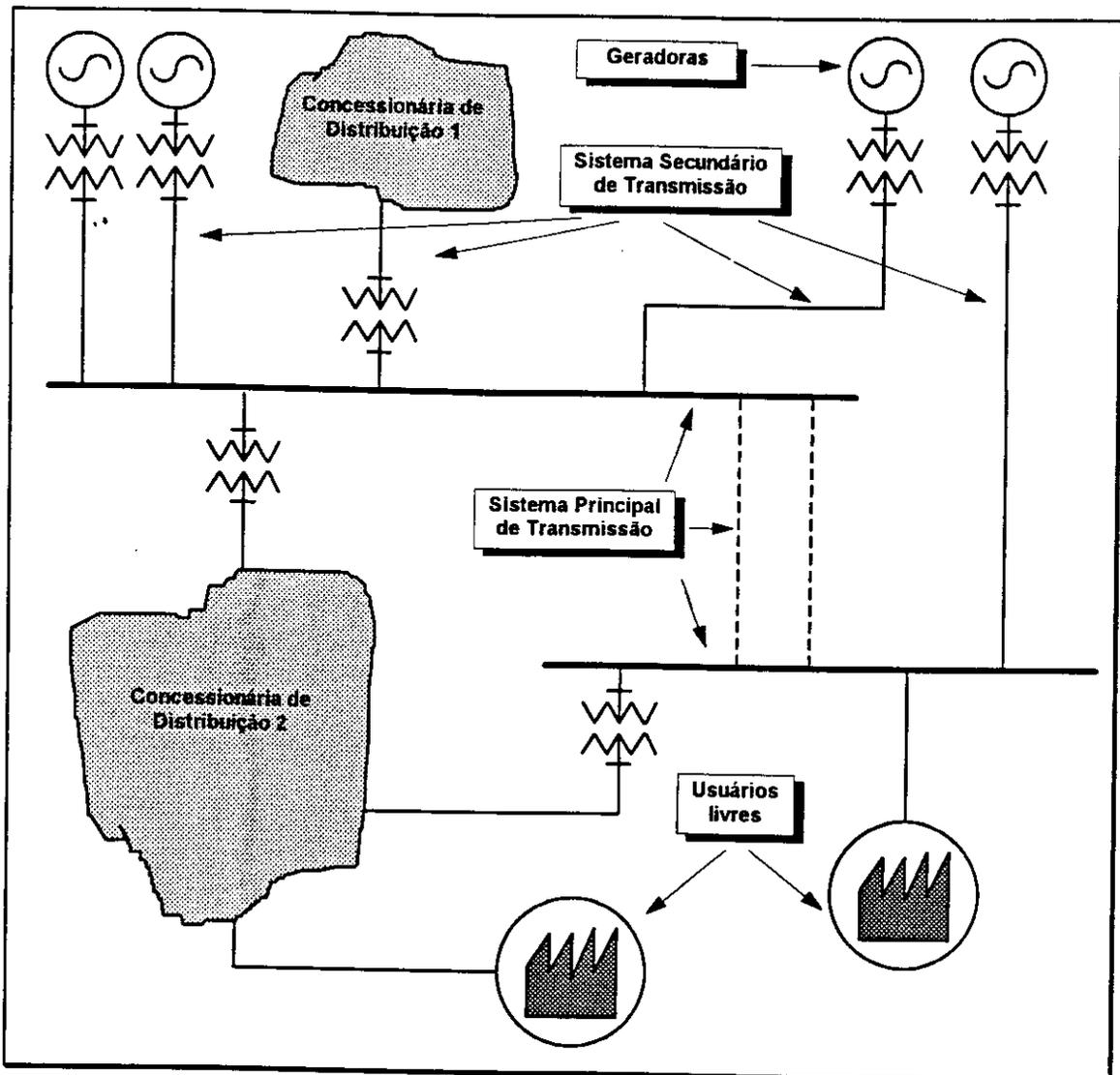
- **As funções do operador**

As funções básicas do COES, definidas pela *Ley de Concesiones Eléctricas*, são as seguintes:

- i. Planejar a operação do sistema interligado, informando a seus integrantes para que operem as suas instalações de acordo aos programas resultantes;
- ii. Controlar o cumprimento dos programas de operação e coordenar a manutenção maior das instalações;
- iii. Calcular os custos marginais de curto prazo do sistema elétrico de acordo com os procedimento que estabelece a lei e o seu regulamento;
- iv. Calcular a potência e energia firme de cada uma das unidades geradoras, de acordo como procedimento que estabelece a lei e o seu regulamento;
- v. Garantir a os seus integrantes a compra ou venda de energia quando, pelas necessidades de operação econômica do sistema, for necessária a paralisação ou o funcionamento de suas unidades fora da programação. Estas transações são realizadas a custos marginais de curto prazo do sistema;

- vi. Garantir a todos os integrantes a venda de sua potência contratada, até o limite de sua potência firme, a preço regulado. Nenhum integrante poderá contratar com seus usuários potência firme superior à sua própria ou à aquela contratada a terceiros.
- **Os critérios de operação**
    - i. A operação em tempo real das unidades geradoras e linhas de transmissão é feita pelos proprietários, em estrito cumprimento à programação estabelecida pela direção do COES.
    - ii. A produção das unidades geradoras efetua-se independentemente dos compromissos da empresa geradora.
    - iii. Os integrantes só poderão retirar-se da programação por saídas intempestivas de serviço causadas por força maior ou por imprevistos que sejam qualificados pela direção.
    - iv. A programação de curto prazo efetua-se diariamente para cada uma das 24 horas do seguinte dia.
    - v. A programação de médio prazo considera a produção mensal para os próximos 48 meses.
    - vi. A programação de médio e longo prazo será o resultado dos estudos de operação do sistema que minimizem os custos de operação e racionamento para o conjunto de instalações de geração e transmissão, preservando a segurança do serviço do sistema.

Na Figura 2.1.2, apresenta-se um esquema ilustrativo de um sistema interligado com seus principais componentes definidos pela lei de concessões elétricas do Peru. Na Figura 2.1.3, apresenta-se um esquema da operação coordenada do sistema elétrico.



#### Definições:

- **Barra:** Ponto do sistema elétrico preparado para entregar e/ou retirar energia elétrica.
- **Sistema Interligado:** Conjunto de linhas de transmissão e subestações elétricas conectadas entre si, assim como seus respectivos centros de carga, que permite a transferência de energia elétrica entre dois ou mais sistemas de geração.
- **Sistema Principal de Transmissão:** A parte do sistema de transmissão, comum ao conjunto de geradores de um Sistema Interligado, que permite o intercâmbio de eletricidade e a livre comercialização da energia elétrica.
- **Sistema Secundário de Transmissão:** A parte do sistema de transmissão destinado a transferir eletricidade até um distribuidor ou consumidor final, a partir de uma Barra do Sistema Principal. São parte deste sistema as instalações necessárias para entregar eletricidade desde uma central de geração até uma Barra do Sistema Principal de Transmissão.

Figura 2.1.2 Componentes de um Sistema Elétrico Interligado, segundo a Ley de Concesiones Eléctricas do Peru.

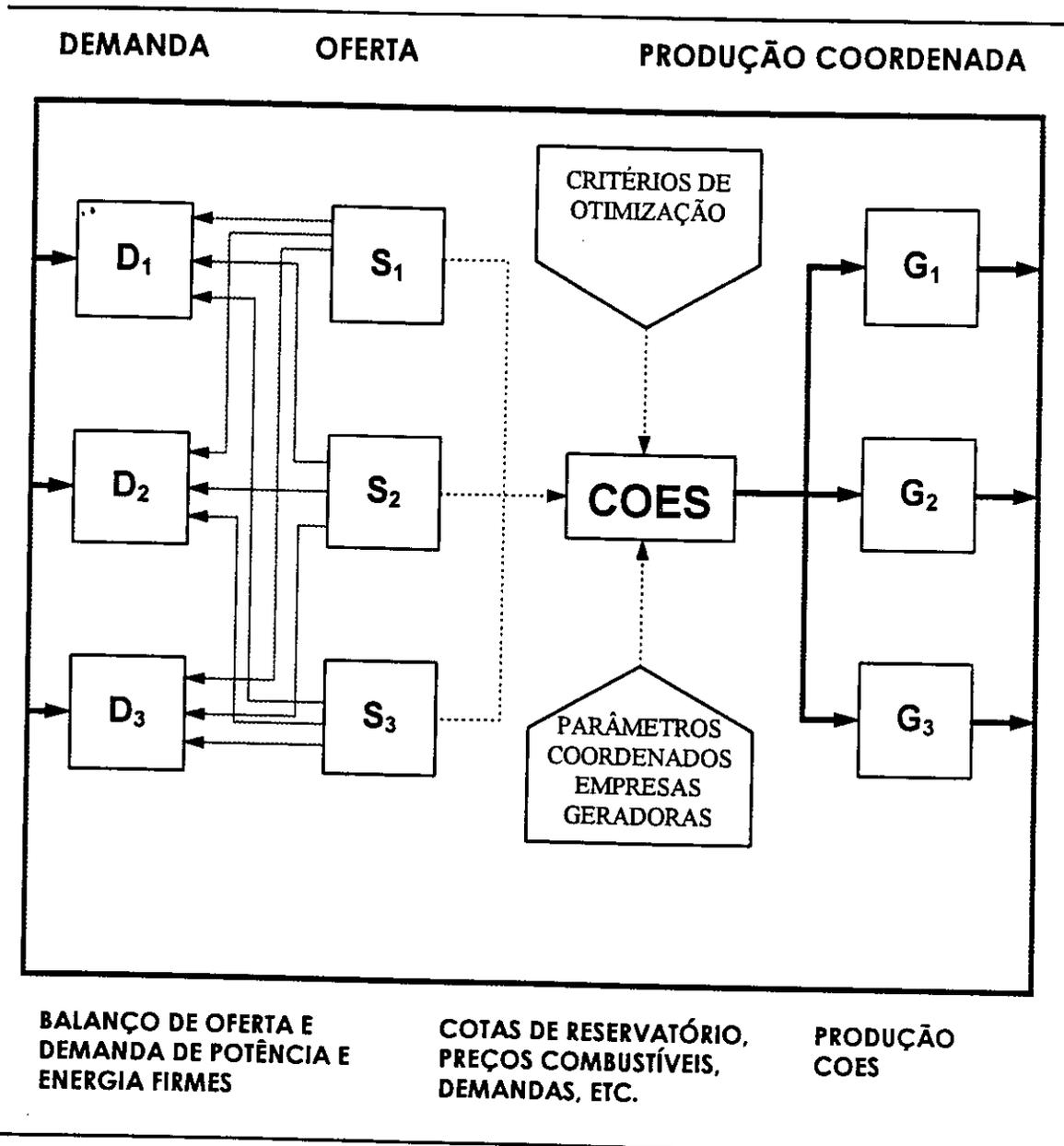


Figura 2.1.3 Operação coordenada de um sistema elétrico interligado pelo Comitê de Operação Econômica do Sistema.

Fonte: Referência [Cas93]

#### 2.1.4. Classificação de usuários

A lei de concessões elétricas do Peru classifica os usuários da energia elétrica em duas categorias: (1) os usuários denominados “clientes de Serviço Público de Eletricidade”, e (2) os “clientes livres”

**(1) Clientes de Serviço Público de Eletricidade.** Nesta categoria são considerados aqueles cuja potência contratada pode chegar até um 20% da demanda máxima de concessão de distribuição, com um limite superior de 1000 kW. Todos os usuários nesta categoria são submetidos à regulação.

Em relação aos usuários do mercado regulado, a lei estabelece alguns aspectos favoráveis que, no marco legal anterior, não havia, como apresenta-se a seguir:

- A concessionária de distribuição está obrigada a fornecer energia elétrica a quem o solicite dentro de sua área de concessão ou àqueles que cheguem à referida área com suas próprias instalações, em um prazo não maior de um ano. A obrigação está baseada no fato de que os usuários regulados têm o caráter de Serviço Público de Eletricidade.
- A concessionária de distribuição deve compensar o usuário pelo custo de potência e energia não fornecida, caso a interrupção total ou parcial ocorra por um período consecutivo superior a quatro horas.
- Os custos incorridos pelo usuário pela dotação de um novo serviço ou ampliação de uma potência contratada têm caráter reembolsável. A concessionária reconhecerá as contribuições do usuário mediante a entrega de ações da Empresa, bônus ou outras modalidades que garantam a sua recuperação.
- A livre escolha tarifária. No marco elétrico anterior, a empresa de eletricidade definia o tipo do usuário e lhe atribuía um determinado tipo de tarifa. Com o novo sistema de tarifas para usuários regulados, tem-se

estabelecido a livre escolha tarifária, de modo que o usuário tem a opção de minimizar os seus custos, escolhendo a tarifa adequada à sua demanda de energia elétrica.

- (2) **Cientes livres.** São aqueles cuja potência é superior a 1000 kW. Estes clientes não são submetidos à regulação. A energia elétrica pode ser fornecida diretamente desde uma geradora ou desde outra concessionária de distribuição, caso as instalações o permitirem. Os preços para clientes livres são o resultado da livre negociação entre a empresa fornecedora (geradora ou concessionária de distribuição) e os clientes.

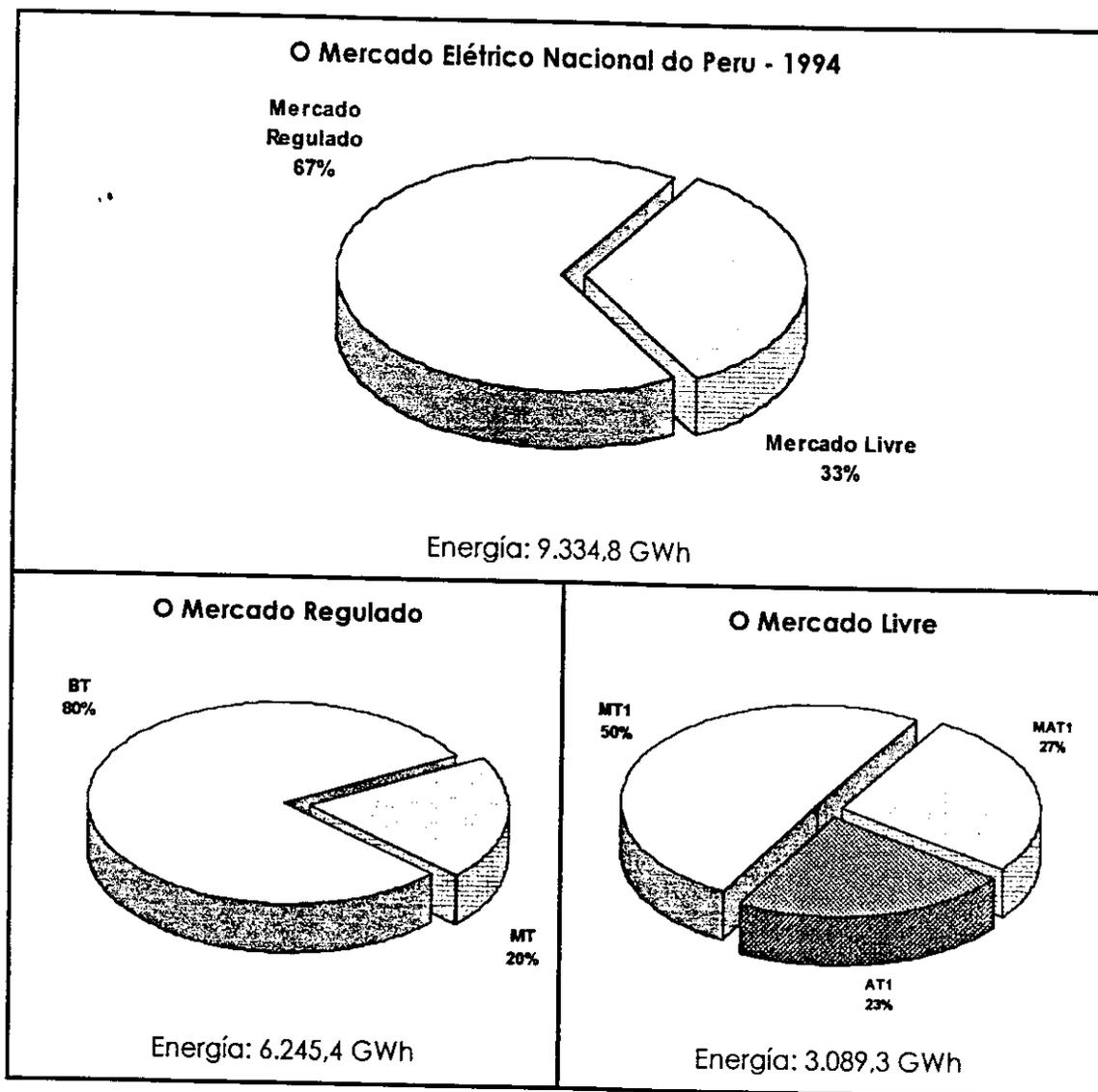
Durante 1994, 67% da energia demandada a nível nacional corresponderam ao mercado regulado (clientes de Serviço Público de Eletricidade) e 33% corresponderam ao mercado livre. No mercado regulado, 80% corresponderam aos clientes em baixa tensão e 20% aos clientes em média tensão. Na Tabela 2.1.1, apresentam-se a energia consumida e a quantidade respectiva por tipo de clientes. Na Figura 2.1.1 apresenta-se a proporção do consumo de energia elétrica por tipos de mercado.

**Tabela 2.1.1 Venda de energia elétrica e número de usuários livres e regulados no Peru em 1994.**

Total Peru	Mercado Não Regulado	Mercado Regulado		TOTAL
		MT	BT	
Venda de energia elétrica (GWh)	3089,3	1279,4	4966,1	9334,8
Numero de clientes	192	3.290	2.306.120	2.309.602

Nota: MT: Clientes em Media Tensão  
BT: Clientes em Baixa Tensão

Fonte: Comisión de Tarifas Eléctricas: Anuário Estadístico 1994 [CTE94]



Nota: MT: Clientes Regulados em Média Tensão  
 BT: Clientes Regulados em Baixa Tensão  
 MT1: Clientes Livres em Média Tensão  
 AT1: Clientes Livres em Alta Tensão  
 MAT1: Clientes Livres em Muito Alta Tensão

**Figura 2.1.4 Estrutura de Mercado Elétrico no Peru - 1994.**

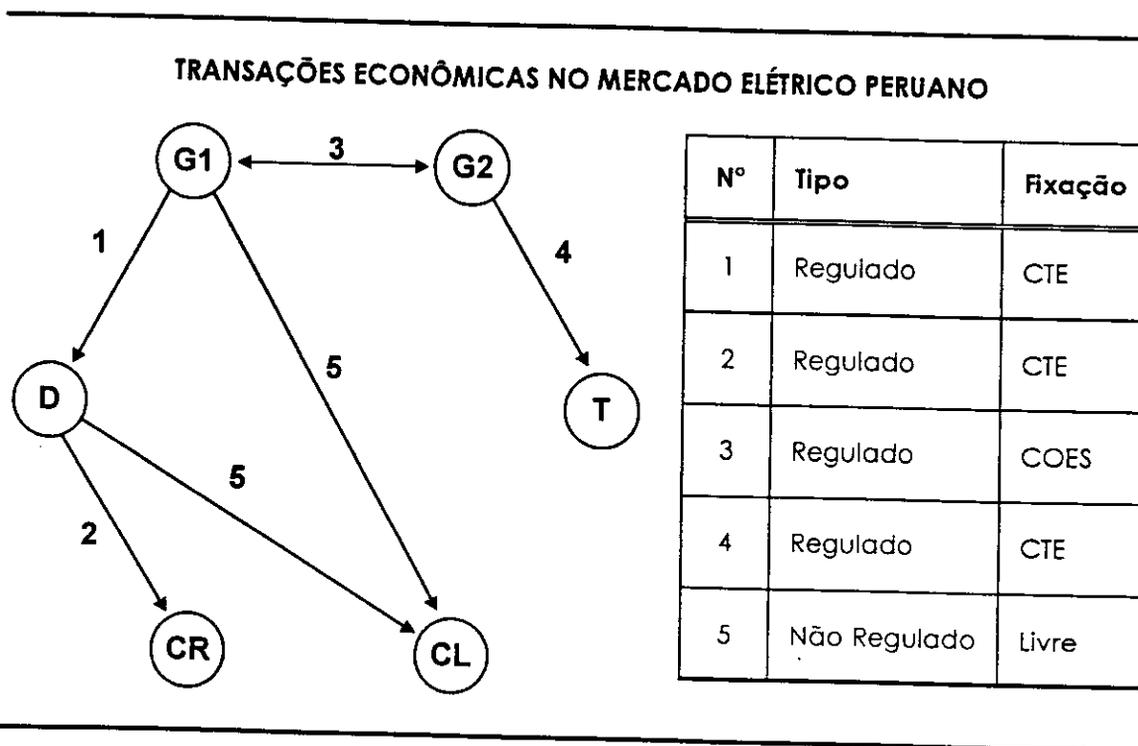
Fonte: Comisión de Tarifas Eléctricas: Anuário Estadístico 1994 [CTE94]

## 2.2. O mercado de eletricidade

### 2.2.1. Transações econômicas do mercado elétrico

Os principais protagonistas do mercado elétrico - do ponto de vista das transações - são as empresas de eletricidade e os clientes finais. As empresas de eletricidade são as geradoras, as de transmissão e as concessionárias de distribuição que operam como unidades empresariais independentes. Os clientes são de dois tipos: os clientes regulados e os clientes livres.

Nestes dois grupos, que formam o mercado elétrico, existem até cinco transações econômicas. Na Figura 2.2.1, apresentam-se as transações entre os elementos que formam parte do mercado elétrico peruano.



CTE : Comisión de Tarifas Eléctricas  
 COES : Comité de Operación Económica del Sistema

Figura 2.2.1 As Transações Econômicas no Mercado Elétrico Peruano.

Fonte: Referência [Har93]

- Transação 1* De empresas geradoras (G1, ...) a concessionárias de distribuição (D). A concessionária de distribuição compra eletricidade (energia e potência) das geradoras a *preço de barra* fixado semestralmente pela *Comisión de Tarifas Electricas* (CTE). A tarifa neste ponto desloca os custos de geração e transmissão para as concessionárias de distribuição. O preço de barra corresponde ao valor esperado de energia nos próximos 48 meses e ao custo de investimento da unidade de geração de ponta no sistema interligado.
- Transação 2* Da concessionária de distribuição (D) a clientes do mercado regulado (CR). A transação 2 é regulada pela CTE a cada 4 anos. O preço para o cliente final considera o Preço em Barra Equivalente de Meia Tensão mais o Valor Agregado de Distribuição de Meia e Baixa Tensão, incluindo as perdas.
- Transação 3* Entre empresas geradoras (G-G). As transações entre empresas geradoras são reguladas pelo *Comite de Operación Económica del Sistema* (COES), que fixa as compensações entre as geradoras. Essas transações efetuam-se ao custo marginal instantâneo do sistema, onde cada gerador tem um direito a compensação segundo a sua energia firme, e os contratos são estabelecidos com as distribuidoras.
- Transação 4* De empresas geradoras (G) a empresa de transmissão (T). A transação 4 é regulada pela CTE na mesma oportunidade em que regula a transação 1. A CTE fixa as compensações para os sistemas de transmissão segundo as receitas e pedágios principais e secundários.
- Transação 5* De empresas geradoras (G) a clientes livres (CL) e de concessionária de distribuição (D) a clientes livres (CL). As transações 5 G→CL e D→CL não são reguladas, sendo totalmente livres e dependentes somente do acordo entre as partes.

Na Figura 2.2.2, apresentam-se os níveis tarifários e preços de eletricidade entre os diferentes segmentos do mercado elétrico peruano.

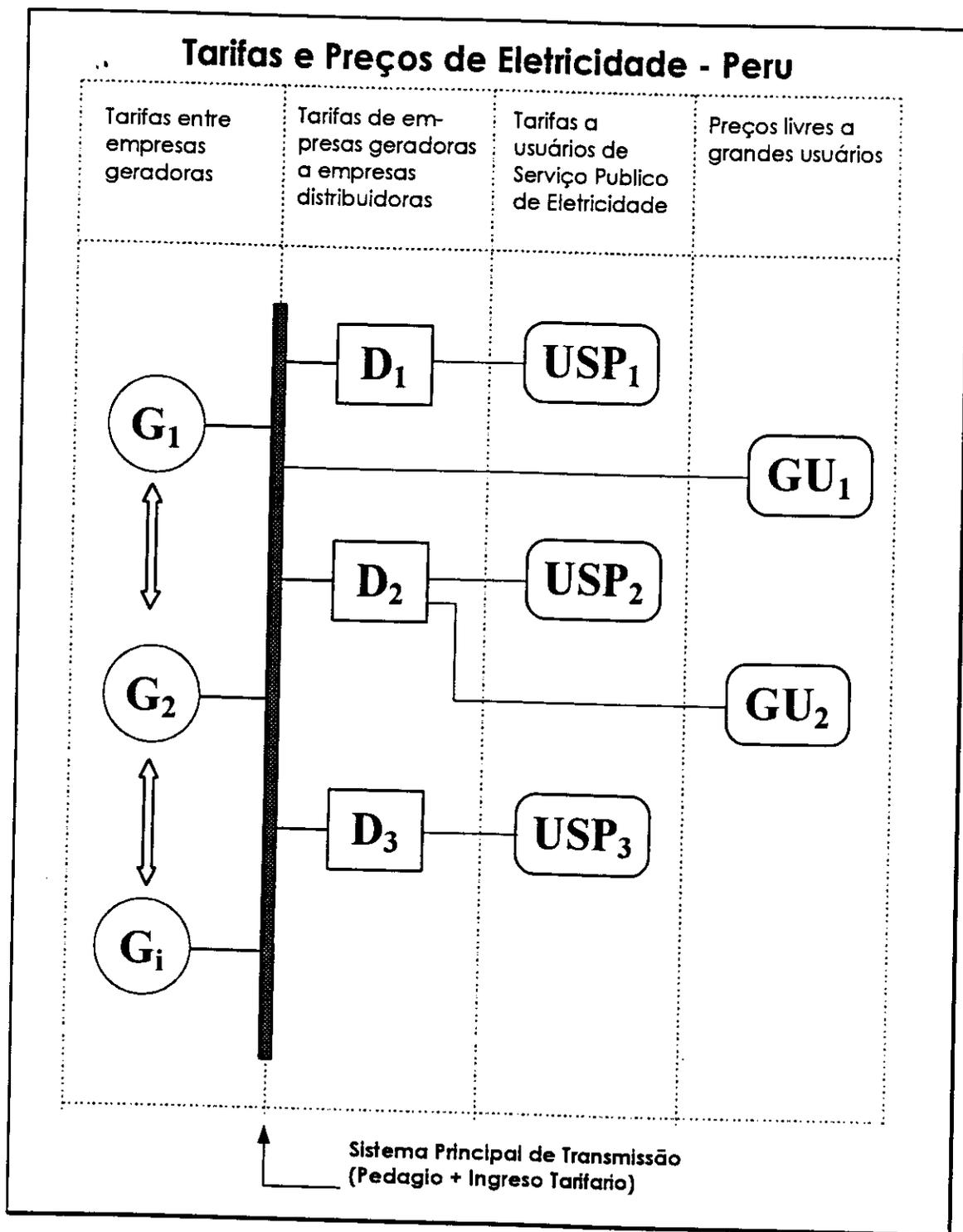


Figura 2.2.2 Níveis tarifários entre os diferentes segmentos do mercado elétrico peruano.

Fonte: Referência [Ca193]

### 2.2.2. A oferta da energia elétrica

Estima-se que o Peru tem um potencial de hidroenergia total (capacidade instalável) de 61,6 GW. Em 1994, a capacidade instalada das unidades de geração elétrica a nível nacional, incluindo os autoprodutores, foi de 4,52 GW. As empresas dedicadas exclusivamente ao negócio elétrico têm 70.32% da capacidade instalada total, dos quais 68,85% são de origem hidráulica e 31,15% de origem térmica. Na Tabela 2.2.1, apresentam-se os dados em detalhe. Por outro lado, a energia total gerada foi igual 15,56 TWh, correspondendo 82% à geração hidráulica e 18% à geração térmica.

Na Figura 2.2.3, apresenta-se a evolução histórica da produção da energia elétrica a nível nacional no período 1970-1994. Neste período, a produção de energia elétrica incrementou-se em 2,8 vezes, com um crescimento médio anual de 4,23%, enquanto a população cresceu 1,7 vezes.

**Tabela 2.2.1 Capacidade Instalada Total de Geração Elétrica ao nível nacional - Peru 1994 (em MW).**

Tipo	Hidráulica	Térmica	Total
Empresas Elétricas	2.188,3 (68,85%)	990,2 (31,15%)	3.178,5
Autoprodutores	278,8 (20,78%)	1.062,9 (79,22%)	1.341,7
Total Nacional	2.467,1 (54,58%)	2.053,1 (45,42%)	4.520,2

**Fonte:** Referência [PRE95]

Ao nível de sistemas interligados, a capacidade instalada é de 3.302,5 MW, dos quais 2.655,9 MW correspondem ao SICN (*Sistema Interconectado Centro-Norte*) e 646,6 MW ao SISUR (*Sistema Interconectado Sur*). A capacidade instalada e efetiva concentra-se no SICN. O SICN abarca a parte central e norte de Peru, e a maior demanda corresponde a Lima Metropolitana, a capital do País. Na Tabela 2.2.2, apresenta-se os dados em detalhe.

Em relação aos sistemas de transmissão, estes são basicamente conformados por três níveis de tensão: 220 kV, 138 kV e 50-59 kV. Ao nível de 220 kV, tem-se um total de 3.263,3 km; por outro lado, em 138 kV, uma distância de 1.969,8 km; e na faixa de 50-59 kV, tem-se um total de 2.066,3 km. Na Tabela 2.2.3 apresentam-se dados em detalhe.

**Tabela 2.2.2 Capacidade Instalada e Efetiva de Geração por Sistemas Interligados, incluindo autoprodutores - Peru 1994 (em MW).**

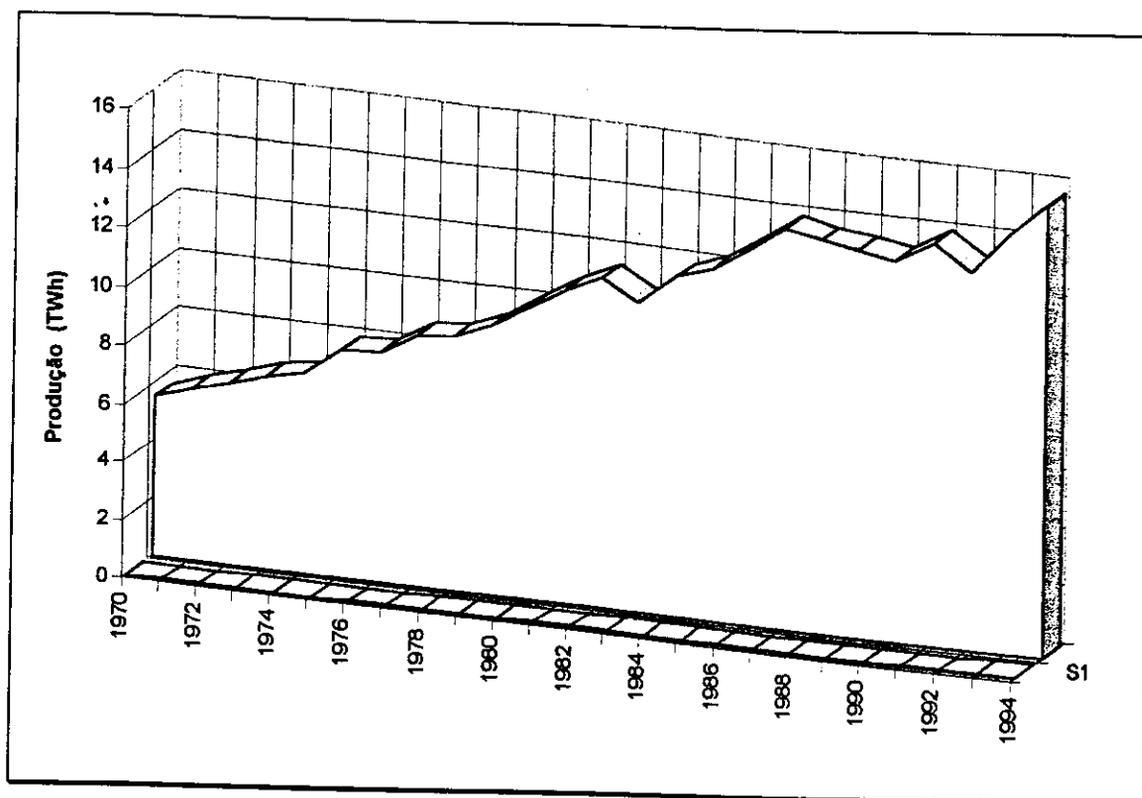
Sistema	Capacidade Instalada	Capacidade Efetiva
SICN (Sistema Interconectado Centro-Norte)	2.655,9	2.325,8
SISUR (Sistema Interconectado Sur).	646,6	471,5
Sistemas Isolados maiores	86	61,4
<b>Total</b>	<b>3.388,5</b>	<b>2.858,7</b>

Fonte: Referência [PRE95]

**Tabela 2.2.3 Comprimento de linhas de transmissão existentes ao nível nacional - Peru 1994 (em km).**

Nível de Tensão	Tipo Terna	Empresas Elétricas	Autoprodutores	Total
220 kV	Simple Terna	2.338,6	907,4	3.243,0
	Dupla Terna	20,3	0,0	20,3
	Total	2.355,9	907,4	3.263,3
138 kV	Simple Terna	1.349,1	429,4	1.778,5
	Dupla Terna	191,3	0,0	191,3
	Total	1.540,4	429,4	1.969,8
50-69 kV	Simple Terna	1.228,3	338,5	1.566,8
	Dupla Terna	343,9	155,6	499,5
	Total	1.572,2	494,1	2.066,3
<b>Longitude total</b>		<b>6.355,6</b>	<b>943,8</b>	<b>7.299,4</b>

Fonte: Referência [PRE95]



**Figura 2.2.3** Produção de energia elétrica ao nível nacional durante o período 1970-1994 no Peru.

**Fonte:** Referência [PRE95]

### 2.2.3. A demanda da energia elétrica

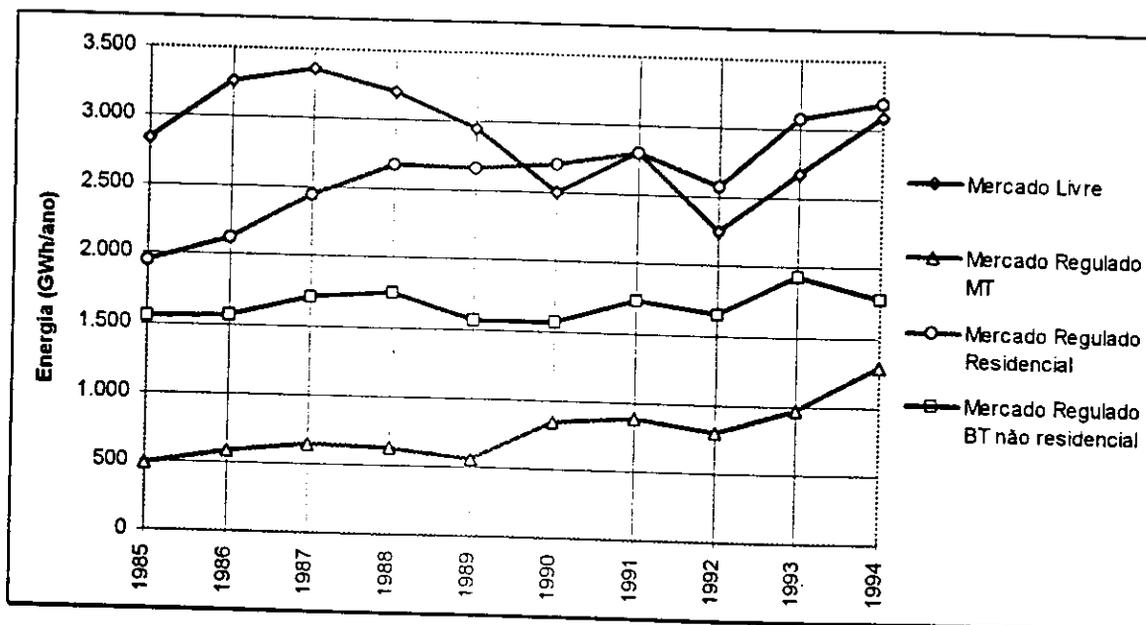
A demanda de energia elétrica no mercado elétrico nacional foi de 9,33 TWh, dos quais 67% correspondeu ao mercado regulado e 33% ao mercado livre. Na Tabela 2.2.4, apresentam-se as tendências de crescimento do mercado elétrico nacional. De acordo com a classificação atual do mercado elétrico, observa-se que, no período 1985-1993, a demanda de energia elétrica foi de 26,7%, com um crescimento médio anual de 3%. Neste período, o mercado regulado cresceu bastante (49,6%), enquanto o setor que atualmente corresponde ao mercado livre não teve um crescimento sustentado. Porém, no período 1990-1993, o mercado livre experimentou uma recuperação significativa com um 4,4% de crescimento anual. Na Figura 2.2.4, apresenta-se a evolução da demanda de energia elétrica nos distintos níveis de mercado elétrico.

**Tabela 2.2.4** Tendências de crescimento da energia elétrica de acordo com a classificação de mercado livre e regulado no Peru.

Mercado Elétrico	Período 1985 - 1993		Período 1990 - 1993	
	Crescimento	Média anual	Crescimento	Média anual
Mercado Livre	-5.6%	-0.7%	6.4%	2.1%
Regulados MT	99.0%	9.0%	15.0%	4.8%
BT não residencial	24.1%	2.7%	24.1%	7.5%
Residencial	57.8%	5.9%	14.0%	4.5%
Mercado Regulado	49.6%	5.2%	17.3%	5.4%
TOTAL	26.7%	3.0%	13.7%	4.4%

Nota: MT: Clientes em Média Tensão  
 BT: Clientes em Baixa Tensão

Fonte: Referência [Qui94]



**Figura 2.2.4** Evolução das vendas de energia elétrica no mercado elétrico do Peru.

Fonte: Referência [Qui94], [CTE94]

No que se refere à projeção da demanda de energia e potência elétrica, estima-se um crescimento de 3,46% e 3,19% respectivamente, para o período 1995-2000, e de 3% e 2,89% para o período 2000-2005. As projeções referidas consideram um crescimento conservador (cenário baixo). Na Tabela 2.2.5, apresentam-se as projeções de energia e demanda total dos sistemas interligados SICN (Sistema Interligado Centro Norte) e SISUR (Sistema Interligado Sul) e os principais sistemas isolados. Na projeção consideram-se os autoprodutores de eletricidade. As projeções da demanda têm sido estimadas pelo *Ministerio de Energía y Minas* e documentadas no *Plan Referencial de Electricidad*. Cabe destacar que existe uma margem mínima de reserva de oferta para suprir as demandas. Espera-se que a livre competição entre geradores impulse o desenvolvimento de novas unidades geradoras.

**Tabela 2.2.5** Projeção da demanda de potência e energia elétrica ao nível nacional no Peru (cenário baixo).

Ano	Energia		Potência	
	GWh	%	MW	%
1995	14.991	3,50	2.451	3,89
1996	15.450	3,06	2.523	2,93
1997	15.949	3,23	2.597	2,94
1998	16.569	3,89	2.693	3,69
1999	17.152	3,52	2.783	3,35
2000	17.773	3,62	2.867	3,03
2001	18.360	3,30	2.959	3,20
2002	18.971	3,33	3.049	3,04
2003	19.561	3,11	3.136	2,86
2004	20.102	2,77	3.218	2,59
2005	20.677	2,86	3.306	2,75

Nota: Inclui autoprodutores

Fonte: Referência [PRE95]

## 2.3. As tarifas elétricas no Peru

### 2.3.1. Fundamento e conceitos básicos

#### Fundamento

A *Ley de Concesiones Eléctricas del Perú* estabelece que os preços da eletricidade para clientes regulados devem refletir os custos marginais do fornecimento e aplicar-se de modo que promovam a eficiência do setor (Artigo 42°).

#### Conceitos Básicos

Os conceitos básicos, que derivam-se da lei e que serve de base para o modelo de tarifas, são os seguintes:

- Sistema Economicamente Adaptado
- Custos Marginais
- Penalidade por falha (ou racionamento)

***Sistema Economicamente Adaptado.*** A lei define como “aquele sistema elétrico onde existe uma correspondência de equilíbrio entre a oferta e a demanda de energia, procurando o menor custo e mantendo a qualidade do serviço.” Isto implica que as instalações de serviço elétrico devem tender a um sistema elétrico ideal. Significa que o Regulador não reconhecerá custos de instalações sobredimensionadas, perdas técnicas que excedam as padrões, entre outros.

***Custos Marginais.*** É o custo incorrido para produzir uma unidade adicional de energia. A receita marginal deve ser igual ao custo total de produção.

***Penalidade por falha (ou racionamento).*** É o valor reconhecido ao usuário pela energia não fornecida. É igual ao custo médio incorrido pelos usuários ao não dispor de energia e ter que obtê-la de outras fontes.

### 2.3.2 Preços de Geração

No Peru, a tarifação do setor elétrico está baseada em custos marginais. Neste enfoque, o preço de uma unidade demandada deve refletir o custo de produzir para satisfazer a demanda. Por tanto, a receita marginal deve ser igual ao custo total de produção. A receita marginal inclui a receita por venda de energia ao custo marginal, e a receita por venda de potência ao custo de desenvolver a unidade geradora de ponta. O custo total envolve os investimentos para produzir a unidade adicional e os custos fixos e variáveis de operação e manutenção.

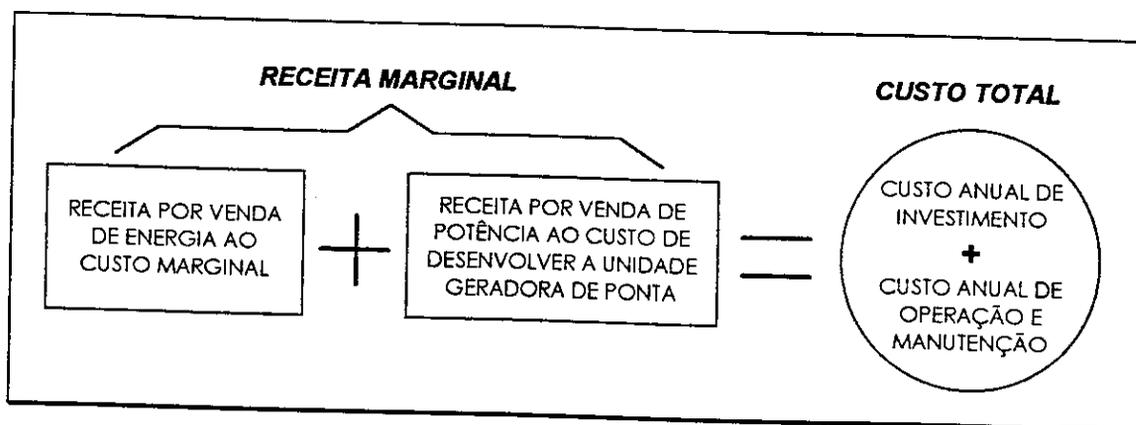


Figura 2.3.1 Fundamento tarifário estabelecido pela Ley de Concesiones Eléctricas do Peru para determinar os preços de geração.

Em relação aos custos de geração, a lei de concessões define dois valores: O Preço Básico da Energia e o Preço Básico da Potência de Ponta.

- **Preço Básico da Energia**

O Preço Básico da Energia é definido pela seguinte expressão:

$$C_{mg} = \frac{\sum_{i=1}^{48} \frac{C_{m_i} \cdot E_i}{(1+t)^{i-1}}}{\sum_{i=1}^{48} \frac{E_i}{(1+t)^{i-1}}}$$

- $C_{mg}$  Custo marginal médio de curto prazo (48 meses)
- $C_{m_i}$  Custo marginal mensal
- $E_i$  Energia no ano  $i$
- $t$  Taxa de atualização

O Custo Marginal de Curto Prazo de energia é o custo marginal esperado para Blocos Horários<sup>[1]</sup>, correspondente ao programa de operação que minimiza a soma do custo atualizado de operação e de racionamento para o período de estudo, tomando em conta a hidrologia, os reservatórios e o custo de combustível.

- **Preço Básico da Potência de Ponta**

O Preço Básico da Potência de Ponta é o montante do investimento anualizado da geradora mais econômica para fornecer potência adicional durante as horas de demanda máxima anual do sistema elétrico, e incrementada em um porcentual que resulta da consideração da indisponibilidade teórica do sistema elétrico.

A anualidade do investimento é calculada com uma Taxa de Atualização de Lei (12% real anual) e uma vida útil de 20 anos para equipamento de geração e 30 anos para equipamento de conexão.

Uma vez calculado o Preço Básico de Energia, determina-se o *Preço de Energia em Barra* para cada uma das barras do sistema, multiplicando o Preço Básico da Energia correspondente a cada Bloque Horário pelo respectivo fator de perdas de energia.

Com o Preço Básico da Potência de Ponta, determina-se o *Preço da Potência de Ponta em Barra* para cada uma das barras do sistema, multiplicando o Preço Básico da Potência de Ponta pelo respectivo fator de perdas de potência, e agrega-se o Pedágio por Conexão.

Os preços básicos e as tarifas marginais fixados pela CTE para o sistema elétrico de maior carga que inclui Lima (SICN) apresenta-se na Tabela 2.3.1. e 2.3.2. Nas Tabelas 2.3.3, 2.3.4 e 2.3.5, resumem-se os custos das unidades marginais de potência de ponta nos sistemas interligados do Peru.

---

[1] Os Blocos Horários são períodos horários nos quais os custos de geração são similares, determinados em função das características técnicas e econômicas do sistema

**Tabela 2.3.1 Preços básicos de potência de ponta e de energia no SICN que inclui Lima onde se apresenta a maior concentração de carga elétrica.**

• Preço Básico da Potência:		US\$ 72,46/kW
• Preço Básico de Energia:	Ponta	US\$ 0,0465/kWh
	Fora de Ponta	US\$ 0,0233/kWh
	Total	US\$ 0,088/kWh

Fonte: Referência [CTE94]

**Tabela 2.3.2 Tarifas Marginais na barra de referência situada em Lima Metropolitana.**

• Tarifa de Potência:		US\$ 5,47/kW- mês
• Tarifa de Energia:	Ponta	US\$ 0,0466/kWh
	Fora de Ponta	US\$ 0,0233/kWh
	Total	US\$ 0,0288/kWh

Fonte: Referência [CTE94]

**Tabela 2.3.3 Usina Marginal de Potência de Ponta: SISTEMA INTERCONECTADO CENTRO-NORTE (50 MW).**

Taxa de atualização anual: 12%	VIDA ÚTIL (anos)	INVESTIMENTO (Milhões US\$)	ANUALIDADE (Milhões US\$-ano)
Turbogerador	20	15.339,87	2.053,68
Conexão	30	4.911,91	609,78
Total Turbogenerador + Conexão			2.633,46
Custo fixo de Operação e Manutenção:			
• Turbogenerador			278,75
• Conexão			28,50
<b>TOTAL</b>			<b>2.970,72</b>
Valor Unitário anual de Potência Firme	<b>41 MW</b>	US\$/kW-ano	<b>72,46</b>

Fonte: Referência [CTE94]

Tabela 2.3.4 Usina Marginal de Potência de Ponta: SISTEMA INTERCONECTADO SUR-ESTE (5,5 MW).

Taxa de atualização anual: 12%	VIDA ÚTIL (anos)	INVESTIMENTO (Milhões US\$)	ANUALIDADE (Milhões US\$-ano)
Turbogerador	25	2.135,38	272,26
Conexão	30	365,06	45,32
Total Turbogenerador + Conexão			317,58
Custo fixo de Operação e Manutenção:			
• Turbogenerador			64,63
• Conexão			2,10
<b>TOTAL</b>			<b>384,30</b>
Valor Unitário anual de Potência <b>4,67 MW</b> Firme		US\$/kW-ano	<b>82,20</b>

Fonte: Referência [CTE94]

Tabela 2.3.5 Usina Marginal de Potência de Ponta: SISTEMA INTERCONECTADO SUR-OESTE (5,5 MW).

Taxa de atualização anual: 12%	VIDA ÚTIL (anos)	INVESTIMENTO (Milhões US\$)	ANUALIDADE (Milhões US\$-ano)
Turbogerador	25	1.973,13	251,57
Conexão	30	366,00	45,44
Total Turbogenerador + Conexão			297,01
Custo fixo de Operação e Manutenção:			
• Turbogenerador			60,23
• Conexão			2,10
<b>TOTAL</b>			<b>359,3</b>
Valor Unitário anual de Potência <b>4,67 MW</b> Firme		US\$/kW-ano	<b>76,86</b>

Fonte: Referência [CTE94]

### Custos típicos de geração

Os custos típicos dos diferentes tipos de unidades de geração, no setor elétrico peruano, apresentam-se na Tabela 2.3.6 e 2.3.7. Na Figura 2.3.2., apresentam-se as curvas de custos totais em função do fator de carga ou horas de operação anual. Nesta curva, os pontos de indiferença são 2525 e 4337 horas. Significa que até 2525 horas de operação, a geração com turbina a gás é a mais econômica. Entre 2525 e 4367 horas a mais econômica é a geração com Diesel lento ou Vapor. Acima de de 4367 horas de operação, a mais econômica é com geração hidráulica.

**Tabela 2.3.6** Detalhe simplificado dos custos típicos de geração no setor elétrico do Peru.

<b>Geração Hidráulica</b>	
• Investimento	US\$ 2.000/kW
• Investimento anualizado (12% anual, 40 anos)	US\$ 243/kW-ano
• Custos fixos de operação e manutenção (soldos, salários e benefícios do pessoal de operação + seguro + imposto ao patrimônio)	US\$ 60/kW-ano
• Custo variáveis de operação e manutenção (reparação de turbina e pequenos aditivos, em função da energia produzida)	US\$ $5 \times 10^{-3}$ /kWh
<b>Diesel lento ou Vapor</b>	
• Investimento	US\$ 900/kW
• Investimento anualizado (12% anual, 20 anos)	US\$ 127/kW-ano
• Custos fixos de operação e manutenção	US\$ 45/kW-ano
• Custo variáveis de operação e manutenção (combustíveis + lubrificantes + repostos, em função da energia produzida)	US\$ $35 \times 10^{-3}$ /kWh
<b>Turbina a Gás ou de Ciclo livre</b>	
• Investimento	US\$ 360/kW
• Investimento anualizado (12% anual, 20 anos)	US\$ 57/kW-ano
• Custos fixos de operação e manutenção	US\$ 14/kW-ano
• Custo variáveis de operação e manutenção	US\$ $75 \times 10^{-3}$ /kWh

**Fonte:** Referência [Cas93]

Tabela 2.3.7 Resumo dos custos de geração típicos no Peru.

Unidade de Geração	Custo de Capital (US\$/kW)	Anualidade (US\$/kW/ano)	Custo de Operação ( $10^{-3} \times$ US\$/kWh)
Hidráulica	2000	303	5
Diesel lento	900	172	35
Turbina a gás	360	71	75

Fonte: Referência [Cas93]

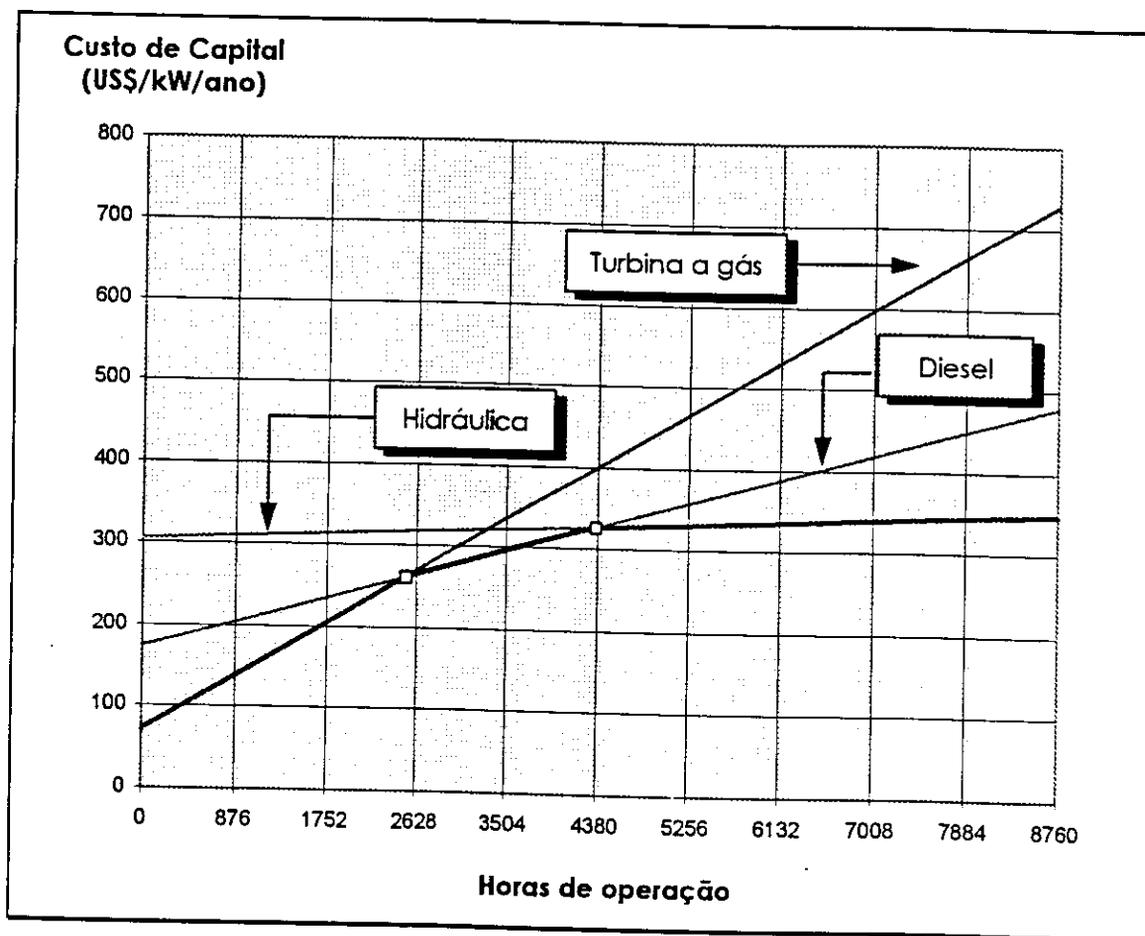


Figura 2.3.2 Curva de custos totais para distintas opções de geração em função do fator de carga.

### 2.3.3 Custos de Transmissão e Preços em Barra

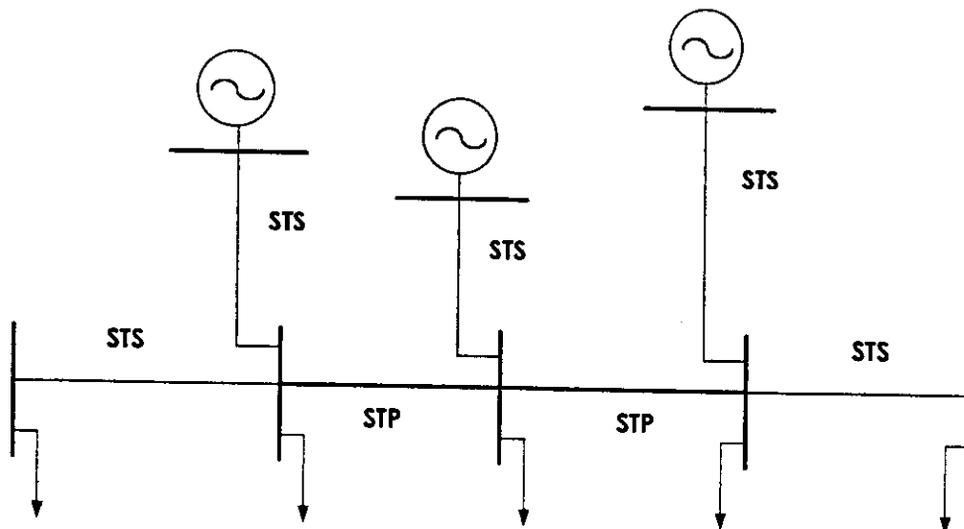
Os Custos de Transmissão e a determinação do Preço em Barra, estabelecidos na Lei de Concessões Elétricas do Peru e que foi difundido em diversas conferências <sup>[Pin93]</sup>, <sup>[Har94]</sup>, resume-se a seguir:

#### Sistemas Transmissão

Em cada sistema interligado existem dois tipos de sistemas de transmissão:

- Sistema Principal de Transmissão (SPT)
- Sistema Secundário de Transmissão (SPS)

No SPT, as geradoras comercializam a potência e energia em qualquer ponto do sistema. O SPS permite às geradoras concertar-se ao SPT ou comercializar a potência e energia em qualquer ponto destes sistemas.



#### Custos de Transmissão

Os custos de transmissão são definidos pelo *Custo Total de Transmissão*, que considera a anualidade do investimento e os custos padrões de operação e manutenção do Sistema Economicamente Adaptado. A anualidade do investimento é calculada com

base no Valor Novo de Substituição, para uma vida útil de 30 anos e Taxa de Atualização de Lei (12%).

$$CT = VNSA + CO\&M$$

CT	Custos totais de transmissão
VNSA	Valor Novo de Substituição Anualizado
CO&M	Anualidade de Custos de Operação e Manutenção eficientes

### Valor Novo de Substituição

É o valor do investimento considerando uma substituição por novas instalações. Para o cálculo assume-se um sistema de transmissão economicamente adaptado.

$$VNSA = VNS \cdot FRC(i,n)$$

VNS	Valor Novo de Substituição (instalações novas)
FRC(i,n)	Fator de Recuperação de Capital
i	Taxa de Atualização de Lei (12%)
n	Vida útil das instalações (30 anos)

Um sistema de transmissão economicamente adaptado consiste em:

- Rede de acordo com os requerimentos da demanda
- Instalações de redundância só em caso justificado
- As instalações valorizam-se como se fossem novas, a preços internacionais e com tecnologia conforme o estado de arte que apresente um serviço equivalente.

### Compensação ao proprietário do sistema de transmissão

As geradoras que são conectadas ao Sistema Principal pagam mensalmente ao proprietário do sistema, uma compensação para cobrir o Custo Total de Transmissão. A compensação é paga separadamente por meio de dois conceitos: o *Receita Tarifária* e *Pedágio por Conexão*.

$$CT = RT + PC$$

CT	Compensação que recebe o proprietário
RT	Receita tarifária
PC	Pedágio por conexão

### Receita Tarifária

A *Receita Tarifária* é calculada em função da potência e energia entregue e retirada das barras, valorizadas as suas respectivas Tarifas em Barra.

$$RT = RTP + RTE$$

RTP      Receita tarifária por potência  
RTE      Receita tarifária por energia

- **Receita Tarifária por Potência**

$$RTP = Pr \cdot TPj - Pe \cdot TPi$$

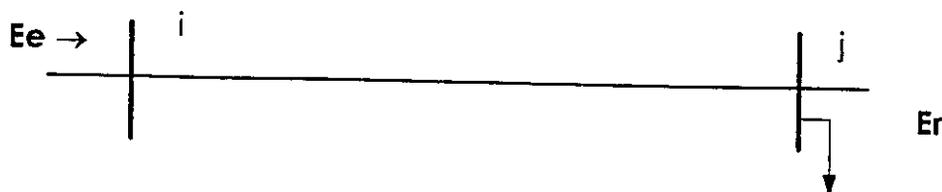
Pr      Potência retirada na barra j  
TPj      Tarifa de potência na barra j  
Pe      Potência entregue na barra i  
TPi      Tarifa de potência na barra i



- **Receita Tarifária por Energia**

$$RTE = Er \cdot TEj - Ee \cdot TEi$$

Er      Energia retirada na barra j  
TEj      Tarifa de Energia na barra j  
Ee      Energia entregue na barra i  
TEi      Tarifa de Energia na barra i



### Pedágio por Conexão

O *Pedágio por Conexão* é a diferença entre o *Custo Total de Transmissão* e a *Receita Tarifária*, e é pago pelas geradores proporcionalmente à sua potência firme.

$$PC = CT - RT$$

### Preços em Barra

- **Preço de Potência**

$$PPP_i = PBPP \bullet FPMP_i + Pdg$$

PPP <sub>i</sub>	Preço da potência de ponta na barra i
PBPP	Preço básico da potência de ponta na barra de referência
FPMP <sub>i</sub>	Fator de perdas marginais por potência de ponta na barra i
Pdg	Pedágio unitário

- **Preço de Energia**

$$PE_i = PBE \bullet FPME_i$$

PE <sub>i</sub>	Preço da energia na barra i
PBE	Preço básico da energia na barra de referência
FPME <sub>i</sub>	Fator de perdas marginais de energia na barra i
PB = Preço básico = CM <sub>gcp</sub>	(Custo Marginal de Curto Prazo)

### Fatores de Penalização pelas Perdas Marginais

Os fatores de penalização são fatores de multiplicação aos preços básicos de geração de potência de ponta e energia, para determinar os preços nas diferentes barras do sistema elétrico. Trata-se de expandir os preços básicos a outros pontos do consumo no sistema elétrico <sup>[Har94]</sup>.

Os preços básicos de geração referem-se ao preço no sistema principal de transmissão (onde fica o centro de gravidade da carga). Nas barras do sistema principal, os fatores de penalização são iguais a 1,00. Nas outras barras, os fatores de penalização são iguais a 1,0 mais as correspondentes fatores de perda marginal.

- **Fator de perdas marginais por potência (FPMP)**

O fator de perdas marginais por potência é calculado para cada barra com base em uma simulação do fluxo de potência na hora de ponta.

$$FPMP = 1 + \frac{2 \cdot \text{Perd}}{P}$$

Perd	Perdas variáveis obtidas do fluxo de potência
P	Potência transmitida

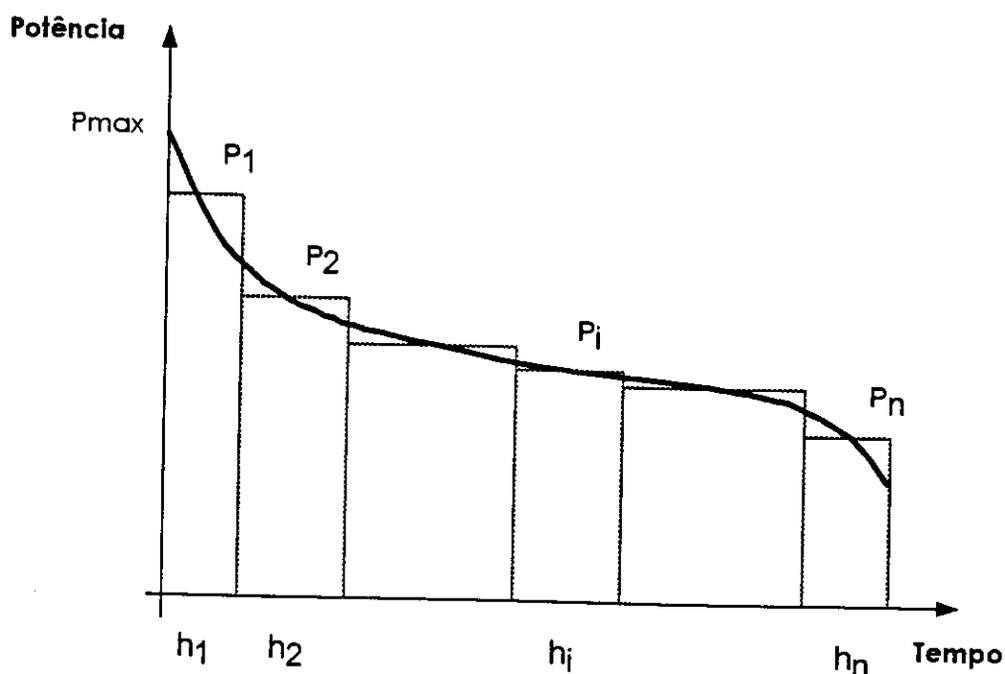
- **Fator de perdas marginais de energia (FPME)**

O fator de perdas marginais de energia para cada barra é obtido como uma média ponderada dos fatores de perdas marginais de potência, calculados com base nos resultados da simulação de fluxo de potência para diferentes condições de operação da curva de carga.

$$FPME = \frac{\sum_{i=1}^n FPMP_i * h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}$$

$FPMP_i$  fator de perdas marginais de potência na condição  $i$

$h_i$  duração na condição  $i$



### 2.3.4 Determinação da Tarifa para clientes finais

Uma explicação, de maneira resumida, das tarifas ao usuário final consiste em que a distribuidora compra potência e energia (em ponta e fora de ponta) das geradoras, a preços de barra publicados pela CTE. A conexão da eletricidade realiza-se em qualquer barra do Sistema de Transmissão. Acrescentam-se os cargos por transmissão (cargos por perdas marginais e pedágio de conexão) e transformação até a barra equivalente de média tensão. Ao preço em Barra Equivalente de Média Tensão acrescenta-se o Valor Agregado de Distribuição (Média e Baixa Tensão) mais as perdas padrão em média e baixa tensão. Deste modo, gera-se a tarifa ao cliente final.

#### Estrutura de custos

A estrutura tarifária, de acordo com a Lei de Concessões Elétricas, deve refletir o custo econômico associado ao uso, por parte dos usuários, dos recursos envolvidos a nível de geração, transmissão e distribuição.

Os componentes básicos dos custos da eletricidade são:

- i. *Ao nível de Produção* (preço de barra + transmissão)
  - Potência de ponta
  - Energia em ponta e fora de ponta
  
- ii. *Ao nível de Distribuição*
  - Potência de ponta de distribuição
  - Potência fora de ponta de distribuição
  - Custos fixos de atendimento por cliente, independente de seu consumo
  - Perdas de potência de ponta
  - Perdas de energia

Na Tabela 2.3.8, resume-se a estrutura de custos de produção-distribuição, ou seja, compra em alta tensão e distribuição em baixa tensão.

Tabela 2.3.8 Estrutura de preços de eletricidade no setor elétrico do Peru.

Nível	Designação	Potência de ponta	Energia
Produção	CMgAT	CMgPAT	CMgEAT
Rede Primária	CMgMT	$\frac{CMgPAT}{1 - \mu p} + VADMT$	$\frac{CMgEAT}{1 - \mu e}$
Rede Secundária	CMgBT	$\frac{CMgPMT}{1 - \beta p} + VADBT$	$\frac{CMgEMT}{1 - \beta e}$

Nota:

- CMgAT : Custo Marginal em Alta Tensão
- CMgMT : Custo Marginal em Média Tensão
- CMgBT : Custo Marginal em Baixa Tensão
- CMgPAT : Custo Marginal de Potência em Alta Tensão
- CMgEAT : Custo Marginal de Energia em Alta Tensão
- CMgPMT : Custo Marginal de Potência em Média Tensão
- CMgEMT : Custo Marginal de Energia em Média Tensão
- VADMT : Valor Agregado de Distribuição em Média Tensão
- VADBT : Valor Agregado de Distribuição em Baixa Tensão
- $\mu p$  : Perda média de potência em Média Tensão
- $\mu e$  : Perda média de energia em Média Tensão
- $\beta p$  : Perda média de potência em Baixa Tensão
- $\beta e$  : Perda média de energia em Baixa Tensão

Fonte: Referência [CTE94]

Na Figura 2.3.3 apresenta-se a cascata de custos a partir da compra de potência e energia na barra do sistema principal de transmissão (nível de Muito Alta Tensão) até a comercialização em Baixa Tensão. Por outro lado, na Figura 2.3.4, apresenta-se uma visão geral de um sistema elétrico com as tarifas e os preços de eletricidade, desde a geração até o usuário final.

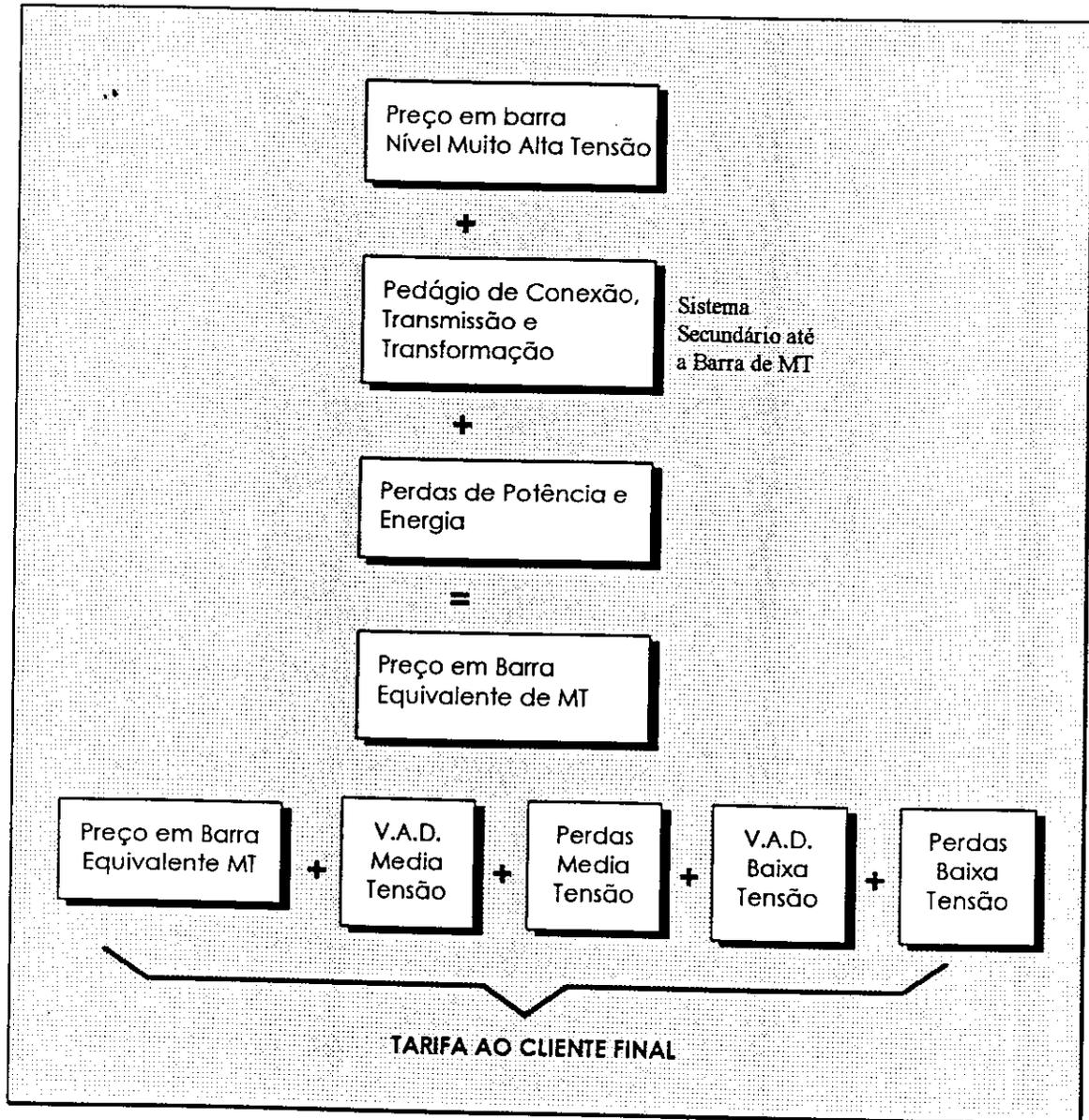


Figura 2.3.3 Cascata de custos em um sistema elétrico e a tarifas elétricas para clientes finais.

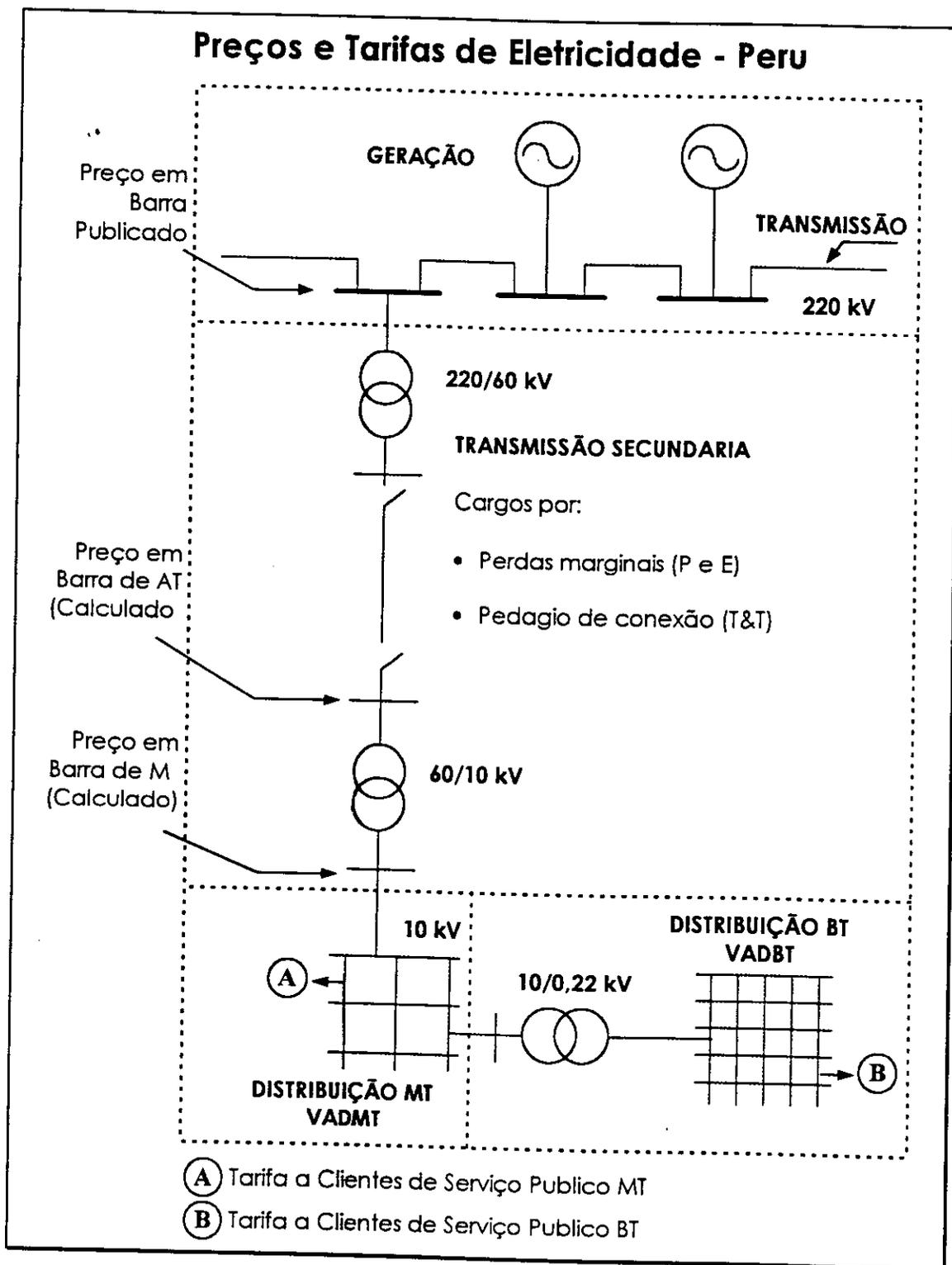


Figura 2.3.4 Esquema simplificado de um sistema elétrico e os preços e tarifas elétricas nos respectivos níveis do sistema.

Fonte: Referência [Ca193]

## Procedimento

A determinação das tarifas para clientes finais é o resultado de uma simulação financeira que garante a rentabilidade da empresa concessionária de distribuição, com base em uma formulação tarifária que considera o preço equivalente na barra de média tensão, os valores agregados de distribuição e constantes de cálculo para cada área típica. Na Figura 2.3.5, esquematiza-se o processo simplificado de determinação das tarifas para clientes finais.

### Seleção das áreas típicas (*Setor de Distribuição Típico*)

Denomina-se Setor de Distribuição Típico a instalações de distribuição com características técnicas similares na disposição geográfica da carga, características técnicas, custos de investimento, operação e manutenção.

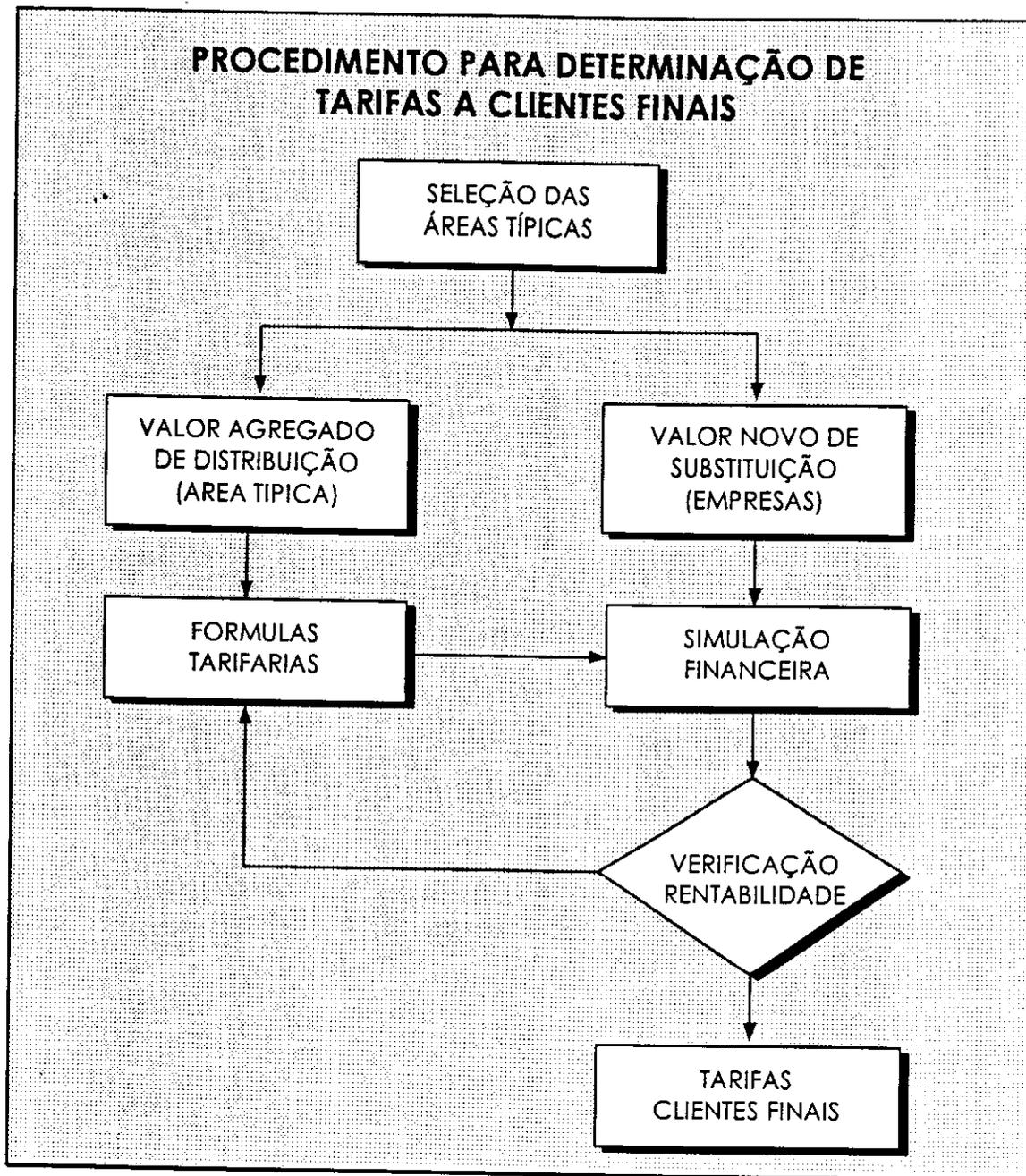
Os sistemas elétricos de distribuição classificam-se em um dos três setores típicos de distribuição:

- Setor 1: Alta densidade (Empresa modelo: *Lima Metropolitana*)
- Setor 2: Média densidade (Empresa modelo: *Cuzco*)
- Setor 3: Baixa densidade (Empresa modelo: *Valle del Mantaro Norte*)

Os setores típicos determinam-se segundo os seguintes parâmetros:

- Índice 1: I1 Consumo de energia médio anual por cliente (em MWh).
- Índice 2: I2 Potência instalada em subestações de distribuição por distância das redes de média tensão (em kVA/km).
- Índice 3: I3 Distância de redes de baixa tensão médio por cliente de baixa tensão (em metros/cliente).

Na Figura 2.3.6, apresenta-se o diagrama de fluxo para qualificação de sistemas típicos de distribuição.



**Figura 2.3.5** Procedimento empregado para calcular as tarifas elétricas para clientes finais.

Fonte: Referência [Quin93]

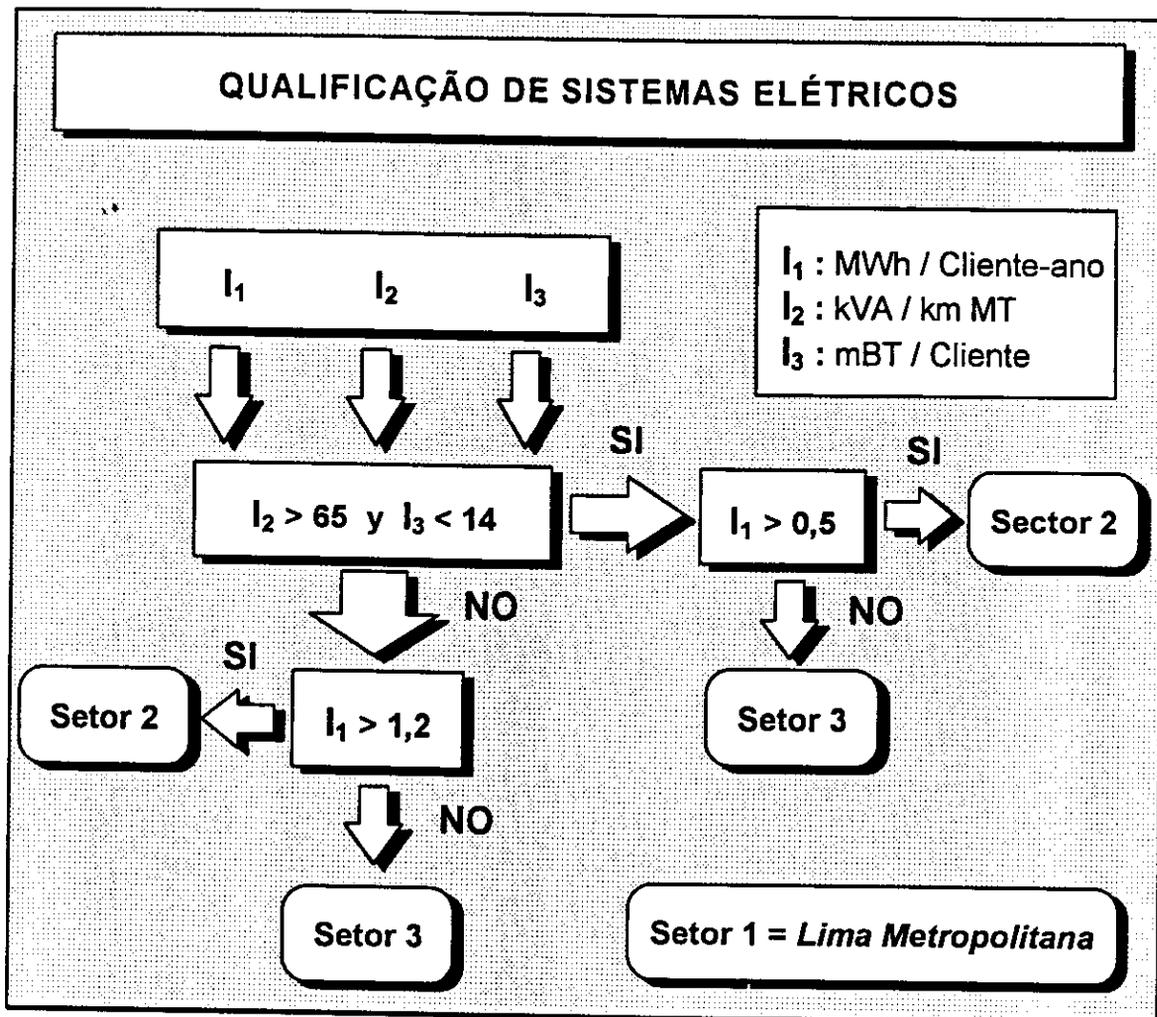


Figura 2.3.6 Procedimento empregado para qualificar os sistemas de distribuição típicos.

Fonte: Referência [CTE94]

### Valor Agregado de Distribuição

O Valor Agregado de Distribuição (VAD) representa o custo total que incorre-se para colocar à disposição do usuário final a potência e energia desde a barra equivalente de média tensão até o ponto de conexão.

O VAD está baseado em uma empresa modelo eficiente e considera os seguintes aspectos:

- i. Custos associados ao usuário, independentes de sua demanda de potência e energia (os custos unitários de faturamento, que incluem a leitura, o processamento e

emissão da mesma, sua distribuição e a comissão de cobrança, considerando uma gestão empresarial eficiente).

- ii. Perdas padrão de distribuição em potência e energia. Compreende perdas físicas e comerciais. As perdas físicas calculam-se considerando uma queda de tensão máxima de 3,5% em média tensão e de 5% em baixa tensão. As perdas comerciais até o limite de 50% das perdas físicas.
- iii. Custos padrão de investimento, manutenção e operação, associados à distribuição por unidade de potência fornecida (anualidade do Valor Novo de Substituição, para uma vida útil de 30 anos e Taxa de Atualização de Lei igual a 12%).

### **Valor Novo de Substituição**

O Valor Novo de Substituição é o custo de renovar as obras e bens físicos destinados a prestar o mesmo serviço com a tecnologia e preços vigentes

### **Formulação tarifária a clientes finais**

A formulação compreende os seguintes aspectos:

- A. Preços na barra equivalente de média tensão
- C. Constantes de cálculo
- B. Variáveis de cálculo

#### **A. Preços na barra equivalente de média tensão**

- Corresponde aos cargos de potência e energia da barra-base publicada, referidos à barra de média tensão.
- A barra de média tensão é onde se inicia o Sistema de Distribuição (VAD), levando em conta a transformação e a distância média (MW-km) da energia transmitida.

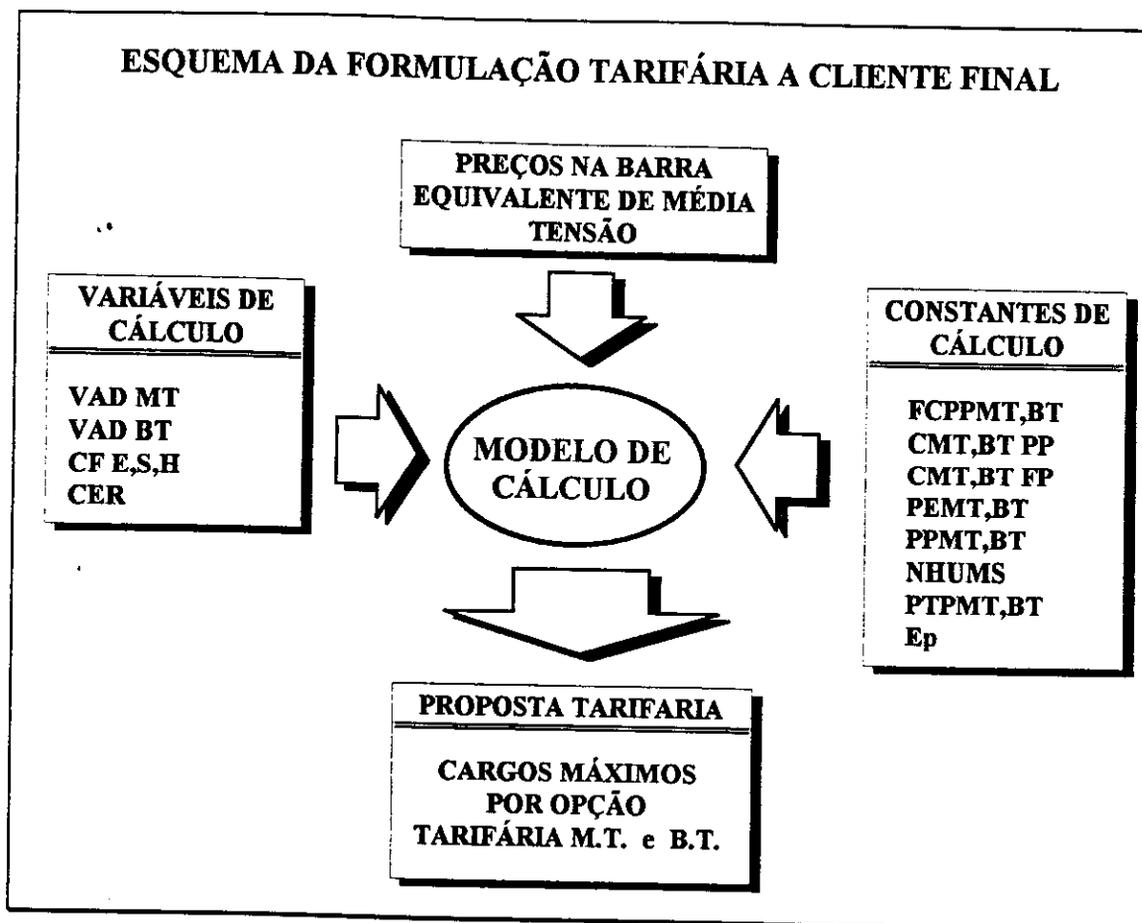


Figura 2.3.7 Esquema geral da formulação tarifária para clientes finais.

Fonte: Referência [CTE94]

### B. Variáveis de cálculo

**VAD MT** : Valor Agregado de Distribuição em Média Tensão (em S/./kW-mês)

**VAD BT** : Valor Agregado de Distribuição em Baixa Tensão (em S/./kW-mês)

**CF E,S,H**: Cargo Fixo mensal para medidor simples, potência contratada e tarifas horárias (em S/./mês)

**CER** : Cargo por Energia reativa que exceda 30% da energia ativa total mensal (em ctvS/./kVarh)

### C. Constantes de cálculo

**FCPPMT,BT**: Fator de Coincidência para demandas de ponta em MT e BT

**FCFPMT,BT**: Fator de Coincidência para demandas fora de ponta em MT e BT

- CMT,BT PP:** Fator de contribuição em MT e BT para demandas presentes em ponta
- CMT,BT FP:** Fator de contribuição em MT e BT para demandas fora de ponta
- PEMT,BT:** Fator de expansão de perdas em energia em MT e BT
- PPMT,BT:** Fator de expansão de perdas de potência em MT e BT
- NHUMS :** Número de horas de uso medidores simples
- PTPMT,BT:** Fator de correção do VADMT,BT
- Ep:** Fator de ponderação da energia para tarifas monômias

A atualização dos parâmetros realiza-se do seguinte modo:

- A. Preços na barra equivalente de média tensão: atualiza-se mensalmente, de acordo com a Resolução de Preços em Barra fixada semestralmente.
- C. Constantes de cálculo: fixadas em termos reais para um período de quatro anos, atualizando-se mensalmente, de acordo com os parâmetros macroeconômicos envolvidos.
- B. Variáveis de cálculo: é constante para os quatro anos de aplicação, à exceção do fator de ponderação da energia  $E_p$ , que é anual.

### **Verificação da rentabilidade**

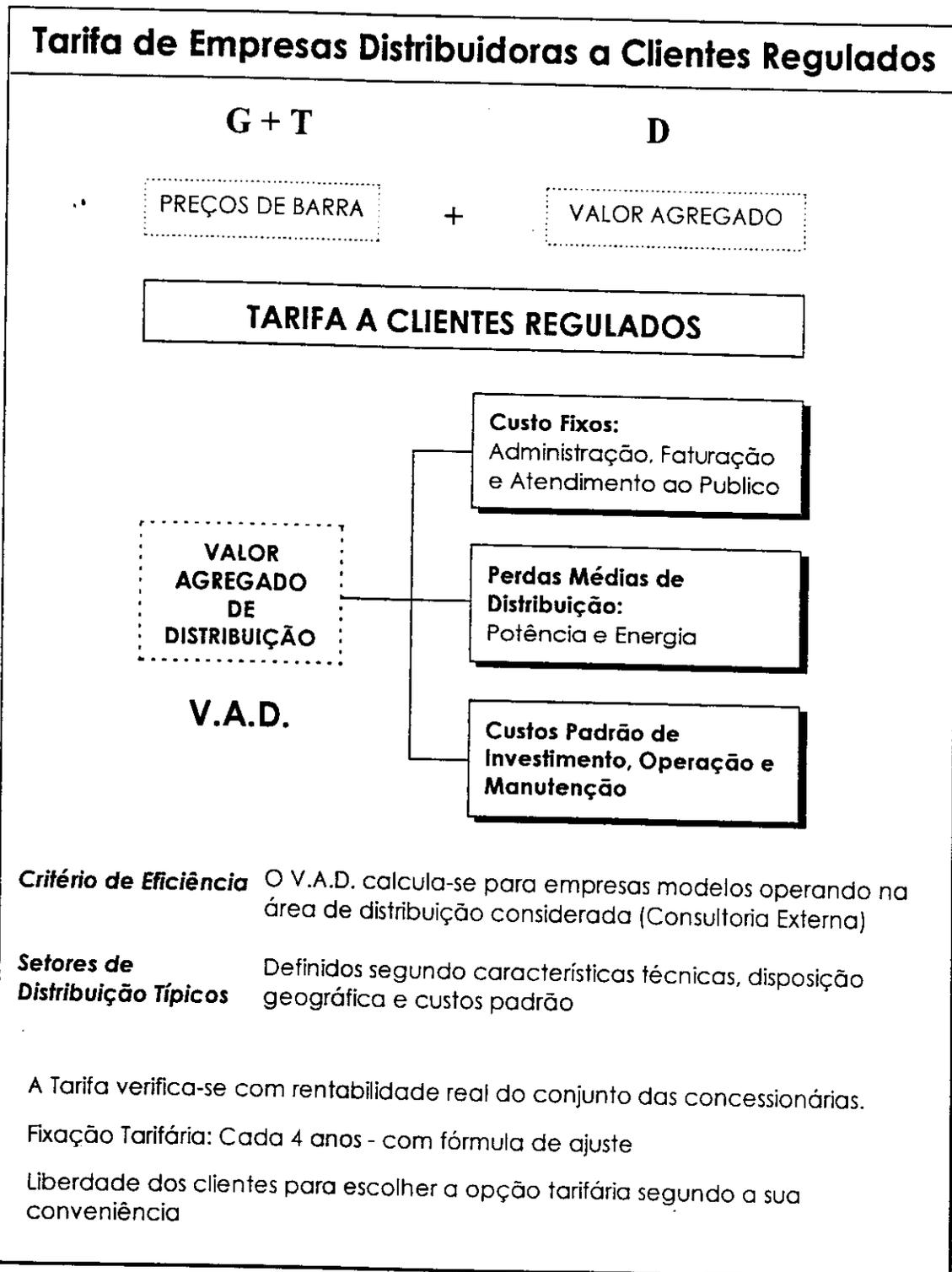
A metodologia para o cálculo do Valor Agregado de Distribuição compreende, adicionalmente, a verificação da rentabilidade para todo o conjunto dos concessionários de distribuição de um mesmo setor típico.

Para este fim, valoriza-se o total dos investimentos das concessionárias de distribuição de todo o País (a partir da barra equivalente de média tensão até o ponto de conexão do cliente), considerando a metragem e os custos unitários em condições de mercado. A metragem considera o critério dos sistemas de distribuição economicamente adaptados.

Obtido o valor novo de substituição de todas as concessões, efetua-se o cálculo da rentabilidade do investimento, mediante a taxa interna de retorno (TIR) do conjunto das

concessionários para cada setor típico. Esta taxa interna avalia a geração interna de recursos ou fluxo líquido considerando os custos de exploração e um período de análise de 25 anos.

A TIR resultante é comparada com a Taxa de Desconto de Lei (12%), admitindo-se uma variação de 4% como máximo. Caso não esteja dentro deste limite, as tarifas resultantes deverão ser ajustadas proporcionalmente, de maneira que alcance o limite mais próximo, superior ou inferior.

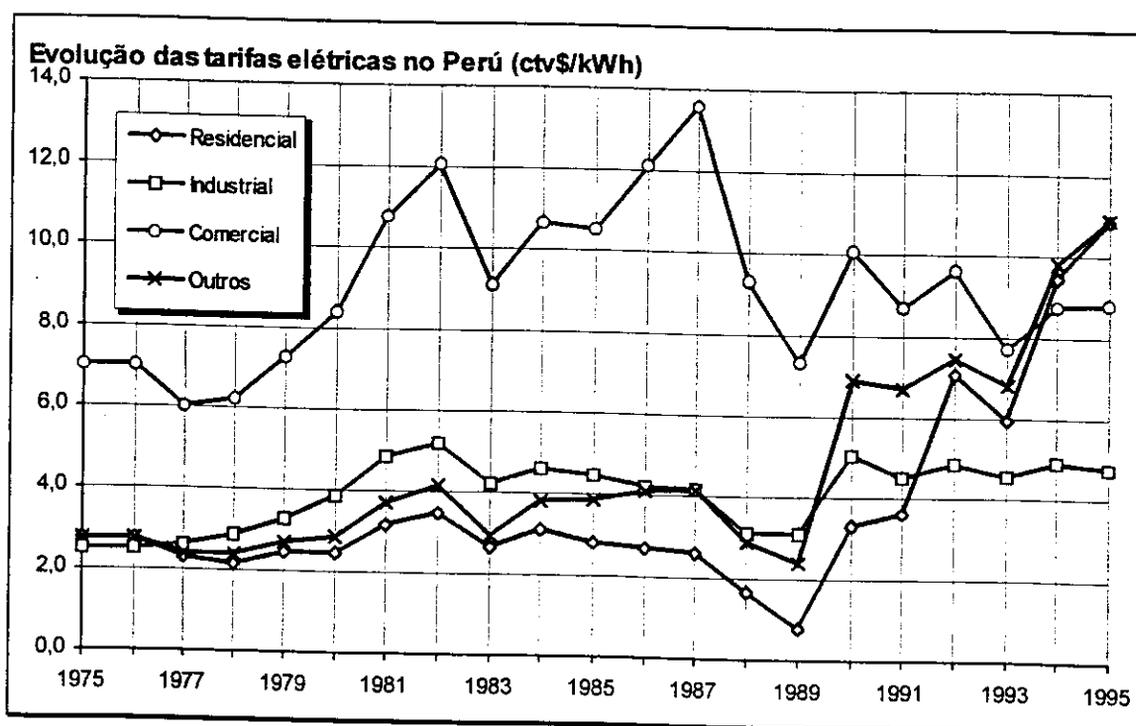


Fonte: Referência [Quin93]

### 2.3.5 Evolução e estabilização das tarifas elétricas

Na Figura 2.3.8, apresenta-se a evolução das tarifas elétricas no Peru para o período 1975-1995. Observa-se que as tarifas residencial e outras apresentam valores mínimos até antes da promulgação da lei de concessões elétricas (1992). Os preços abaixo das tarifas referidas eram o resultado de uma política de subsídios cruzados que são acrescentados à tarifa comercial. Observa-se que a tarifa comercial apresenta o maior valor no período mencionado. O subsídio mais baixo para a tarifa residencial ocorreu em 1989, a um valor que representava 5% de seu valor real.

Na Figura 2.3.9, apresentam-se as tarifas como resultado da implementação da lei de concessões elétricas. Pode constatar-se uma estabilização dos preços. Observa-se que as tarifas denominadas tradicionalmente como residencial e outros apresentam os maiores valores. Este fato resulta da aplicação de custos marginais de serviço sem políticas de subsídio. Cabe mencionar que no contexto da nova lei, as tarifas não são diferenciadas pela finalidade de uso mas pelo sistema de medição.



**Figura 2.3.8** Tendências nas tarifas elétricas residencial, comercial, industrial e outros, no período 1975-1995.

Fonte: Comisión de Tarifas Eléctricas - Perú

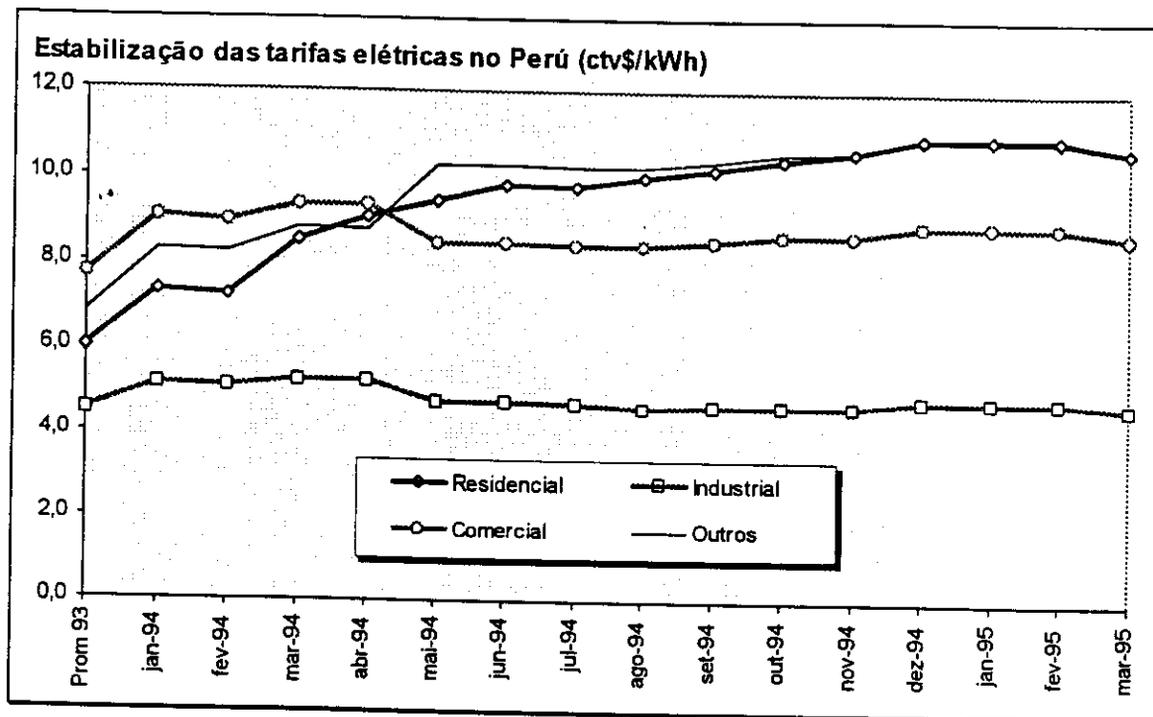


Figura 2.3.9 Tendência a preços reais das tarifas elétricas residencial, comercial, industrial e outros, após a promulgação da lei de concessões elétricas.

Fonte: Comisión de Tarifas Eléctricas - Perú

## Capítulo 3

### O mercado de eficiência energética no setor elétrico residencial - Caso do setor residencial de Lima Metropolitana

#### 3.1. Os usos finais e o potencial de conservação de energia elétrica no setor residencial

##### 3.1.1. A demanda de energia elétrica

Lima Metropolitana, a capital da República de Peru, com uma população de mais de 6 milhões de habitantes, é o maior centro consumidor de energia elétrica do país. Em 1994, foram vendidas pelas concessionárias de distribuição um total de 9334,8 GWh demandados, dos quais 5473,5 GWh correspondem a Lima Metropolitana, o que representa 58,6% do total vendido. Por outro lado, do total de energia elétrica vendida a Lima, 3238,5 GWh correspondem ao mercado regulado, com clientes em Baixa Tensão que representam 59,2%.

Tabela 3.1.1 Venda de energia elétrica das concessionárias de distribuição no Peru em 1994 (Valores em GWh).

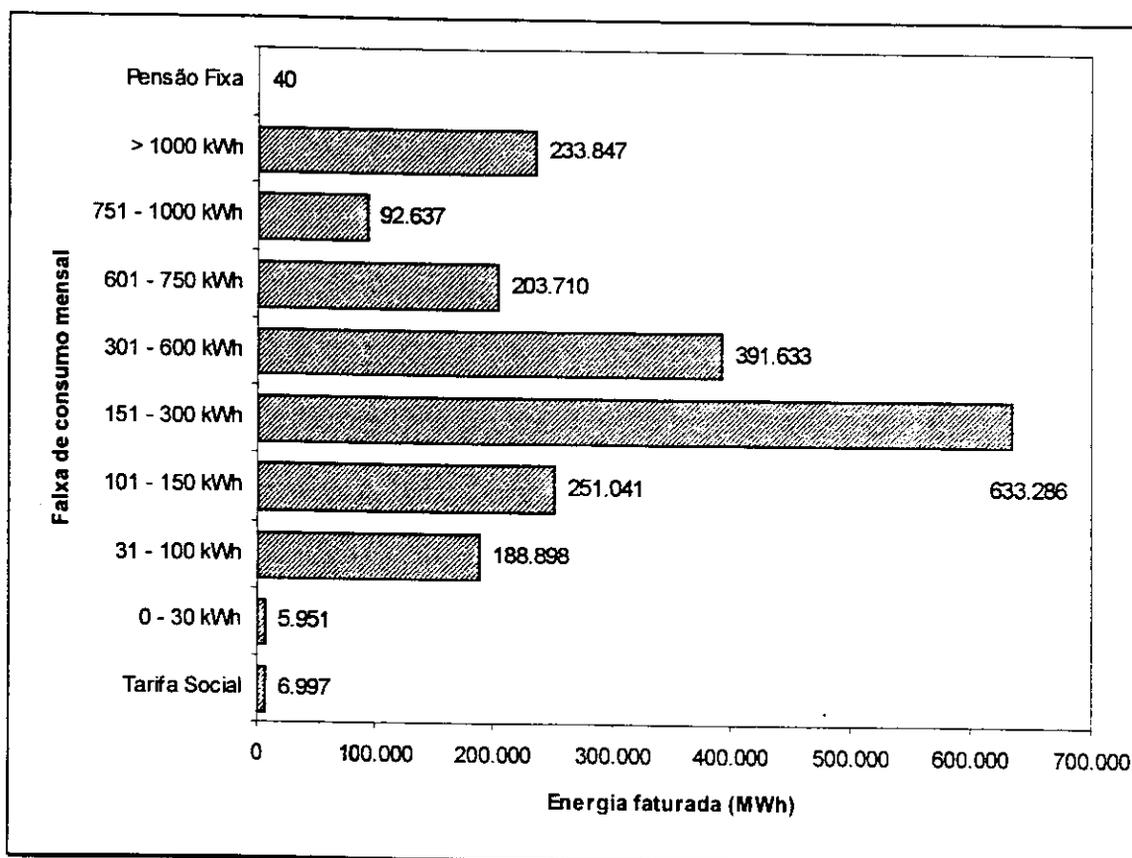
Empresa	Mercado Não-Regulado		Mercado Regulado				TOTAL	
	GWh	%	MT		BT		GWh	%
			GWh	%	GWh	%		
Edelnor	751,5	24,3%	375,5	29,3%	1541,4	31,0%	2668,4	28,6%
Luz del Sur	790,4	25,6%	317,6	24,8%	1697,1	34,2%	2805,1	30,0%
Total Lima Metropolitana	1541,9	49,9%	693,1	54,2%	3238,5	65,2%	5473,5	58,6%
Resto Peru	1547,4	50,1%	586,3	45,8%	1727,6	34,8%	3861,3	41,4%
<b>Total Peru</b>	<b>3089,3</b>	<b>100,0%</b>	<b>1279,4</b>	<b>100,0%</b>	<b>4966,1</b>	<b>100,0%</b>	<b>9334,8</b>	<b>100,0%</b>

Nota: MT: Clientes em Média Tensão  
BT: Clientes em Baixa Tensão

Fonte: Referência [CTE95]

Em 1994, a demanda no setor residencial foi aproximadamente de 2.008 GWh, dos quais 975 GWh foram atendidos por *Edelnor* e 1035 GWh por *Luz del Sur*. O que significa que o setor residencial foi responsável por 51,3% da demanda de energia elétrica no Mercado Regulado. Na Tabela 3.1.2, mostra-se em detalhe o consumo anual de energia elétrica segundo a opção tarifária.

Entre os clientes residenciais, os maiores consumidores da energia elétrica são aqueles cuja faixa de consumo mensal é 151-300 kWh (com 633 GWh consumidos no ano 1994), seguido por aqueles de faixa 301-600 kWh (com consumo de 391 GWh em 1994). Na Figura 3.1.1 visualiza-se com maior detalhe a distribuição do consumo por faixa de consumo mensal.



**Figura 3.1.1** Energia faturada em 1994 pelas concessionárias de distribuição *Edelnor* e *Luz del Sur* em Lima Metropolitana, segundo as faixas de consumo mensal.

**Fonte:** Referência [CTE95]

Tabela 3.1.2 Venda de energia elétrica das concessionárias de distribuição de Lima Metropolitana por opção tarifária, em 1994 (Valores em MWh).

Tipo de consumo	Tarifa	Concessionária		Total Lima Metrop.
		Edelnor	Luz del Sur	
Tarifa 2P2E - MT	MT2	117.449	88.360	205.809
Tarifa 1P2E - MT Presentes na Ponta	MT3P	13.807	19.288	33.095
Tarifa 1P2E - MT Presentes Fora de Ponta	MT3FP	0	6.893	6.893
Tarifa 1P1E - MT Presentes na Ponta	MT4P	226.246	202.920	429.166
Tarifa 1P1E - MT Presentes Fora de Ponta	MT4FP	0	180	180
<b>Total Clientes MT</b>		<b>357.502</b>	<b>317.641</b>	<b>675.143</b>
Tarifa 2P2E - BT	BT2	167	0	167
Tarifa 1P2E - BT Presentes na Ponta	BT3P	1.241	3.839	5.080
Tarifa 1P2E - BT Presentes Fora de Ponta	BT3FP	0	784	784
Tarifa 1P1E - BT Presentes na Ponta	BT4P	121.584	184.150	305.734
Tarifa 1P1E - BT Presentes Fora de Ponta	BT4FP	44.823	24.995	69.818
Tarifa Iluminação Pública	BT4AP	136.861	135.463	272.324
Tarifa Social Residencial	BT5	3.702	3.295	6.997
Tarifa Residencial	BT5	971.117	1.029.886	2.001.003
• 0 - 30 kWh		3.133	2.818	5.951
• 31 - 100 kWh		110.158	78.740	188.898
• 101 - 150 kWh		149.878	101.163	251.041
• 151 - 300 kWh		366.876	266.410	633.286
• 301 - 600 kWh		187.329	204.304	391.633
• 601 - 750 kWh		71.292	132.418	203.710
• 751 - 1000 kWh		25.151	67.486	92.637
• > 1000 kWh		57.300	176.547	233.847
Tarifa 1E - BT Não Residencial	BT5	261.818	314.681	576.499
Tarifa 1P - BT Pensão Fixa Residencial	BT6	0	40	40
Tarifa 1P - BT Pensão Fixa Não Residencial	BT6	88	13	101
<b>Total Clientes BT</b>		<b>1.541.401</b>	<b>1.697.146</b>	<b>3.238.547</b>
<b>Total Mercado Regulado</b>		<b>1.898.903</b>	<b>2.014.787</b>	<b>3.913.690</b>

Nota: MT: Clientes em Media Tensão  
BT: Clientes em Baixa Tensão

Fonte: Referência [CTE95]

O faturamento das concessionárias, no Peru, em 1994, ascendeu a US\$ 683,5 milhões, enquanto em 1993 foi US\$ 485,9 milhões. As concessionárias de distribuição de Lima Metropolitana faturarão total de US\$ 391,4 milhões em 1994, dos quais US\$ 189 milhões corresponderão a *Edelnor* e US\$ 202,4 milhões a *Luz del Sur*.

O faturamento no setor residencial de Lima Metropolitana foi de US\$ 162,11 milhões, dos quais US\$ 76,98 milhões corresponderão a *Edelnor* e US\$ 85,13 milhões a *Luz del Sur*. Como é notório, o setor residencial representa uma grande parcela do mercado regulado, e o que seu faturamento, representou em 1994, 41,4% do total faturado no mercado regulado.

**Tabela 3.1.3 Faturamento das vendas da energia elétrica das concessionárias de distribuição no Peru em 1994.**

Concessionárias	Nº de clientes		Faturação (em milhões US\$)	
<i>Edelnor</i>	626168	27,1%	189,0	27,7%
<i>Luz del Sur</i>	499640	21,6%	202,4	29,6%
Total Lima Metropolitana	1125808	48,7%	391,4	57,3%
Resto do Peru	1183794	51,3%	292,1	42,7%
<b>Total</b>	2309602	100,0%	683,5	100,0%

Setor Residencial	Concessionária	Faturação (em milhões US\$)
	<i>Edelnor</i>	76,98
	<i>Luz del Sur</i>	85,13
	<b>Total Lima Metropolitana</b>	162,11

Fonte: Referência [CTE95]

Tabela 3.1.4 Número de clientes da energia elétrica das concessionárias de distribuição no Peru em 1994.

Concessionárias	Mercado Regulado			Mercado Não Regulado
	MT	BT	Total	
Edelnor	428	625.654	626.082	86
Luz del Sur	412	499.181	499.593	47
Total Lima Metropolitana	840	1.124.835	1.125.675	133
Resto Peru	2.450	1.181.285	1.183.735	59
<b>Total Peru</b>	<b>3.290</b>	<b>2.306.120</b>	<b>2.309.410</b>	<b>192</b>

Setor Residencial	Concessionária	Numero de clientes
	Edelnor	572.999
	Luz del Sur	433.457
	<b>Total Lima Metropolitana</b>	<b>1.006.456</b>

Nota: MT: Clientes em Média Tensão  
BT: Clientes em Baixa Tensão

Fonte: Comisión de Tarifas Eléctricas: Anuario Estadístico 1994 [CTE95]

### Característica da curva de demanda residencial

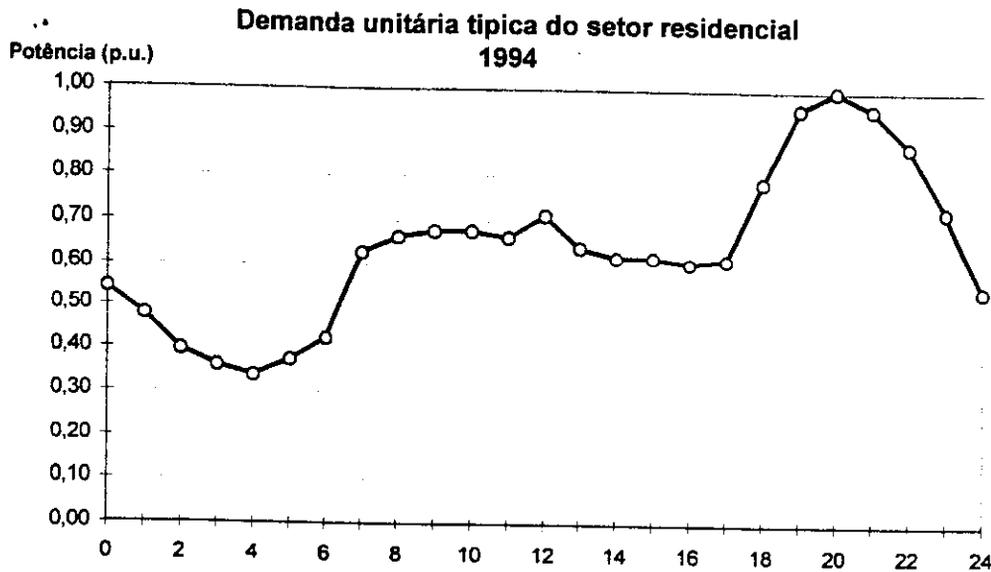
O setor residencial de Lima Metropolitana apresenta um comportamento característico da demanda horária, como se mostra na Figura 3.1.2. O pico predominante ocorre entre 18:00 e 23:00 horas. A máxima demanda ocorre às 20:00 horas. O pico matutino ocorre às 12:00 horas, não obstante a variação da demanda não ser significativa no período entre 7:00 e 17:00 horas. Por outro lado, a demanda mínima ocorre às 4 horas. A demanda residencial apresenta um fator de carga<sup>1</sup> de 0,638 e um fator de perda<sup>2</sup> de 0,441. Sendo o consumo residencial de 2.008 GWh, no ano 1994,

<sup>1</sup> Fator de Carga =  $\frac{\text{energia consumida}}{\text{energia correspondente à máxima demanda}}$ , num período de tempo

<sup>2</sup> Fator de Perda =  $\frac{\text{energia de perda}}{\text{energia de perda correspondente à máxima demanda}}$ , num período de tempo.

Em ambos casos o calculo corresponde a um período de 24 horas.

isso implica que o setor residencial contribuiu na demanda global com aproximadamente 360 MW.



**Figura 3.1.2** Comportamento típico da demanda residencial em um período de 24 horas observado no ano de 1994.

**Fonte:** *Ministerio de Energia y Minas - Peru*

Em resumo, o setor elétrico residencial de Lima Metropolitana apresenta as seguintes características:

- Concessionárias de distribuição : *Edelnor e Luz del Sur*
- Numero de clientes : 1.006.456
- Energia elétrica demandada (1994) : 2.008 GWh
- Demanda Máxima : 360 MW
- Faturamento : US\$ 162,11 milhões
- Preço da energia elétrica (Dez. 94) : US\$ 0,1097/kWh  
(Simples medição de energia, baixa tensão)

### 3.1.2. Composição da demanda por usos finais

A identificação da demanda por usos finais, no setor residencial, nunca foi e continua não sendo de interesse das concessionárias de distribuição do país. Não obstante, na atualidade, tem-se conhecimento da composição da demanda residencial em função dos usos finais no período de ponta. Os dados obtidos devem-se à iniciativa da organização *CENERGIA*, que no ano 1992 em conjunto com *ELECTROLIMA* e a *Universidad Nacional de Ingenieria* executaram um programa de visitas aos consumidores residenciais visando informar sobre a situação energética existente, ensinar a utilizar a energia eficientemente e compilar informação sobre equipamentos eletrodomésticos, horas de utilização e valores de consumo<sup>[CEN94]</sup>. O resultado da pesquisa resume-se na Tabela 3.1.5.

Conforme a dita pesquisa, observa-se que o serviço de iluminação é o principal responsável com 58% da potência de ponta; por outro lado, os serviços de cocção (12%), refrigeração (conservação de alimentos) (11%), calefação de água (10%) e outros eletrodomésticos(9%) também contribuem para essa demanda.

**Tabela 3.1.5 Estrutura da demanda por usos finais em Lima Metropolitana.**

Usos Finais	Participação em horas de ponta
Iluminação	58%
Cocção	12%
Refrigeração	11%
Calefação de água (Aquecedor elétrico de água)	10%
Outros eletrodomésticos	9%

**NOTAS:**

Habitaciones de Lima Metropolitana

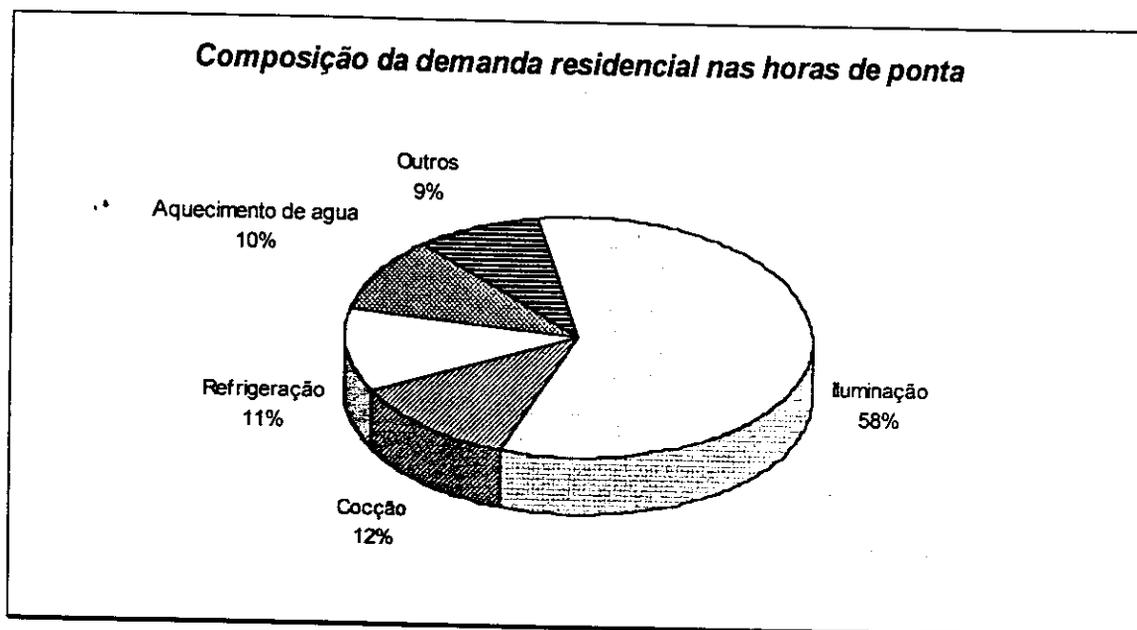
Média para os Níveis Sócio Econômicos A, B e C

A Alto

B Médio

C Baixo

**Fonte: CENERGIA**



**Figura 3.1.3** Composição por usos finais da demanda do setor residencial em horas de máxima demanda, segundo uma pesquisa no ano de 1992

Fonte: CENERGIA

### Característica por serviço energético

Na pesquisa mencionada, não foi feita a determinação da curva da demanda horária por usos finais correspondente a um dia típico. Não obstante, identificaram-se dados como quantidade e potência média nos serviços de iluminação e calefação de água por níveis sócio econômicos.

- **Iluminação**

No serviço de iluminação, segundo observa-se na Tabela 3.1.6, existe uma grande incidência das lâmpadas incandescentes em relação às lâmpadas fluorescentes, em todos os níveis sociais. Isso implica em um grande potencial de conservação de energia elétrica nas horas de ponta. Nas Figuras 3.1.4 e 3.1.5, representam-se as proporções de utilização, período de 24 horas, das lâmpadas incandescentes e fluorescentes, respectivamente.

Tabela 3.1.6 Distribuição das lâmpadas incandescente e fluorescente, por nível sócio-econômico, em Lima Metropolitana.

Nível Sócio Econômico	Lâmpadas por família			
	Lâmpada Incandescente		Lâmpada Fluorescente	
	Quantidade	Potência Média (W)	Quantidade	Potência Média (W)
ALTO	15,9	75	5,6	40
MÉDIO	10,1	90	2,4	36
BAIXO	4,8	90	1	20
MUITO BAIXO	2,7	100	0	-

Fonte: CENERGIA

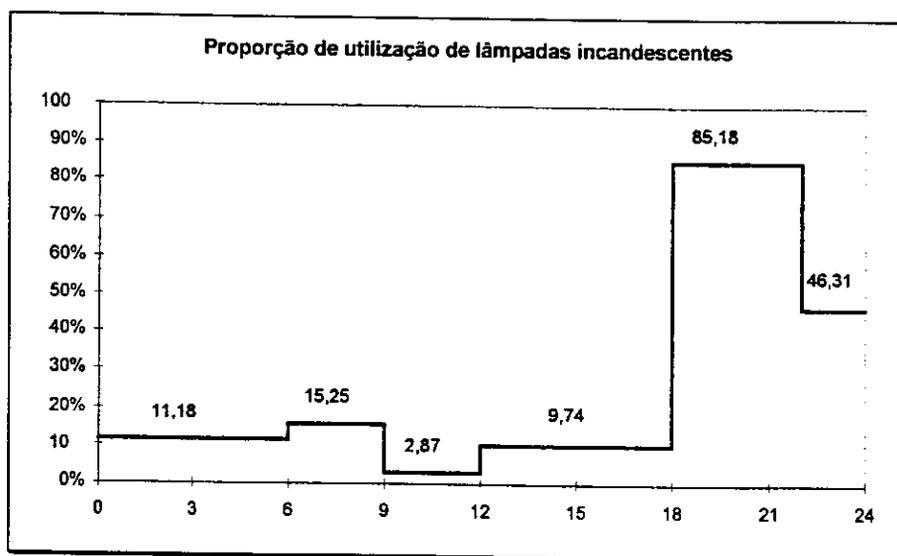


Figura 3.1.4 Proporção de utilização média das lâmpadas incandescentes em um período de 24 horas em Lima Metropolitana

Fonte: CENERGIA

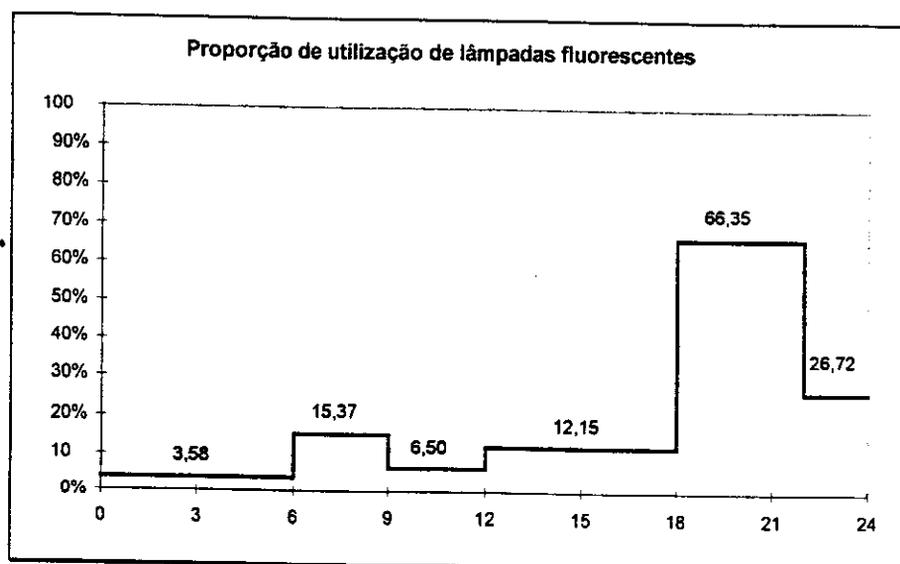


Figura 3.1.5 Proporção de utilização média das lâmpadas fluorescentes num período de 24 horas em Lima Metropolitana

Fonte: CENERGIA

- Aquecimento de água

Tabela 3.1.7 Quantidade e capacidade de Aquecedor de Água Elétrico por família, segundo o nível sócio-econômico em Lima Metropolitana.

Nível Sócio Econômico	Famílias com aquecedor	Quantidade de aquecedores por família	Quantidade por capacidade	Capacidade de aquecedor (litros)
ALTO	97%	2,4	1,0	110
			0,6	80
			0,8	50
MÉDIO	52%	2	0,5	110
			0,9	80
			0,6	50
BAIXO	8%	1	0,4	80
			0,6	50
MUITO BAIXO	0%	0	0	-

NOTA: 36% dos usuários de aquecedores têm o costume de manter seu equipamento conectado durante 24 horas

Fonte: CENERGIA

### 3.1.3. O potencial de conservação de energia

#### ENFOQUE METODOLÓGICO

Podemos considerar o potencial de conservação de energia como a diferença entre dois cenários energéticos, o cenário de ‘futuro eficiente’ menos o cenário de ‘eficiência congelada’ [Red90], Dut95]. Não obstante, existe um cenário intermédio que corresponde a uma situação real denominado ‘cenário atingível’.

- **Eficiência congelada**

O cenário de eficiência congelada supõe uma eficiência energética estática a nível dos equipamentos requeridos nos serviços energéticos. Os usuários mantêm seus costumes e o uso de tecnologias convencionais (em geral, não eficientes). O crescimento da demanda estima-se com base em modelos econométricos e denomina-se ‘previsão passiva’ (*passive forecasting*) [Nor89].

- **Futuro eficiente**

O cenário de futuro eficiente, também denominado ‘cenário ativo’ (*active scenario*) [Nor89], implica uma intervenção no cenário passivo da demanda de energia por meio da concorrência de tecnologias eficientes, que sejam economicamente viáveis. A substituição das tecnologias convencionais pelas eficientes, em todos os usos, permite indicar o potencial técnico econômico de conservação de energia. O cenário de ‘futuro eficiente’ é definido pela evolução da demanda, considerando a substituição de todas as tecnologias convencionais pelas eficientes.

- **Cenário atingível**

No situação real, a evolução da demanda é uma tendência intermediária entre os cenários de futuro eficiente e de eficiência congelada. A evolução da demanda tenderá para o cenário do futuro eficiente, na medida em que os programas de conservação de energia tenham sucesso.

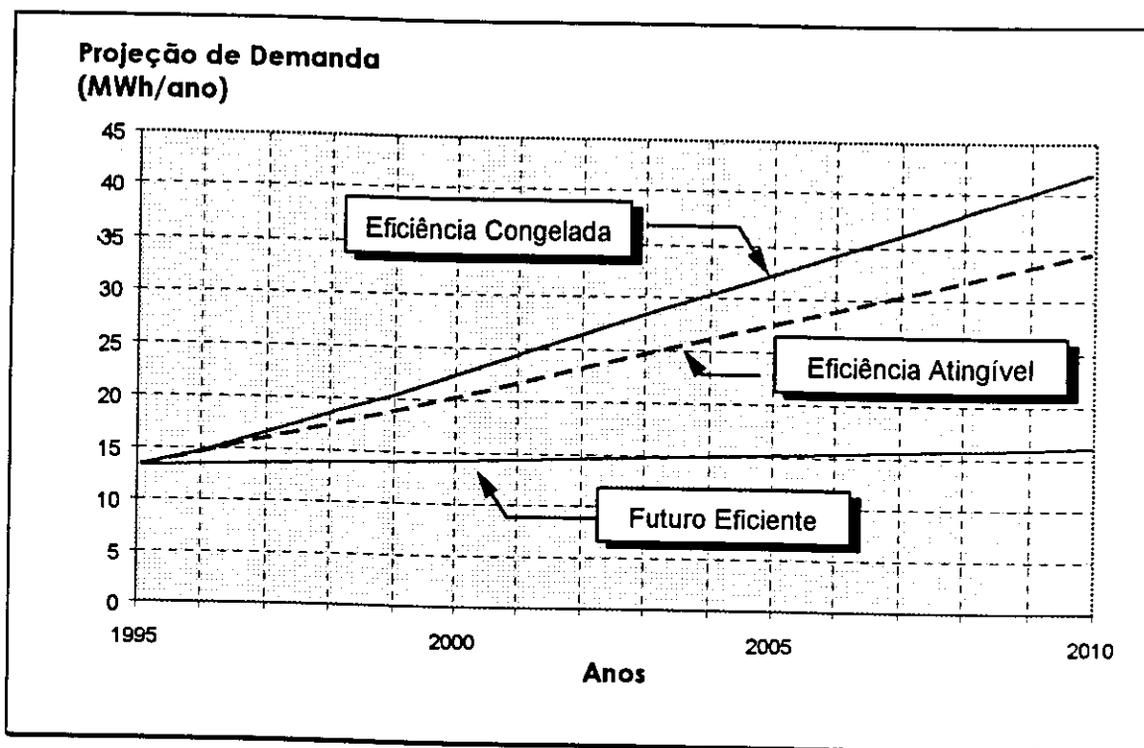


Figura 3.1.6 Projeção da demanda de usos finais de energia considerando os cenários de eficiência congelada, de futuro eficiente e o cenário atingível.

### Custo de Energia Conservada (CEC)

O Custo de Energia Conservada (CEC em US\$/kWh) é um indicador que permite avaliar alternativas de conservação de energia e de fornecimento de energia <sup>[Koo90]</sup>, ou seja, gerenciamento da demanda e expansão da geração. O Custo de Energia Conservada é igual ao custo incremental de investimento em tecnologia eficiente atualizado mais o custo incremental de manutenção e operação, tudo dividido pela energia anual conservada.

$$CEC = \frac{\Delta Inv \cdot FRC(i, n) + \Delta CMO}{EC} \quad (\text{US\$ / kWh})$$

Onde:

- $\Delta Inv$  Custo de Tecnologia Eficiente - Custo de Tecnologia Convencional
- $\Delta CMO$  Custo incremental líquido de manutenção e operação (não energético)
- EC Energia anual conservada (kWh/ano)
- FRC Fator de Recuperação de Capital

### Opções de conservação de energia elétrica no setor residencial de Lima

As oportunidades para a aplicação de medidas de eficiência energética no setor residencial de Lima são, principalmente, os serviços de iluminação e refrigeração. No serviço de iluminação, as opções de melhoria são a substituição das lâmpadas incandescentes pelas lâmpadas fluorescentes compactas (LFCs).

Além disso, a substituição dos reatores eletromagnéticos por reatores eletrônicos para as lâmpadas fluorescentes comuns. Para o serviço de conservação de alimentos, temos a substituição de refrigeradores convencionais pelos refrigeradores eficientes.

**Tabela 3.1.8 Principais opções de melhoria de eficiência energética no setor residencial de Lima Metropolitana.**

Tecnologia Convencional	Tecnologia Eficiente
<p><b>Iluminação residencial</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lâmpada incandescente</li> <li>• Reator Eletromagnético</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lâmpada Fluorescente Compacta</li> <li>• Reator Eletrônico</li> </ul>
<p><b>Conservação de alimentos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Refrigerador convencional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Refrigerador eficiente</li> </ul>
<p><b>Aquecimento de água</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquecedor Elétrico de Água</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incorporação de <i>timer</i> para aquecedores conectados as 24 horas</li> </ul>

**Nota:** O *timer* é um equipamento eletrônico que liga e desliga automaticamente a alimentação elétrica, de acordo com uma programação estabelecida previamente.

Neste trabalho, calcula-se o potencial de conservação para quatro casos:

- Iluminação residencial: Substituição da Lâmpada Incandescente de 100W pela Lâmpada Fluorescente Compacta de 20W.
- Iluminação residencial: Substituição do Reator Eletromagnético pelo Reator Eletrônico para lâmpadas fluorescentes convencionais de 32W.
- Conservação de alimentos: Substituição de refrigeradores convencionais pelas eficientes.
- Aquecimento de água: Incorporação de *timer* a Aquecedores de Água Elétricos

**A. Potencial de conservação de energia em iluminação residencial: Substituição da Lâmpada Incandescente por Lâmpada Fluorescente Compacta**

O serviço de iluminação no setor residencial apresenta um grande potencial de conservação de potência e energia. Como já foi mencionado, o serviço de iluminação corresponde a 58% da demanda elétrica.

O potencial de contração da demanda é vantajoso. A substituição de uma lâmpada incandescente de 100W por uma LFC de 20W implica uma redução de 80% de potência, fato significativo se consideramos que, em geral, o serviço de iluminação é responsável pela elevação da ponta da demanda, a qual é suprida por geradoras térmicas que elevam o custo da energia fornecida.

Para o cálculo do potencial de conservação, assume-se o seguinte:

- i. Estima-se em Lima uma média de 5,22 lâmpadas incandescentes por família, em geral de 100W. Para o cálculo assume-se que todas sejam de 100W.
- ii. Das lâmpadas incandescentes, 85% operam, em média, 5 horas por dia.
- iii. O potencial de conservação será calculado para 85% das lâmpadas.
- iv. Considera-se o número de famílias como sendo igual ao número de consumidores residenciais.
- v. O número de consumidores residenciais aumenta proporcionalmente ao aumento da população
- vi. A substituição total das lâmpadas incandescentes por LFCs projeta-se nos primeiros 5 anos, a uma taxa linear de substituição. Em seguida, todas são LFCs.
- vii. O custo de manutenção e operação não energético é igual a zero para os dois tipos de lâmpadas (devido à sua facilidade de substituição pode ser executado pelo próprio usuário residencial)

- viii. Taxa de desconto igual a 12% ao ano.
- ix. Período do estudo: 10 anos.
- x. Preço de energia elétrica (tarifa monômnia): US\$ 0,11/kWh e constante no período do estudo.
- xi. As características técnicas das lâmpadas convencional e eficiente são apresentadas na seguinte tabela:

**Tabela 3.1.9** Opções de tecnologia convencional e eficiente para o serviço de iluminação residencial em Lima Metropolitana.

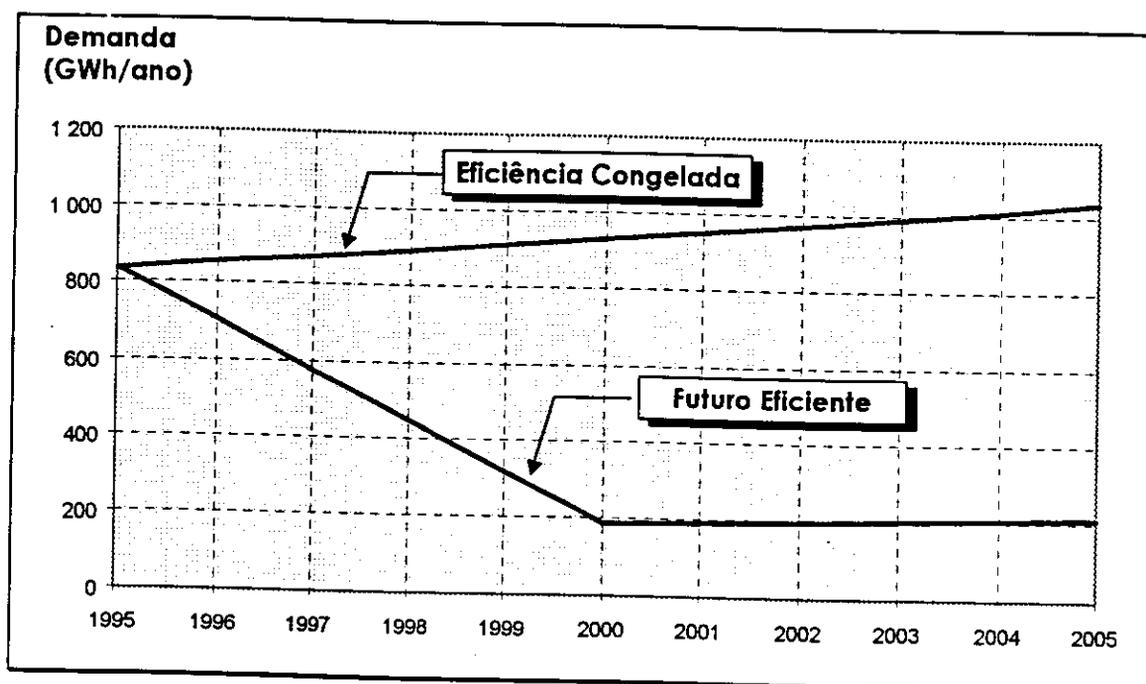
	<b>Tecnologia Convencional</b>	<b>Alternativa Eficiente</b>
Tecnologia	Lâmpada Incandescente	Lâmpada Fluorescente Compacta
Potência (W)	100	20
Vida econômica (horas)	1000	8000
Preço lâmpada (US\$)	0.50	15
Preço do Reator (US\$)	-	5
Vida útil reator (anos)	-	10
Custo total	0.50	20

**Resultados:**

- O Custo de Energia Conservada, para 5 horas de utilização diária, é igual a US\$ 0,0323/kWh, aproximadamente 30% do preço da energia.
- A Energia Conservada no período 1995-2005 é igual a 6,2 TWh

**Tabela 3.1.10** Projeção de cenários de eficiência congelada e de futuro eficiente para a iluminação no setor residencial de Lima Metropolitana.

Ano	Eficiência congelada (GWh-ano)	Futuro Eficiente (GWh-ano)	Economia de Energia (GWh/ano)
1995	832,9	832,9	0,0
1996	851,2	702,6	148,6
1997	870,0	572,8	297,2
1998	889,1	443,3	445,8
1999	908,7	314,3	594,3
2000	928,7	185,7	742,9
2001	949,1	189,8	759,3
2002	970,0	194,0	776,0
2003	991,3	198,3	793,0
2004	1 013,1	202,6	810,5
2005	1 035,4	207,1	828,3



**Figura 3.1.7** Projeção de cenários de eficiência congelada e de futuro eficiente para a iluminação de interiores no setor residencial de Lima Metropolitana.

Tabela 3.1.11 Comparação de custos anualizados do serviço de iluminação com lâmpadas Incandescente (IC) e Lâmpada Fluorescente Compacta (LFC), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Custo de Energia Conservada (CEC).

Horas de utilização	Custo IC (US\$/ano)	Custo LFC (US\$/ano)	Economia (US\$/ano)	TIR	CEC (US\$/kWh)
0,5	2,16	3,29	-1,13	4,8%	0,1876
1,0	4,26	4,04	0,22	13,5%	0,1026
1,5	6,36	4,90	1,46	22,4%	0,0767
2,0	8,46	5,80	2,65	31,4%	0,0646
2,5	10,55	5,87	4,68	41,4%	0,0458
3,0	12,68	6,81	5,88	49,7%	0,0429
3,5	14,78	7,75	7,03	58,0%	0,0412
4,0	16,88	8,69	8,19	66,3%	0,0399
4,5	18,98	8,79	10,19	74,7%	0,0324
5,0	21,08	9,74	11,34	82,8%	0,0323
5,5	23,18	10,69	12,49	90,9%	0,0322
6,0	25,31	11,64	13,66	98,9%	0,0320
6,5	27,40	12,60	14,81	106,9%	0,0320
7,0	29,50	12,70	16,81	114,9%	0,0278
7,5	31,60	13,65	17,95	122,7%	0,0280
8,0	33,70	14,61	19,09	130,5%	0,0283

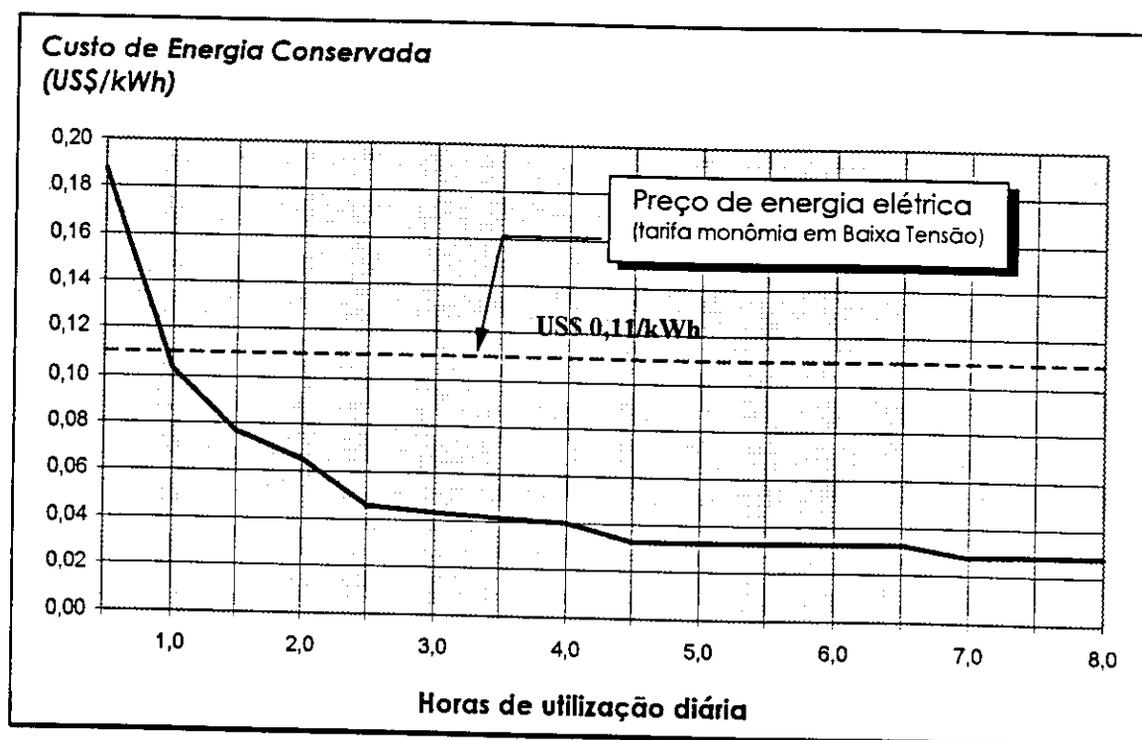


Figura 3.1.8 Custo de Energia Conservada para a substituição de lâmpadas incandescentes pelas LFCs em função das horas de utilização diária.

## **B. Potencial de conservação de energia em iluminação residencial: Substituição de Reator Eletromagnético por Reator Eletrônico**

Outro potencial de conservação na iluminação residencial consiste na substituição de reatores eletromagnéticos por reatores eletrônicos. No caso de Lima, observa-se a utilização de lâmpadas fluorescentes tubulares. Predominantemente utilizam-se lâmpadas com uma potência de 32W em combinação com reator eletromagnético de 11W. O sistema de iluminação apresenta uma potência de 43W, enquanto que utilizando reatores eletrônicos a potência resultante é aproximadamente igual ao potência da lâmpada ou inclusive menor, dependendo da performance do reator eletrônico.

Os reatores eletrônicos, além de conservar energia elétrica, apresentam outras vantagens com respeito aos reatores eletromagnéticos, tais como: um elevado fator de potência (0,98), baixa temperatura de operação (menos risco de incêndios e menor consumo energético para equipamentos de ar-condicionado situados no mesmo ambiente), eliminação do efeito estroboscópico e silêncio.

Neste caso, o potencial de conservação calcula-se considerando as seguintes premissas:

- i. Estima-se, em Lima, uma média de 0,98 lâmpadas fluorescente comuns por família, em geral de 32 W. Para o cálculo assume-se que todas sejam de 32W.
- ii. Destes lâmpadas, 66% operam 5 horas por dia (em média).
- iii. O potencial de conservação será calculado para 66% das lâmpadas.
- iv. Considera-se que o número de famílias seja igual ao número de consumidores residenciais.
- v. O número de consumidores residenciais aumenta proporcionalmente ao aumento da população.

- vi. A substituição total dos reatores eletromagnéticos por reatores eletrônicos, projeta-se nos primeiros 5 anos, a uma taxa linear de substituição. Em seguida, todas as lâmpadas fluorescentes utilizam reatores eletrônicos.
- vii. Taxa de desconto igual a 12% ao ano.
- viii. Período do estudo: 10 anos.
- ix. Preço de energia elétrica (tarifa monômnia): US\$ 0,11/kWh e constante no período do estudo.
- x. As características técnico-econômicas dos reatores são apresentadas na seguinte tabela:

**Tabela 3.1.12 Características técnico-econômicas de reatores eletromagnéticos e eletrônicos para uma lâmpada fluorescente comum de 32W.**

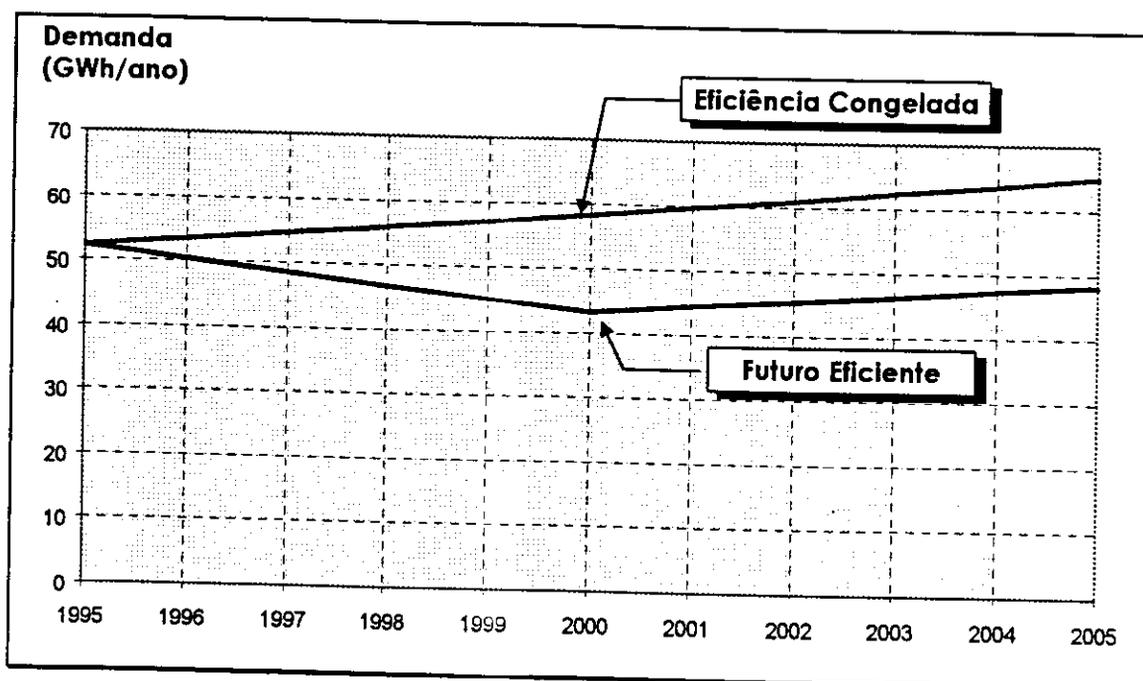
Reator	Potência (lâmpada + reator)	Custo reator (US\$)	Vida útil reator (anos)
• Electromagnético	43	3.5	10
• Eletrônico	32	6.5	10

**Resultados:**

- O Custo de Energia Conservada para 5 horas de utilização diária é igual a US\$ 0,0264/kWh, aproximadamente 24% do preço da energia.
- A Energia Conservada no período 1995-2005 é igual a 124,2 GWh

**Tabela 3.1.13** Projeção de cenários de eficiência congelada e de futuro eficiente para lâmpadas fluorescentes comuns utilizando reatores eletromagnéticos e eletrônicos.

Ano	Eficiência congelada (GWh-ano)	Futuro Eficiente (GWh-ano)	Economia de Energia (GWh/ano)
1995	52,2	52,2	0,0
1996	53,4	50,4	3,0
1997	54,5	48,6	6,0
1998	55,7	46,8	8,9
1999	57,0	45,0	11,9
2000	58,2	43,3	14,9
2001	59,5	44,3	15,2
2002	60,8	45,2	15,6
2003	62,1	46,2	15,9
2004	63,5	47,3	16,2
2005	64,9	48,3	16,6



**Figura 3.1.9** Projeção de cenários de eficiência congelada e de futuro eficiente para iluminação de interiores com lâmpadas fluorescente comuns, utilizando reator eletromagnético e eletrônico, no setor residencial de Lima Metropolitana.

**Tabela 3.1.14** Comparação de custos anualizados do serviço de iluminação com lâmpadas fluorescentes comuns utilizando reator eletromagnético (RELM) e eletrônico (RELT), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Custo de Energia Conservada (CEC).

Horas de utilização	Custo c/RELM (US\$/ano)	Custo c/RELT (US\$/ano)	Economia (US\$/ano)	TIR	CEC (US\$/kWh)
0.5	1,48	1,79	-0,31	-5,1%	0,2645
1.0	2,35	2,44	-0,09	7,7%	0,1322
1.5	3,21	3,08	0,13	17,8%	0,0882
2.0	4,07	3,72	0,35	26,7%	0,0661
2.5	4,94	4,36	0,57	34,9%	0,0529
3.0	5,80	5,00	0,79	42,9%	0,0441
3.5	6,66	5,65	1,01	50,7%	0,0378
4.0	7,53	6,29	1,24	58,3%	0,0331
4.5	8,39	6,93	1,46	65,8%	0,0294
5.0	9,25	7,57	1,68	73,3%	0,0264
5.5	10,11	8,22	1,90	80,8%	0,0240
6.0	10,98	8,86	2,12	88,2%	0,0220
6.5	11,84	9,50	2,34	95,6%	0,0203
7.0	12,70	10,14	2,56	103,0%	0,0189
7.5	13,57	10,79	2,78	110,3%	0,0176
8.0	14,43	11,43	3,00	117,7%	0,0165

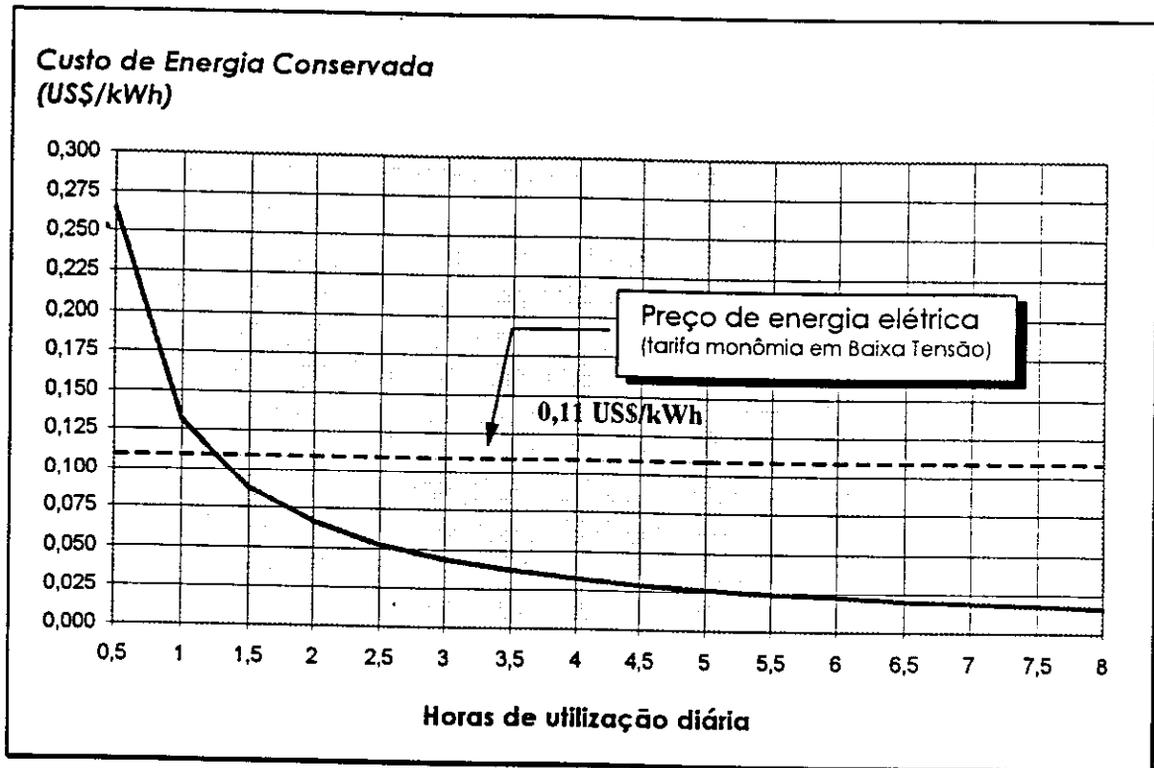


Figura 3.1.10 Custo de Energia Conservada para a substituição de reatores eletromagnéticos por reatores eletrônicos para Lâmpadas Fluorescentes convencionais de 32W.

### C. Potencial de conservação de energia elétrica em refrigeração

A determinação do potencial de conservação de energia elétrica em refrigeração, em um período de estudo, obedece a dois fatores: 1) a substituição de refrigeradores convencionais em desuso por refrigeradores novos e eficientes, e 2) a incorporação de novas unidades devido ao aumento da população.

#### Premissas de cálculo:

População	6.321.173 (1993)	
Taxa de crescimento ao ano	2,2%	
Número de usuários	1.006.456	
Demanda	2.008 GWh-ano	
Período de estudo	10 anos	
Taxa de desconto anual	12%	
Preço de energia	US\$ 0,11/kWh	
Capacidade média de refrigeradora	11 p3 (311 litros)	
Vida Útil	25 anos	
Taxa de substituição de refrigeradoras	-7,41%	Assume-se que ao final do período de estudo (10 anos) seriam substituídos 50% dos refrigeradores convencionais

#### *Refrigerador convencional*

Consumo anual de energia	800 kWh/ano
Preço (unidade)	US\$ 700

#### *Refrigerador eficiente*

Consumo anual de energia	450 kWh/ano
Preço (unidade)	US\$ 800
Economia de energia	350 kWh/ano

#### *Ano Base (1995)*

Penetração de mercado	80%
Número de refrigeradores	840.982
Consumo de Energia	672,8 GWh/ano

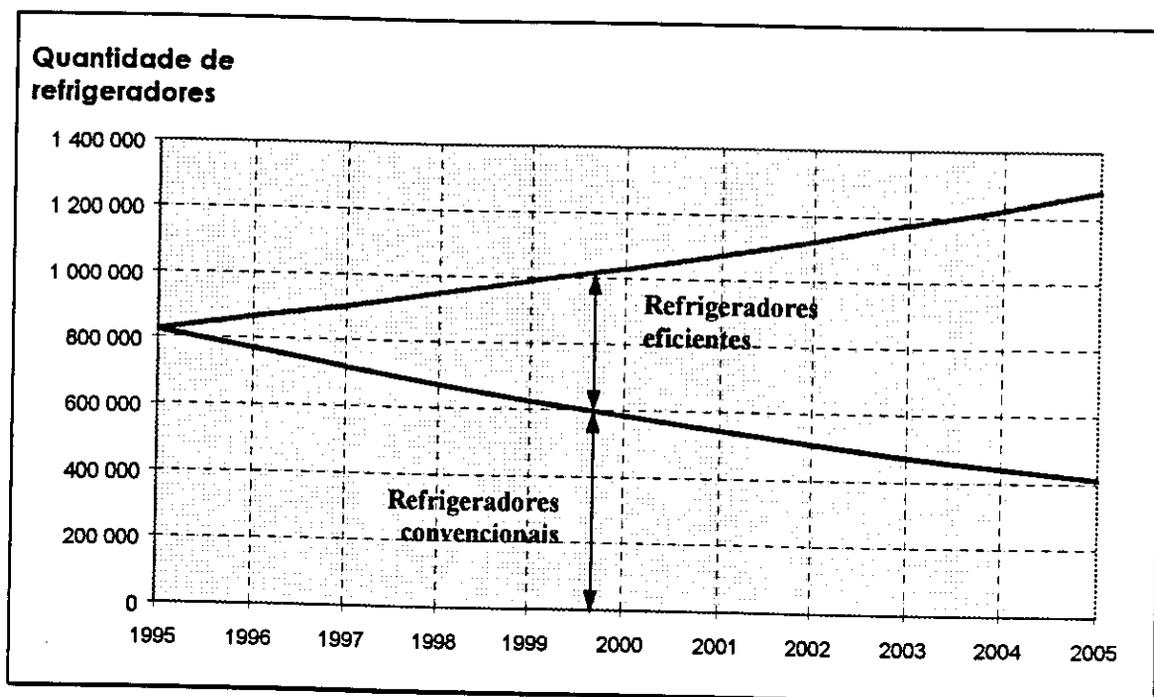
**Final de período (2005)**

Penetração de refrigeradores 100%

**Resultados:**

Custo de Energia Conservada = US\$ 0,0364/kWh

Energia Conservada no período 1995-2005 = 1,71 TWh



**Figura 3.1.11** Evolução do número de refrigeradores segundo cenários de eficiência congelada e de futuro eficiente.

Tabela 3.1.15 Projeção de cenários de eficiência congelada e de futuro eficiente para refrigeradores no setor residencial de Lima Metropolitana.

Ano	Eficiência congelada (GWh-ano)	Futuro Eficiente (GWh-ano)	Energia Economizada (GWh/ano)
1995	658,3	658,3	0,0
1996	689,6	656,6	33,0
1997	722,0	656,8	65,1
1998	755,4	658,9	96,6
1999	790,0	662,6	127,4
2000	825,7	668,1	157,6
2001	862,6	675,2	187,4
2002	900,8	684,0	216,8
2003	940,2	694,3	245,9
2004	980,9	706,1	274,8
2005	1 022,9	719,4	303,5

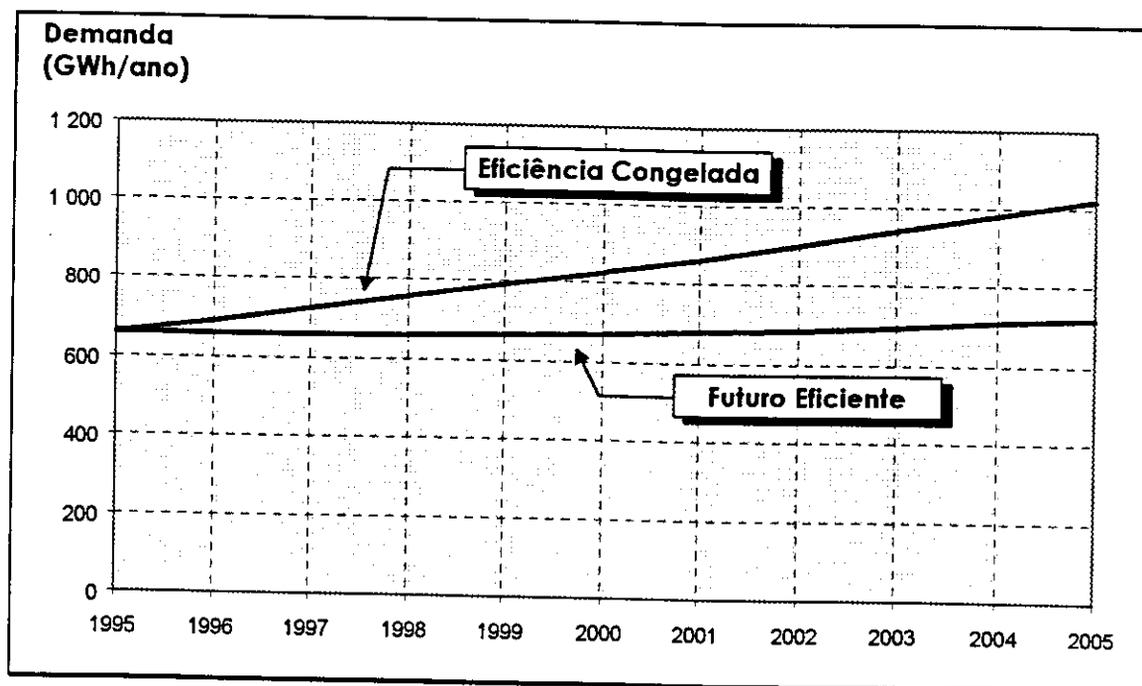


Figura 3.1.12 Projeção de cenários de eficiência congelada e de futuro eficiente para refrigeradores no setor residencial de Lima Metropolitana.

#### D. Potencial de conservação de energia elétrica com Aquecedores de água elétricos

Estima-se que em Lima Metropolitana existam 41.402 aquecedores de água elétricos de 110 litros e 56.761 de 80 litros. No levantamento de dados determinou-se que, aproximadamente, 36% dos aquecedores permanecem ligados durante 24 horas. Portanto, neste caso, existe um potencial de conservação de energia elétrica. O uso intensivo de água quente, que requer a ligação permanente do aquecedor, pode ser suprido com o mesmo nível de satisfação utilizando dispositivos automáticos programáveis (*timer*), que desligam o fornecimento da energia elétrica nas horas que não precisam estar ligadas.

Por exemplo, os aquecedores elétricos de 110 litros com ligação permanente consomem em média 9,09 kWh/dia, enquanto o mesmo aquecedor com *timer* incorporado consome 7,70 kWh/dia, o que significa uma economia de 15,3% de energia elétrica. No caso dos aquecedores elétricos de 80 litros com ligação permanente, o consumo diário médio é de 6,96 kWh/dia. Com incorporação de *timer*, o seu consumo se reduz a 5,80 kWh/dia, o que significa uma economia de 16,7% de energia elétrica.

Para o cálculo do potencial de conservação, consideram-se as seguintes premissas:

- i. Estima-se que em Lima aproximadamente 36% dos aquecedores permanecem ligados durante 24 horas. Portanto, o potencial de conservação será calculado para 41.402 aquecedores de 110 litros e 56.761 aquecedores de 80 litros.
- ii. O número de consumidores residenciais com aquecedores com ligação permanente aumenta em proporcionalmente ao aumento da população.
- iii. A incorporação total dos *timer* nos aquecedores de água elétricos, projeta-se nos primeiros 5 anos, a uma taxa linear de substituição. Em seguida, todos os aquecedores operam com *timer* programado.
- iv. Custo de *timer* incluindo a instalação: US\$ 40

- v. Taxa de desconto igual a 12% ao ano.
- vi. Período do estudo: 10 anos.
- vii. Preço de energia elétrica (tarifa monômnia): US\$ 0,11/kWh e constante no período do estudo.
- viii. As características energéticas dos aquecedores de água elétricos são apresentadas na seguinte tabela:

**Tabela 3.1.16 Consumo diário de energia elétrica de aquecedores de água elétricos de uso permanente.**

Aquecedor Elétrico de Água	110 litros	80 litros
Método de utilização:		
• Aquecedor ligado durante 24 horas (kWh/dia)	9,09	6,96
• Aquecedor com incorporação de <i>timer</i> (kWh/dia)	7,70	5,80
Energia Conservada (kWh/dia)	1,39 (15,3%)	1,16 (16,7%)

Fonte: CENERGIA

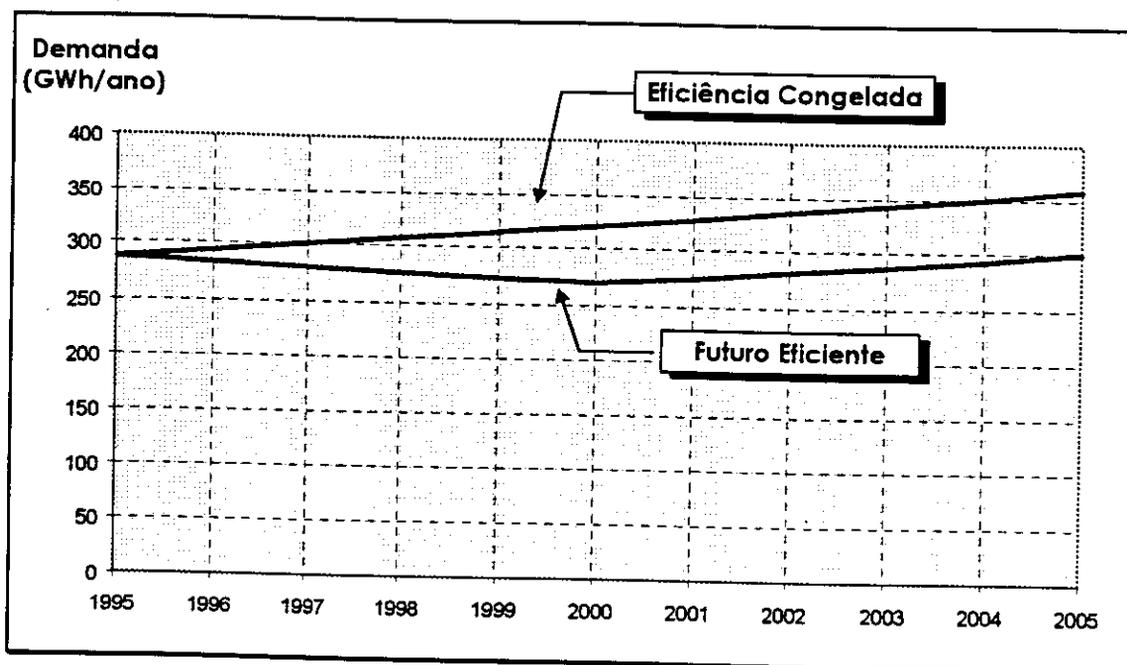
#### Resultados:

O Custo de Energia Conservada para aquecedores de água elétricos de 110 litros é igual US\$ 0,0139/kWh e para aquecedores de 80 litros igual a US\$ 0,0167/kWh.

A Energia Conservada como consequência da incorporação dos *timer* nos aquecedores de água elétricos com conexão permanente de 80 e 110 litros, no período 1995-2005, estima-se igual a 428,8 GWh.

**Tabela 3.1.17** Projeção de cenários de eficiência congelada e de futuro eficiente para aquecedores de água elétricos no setor residencial de Lima Metropolitana.

Ano	Eficiência congelada (GWh-ano)	Futuro Eficiente (GWh-ano)	Energia Economizada (GWh/ano)
1995	287,8	287,8	0,0
1996	294,1	283,8	10,3
1997	300,6	280,0	20,6
1998	307,2	276,3	30,9
1999	313,9	272,8	41,1
2000	320,8	269,4	51,4
2001	327,9	275,3	52,5
2002	335,1	281,4	53,7
2003	342,5	287,6	54,9
2004	350,0	293,9	56,1
2005	357,7	300,4	57,3



**Figura 3.1.13** Projeção de cenários de eficiência congelada e de futuro eficiente para aquecedores de água elétricos no setor residencial de Lima Metropolitana.

## RESUMO

Os cálculos realizados demonstram que existe um grande potencial de conservação de energia elétrica no setor residencial de Lima Metropolitana. O serviço com maior potencial é a iluminação residencial, cujo potencial de energia conservada é estimado em 6,2 TWh acumulada no período 1995-2005. A segunda opção é a conservação de alimentos, cujo potencial de energia conservada é de 1,7 TWh acumulada, pelo uso de refrigeradores eficientes. No total (para os casos considerados) estima-se um potencial de energia conservada igual a 8,5 TWh.

Isto significa que, se assumimos um consumo médio mensal de 300 kWh/mês, no período 1995-2005, o potencial de energia conservada equivale a aproximadamente 350.000 novos consumidores residenciais, o que representa 35% da quantidade atual dos consumidores residenciais de Lima Metropolitana. Por outro lado, a geração evitada no horizonte de planejamento equivale a uma potência de 450 MW<sup>[4]</sup>.

Em relação os custos das medidas de conservação, os custos de energia conservada são significativamente menores se comparamos com o preço da tarifa elétrica que paga o usuário residencial, e que é igual a US\$ 0,11/kWh. A seguinte relação apresenta os custos de energia conservada para cada opção de tecnologia eficiente viável no setor residencial de Lima Metropolitana.

---

<sup>[4]</sup> A potência evitada de 450MW corresponde ao potencial de conservação calculado para substituição de lâmpadas incandescentes pelas LFCs durante a duração da ponta do sistema que é de 5 horas. Portanto consideram-se unidades de geração térmica operando a 5 horas por dia (fator de carga = 0,208).

Opção de eficiência energética	Custo de Energia Conservada
• Incorporação de <i>timer</i> em Aquecedor de Água Elétrico de 110 litros de uso permanente	US\$ 0,0139/kWh
• Incorporação de <i>timer</i> em Aquecedor de Água Elétrico de 80 litros de uso permanente	US\$ 0,0167/kWh
• Substituição de Reator Eletromagnético por Reator Eletrônico em Lâmpadas Fluorescentes de 40W	US\$ 0,0264/kWh
• Substituição de lâmpadas incandescentes pelas LFCs	US\$ 0,0323/kWh
• Refrigeradores eficientes	US\$ 0,0364/kWh

Na Tabela 3.1.18 e a Figura 3.1.14, apresentam-se os cenários congelado e de futuro eficiente das quatro opções de tecnologia eficiente viável no setor residencial de Lima Metropolitana.

Cabe indicar, que os resultados dos cálculos acima apresentados são comparáveis com outras estimativas feitas na América Latina. Por exemplo, no Brasil a substituição das lâmpadas incandescentes pelas LFCs constitui um atrativo econômico. Encontrou-se que a capacidade de potência de ponta evitada, pelo uso de LFCs é 4,5 vezes menor que o custo de uma nova capacidade instalada e o custo de energia conservada é seis vezes menor que o custo marginal de eletricidade de longo prazo <sup>[Jan91]</sup>.

**Tabela 3.1.18 Potencial de Conservação de Energia com quatro opções de tecnologia eficiente no setor residencial de Lima Metropolitana, no período 1995-2005 (em GWh).**

Ano	Tecnologia Eficiente				Total (GWh)
	Refrigerador eficiente	Lâmpada Fluorescente Compacta	Reator Eletrônico	Aquecedor Elétrico com Timer	
1995	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1996	33,0	148,6	3,0	10,3	194,8
1997	65,1	297,2	6,0	20,6	388,8
1998	96,6	445,8	8,9	30,9	582,1
1999	127,4	594,3	11,9	41,1	774,7
2000	157,6	742,9	14,9	51,4	966,8
2001	187,4	759,3	15,2	52,5	1.014,4
2002	216,8	776,0	15,6	53,7	1.062,0
2003	245,9	793,0	15,9	54,9	1.109,7
2004	274,8	810,5	16,2	56,1	1.157,6
2005	303,5	828,3	16,6	57,3	1.205,8
Total acumulado	1.708,1	6.195,8	124,2	428,8	8.456,9

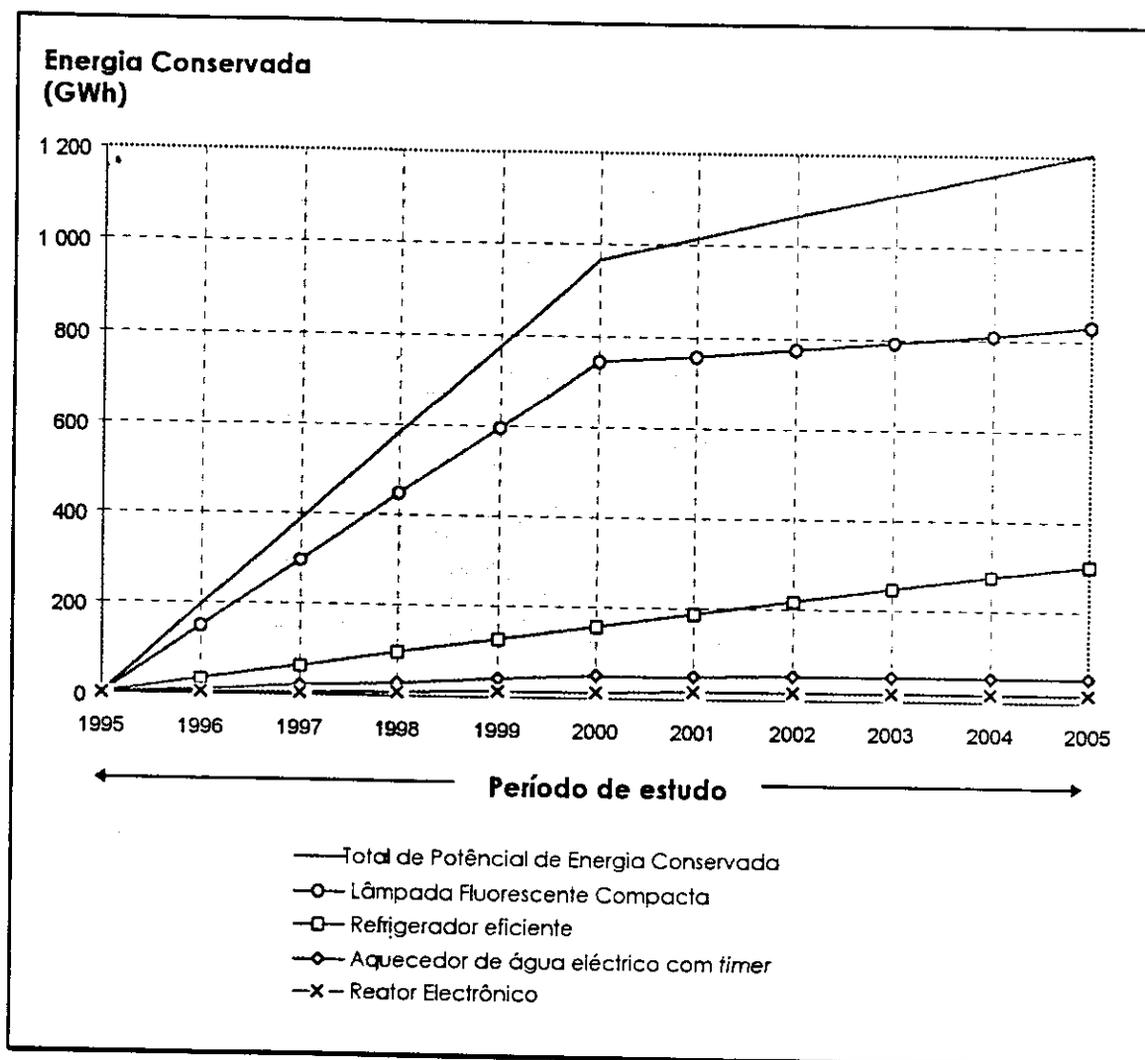


Figura 3.1.14 Projeção de cenários de eficiência congelada e de futuro eficiente para quatro opções de tecnologia eficiente, no setor residencial de Lima Metropolitana, no período 1995-2005.

### 3.2. A oferta de equipamentos para usos finais em Lima

Na seqüência, apresenta-se uma breve descrição da oferta dos principais equipamentos utilizados em uma típica casa de Lima. Apresentam-se as principais marcas, modelos e características de consumo dos equipamentos de uso final de energia.

#### 3.2.1. Lâmpadas para iluminação no setor residencial

Os principais fornecedores de equipamentos de iluminação, no mercado de Lima, são *Philips*, *Osram*, *Sylvania*, *General Electric* e *Josfel*. Além destes fornecedores, dada a livre importação, o mercado oferece, em menor escala, lâmpadas de outras marcas.

Observa-se que as Lâmpadas Fluorescentes Compactas (LFCs) mais difundidas apresentam uma ampla diversidade de potências como 5, 7, 9, 11, 13, 15, 18, 20 e 23 W. Quanto à sua eficácia, tem-se desde 44 lumens/watt (lm/W) até 60 lm/W. A vida nominal destas lâmpadas, em geral, é de 8.000 horas.

Uma característica comum das LFCs oferecidas em Lima é sua compatibilidade com os suportes das lâmpadas incandescentes (lâmpadas com base de rosca), tornando fácil a substituição. A instalação destes lâmpadas é em qualquer posição e o reator associado tem uma vida de 10 anos. As LFCs de maior preferência (20W e 23W) têm um custo aproximado de US\$ 20 enquanto que as lâmpadas incandescentes custam US\$ 0,50.

Desse modo, pode-se afirmar que o mercado de equipamentos de iluminação oferece uma ampla diversidade de potências e modelos de LFCs aos usuários residenciais.

As LFCs foram introduzidos em 1983 e a penetração no mercado não foi fácil, principalmente pelo alto custo inicial e a dúvida dos usuários em relação à performance das LFCs <sup>[Len93]</sup>. Não obstante, recentemente, devido à campanha de conservação de energia elétrica promovido por *Proyecto para Ahorro de Energía (PAE)*, acelerou-se a penetração destas lâmpadas. Como resultado deste programa foram vendidas, em 1995, mais de 430.000 LFCs, o que provocou uma escassez destas lâmpadas no mercado.

Como consequência desta campanha, os fornecedores têm considerado as LFCs como um produto estratégico pela elevada demanda.

Neste ponto, convém mencionar que de um modo geral, a expectativa de continuidade na penetração das LFCs a longo prazo pode não ser alentadora. Segundo uma pesquisa da *Electric Power Research Institute (EPRI)*, as LFCs com base tipo rosca representam uma barreira a longo prazo devido ao fenômeno de comportamento do usuário denominado “efeito de recaída”. Assim, quando a LFC se queima - ou até mesmo antes disso ocorrer - ela pode ser substituída facilmente por uma lâmpada incandescente de baixo custo, eliminando, desta forma, todo o potencial de conservação de energia, além de ter falhado em suas promessas de oferecer uma luz equivalente à tradicional incandescente, em termos de qualidade, quantidade e distribuição <sup>[Mil195]</sup>. Portanto, a recomendação é promover as lâmpadas com base tipo baioneta, que além de evitar o “efeito de recaída”, apresenta um melhor desempenho devido a seu desenho melhorado em relação aos principais defeitos das LFCs com base tipo-rosca.

Nas seguintes tabelas, apresentam-se as características técnicas das lâmpadas oferecidas no mercado de Lima.

**Tabela 3.2.1 Principais modelos de Lâmpadas Fluorescentes Compactas oferecidas por Philips em Lima.**

Modelo	Potência (W)	Fluxo Luminoso (lumens)	Vida útil (horas)	Eficácia (lm/W)
PL/CE 9W	9	400	8000	44,4
PL/CE 11W	11	600	8000	54,5
PL/CE 15W	15	900	8000	60
PL/CE 20W	20	1200	8000	60

Fonte: *Philips Alumbrado - Lámparas ahorradoras de energía (Lima-Perú)*

**Tabela 3.2.2 Principais modelos de Lâmpadas Fluorescentes Compactas oferecidas por General Electric em Lima.**

Modelo	Potência (W)	Fluxo Luminoso (lumens)	Vida (horas)	Eficácia (lm/w)
Biax Eletrônico GE FLE11 DBX / 827E27	11	600	8000	54.5
Biax Eletrônico GE FLE15 DBX / 827E27	15	900	8000	60.0
Biax Eletrônico GE FLE20 DBX / 827E27	20	1200	8000	60.0
Biax S para uso com adaptador GE polylux 2700 F5BX / 827	5	250	10000	50.0
Biax S para uso com adaptador GE polylux 2700 F7BX / 827	7	400	10000	57.1
Biax S para uso com adaptador GE polylux 2700 F9BX / 827	9	600	10000	66.7
Biax S para uso com adaptador GE polylux 2700 F11BX / 827	11	900	10000	81.8
Tungsrham com reator electrónico incorporada EG/15W	15	900	8000	60.0
Tungsrham com reator electrónico incorporada EG/20W	20	1200	8000	60.0
Tungsrham com reator electrónico incorporada EG/23W	23	1500	8000	65.2
Tungsrham com reator electrónico incorporada EG/13W	13	660	8000	50.8
Tungsrham com reator electrónico incorporada EG/18W	18	850	8000	47.2
Tungsrham esférica com reator electrónico incorporada cor frio	18	790	8000	43.9

Fonte: General Electric Lighting Perú

### 3.2.2. Refrigeradores de uso residencial

Os refrigeradores ocupam um lugar importante nos lares de Lima. Praticamente, o refrigerador é um equipamento indispensável devido à sua função de conservar alimentos perecíveis. O mercado oferece diversos modelos, porém o modelo mais utilizado é o refrigerador com freezer interno. Os modelos mais populares em Lima são os refrigeradores de 10 p<sup>3</sup> (283 litros) e 11 p<sup>3</sup> (311 litros) com um consumo médio de 800 kWh/ano.

Uma pesquisa sobre oferta de eletrodomésticos em Lima, feita para *International Energy Initiative* (IEI) em 1995, revela até 64 diferentes modelos de refrigeradores. A maioria destes equipamentos procedem dos Estados Unidos (43 modelos) e são das marcas GENERAL ELECTRIC, KELVINATOR, WESTINGHOUSE, WHIRLPOOL e outros. Procedente da Coréia se ofertam até 9 modelos da firma SAMSUNG. Os demais modelos oferecidos são montados no Perú. Os volumes variam desde 3 p<sup>3</sup> (85 litros) até 25 p<sup>3</sup> (708 litros), os custos desde US\$ 210 (3,2 p<sup>3</sup> ou 91 litros) até US\$ 2.700 (25 p<sup>3</sup> ou 708 litros).

Uma característica na comercialização destes equipamentos é o desconhecimento do consumo anual de energia elétrica por parte dos vendedores. Ainda, na propaganda colocada nos jornais sobre os refrigeradores, o consumo de energia é ignorado. Apresentam-se até vinte características principais do equipamento, sem que o consumo de eletricidade seja mencionado. Como conseqüência, pode-se afirmar que a eficiência energética dos refrigeradores ainda é um atributo oculto para os consumidores residenciais.

Uma observação interessante é o fato de que alguns dos modelos oferecidos no mercado em Lima figuram na relação de refrigeradores e freezers certificados pela *California Energy Commission* para venda na Califórnia (Estados Unidos), apresentados na Tabela 3.2.3. Como pode notar-se, destes refrigeradores são de grande volume. O modelo mais popular em Lima é de 11 p<sup>3</sup> (311 litros). No entanto, os refrigeradores eficientes vendidos em Lima são de 407, 476, 613, 614 e 670 litros. Como é evidente, estes modelos são destinados ao reduzido setor da população com alta renda.

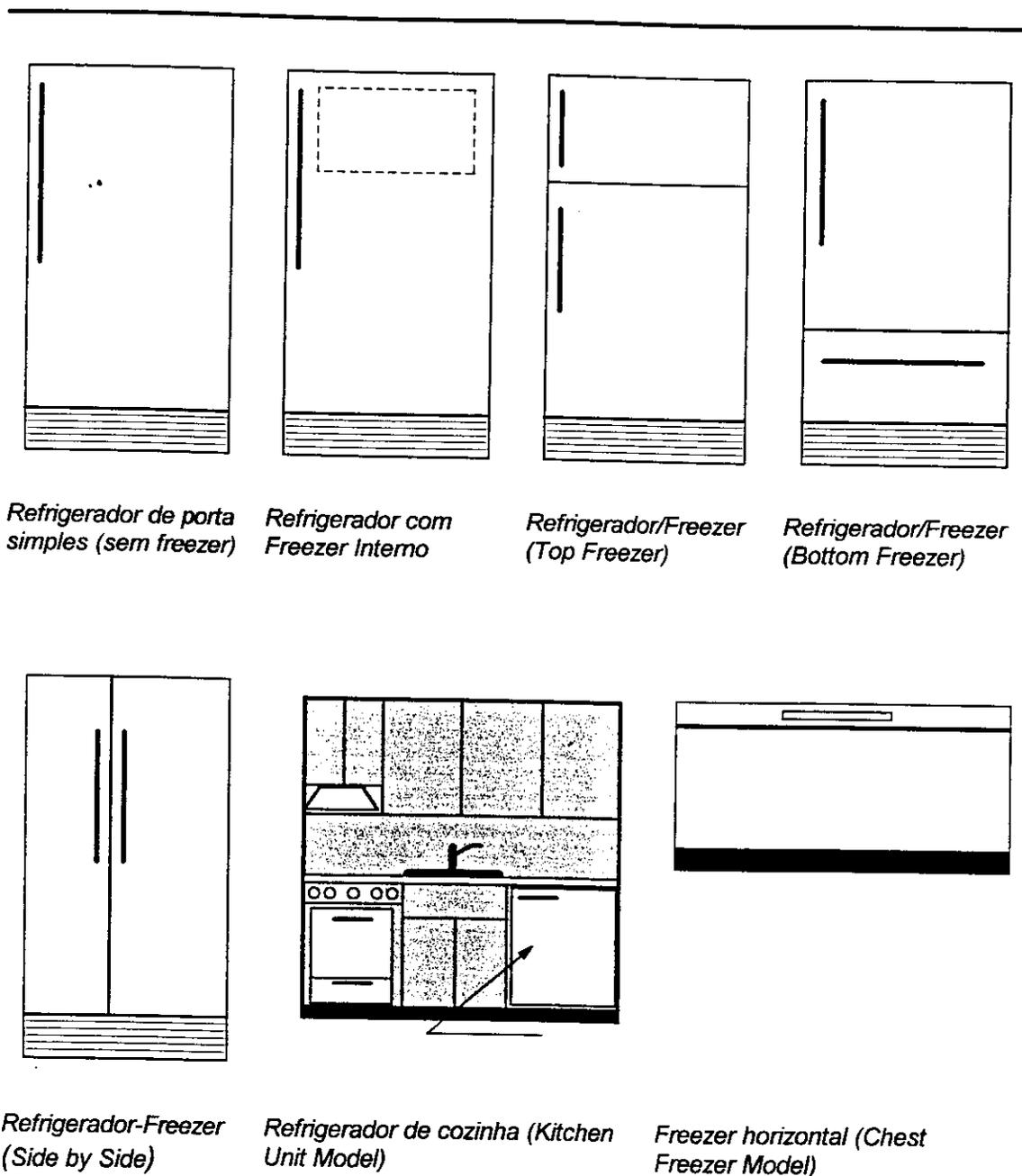


Figura 3.2.1 Principais modelos de refrigeradores e freezers vendidos em Lima Metropolitana.

**Tabela 3.2.3** Relação dos modelos de refrigeradores no mercado de Lima que são certificados pela *California Energy Commission* para venda na Califórnia (EUA).

Descrição	Marca	Modelo	Vol. (litros)	kWh anual	% acima do padrão	Fonte Internet
Side Freezer/Ice through the door	GENERAL ELECTRIC	TFH24JWT	670	800	20,2	SI2.HTML
Top Freezers	WHIRLPOOL	ET14JK*A*0*	407	526	15,6	TF1.HTML
Side Freezer/Ice through the door	WHIRLPOOL	ED22DQ*D*0*	614	714	25,2	SI1.HTML
Side Freezer/Ice through the door	WHIRLPOOL	ED22DQ*E*0*	614	760	20,3	SI1.HTML
Side Freezer/Ice through the door	WHIRLPOOL	ED22DQ*A*1*	613	761	20,2	SI1.HTML
Side Freezer/Ice through the door	WHIRLPOOL	ED22DQ*B*0*	613	809	15,2	SI1.HTML
Side Freezer/Ice through the door	WHIRLPOOL	ED22DQ*A*0*	613	809	15,1	SI1.HTML
Side Freezer/Ice through the door	WHIRLPOOL	ED22PW*D*0*	613	760	20,3	SI1.HTML
Side Freezer/Ice through the door	WHIRLPOOL	ED22PW*A*1*	612	761	20,1	SI1.HTML
Side Freezer/Ice through the door	WHIRLPOOL	ED22PW*A*0*	612	809	15	SI1.HTML
Side Freezer/Ice through the door	WHIRLPOOL	ED22PW*B*0*	612	809	15	SI1.HTML
Top Freezers	WHITE-WESTINGHOUSE	WRT17FGB**	476	562	15,1	TF1.HTML
Top Freezers	WHITE-WESTINGHOUSE	WRT17CGB**	476	562	15,1	TF1.HTML
Top Freezers	WHITE-WESTINGHOUSE	WRT17DGB**	476	562	15,1	TF1.HTML

**Nota:** Todas possuem descongelador automático

**Fonte:** [http://www.energy.ca.gov/energy/efficiency/appliances/refrig-freezers/\\*.HTML](http://www.energy.ca.gov/energy/efficiency/appliances/refrig-freezers/*.HTML)

### Nível de eficiência energética dos refrigeradores no mundo

O nível de eficiência energética das refrigeradoras e dos freezers tem melhorado de maneira significativa nos últimos 25 anos. Neste aspecto, Norgard<sup>[Nor89]</sup> indica que, na Europa, um refrigerador de 200 litros consumia, em 1993, em média, 550 kWh/ano, enquanto um refrigerador eficiente avançado já atingia um consumo de apenas 50 kWh/ano em 1989. Isto representa uma economia de 91% de energia elétrica.

Na Tabela 3.2.4 temos o avanço da eficiência energética de refrigeradores e freezers no padrão europeu. Por outro lado, nos Estados Unidos o consumo médio de um refrigerador em 1972 era igual a 1726 kWh/ano, enquanto em 1993 o consumo era igual a 690 kWh/ano, o que significa uma economia de energia de 60%<sup>[Dut93]</sup>. Na Figura 3.2.2 apresenta-se a tendência no consumo específico e o nível de eficiência energética dos refrigeradores nos Estados Unidos.

Dados mais recentes sobre o avanço da eficiência energética de refrigeradores e freezers nos EUA, Japão e Europa são apresentados na Figura 3.2.3., onde observa-se que os Estados Unidos apresenta o estágio mais avançado com uma faixa pequena de variação de eficiência (expresso em kWh/ano-litro), enquanto Japão e Europa apresentam maiores faixas de nível de eficiência energética.

**Tabela 3.2.4 Consumo de eletricidade no padrão europeu de vários tipos de refrigeradores de 200 litros (em kWh/ano).**

	Refrigerador	Freezer	Combinação Refrigeradora Freezer
Média usada 1993	550	700	1400
Média usada 1988	350	500	1000
Média vendida 1988	270	400	800
Melhor disponível 1988	90	180	550
Eficiente avançado	50	100	200

**Fonte:** Jorgen S. Norgard [Nor89]

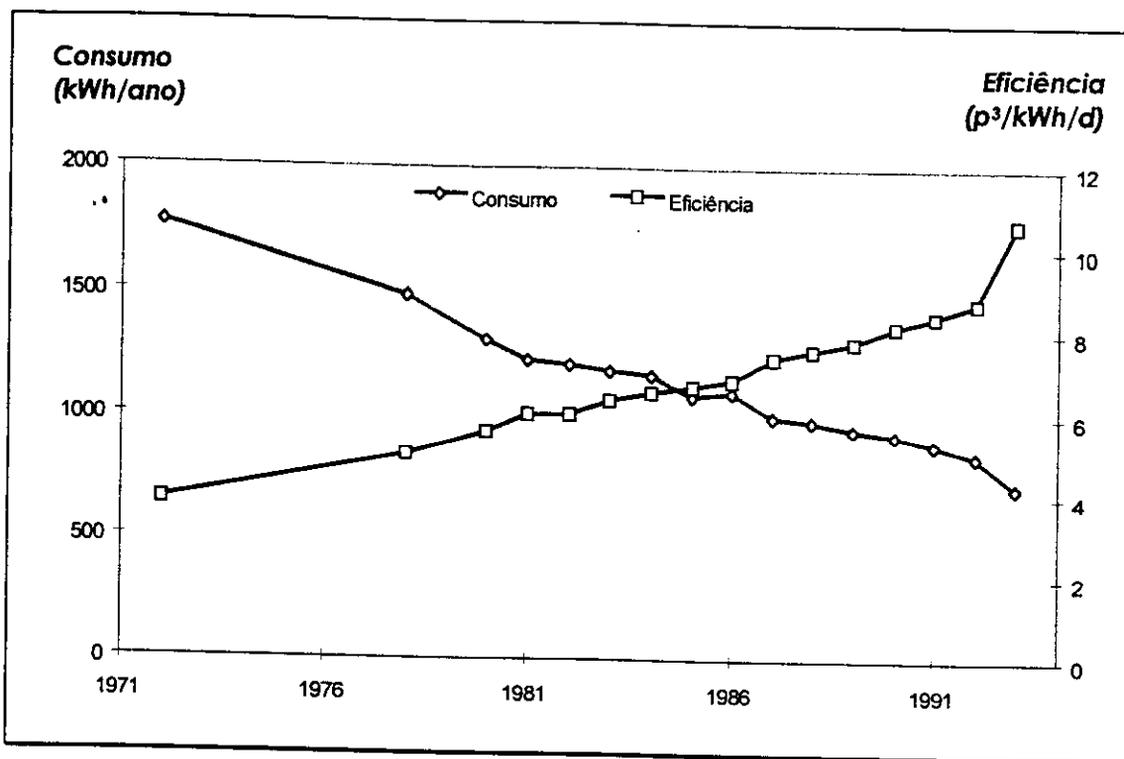


Figura 3.2.2 Evolução da eficiência energética dos refrigeradores no Estados Unidos.

Fonte: Referência [Nad94]

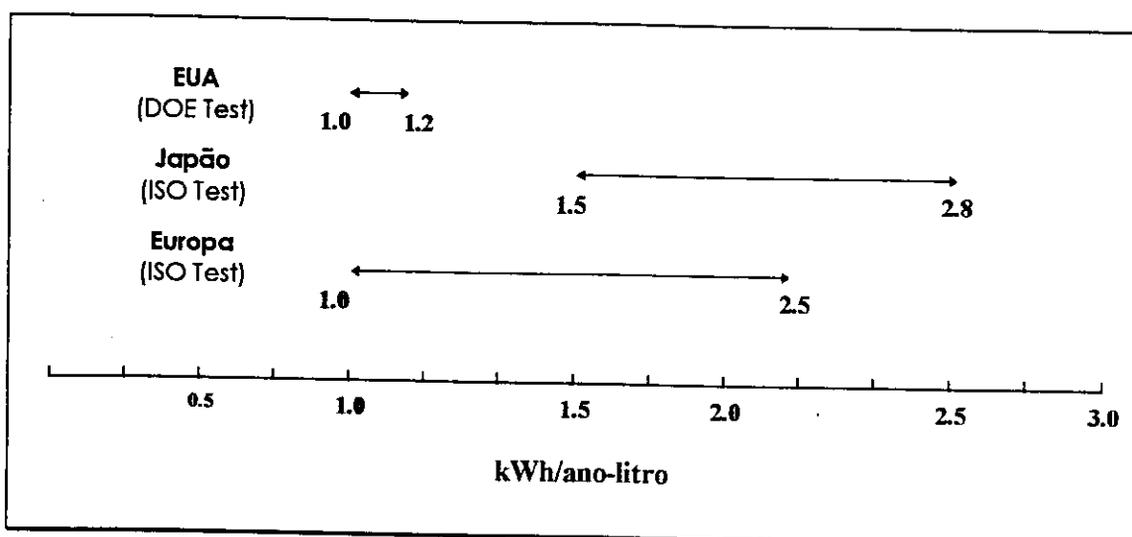


Figura 3.2.3 Comparação de consumo de energia por litro de refrigerador-freezer (frost-free) fabricado nos Estados Unidos, Europa e Japão em 1995.

Fonte: Referência [Mei96].

### 3.2.3. Aquecedores de água elétricos

Estima-se que em Lima Metropolitana 16% das famílias possuem aquecedores elétricos de água. Os modelos mais utilizados correspondem a 50, 80 e 110 litros de volume com uma potência de 1500W. Além destes, o mercado oferece aquecedores com volumes de 150, 200 e 250 litros e com potência de 2000W.

**Tabela 3.2.5 Principais modelos de aquecedores de água elétricos existentes no mercado de Lima.**

Marca	Procedência	Volume (litros)	Potência (kW)	Preço (US\$)
BRASEC	Peru	50 - 110	1,5 - 2	-
BRYANT	Importado	50 - 250	1,5 - 2	129 [1]
HOT MASTER	Importado	50 - 150	1,5 - 2	125 [1]
YVISA	Perú	50 - 110	1,5 - 2	-

Notas:

[1] Aquecedor de 110 litros

Fonte: IEI

**Tabela 3.2.6 Características técnicas dos principais modelos de aquecedores elétricos de água utilizados em Lima.**

Volume (litros)	Potência (kW)	Ciclo do termostato	Tempo de aquecimento	Tempo de resfriamento
50	1,5	40 - 65 °C	1,75 h	-
80	1,5	40 - 65 °C	2,25 h	4,5 h
100	1,5	40 - 65 °C	4,25 h	-

Fonte: CENERGIA

### 3.2.4. Outros equipamentos de uso final de eletricidade

Uma típica casa residencial de Lima utiliza a energia elétrica principalmente em iluminação, conservação de alimentos e aquecimento de água. Além dos equipamentos utilizados nesses serviços, utilizam-se outros equipamentos que consomem energia elétrica. A diversidade dos equipamentos aumenta de acordo com a elevação da renda do consumidor. Na seguinte tabela, apresentam-se os principais equipamentos oferecidos no mercado de Lima.

**Tabela 3.2.7 Aparelhos elétricos diversos para utilização residencial oferecidos no mercado de Lima.**

Aparelho elétrico	Potência (W)
Ar-condicionado	1200
Aspirador	500
Batedeira	200
Bomba de água	500
Cafeteira	800
- boca pequena	1500
Fogão elétrico - boca grande	3000
- forno	2000
Aquecedor de água	800
Lavadora de roupa	800
Lavadora/secadora	1000
Liquidificador	585
Multiprocessador	850
Enceradeira	300
Forno microondas (médio)	900
Forno microondas (grande)	1500
Microcomputador	200
Panela elétrica	1400
Ferro de passar	1000
Secadora automática de roupa	5000
Secador de cabelo	400
Televisor	100
Ventilador	300
Torradeira (pequena)	900
Torradeira (grande)	1700

Fonte: CENERGIA

### **3.3. Principais barreiras ao uso eficiente da energia elétrica**

Nesta seção apresentam-se os principais obstáculos que constituem uma barreira à penetração dos equipamentos eficientes em Lima Metropolitana. Entre estes obstáculos temos:

- (1) a falta de informação dos consumidores sobre existência de equipamentos eficientes;
- (2) o alto custo inicial dos equipamentos eficientes;
- (3) a ausência de normas de eficiência energética para usos finais; e
- (4) o sistema de tarifas, que estimula as concessionárias de distribuição (privatizadas) a aumentar as vendas de energia.

#### **3.3.1. Falta de informação dos consumidores sobre a existência de equipamentos eficientes**

Como se sabe, o conhecimento - neste caso, da existência de um equipamento eficiente - é o ponto de partida para que um usuário decida usar o equipamento. A probabilidade de uma maior penetração dos equipamentos eficientes no mercado aumenta conforme aumenta o número de usuários conhecedores do desempenho destes equipamentos.

No caso de Lima, o conhecimento da existência de equipamentos eficientes é quase nulo. Ainda no caso mais evidente -- que são as lâmpadas fluorescentes compactas, como uma melhor alternativa as lâmpadas incandescentes, o conhecimento limita-se à comunidade envolvida com o tema da conservação de energia. Não obstante, a maioria dos usuários residenciais reconhece as lâmpadas fluorescentes comuns como equipamentos que consomem menos energia elétrica.

Na Tabela 3.3.1, apresenta-se o consumo mensal de equipamentos para iluminação residencial em Lima Metropolitana. Como pode notar-se, as LFCs não figuram na relação. A pesquisa, feita em 1991, evidencia a ignorância da existência das LFCs refletida no seu quase inexistente consumo.

**Tabela 3.3.1** Consumo mensal de equipamentos para iluminação residencial em Lima Metropolitana em 1991.

Equipamento	Demanda mensal (unidades)
Fluorescentes comuns	17.505
Lâmpadas incandescentes	382.718

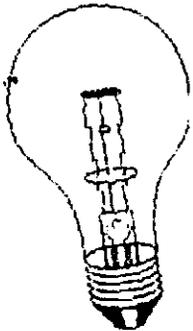
Fonte: Instituto Nacional de Estatística e Informática - Peru

Associado à ignorância, têm-se atitudes como o hábito, a desconfiança e a indiferença que limitam as medidas de conservação da energia. Para serviço de iluminação, os usuários residenciais de Lima estão, há muito tempo, habituados ao uso das lâmpadas incandescentes. Todo hábito é difícil de ser mudado. Por outro lado, a desconfiança do comprador com respeito às promessas de economia em energia (por exemplo, 80% de economia de energia com uma LFCs que substitui uma lâmpada incandescente) constitui uma barreira importante. A desconfiança é parte da cultura peruana.

Finalmente, a indiferença é outro fator negativo. A indiferença manifesta-se principalmente quando o usuário constata que a redução da conta de energia diante de um programa de conservação não é conforme à sua expectativa. Em geral, um usuário residencial aspira a uma economia superior a 50% em sua conta de eletricidade, fato que, na prática, é difícil de ocorrer.

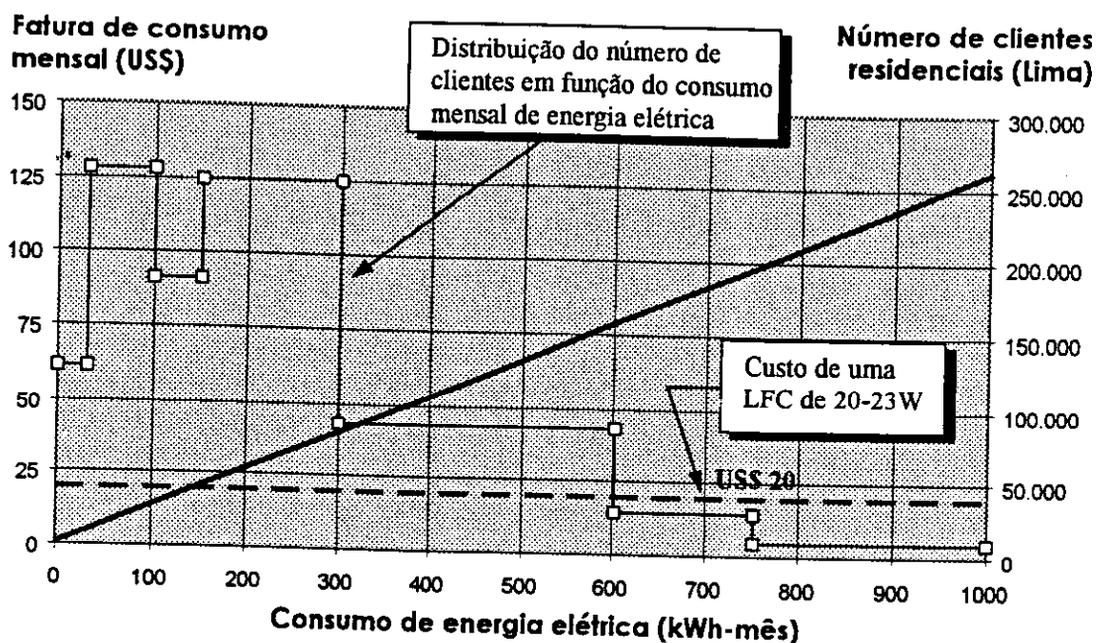
### 3.3.2. Alto custo inicial dos equipamentos eficientes

É um fato amplamente comprovado que o custo inicial dos equipamentos eficientes constitui uma barreira crítica na implementação das tecnologias eficientes. Em Lima Metropolitana, no caso específico do serviço de iluminação - que é a alternativa mais econômica comparada a outros serviços energéticos residenciais - uma LFC de 20W a 23W custa aproximadamente US\$ 20, enquanto uma lâmpada incandescente de 100W custa US\$ 0,50.

Lâmpada Incandescente (100W)	Lâmpada Fluorescente Compacta (20W)
 <b>US\$0,50</b>	 <b>US\$ 20</b>

**Figura 3.3.1** Comparação de custos de uma lâmpada incandescente (100W) e uma lâmpada fluorescente compacta (20-23W) para um mesmo serviço de iluminação.

Consideremos a hipótese de uma média de 3 lâmpadas por família. O investimento de substituição significa US\$ 60 o que, comparado com a fatura usual da conta de energia elétrica, é elevado para a maioria dos usuários residenciais. Na Figura 3.3.2, pode-se observar que a maior concentração de usuários está na faixa de 30 até 300 kWh/mês, cuja fatura é menos de US\$ 45. O custo para o usuário de renda baixa investir em uma LFC é muito elevado devido a outras prioridades, se consideramos além disso que o salário mínimo em Lima é de, aproximadamente, US\$ 70/mês.



Nota: Custo de energia elétrica (tarifa monômnia): US\$ 0,11  
 Cargo fixo: US\$ 0,55  
 Imposto Geral as Vendas: 18%

Figura 3.3.2 Comparação do faturamento mensal por consumo de energia elétrica e o custo de uma LFC, e distribuição do número de usuários residenciais em função do consumo mensal de energia elétrica.

### 3.3.3. Ausência de normas de eficiência energética para usos finais

O Peru não dispõe de normas para equipamentos orientados aos usos finais de energia. A falta de uma norma resulta em fabricação e importação de equipamentos com um baixo nível de eficiência energética. Como se sabe, em numerosos casos, a fabricação de equipamentos ineficientes é mais barata. Além da ausência das normas, os governos anteriores ao atual caracterizaram-se por uma política protecionista ao setor industrial, que limitou a competitividade nas indústrias e, por conseguinte, a utilização de tecnologias eficientes nos equipamentos de uso final de energia.

### **3.3.4. Sistema de tarifas que estimula as concessionárias de distribuição (privatizadas) a aumentar as vendas de energia**

No Peru, as tarifas elétricas para o setor residencial foram subvencionados a partir da estatização das empresas de eletricidade, no início da década de 1970. O ponto mais crítico aconteceu ao final da década de 1980, quando a tarifa residencial representava apenas 5% de seu valor real. Portanto, com uma tarifa tão reduzida, não era viável qualquer programa de conservação de energia elétrica no setor residencial.

Não obstante, as recentes reformas estruturais introduziram as tarifas baseadas no custo marginal que representa o serviço. A lei permite às concessionárias uma rentabilidade de 12% com um intervalo de variação de mais ou menos de 4%. Desse modo, o interesse prioritário das concessionárias de distribuição é maximizar a quantidade de eletricidade vendida. Assim, qualquer medida de conservação de energia contraria os interesses da concessionária de distribuição, pelo fato de reduzir o seu faturamento.

### 3.4. Experiências de uso eficiente da energia elétrica no Peru

#### 3.4.1. A participação de organizações não-governamentais

Embora ainda não exista registro oficial de como iniciou-se no Peru a aplicação de uso eficiente de energia, é evidente a participação preeminente de uma organização não governamental denominada *CENERGIA* em introduzir medidas de conservação de energia no Peru.

*CENERGIA* inicialmente denominava-se “Centro de Conservação de Energia” e recentemente tornou-se “Centro de Conservação de Energia e do Meio Ambiente”. Desde 1989, desempenha um papel muito importante em assuntos de conservação de energia por meio da publicidade, seminários nacionais e internacionais, cursos, auditorias energéticas na indústria com alguns resultados importantes de energia conservada. Além disso, realizou estudos de perdas técnicas e não-técnicas em distribuição de energia elétrica em Lima Metropolitana. Por outro lado, identificou, nas horas de ponta, a participação dos serviços energéticos na demanda de energia elétrica, ao nível de usos finais no setor residencial. Finalmente, uma destacada participação de *CENERGIA* é parte da gestão do PAE (*Proyecto para Ahorro de Energía*) no uso racional e eficiente da energia elétrica que se descreve na seção 3.4.3.

#### 3.4.2. O caso da iluminação pública

Recentemente, medidas de lei sobre a cobrança de iluminação pública resultaram na elevação do nível de eficiência energética neste setor. A lei estabelece que o pagamento da fatura do serviço de iluminação cabe às municipalidades. Caso estas não paguem a conta, as concessionárias de distribuição podem realizar a cobrança diretamente junto ao consumidor. Esta última situação é o que está ocorrendo no Peru.

Por outro lado, a lei estabelece a faturamento em proporção ao consumo de energia elétrica até um limite superior. Como o resultado total do faturamento não cobre o consumo de energia elétrica da iluminação pública, as concessionárias de distribuição são levadas a realizar investimentos em equipamentos mais eficientes, de modo a diminuir suas perdas de receita. Este fato, tem sido observado tanto com *Edelnor S.A.* e

*Luz del Sur S.A.*, que são concessionárias de distribuição que cobrem a cidade de Lima Metropolitana.

### 3.4.3. O projeto para conservação da energia do governo do Peru

No Peru, recentemente experimentou-se um bom programa de conservação de energia elétrica por iniciativa do governo, que resume-se a seguir <sup>[Rom96], [INT-4]</sup>.

**O problema:** Previsível déficit de oferta em energia elétrica para 1995 e 1996

O déficit era previsto pelas seguintes razões:

- ausência de investimentos na expansão de geração, devido às crises econômica e política dos anos anteriores (hiperinflação, ajuste econômico e terrorismo)
- o súbito crescimento econômico experimentado durante os anos 1993-1994 e, por conseguinte, um incremento no consumo de energia elétrica
- diminuição das chuvas, o que afetou o sistema hidrelétrico durante os últimos meses do ano 1994

**Enfoque do problema:** Criação do PAE: “*Proyecto para Ahorro de Energía*” (“Projeto para Conservação de Energia”).

Com a finalidade de enfrentar a crise energética, o *Ministerio de Energía y Minas* decidiu implementar, de maneira urgente, o *Proyecto para Ahorro de Energía* (PAE-MEM), que foi criado em outubro de 1994 para desenvolver as seguintes atividades:

ATIVIDADE 1: Diminuir a Demanda de Potência Elétrica em 100 MW durante 1995 e 1996 nas denominadas “horas ponta”.

ATIVIDADE 2: Promover o uso de sistemas alternativos de geração de energia.

ATIVIDADE 3: Implementar a substituição de combustíveis convencionais por combustíveis alternativos.

Com respeito à ATIVIDADE 1, cujo alvo principal foi o setor residencial, o PAE realizou uma boa gestão que sintetizamos em continuação:

**O diagnóstico do problema:** Alta incidência de iluminação residencial

O PAE-MEM, a partir de uma análise da demanda nas horas de ponta, encontrou a seguinte distribuição por setores de consumo:

- setor residencial : 40%
- setor industrial : 29%
- setor comercial : 16 %
- iluminação público : 5%
- perdas no sistema : 10%

A conclusão foi de que se deveria desenvolver atividades paralelas em cada um dos setores de consumo. Contudo as atividades no setor doméstico deviam ser prioritárias, devido à facilidade de implementar medidas de conservação de energia a curto prazo. Nos outros setores, provavelmente, poderia obter-se uma conservação substancial, porém com resultados a médio e longo prazos.

O passo seguinte foi analisar o consumo por usos finais no setor residencial e se determinou que o consumo por iluminação tinha uma alta incidência (58%). Portanto, determinou-se que a otimização do uso da luz elétrica poderia realizar-se por meio de:

- a. uma campanha cujo objetivo foi a *mudança de hábitos* da população, e
- b. uma campanha para induzir a população a utilizar equipamentos de iluminação de *alta eficiência*.

**O objetivo:** reduzir e deslocar a demanda em horas de ponta em 100 MW

Como resultado do diagnóstico, o objetivo primordial consistiu em reduzir a demanda em horas de ponta mediante o deslocamento deste consumo a outro horário ou mediante o uso racional da eletricidade no horário de ponta.

**Atividades realizadas:**

Para atingir estes objetivos realizarem-se as seguintes atividades :

1. *Publicidade.* Realizou-se uma intensa campanha em 1995 através dos diferentes meios de comunicação: televisão (6.221 comunicações), rádio (14.698 comunicações) e imprensa (457 comunicações).
2. *Atividades Informativas.* Publicou-se um total de 1.328.040 unidades publicitárias de diferentes tipos (calendários, guias, folhetos, volantes, regras, agendas, suplementos em diários, e outras) . Foi instalada uma central telefônica para dar informação à população sobre conservação de energia.
3. *Atividades demonstrativas.* Realizaram-se 134 exposições itinerantes com lâmpadas gigantes educativas em escolas, universidades, supermercados.
4. *Atividades educativas extracurriculares.* Realizaram-se 17 cursos sobre conservação de energia em todo o país para docentes, nos quais capacitam-se 1.054 professores. Dentre estes, os mais capacitados foram designados para divulgar o tema da conservação de energia para a educação secundária.
5. Iniciou-se a preparação do material para introduzir no currículo escolar, em nível inicial e primário, os temas de conservação de energia e de meio ambiente. Paralelamente, realizaram-se os trâmites no Ministério de Educação para que se oficializassem os pedidos e se iniciasse a introdução deste importante tema nos cursos à partir de 1996.
6. Promoveu-se a substituição da tradicional lâmpada incandescente pela lâmpada fluorescente compacta (LFC), um equipamento com alta eficiência energética que consome menos energia. Promoveu-se um sistema de venda a crédito nas províncias. Durante 1995, venderam-se 431.000 LFCs, o que significou uma economia de aproximadamente 20 MW, potência esta que pode dar energia elétrica a aproximadamente 30.000 famílias. Um benefício adicional à substituição da lâmpadas é o de evitar que as usinas térmicas consumam 360.000 barris de

petróleo e emitam 215.000 Toneladas Métricas de dióxido de carbono ao meio ambiente por ano.

**Tabela 3.4.1** Características das LFCs e o pagamento mensal na conta de energia elétrica em concessionárias de distribuição não privatizadas no interior de Peru (fora de Lima).

Marca	Modelo	Potência (W)	Lumens	Pagamento mensal (US\$)	Numero de meses
GENERAL ELECTRIC	FLE-20W	20	1200	0,71	24
GENERAL ELECTRIC	FLE-23W	23	1500	0,83	24
PHILIPS	PLC	20	1200	0,68	25
PHILIPS	PLT	23	1500	0,76	25

**Nota:** Financiado a uma taxa de desconto de 6% ao ano (a taxa do mercado é 18%)

#### Resultados obtidos:

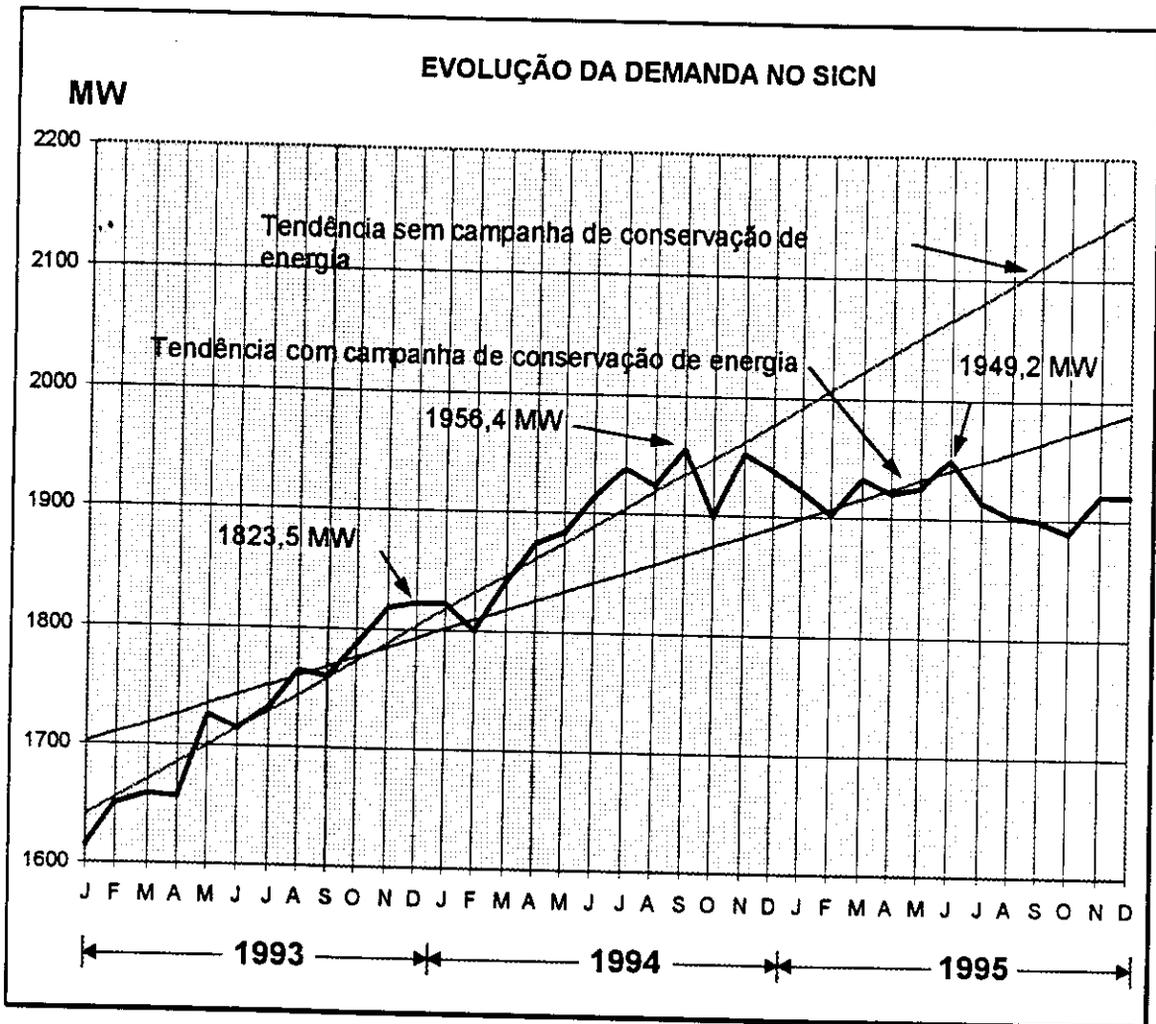
- As atividades do PAE foram iniciadas em novembro de 1994 e até o final de 1995 tornou-se possível que a demanda de potência não superasse a demanda máxima do ano anterior.
- Estima-se, como resultado, uma redução e/ou deslocamento em potência de 70 MW das denominadas "horas de ponta" e uma economia de energia de 852 GWh, suficientes para dar energia a mais de 100.000 famílias.
- Em virtude destas atividades, não foi necessário o racionamento de energia elétrica em 1995 e a indústria não teve restrições que pudessem acarretar importantes perdas econômicas.
- Por outro lado, esta economia de energia possibilitou prosseguir com a ampliação da sistema elétrico ao nível da distribuição e permitiu economizar dezenas de milhões de dólares com o deslocamento de investimentos para a construção de novas usinas elétricas, manutenção e compra de combustível e a poluição do meio ambiente.

O resultado da gestão do PAE se visualiza melhor na Figura 3.4.1., onde se pode distinguir duas tendências de crescimento da demanda elétrica. Uma tendência de rápido incremento da demanda até finais de 1994. Após de início da campanha de conservação, observa-se uma tendência praticamente horizontal.

Cabe destacar que, com a realização destas atividades por parte do PAE, o setor energia do *Ministerio de Energía y Minas* deu início às ações necessárias para o cumprimento dos compromissos assumidos na Convenção de Rio de Janeiro sobre o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável. As políticas do setor a esse respeito foram expressos no documento “OBJETIVOS, POLITICAS Y ESTRATEGIAS. PLAN DE GESTION 1995 DEL MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS”. De fato, o Peru está comprometido internacionalmente com este objetivo, como signatário da DECLARAÇÃO DE RIO, na qual se propunha este novo modelo de desenvolvimento social. O uso racional da energia está dentro do CAPITULO 9 do mencionado instrumento internacional e, no mesmo, menciona-se que o objetivo fundamental de proteger a atmosfera será obtido por meio da divulgação das energias renováveis e a produção, transmissão, distribuição e uso eficiente da energia.

### **Comentario**

Na Figura 3.4.1, constata-se, de fato, a mudança no crescimento da demanda de energia elétrica do sistema interligado. A tendência após o início da campanha (ao final de 1994) é praticamente horizontal, ou seja, o crescimento da demanda foi contido. Sem dúvida, os esforços da campanha influenciaram a evolução da demanda, porém é importante mencionar outro fato concorrente. Durante 1994, o preço da eletricidade atingiu o seu nível real, obrigando, principalmente as indústrias, a racionalizar o uso da eletricidade. Além disso, o aumento das tarifas reforçou a campanha de conservação. Portanto, pode-se afirmar que o sinal tarifário reforçou o programa de conservação de energia elétrica no Peru.



SICN: *Sistema Interconectado Centro-Norte (Perú)*

Fonte: *Comite de Operación Económica del Sistema- SICN*

Elaboração: CENERGIA

**Figura 3.4.1** Mudança na tendência de crescimento da demanda de energia elétrica no SICN como resultado do programa de conservação e uso racional da energia, propiciado pelo PAE-MEM.

## Capítulo 4

### Condições operacionais para o desenvolvimento do mercado de eficiência energética no setor residencial

Como consideração prévia, deve-se entender que aumentar e/ou acelerar a penetração de tecnologias eficientes no mercado de usos finais de energia é parte de um contexto de política energética ao mínimo custo.

Diante de um aumento do consumo de energia elétrica existem duas alternativas. Uma alternativa é expandir a geração (novas unidades de geração e instalações de transmissão e distribuição de energia). A segunda alternativa é contrair a demanda por meio da utilização de tecnologias eficientes e/ou deslocar parte da demanda de ponta às horas de vale (denominadas também de 'preenchimento do vale')<sup>[\*]</sup>, em geral por via do sinal indicado pela política tarifária. Cada alternativa apresenta um custo diferente. Portanto, o racional é escolher a opção que apresente o menor custo para a sociedade. Em outras palavras, não se trata de poupar energia, senão de poupar dinheiro<sup>[\*\*]</sup>.

Em geral, a opção do lado da oferta caracteriza-se por um alto investimento inicial; por outro lado, a opção de eficiência energética em usos finais não necessariamente requer grandes investimentos - comparado com opções de geração - e em numerosos casos apresenta o custo de energia conservada inferior ao custo marginal de geração.

Segundo os cálculos desenvolvidos no presente trabalho (Capítulo 3, seção 3.1.3), as opções de eficiência energética no setor residencial, apresentam custos de conservação de energia muito baixos comparados com o preço de tarifa elétrica que paga

---

[\*] Na literatura técnica de origem anglo-saxã denomina-se *Valley filling* e *Load shifting* (Referência [Val93]).

[\*\*] Uma das principais conclusões do curso: ENE712 "Avaliação de projetos de geração e usos de energia" - Prof. Roberto Hukai (2do semestre, 1995 IEE-USP).

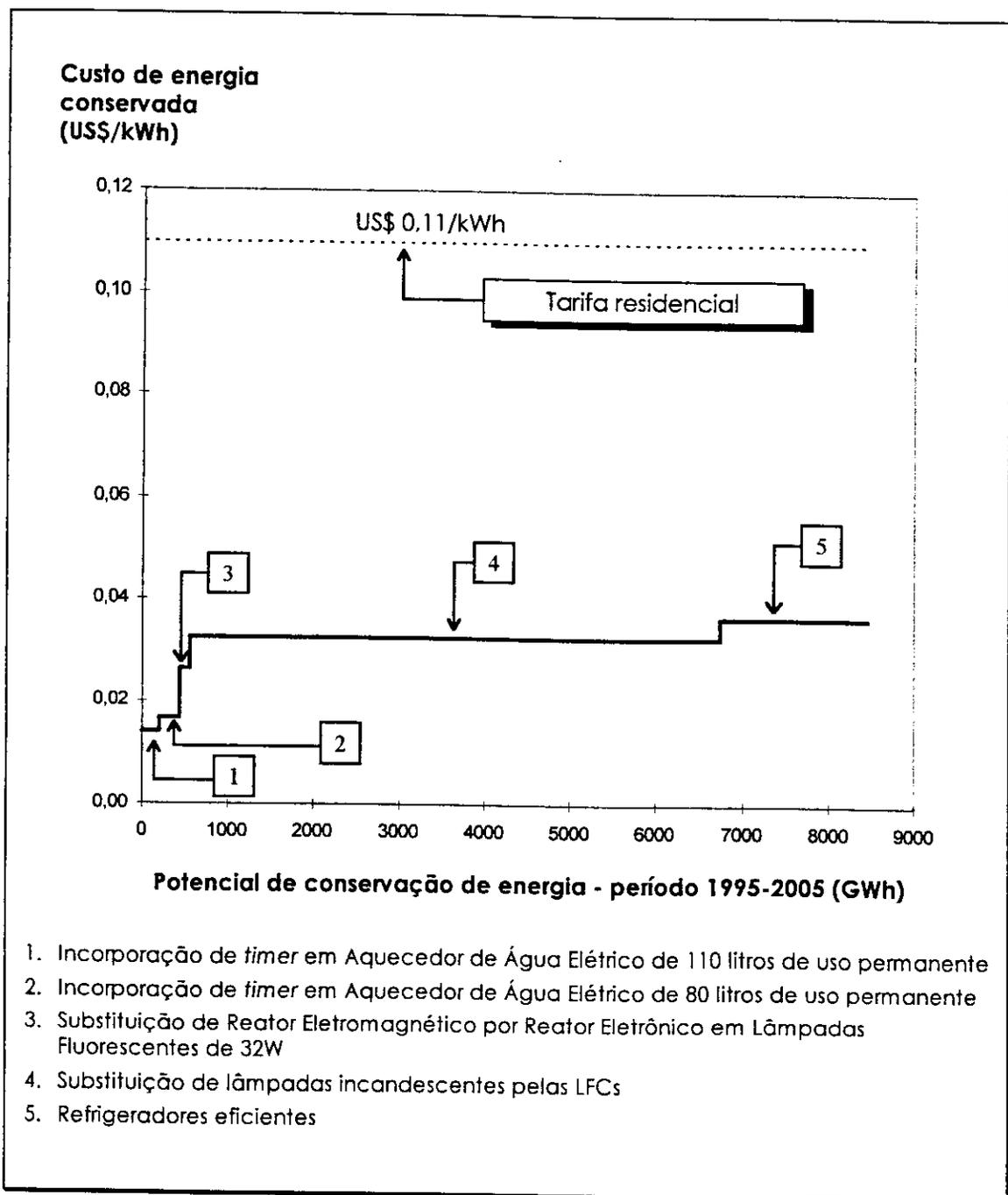
o usuário residencial. Portanto, da perspectiva do usuário final, os investimentos em substituição de tecnologias convencionais pelas eficientes apresentam uma significativa economia de dinheiro, mantendo a mesma satisfação que oferece o serviço energético.

Em Lima Metropolitana, o custo da energia elétrica é igual a US\$ 0,11/kWh. Trata-se da tarifa monômnia, denominada BT5 (opção tarifária que consistem em um fornecimento em baixa tensão com simples medição de energia), que é principalmente requerida por consumidores residenciais.

Por outro lado, nos serviços energéticos com maior potencial de conservação, o custo de energia conservada pela substituição de lâmpadas incandescentes por LFCs é igual US\$ 0,0323/kWh, e o custo de energia conservada pela introdução de geladeiras eficientes é igual a US\$ 0,0364/kWh. Como é evidente, as opções de eficiência energética são mais econômicas para o usuário residencial. Na Tabela 4.1.1, apresentam-se cinco casos específicos de melhoria de eficiência energética para usuários residenciais de Lima, com seu respectivo custo de energia conservada. E na Figura 4.1.1 temos a curva que relaciona o custo de energia conservada com o potencial de conservação de energia para cada opção de eficiência energética aplicável no setor residencial.

**Tabela 4.1.1** Custo de Energia Conservada para diferentes opções de eficiência energética no setor residencial de Lima Metropolitana.

Opção de eficiência energética	Custo de Energia Conservada
• Incorporação de <i>timer</i> em Aquecedor de Água Elétrico de 110 litros de uso permanente	US\$ 0,0139/kWh
• Incorporação de <i>timer</i> em Aquecedor de Água Elétrico de 80 litros de uso permanente	US\$ 0,0167/kWh
• Substituição de Reator Eletromagnético por Reator Eletrônico em Lâmpadas Fluorescentes de 40W	US\$ 0,0264/kWh
• Substituição de lâmpadas incandescentes pelas LFCs	US\$ 0,0323/kWh
• Refrigeradores eficientes	US\$ 0,0364/kWh
Preço de energia elétrica (tarifa monômnia em baixa tensão)	US\$ 0,1100/kWh



**Figura 4.1.1** Potencial de conservação de energia elétrica e Custo de Energia Conservada de opções de eficiência energética, no setor residencial de Lima Metropolitana, no período 1995-2005.

Outra visão mais completa que permite avaliar as opções de expansão de geração e conservação de energia é a integração das curvas representativas de ambas opções. Por um lado, constrói-se a curva de oferta apresentando o custo de geração anualizada em função da fator de carga (FC)<sup>1</sup> e, por outro lado, constroem-se as curvas dos custos de conservação de energia em função do fator de conservação de carga (FCC)<sup>2</sup>. O FCC é um indicador equivalente ao FC e reflete uma medida da energia conservada nas horas de ponta. Apenas a energia conservada em horas de ponta do sistema permite o deslocamento de capacidade adicional na geração. Portanto, a equivalência do FC com o FCC estabelece uma base comparável que permite integrar as opções de oferta e demanda em uma curva.

Para uma aplicação dos conceitos de análise integrada de opções de oferta e demanda no setor elétrico para o caso de Lima, temos, pelo lado da oferta, os custos de geração apresentadas no Capítulo 2 (Seção 2.3.2 Preços de geração, Figura 2.3.2); pelo lado da demanda, temos as medidas propostas neste trabalho no Capítulo 3 (Seção 3.1.3 O potencial de conservação de energia) onde os custo de energia conservada estão resumidas na Tabela 4.1.1.

Os resultados se apresentam na Figura 4.1.2. Nesta figura, podemos observar que uma medida de conservação, cujo custo de energia conservada seja inferior a US\$ 0,04/kWh, compete com todas as opções de geração, ainda para qualquer fator de conservação de carga. Note-se que a curva de custo de conservação correspondente a US\$ 0,04/kWh fica abaixo da curva de custo mínimo de geração. Portanto, todas as medidas de conservação para o setor residencial propostas neste trabalho são viáveis, porque todas apresentam um custo de energia conservada inferior a US\$ 0,04/kWh, tal como observa-se na Tabela 4.1.1. Neste caso, não é preciso calcular o fator de conservação de energia para as medidas propostas pelas razões acima expostas.

---

<sup>1</sup> 
$$FC = \frac{\text{Demanda média}}{\text{Maxima Demanda}}$$

<sup>2</sup> 
$$FCC = \frac{\text{Média anual de carga conservada}}{\text{Carga conservada em horas de ponta do sistema}}$$

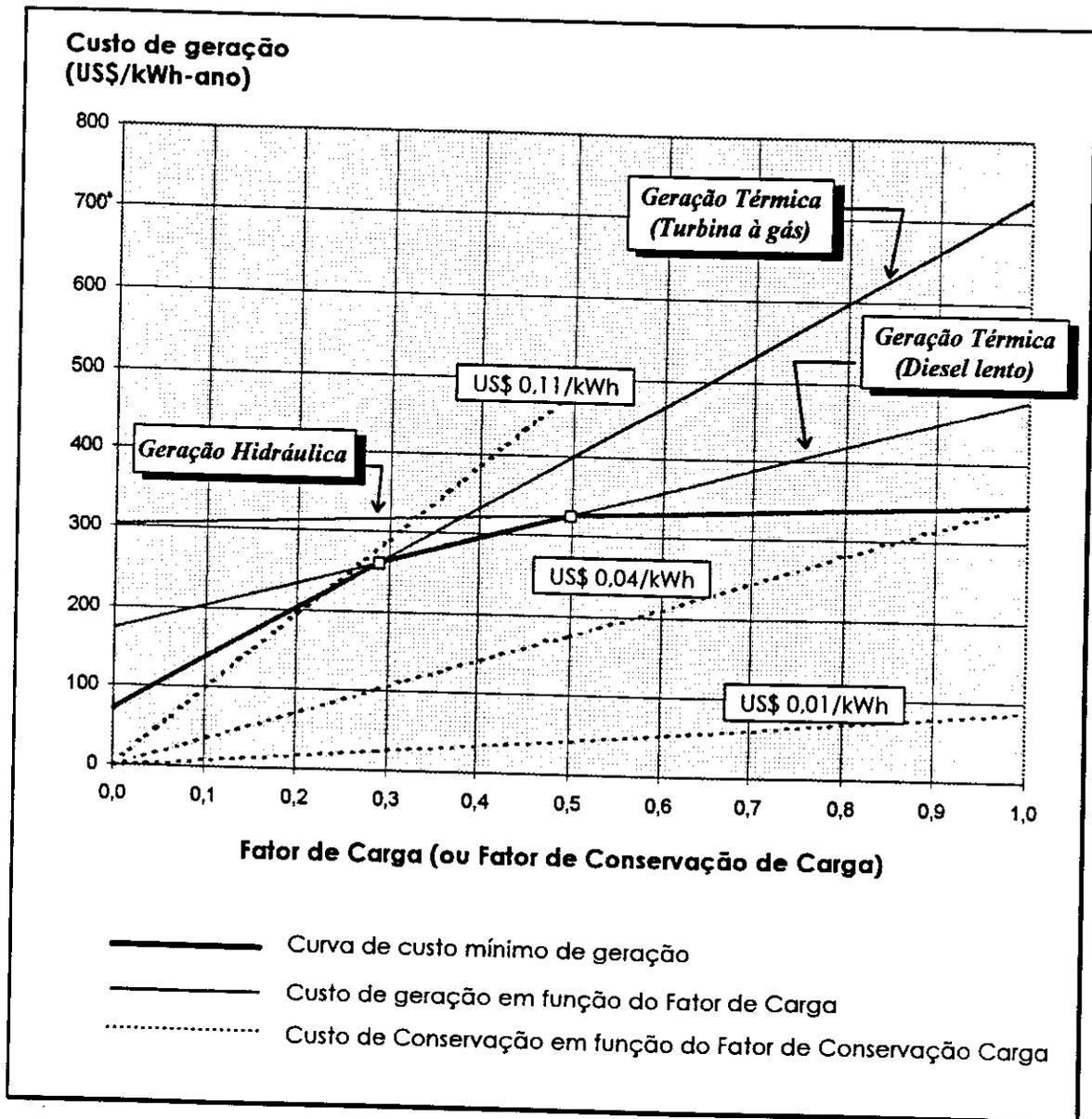


Figura 4.1.2 Curva integrada de tecnologias de geração e de demanda (uso de tecnologias eficientes no setor residencial de Lima Metropolitana).

Conseqüentemente, diante das vantagens que apresenta o uso eficiente da energia elétrica, principalmente no setor residencial, é preciso criar condições que permitam o desenvolvimento do mercado de tecnologias eficientes. Como já foi mencionado, as tecnologias eficientes são sendo sub-utilizadas. O livre mercado, com sua “mão invisível”, não é capaz de maximizar a utilização das tecnologias eficientes. Portanto torna-se necessária uma intervenção estratégica que permita superar as falhas de mercado existentes.

Para o desenvolvimento do mercado de tecnologias eficientes, devem considerar-se as condições operacionais a serem seguidas pelos agentes envolvidos.

## 4.1. Ao nível de governo

### 4.1.1. Liderança governamental em eficiência energética

É um fato indiscutível que o uso eficiente da energia não ocorre espontaneamente. É necessário uma intervenção junto aos atores envolvidos para promover a eficiência energética. Isto implica na necessidade de liderança ou de um agente promotor. Sendo a energia um fator importante para o desenvolvimento do País, compete ao governo a gestão política da energia, na qual deve incluir-se a eficiência energética, tanto no lado da oferta, como no lado da demanda.

Tradicionalmente, os governos dos países em desenvolvimento dedicaram-se a uma gestão orientada ao lado da oferta, descuidando o lado da demanda. Considerando que nos usos finais de energia existe um grande potencial de conservação de energia e, por conseguinte, de recuperação de recursos econômicos (investimentos evitados em expansão de geração, transmissão e distribuição), compete ao governo assumir a liderança no uso eficiente da energia.

Em relação à atitude do governo do Peru sobre o setor elétrico, do ponto de vista da eficiência energética pode-se ressaltar o seguinte:

- Com frequência, considera-se o sinal indicado pela tarifa como um fator impulsor do uso eficiente da energia, porém não suficiente. Não obstante, um sistema de preços que reflita o custo marginal do serviço é crítico para o desenvolvimento da eficiência energética. Neste sentido, o governo peruano tomou um passo decisivo por meio da *Ley de Concesiones Eléctricas* (novembro de 1992), ao introduzir a tarifação baseada em custos marginais.
- Um aspecto importante da *Ley de Concesiones Eléctricas* é a aplicação do conceito de 'sistema economicamente adaptado' (um sistema elétrico na qual existe uma correspondência de equilíbrio entre a oferta e a demanda de energia, ao mínimo custo e mantendo a qualidade do serviço). Para fins de cálculo tarifário, a *Comisión de Tarifas Eléctricas* toma, como referência, um modelo de instalação

eficiente, tanto nas instalações de transmissão, quanto nas de distribuição<sup>[\*]</sup>. Conseqüentemente, toda instalação super dimensionada e as perdas que estiverem acima dos níveis “padrão” afetam a rentabilidade da empresa. Isto obriga as concessionárias a otimizar seus instalações; em outras palavras, a Lei incentiva a melhorar o nível de eficiência energética no lado da oferta (em distribuição e transmissão).

- O governo do Peru deu um passo inicial muito importante com a finalidade de promover o uso eficiente da energia, além de pequenas experiências com fonte renováveis. Em 1994, foi criado o *Proyecto para Ahorro de Energia* (PAE), para encarar o previsível déficit de oferta de geração elétrica, cuja gestão foi um sucesso (como descreve-se na seção 3.4.3.). Não obstante, o PAE é apenas uma medida de emergência e não a implementação de uma política energética.

Como conclusão, pode-se afirmar que, no Peru, existem condições, ao nível da regulação, para elevar o nível de eficiência energética no lado de oferta, principalmente em distribuição e transmissão. No entanto, necessita-se uma política energética orientada ao lado dos usos finais de energia. Portanto, nossa recomendação é de inserir-se o PAE dentro de um contexto de política energética que considere o uso eficiente da energia nos usos finais.

---

[\*] Introdução nos cálculos econômicos do conceito de Sistema Economicamente Adaptado (Capítulo 2)

#### **4.1.2. Incorporação da eficiência energética na regulação**

Para o sucesso das medidas de eficiência energética nos usos finais de energia - em um contexto de alocação ótima dos recursos - considera-se indispensável a incorporação da eficiência energética na regulação. O estado deve procurar a eficiência global do setor, ou seja, tanto na oferta, quanto na demanda. Atualmente, a Lei de Concessões Elétricas do Peru induz ao uso eficiente no lado da oferta, porém não considera a eficiência do lado da demanda. Por conseguinte, é preciso complementar esta lei com a incorporação do uso eficiente da energia elétrica para os usuários finais.

Considerando que o mercado não promove espontaneamente a eficiência energética, para incorporar a eficiência energética na lei é preciso criar mecanismos a fim de que as concessionárias sejam remuneradas por investimentos em eficiência energética.

Considerando que uma expansão na geração equivale a uma contração na demanda mais as respectivas perdas no sistema, a planificação do sistema elétrico deve considerar as alternativas, as opções de eficiência energética na demanda sob o critério de mínimo custo. Caso o custo da energia conservada seja menor que o custo marginal da geração, deve-se priorizar os investimentos em conservação da energia.

No países industrializados, como nos Estados Unidos e Reino Unido, as normas não só têm um caráter referencial, mas também um caráter de lei. Portanto, em muitos casos, as normas são compulsórias. A normalização da eficiência energética de equipamentos, os códigos de edificações que consideram o uso eficiente da energia, entre outras, inserem-se em um contexto de política energética que considera a eficiência energética em usos finais como principal aspecto.

### 4.1.3. Normalização de eficiência energética em equipamentos

Atualmente, não existem normas sobre eficiência energética no Peru. Portanto, é recomendável a elaboração de normas de eficiência energética para usos finais de energia. A importância de uma norma deve-se ao fato de ser um mecanismo para elevar o nível de eficiência energética dos equipamentos e aumentar a sua penetração no mercado.

#### *O objetivo de uma norma de eficiência energética:*

Em geral, uma norma de eficiência energética tem por objetivo estabelecer um nível mínimo de eficiência energética para os equipamentos. Neste sentido, constitui-se em um veículo importante para elevar o nível de eficiência energética. Por outro lado, uma norma, por meio da etiquetagem dos equipamentos, introduz um mecanismo de mercado que permite a disseminação dos equipamentos eficientes.

#### *O papel de uma norma de eficiência energética:*

De que maneira as normas contribuem para a penetração de tecnologias eficientes no mercado?

- Quando emite-se uma norma que estabelece um nível mínimo de eficiência energética, a idéia é introduzir uma penalidade no sistema <sup>[Ni195]</sup>. Ou seja, livrar o mercado de produtos insatisfatórios.
- As normas de eficiência de equipamento removem produtos ineficientes do mercado e obrigam a uma ampla produção e venda das melhores tecnologias que são disponíveis. <sup>[Nad94]</sup> Com as normas pretende-se normalmente eliminar os produtos insatisfatórios do mercado
- Os códigos e normas de eficiência servem para restringir práticas e tecnologias ineficientes.

- As normas podem acelerar o ciclo da difusão, em outras palavras, torna-se mais rápida a penetração de tecnologias eficientes no mercado.

***Considerações para a elaboração de uma norma de eficiência energética:***

**(1) A energia como elemento da satisfação das necessidades humanas**

A normalização da eficiência energética deve considerar a qualidade da vida do homem. O uso da energia tem como propósito fundamental ajudar à satisfazer as necessidades e desejos do homem. A energia pode ser usada diretamente para este propósito: por exemplo, para iluminação, aquecimento, cocção, transporte, etc.; ou indiretamente: por exemplo, para produzir bens e serviços que o homem consume <sup>[Gol88], Gar93]</sup>. Neste sentido, a idéia não é gerar mais energia senão , e sim o uso eficiente da energia.

**(2) A análise técnico-econômica ambiental**

A elaboração de normas de eficiência energética de equipamentos deve considerar três aspectos, tal como enfoca-se no programa de análise energética de *Lawrence Berkeley National Laboratory's* <sup>[INT-5]</sup>.

- Análise de Engenharia:*** A normalização deve responder à questão de que mudanças e em que grau devem sre feitas nos desenhos para que possam conservar mais energia
- Análise Econômica:*** A normalização deve prever os impactos que teria nos consumidores, fabricantes e concessionárias. A aplicação das normas deve ser economicamente justificável, sobretudo do ponto de vista social. O uso eficiente da energia implica a satisfação dos requerimentos energéticos da sociedade ao mínimo custo energético possível.
- Análise Ambiental:*** Além da análise de engenharia e da análise econômica, a normalização deve considerar a redução que pode ocorrer em emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de enxofre SO<sub>2</sub>, e óxidos de nitrogênio NO<sub>x</sub>, como conseqüência da aplicação das normas.

### (3) Atualização periódica

As normas devem atualizar-se periodicamente, procurando reduzir a brecha da eficiência energética, se os níveis elevados de eficiência são tecnicamente factíveis e economicamente justificáveis.

#### Exemplos de normalização nos países desenvolvidos

- Nos EUA, normas federais proíbem a fabricação e/ou importação de produtos que não cumpram com as especificações mínimas de níveis de eficiência. Essas normas são periodicamente revisadas e atualizadas. Por lei, novas normas devem ser “desenhadas para alcançar a máxima melhoria na eficiência energética de modo que a Secretaria do Departamento de Energia (DOE) determine se são tecnicamente factíveis e economicamente justificáveis” [Nad94].
- No Canadá, o código nacional de obras é usado como mecanismo para garantir a eficiência energética nos edifícios [Rea93].

#### Resultados da aplicação das normas de eficiência energética

- Economia ao usuário. No Estado de Califórnia, uma agressiva aplicação das normas para equipamentos e novos edifícios permitiu economizar aos consumidores residenciais US\$ 11,6 bilhões [INT-7]. Na Figura 4.1.3 apresenta-se a progressiva redução do consumo energético dos refrigeradores, como consequência das normas mínima eficiência.
- Consumo específico. No Estado de Califórnia, um refrigerador de 18 p<sup>3</sup> (510 litros) em 1972 consumia, em média, 1.855 kWh/ano; atualmente, como consequência das normas de eficiência de equipamentos, os refrigeradores consomem, em média, menos de 900 kWh/ano [INT-6].
- Competitividade. Em julho de 1993, a empresa *Whirlpool* ganhou o prêmio “Golden Carrot” do Programa de Refrigerador Super Eficiente (Super Efficient Refrigerator Program - SERP), devido a que seu desenho excedeu em 25% os padrões vigentes nos Estados Unidos naquele ano. Além de usar a eletricidade

eficientemente, este refrigerador não usa clorofluorocarbonos (CFCs) que afetam a camada de ozônio [INT-6]. Os programas “Golden Carrot” são programas de incentivos com financiamento especial, desenhados para estimular os fabricantes para que desenvolvam e introduzam novos produtos de alta eficiência.

- No Tailândia, o *International Institute for Energy Conservation* (IIEC) propôs à companhia *Sanyo Universal Electric of Thailand* incrementar a espessura do isolamento das refrigeradores até 7,5 cm (fabricados normalmente entre 3 e 3,5 cm) com a expectativa de conservar, aproximadamente, 60% de uso de energia. *Sanyo* decidiu produzir com 6 cm de espessura de isolamento e o resultado foi uma conservação entre 21 e 28% de energia, dependendo das condições do ambiente. *Sanyo* compete com fabricantes japoneses cujas refrigeradores consomem cerca de 400-500 kWh/ano a um custo de operação de US\$ 30-40/ano, enquanto os refrigeradores de *Sanyo* consomem cerca de 300 kWh/ano a um custo de US\$ 25/ano. Mais do 70% dos refrigeradores vendidos na Tailândia são os modelos de 4 p<sup>3</sup> (113 litros) até 6 p<sup>3</sup> (170 litros) [INT-8].

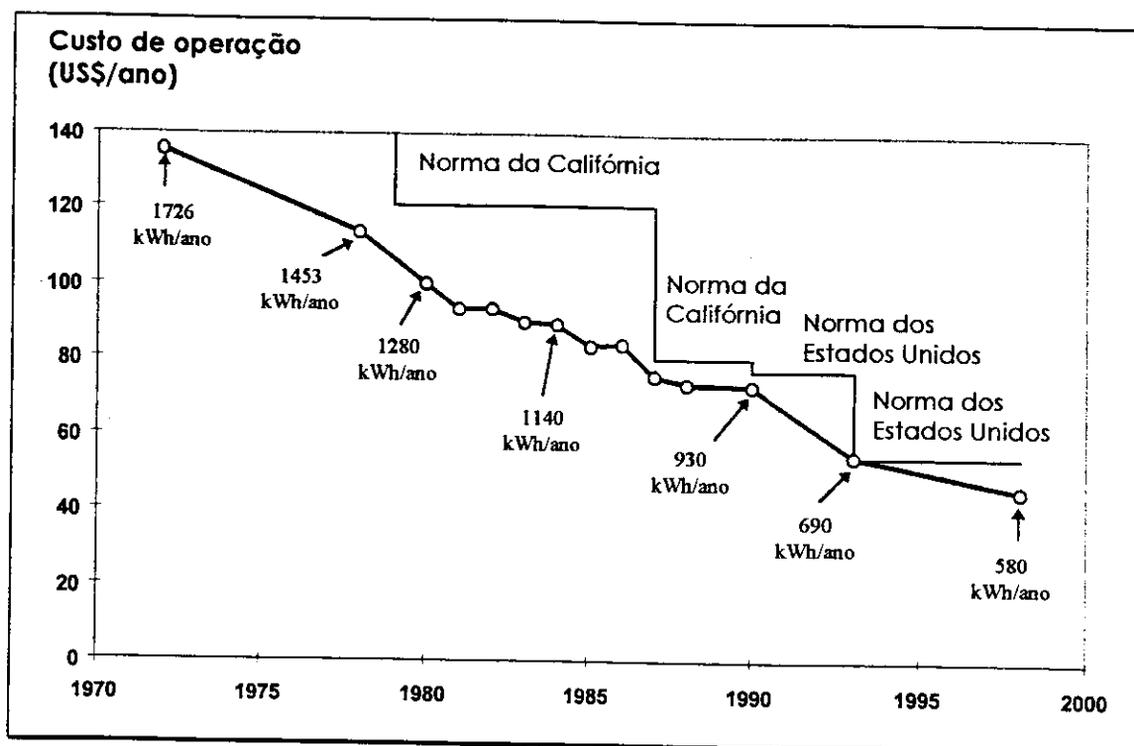


Figura 4.1.3 Evolução da redução do consumo energético de refrigeradores como consequência das normas de mínima eficiência

Fonte: Referência [Dut93]

### **Perspectiva da normalização no Peru**

No contexto de Lima Metropolitana, a normalização de eficiência energética deveria concentrar-se nos três serviços energéticos residenciais onde existe o maior potencial de conservação: a iluminação, a refrigeração e o aquecimento de água.

Não obstante as vantagens da normalização da eficiência energética, estabelecer normas compulsórias no setor residencial não seria recomendável. Em primeiro lugar, cabe ao usuário o direito à livre escolha, inclusive de equipamentos ineficientes. Por outro lado, o nível de eficiência energética no setor residencial pode ser elevado de forma indireta, por meio da normalização a nível da importação e da fabricação de equipamentos.

Consideráveis economias para o País poderiam ser atingidas por meio da normalização de eficiência energética, especificamente em iluminação, para edifícios públicos como escolas, colégios, universidades, hospitais, municípios, entre outros. As normas seriam estabelecidas para edifícios existentes e para novos edifícios. Neste último caso, as normas poderiam incluir, além do uso de equipamentos eficientes, a luz natural e o controle inteligente da iluminação.

A normalização, que poderia beneficiar ao usuário residencial, seria a normalização da importação e fabricação de refrigeradores e aquecedores de água elétricos.

#### **4.1.4. Controle da importação de equipamentos segundo a eficiência energética**

Considerando os benefícios para a sociedade que resultam do uso de equipamentos eficientes, uma medida eficaz seria o controle da importação de equipamentos por critérios de eficiência energética.

Previamente estabelecido nas normas, a importação dos equipamentos que não cumpram com o nível mínimo de eficiência energética deveria ser proibida. Esta medida deve ser complementada com a proibição da fabricação de produtos que não cumpram com as especificações mínimas de níveis de eficiência.

No setor residencial de Lima, os serviços de iluminação, cocção e refrigeração são os de maior consumo de eletricidade, dos quais a iluminação e refrigeração apresentam um grande potencial de conservação de energia.

..Com respeito ao serviço de iluminação em Lima, existe uma ampla variedade de equipamentos eficientes como LFCs e reatores eletrônicos. No entanto, com respeito aos refrigeradores, a oferta destes equipamentos, em geral, é ineficiente. Portanto, devem-se tomar medidas de controle da importação e da fabricação dos refrigeradores

Quanto ao serviço de conservação de alimentos, sendo o refrigerador com freezer interno, com volume de  $11p^3$  (311 litros), o modelo mais difundido, o mínimo nível de consumo anual de energia elétrica poderia estabelecer-se em 450 kWh/ano. Na Tabela 4.1.2, apresenta-se uma relação de refrigeradores com freezer interno certificados pela *California Energy Commission* para a venda no Estado de Califórnia. Estes modelos constituem uma referência importante, tanto como para fabricação e/ou importação.

**Tabela 4.1.2 Marcas e modelos de refrigeradores eficientes com freezer interno, certificados pela *California Energy Commission*, utilizáveis em Lima.**

Marca	Tipo de descongelador	Modelo	Volume (p <sup>3</sup> )	Consumo kWh/ano	% acima do padrão
WELBILT	P	W/860-2	8,61	419	15,4
WELBILT	P	W1100-2	10,39	443	13,8
WELBILT	P	W1100	10,39	443	13,8
DANBY	P	D729-5Y	9,5	451	10
DANBY	P	D729-5	9,5	451	10
PACIFIC BY GORENJE	P	PC 96	9,5	451	10

P Descongelamento parcial

Source: <http://www.energy.ca.gov/energy/efficiency/appliances/refri-freezers/IF.HTML>

## **4.2. Ao nível dos fabricantes**

### **4.2.1. Incentivos financeiros para a fabricação de equipamentos eficientes**

No Peru, não existem políticas específicas de desenvolvimento da indústria. Em geral, o desenvolvimento industrial tem-se limitado à iniciativa do empresário e às negociações dos empresários com as autoridades respectivas. Além disso, depende da política macroeconômica do governo em curso. Até o final da década de 1980, a indústria peruana se desenvolveu num contexto de protecionismo, cujo resultado foi uma produção ineficiente tanto técnica como econômica. A partir da década de 1990, o Peru entrou em uma fase de liberalização do mercado, o que vem permitindo a importação de equipamentos a menor custo e de maior qualidade, competindo com a indústria local.

Portanto, a indústria peruana encontra-se em uma fase de crise. Esta crise pode ser propícia para que o governo intervenha com políticas adequadas de incentivo financeiro para desenvolver uma indústria com tecnologia de ponta, cujos produtos resultantes sejam com um alto nível de eficiência energética.

Tratando-se de equipamentos eficientes para o setor residencial, uma área de desenvolvimento industrial seria a fabricação de refrigeradores eficientes, não só tendo como mercado alvo o setor residencial do País, como também o de outros países de América Latina.

As principais vantagens de incentivar a indústria de refrigeradores eficientes seria:

- A elevação de nível de eficiência energética em usos finais. A introdução no mercado de refrigeradores eficientes, a preços competitivos, retiraria do mercado os produtos ineficientes.
- Mais energia conservada. Um refrigerador convencional, em média, consome 800 kWh por ano. Um refrigerador eficiente consome entre 400 e 500 kWh. Portanto, por cada refrigerador eficiente produzido e vendido tem-se uma economia de 300 a 400 kWh de energia elétrica ao ano.

- Redução de impacto ambiental. Na atualidade existem componentes que não apresentam os problemas apresentados pelos clorofluorocarbonos usados em refrigeradores, que não esgotam a camada de ozônio <sup>[INT-6]</sup>. Outra contribuição dos refrigeradores eficientes na conservação ambiental é que ao consumir menos energia também se produz menos energia elétrica de origem térmica, principalmente nas horas de ponta, reduzindo-se, desse modo, a poluição ambiental.
- Fonte de trabalho e benefício social. O desenvolvimento industrial gera uma oportunidade de emprego, que é um benefício social de maior importância, além dos custos evitados para a sociedade, em expansão de geração a longo prazo, como resultado da penetração de refrigeradores eficientes no mercado.

Quanto às perspectivas de incentivo financeiro, existem condições favoráveis com o apoio de entidades internacionais. Por exemplo, o Banco Mundial dá prioridade de financiamento, nos países em desenvolvimento, a projetos que enfatizem a eficiência energética e a conservação do meio ambiente <sup>[BM93]</sup>. O apoio inclui a transferência de tecnologia para produzir equipamentos eficientes. Por outro lado, tem-se o Programa de Exportação de Tecnologias Energéticas (*Energy Technologies Export Program*) do Estado de Califórnia, que promove a melhoria da eficiência energética nos países onde opera, como, por exemplo, na Índia, China, Paquistão, Tailândia, Indonésia, Filipinas, Costa Rica e República Dominicana <sup>[INT-11], [INT-12]</sup>.

#### 4.2.2. Etiquetagem de equipamentos

O etiquetagem dos equipamentos constitui um mecanismo de mercado para elevar a eficiência energética dos equipamentos. Trata-se de uma comunicação visual ao comprador do equipamento, possibilitando uma melhor escolha. A implementação do etiquetagem no Peru seria de benéfica sob três aspectos:

- (1) a consideração ou respeito ao comprador do equipamento, ao garantir o seu direito a ser informado;
- (2) um mecanismo de incentivo para os fabricantes competitivos; e
- (3) o aumento de eficiência energética.

Nos Estados Unidos, o governo federal estabelece a imposição aos fabricantes de equipamentos de colocar uma etiqueta, indicando o consumo efetivo do equipamento juntamente com o consumo mínimo exigido na norma.

Apesar da importância do etiquetagem dos equipamentos (que obriga a visualizar o consumo efetivo do equipamento juntamente com o consumo normalizado), há três opositores principais ao procedimento :

- (1) os que acreditam que o etiquetagem não cumpre sua função por razões de percepção e habilidade do comprador;
- (2) os fabricantes de equipamentos ineficientes; e
- (3) setores protecionistas do governo, sobretudo nos países em desenvolvimento.

No entanto, existem argumentos da maior importância para implementar o etiquetagem dos equipamentos:

- Em primeiro lugar, o etiquetagem dos equipamentos não é um problema de eficiência energética, mas uma questão dos direitos do comprador de ser informado sobre a qualidade dos produtos que pretende adquirir. Neste sentido, a

informação sobre a potência instalada, consumo específico de energia, entre outros, que integram o custo operativo do equipamento, deve ser um aspecto relevante.

- Outro argumento importante é o de que a etiquetagem dos equipamentos é uma implementação da teoria da concorrência perfeita. Segundo a microeconomia, para que ocorra a concorrência perfeita, uma das condições é o perfeito conhecimento dos preços e da qualidade dos produtos. Uma forma de informar ao comprador sobre a qualidade do produto é a etiquetagem.
- Finalmente, a etiquetagem constitui um mecanismo de incentivo ao fabricante mais competitivo. O fabricante do equipamento eficiente possui, em termos de marketing, um produto diferenciado que garante um monopólio parcial <sup>[Spe79]</sup>. Enquanto não surgir um concorrente, o fabricante pioneiro será recompensado.

### Experiência de etiquetagem nos EUA

O Estado de Califórnia pratica a etiquetagem dos equipamentos, em um contexto da normalização de eficiência energética dos mesmos. A *Califórnia Energy Commission*, por meio de seu escritório de comunicação (o *Media and Public Communications Office*) encarrega-se de difundir a etiquetagem por diversos meios, entre os quais a *Internet* por onde se pode obter o *Home Energy Manual* <sup>[INT-9]</sup>. Trata-se de um manual de eficiência energética para usuários residenciais onde se explica ao leitor a etiquetagem dos equipamentos (*EnergyGuide Labels*). As etiquetas de guia energética se agrupam em três categorias:

- (1) As etiquetas de custos de energia (*Energy cost labels*);
- (2) as etiquetas de índice de eficiência-energética (*Energy-Efficiency ratio labels*); e
- (3) as etiquetas genéricas (*Generic labels*).

As etiquetas de guia energética servem para ajudar ao comprador a comparar custos de energia de diversas marcas e modelos de equipamentos com similares

dimensões e aspectos. As etiquetas são requeridas para refrigeradores, freezers, aquecedores de água, máquina de lavar louça, máquina de lavar roupa, ar condicionado e bombas de calor.

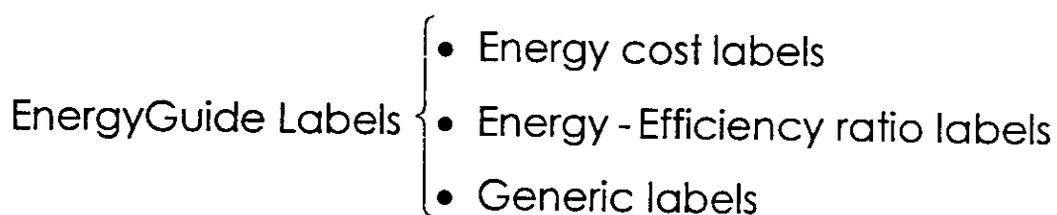
As etiquetas de custo e energia, requeridas principalmente em refrigeradores, freezers, aquecedores de água, máquina de lavar louça e máquina de lavar roupa, apresentam o *custo anual* de energia estimado do equipamento, baseado em uma média nacional. O manual recomenda ao comprador ser capaz de comparar diferentes modelos e, se possível, *escolher o modelo com o menor custo de operação anual*.

As etiquetas de índice de eficiência-energética são requeridas nos equipamentos de ar condicionado para salas. As etiquetas devem apresentar a razão de eficiência energética do equipamento (*energy efficiency ratio EER*). O EER deve ser impresso com letras grandes. *Um valor mais elevado indica um equipamento mais eficiente*.

As etiquetas genéricas são requeridas para todos os modelos de fornos, contendo informação geral sobre como conservar energia na casa.

---

### Appliance Efficiency Standards - EnergyGuide Labels



---

**Figura 4.2.1** Etiquetagem de equipamentos em um contexto de normas de eficiência no Estado de Califórnia.

Fonte: Referência [INT- 9]

### Etiquetagem de lâmpadas nos Estados Unidos

Nos Estado Unidos, a Comissão Federal de Comércio (*Trade Federal Commission TFC*) de acordo com o Decreto sobre Política Energética (*Energy Policy*

Act, EAct) de 1992, foi solicitada a preparar um programa de etiquetagem para lâmpadas. Segundo este programa, exigem-se nas embalagens das lâmpadas incandescentes e LFCs, a indicação do: (i) fluxo luminoso; (ii) potência; e (iii) tempo de vida médio <sup>[Alk95]</sup>. Além disto, uma recomendação ao comprador para escolher a lâmpada de menor potência, tal como pode-se apreciar na Figura 4.2.2.

**LABEL LAW**

Effective May 1995, all light bulb manufacturers will need to relabel their products to comply with new Federal Trade Commission rules. The new labels will include the lamp's rated lumens, watts and lifetime. For incandescent reflector lamps, light output must be given "at beam spread" and so indicated on the label. Also, if positioning affects a compact fluorescent's light output by more than 5%, it must be disclosed.

**Principal Display Panel**

<b>Light Output</b>  <b>1200</b> lumens	<b>Energy Used</b>  <b>20</b> watts	<b>Life</b>  <b>10,000</b> hours
--	--	---

To save energy costs, find the bulbs with the light output you need,  
then choose the one with the lowest watts.

Figura 4.2.2 Exemplo de uma medida de lei para o etiquetagem de lâmpadas.

Fonte: Home Energy Magazine Online November/December 1994  
CONSUMER GUIDE  
Energy-Efficient Lighting for the Home  
<http://beijing.dis.anl.gov/ee/hem/94/941116.pl>

### 4.3. Ao nível dos usuários

#### 4.3.1. Educação do usuário final

Para aumentar e acelerar a penetração de tecnologias eficientes no mercado, a educação do usuário final - além dos outros agentes envolvidos - constitui um elemento essencial. Especialistas em transformação do mercado afirmam que deve-se enfatizar a educação e reduzir os programas de incentivo financeiro<sup>[Pra94]</sup>. A educação deve envolver mudanças nas atitudes ou valores, nos quais a eficiência energética constitua um elemento de decisão para o uso dos equipamentos.

A educação é considerada, na atualidade, de enorme importância. Por exemplo, Merrilee Harrigan em seu artigo *"Can We Transform the Market Without Transforming the Customer?"*, afirma que tecnologicamente, a conservação de energia para residências, é um sucesso. Porém a grande modificação para incrementar a eficiência energética junto aos usuários residenciais não é um problema técnico. É persuadir os usuários residenciais a comprar e instalar medidas de conservação de energia e a gerenciar os usos da energia mais efetivamente<sup>[INT-10]</sup>.

Em consequência, pode-se afirmar que a conservação da energia está passando da fase técnica à fase educativa. Sendo que tecnologicamente se atingiu um elevado nível de eficiência energética, a ênfase nas gerações seguintes não será técnica, mas educativa. Mais adiante poderá afirmar-se que o potencial de conservação de energia não está nos equipamentos, mas, com mais pertinência, nos usuários residenciais.

O valor da educação, em termos gerais, constitui um fator fundamental de desenvolvimento e progresso da humanidade. No entanto, uma abordagem crítica da educação, em casos específicos, evidencia pouca efetividade. Por exemplo, no tema da conservação de energia, avaliações dos esforços educativos ao consumidor nos Estados Unidos, indicam que têm como resultado uma pequena economia de energia<sup>[Nad94]</sup>. Os esforços educativos referidos consistem em diversos instrumentos de advertência visual, materiais educativos, publicidade massiva, informação geral, promoção do produtos

específicos, entre outros. Em geral os esforços educativos ao consumidor residencial, têm sido de caráter informativo<sup>[Pra94]</sup>; desse modo, explica-se o seu fraco resultado.

Sendo que os métodos educacionais até agora não à sido efetivo, é preciso uma reformulação no enfoque da educação ao consumidor.

#### **Algumas considerações para a educação em eficiência energética:**

- [1] *A transformação dos agentes.* É um fato evidente que a conduta do homem é o resultado de suas crenças e valores. A conduta do agente é aspecto crítico, porque conduzirá, à melhoria do nível de eficiência energética. Sendo a comportamento (ações efetivas e mensuráveis) o resultado dos valores e atitudes do homem, a educação deve atingir ditos níveis. Neste sentido, os programas de carácter informativo são espúrios é incapazes de mudar o comportamento do agente. Por tanto, a meta da educação deve ser a transformação dos agentes, principalmente o trinômio “concessionária - fornecedor - consumidor” sob a liderança do principal interessado em promover a eficiência energética, o governo. Destes agentes, o alvo de ênfase deve ser o usuário final. As preferências na escolha do usuário, por exemplo de equipamentos eficientes, determinará nos fornecedores a preocupação de oferecer equipamentos cada vez mais eficientes.
  
- [2] *A educação deve ser seletiva.* Os esforços educativos devem-se dirigir às pessoas apropriadas. Em cada organismo social (agrupamento de pessoas com vínculo comum, como famílias, instituições, comunidades eclesíásticas, entre outros) existem líderes naturais que têm uma influência no grupo. O agente promotor deve, em primeiro lugar, escolher cuidadosamente as pessoas apropriadas antes de iniciar o esforço educativo. Educando estas pessoas, se estará educando o resto do grupo, além de reduzir os custos em educação. A seleção dos líderes naturais dependerá da região. Por exemplo, existem culturas em cujas famílias a mulher têm uma influência decisiva na administração dos gastos, enquanto o homem é só figurativo. Neste caso, a educação deve centrar-se na mulher.

- [3] *Apelo a fatores motivadores.* A educação do usuário final deve apelar aos fatores motivacionais do homem. O motivo (ou impulso) é uma necessidade suficientemente urgente, que instiga o indivíduo a buscar a sua satisfação<sup>[Kot93]</sup>. Portanto, a identificação dos fatores motivadores é importante. Alguns fatores que motivam (ou impulsionam) o usuário a adquirir um equipamento eficiente poderiam ser a economia de dinheiro, a solidariedade social, a consciência da preservação do meio ambiente, entre outros.

Na recente experiência peruana de conservação de energia, de fato, comprovam-se a efetividade dos fatores motivadores (economia de dinheiro, solidariedade social), de modo que, em 1994, venderam-se mais de 430.000 LFCs, o que provocou um déficit de oferta de lâmpadas. Um motivo importante foi a economia de dinheiro. Os fornecedores de lâmpadas identificaram essa atitude no comprador e agora fazem a sua campanha de vendas apelando à economia de dinheiro. Nas principais lojas e supermercados observa-se a oferta, com ampla publicidade, das lâmpadas economizadoras (*lámparas ahorradoras*) referindo-se às LFCs. Outro motivo foi a solidariedade social. Em Lima, fizeram-se três pesquisas, isto é, antes, durante e após a campanha de conservação. Segundo os resultados da pesquisa observou-se que a razão principal adotada pelos usuários para conservar energia - além de economizar dinheiro - foi a solidariedade com aqueles possíveis racionamentos de energia e para que os novos usuários tenham serviço de eletricidade.

**Tabela 4.3.1** Proporção dos principais motivos para conservar energia, antes, durante e após a campanha promovido por PAE (Projeto para conservação de energia).

Período de pesquisa	M o t i v o s		
	Economizar dinheiro	Solidariedade com outros [*]	Outros motivos
Antes da campanha (Janeiro 95) [1]	94%	3%	3%
Durante a campanha (Maio 95) [1]	52%	47%	1%
Após a campanha (Janeiro 96) [2]	76,8%	19,2%	4%

[1] MERCADEO & OPINION

[2] APOYO S.A.

[\*] Para que outros também tenham acesso ao serviço elétrico

**Fonte:** Referência [INT-4]

Cabe mencionar que o Peru tomou um passo muito importante em matéria de educação. O tema de conservação de energia e fontes renováveis foi introduzido no ensino básico. Como complemento, uma proposta de grande valor poderia ser a introdução de cursos de eficiência energética nos cursos técnicos e de engenharia que têm relação com o uso da energia, como engenharia elétrica, mecânica, civil, arquitetura. Inclusive no cursos de administração. O enfoque administrativo TQM (*Total Quality Management*) considera como parte da redução dos custos, a eficiência energética nos processos industriais.

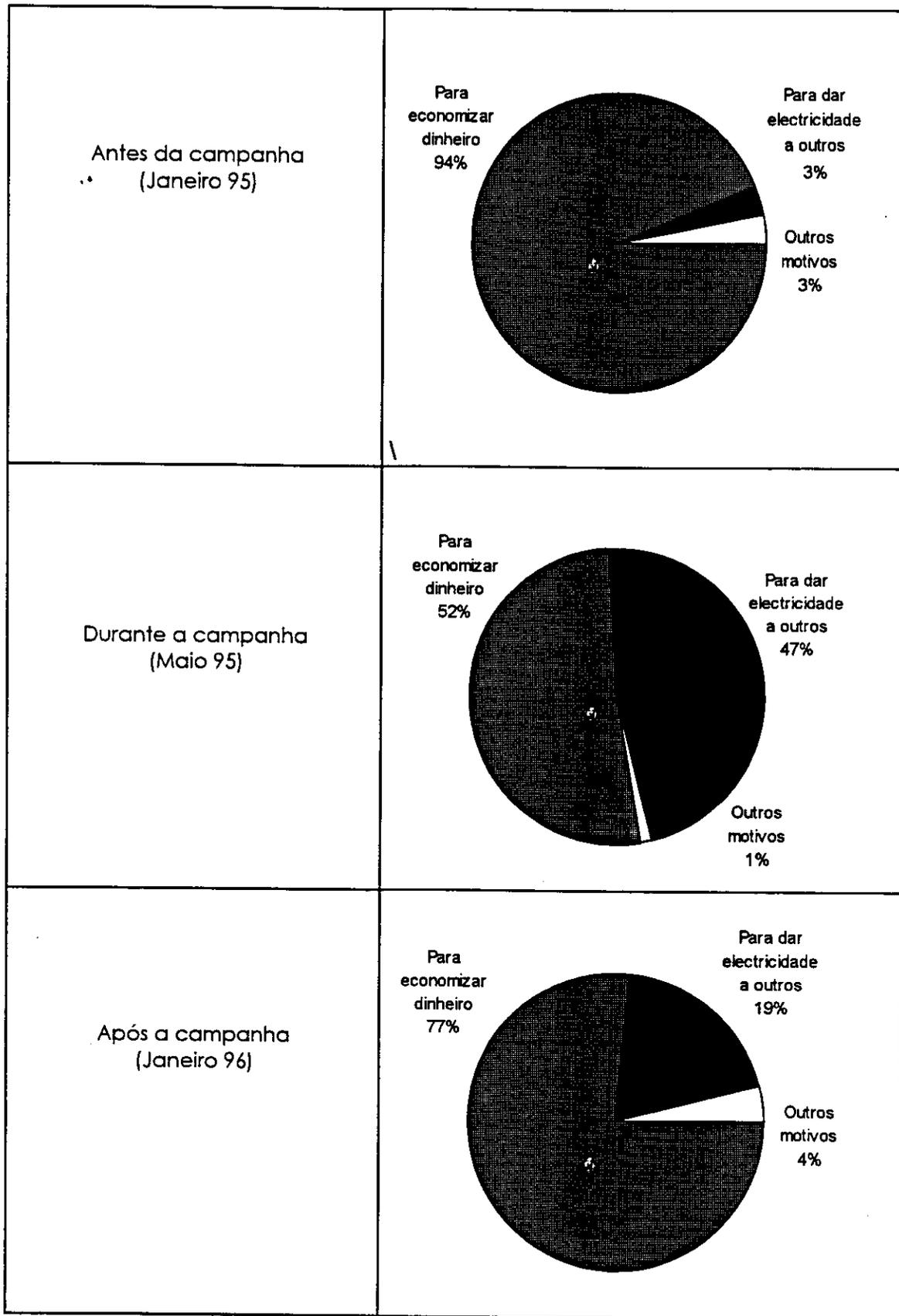


Figura 4.3.1 Tendência nos principais motivos para conservar energia, antes, durante e após a campanha promovido por PAE.

### 4.3.2. A criação de “consumidores de eficiência energética”

A eficiência energética ainda é um atributo oculto para a maioria dos usuários residenciais. Entende-se por atributo oculto, porque o comprador do equipamento ignora a importância e as vantagens do nível de eficiência energética do equipamento. A eficiência não constitui um fator de decisão no processo de aquisição do equipamento. Portanto, uma meta da educação deve ser a criação de “consumidores de eficiência energética”.

Uma vez definido o requerimento de serviço energético - considerando as vantagens individuais, sociais e ambientais da eficiência energética - a prioridade do comprador deveria ser o nível de eficiência energética do equipamento como fator determinante em seu processo de aquisição, enquanto isto seja economicamente viável. Isto implica, portanto, o ensino dos conceitos básicos de matemática financeira aplicada à eficiência energética, como o fator de recuperação de capital, o custo de ciclo de vida, a taxa interna de retorno, o custo anualizado e o custo de energia conservada, entre outros. Normalmente, o comprador só percebe o custo inicial. A idéia é mostrar todos os custos envolvidos, principalmente o custo por consumo de energia.

Para o desenvolvimento de “consumidores de eficiência energética”, além de educação nesse sentido, deve-se complementar com infra-estrutura de comerciantes e consultores especializados em marketing de eficiência energética <sup>[Pra94]</sup>. Prahl também sugere que deve-se construir uma Ética de conservação, ou seja, fomentar uma atitude a conservar energia nos agentes envolvidos.

#### 4.4. Ao nível das concessionárias de distribuição

No contexto da Lei de Concessões Elétricas do Peru, as possibilidades de investimento em conservação de energia por parte das concessionárias de distribuição são quase nulas. Como já foi explicado no Capítulo 2, o serviço elétrico considera-se um negócio e, portanto, as tarifas são desenhadas para garantir rentabilidade ao investidor.

No negócio de venda de energia elétrica, a distribuição de receita por cada unidade de energia é aproximadamente<sup>[Qui93]</sup>:

Receita por venda de energia	100%
Compra de energia	60%
Custo de exploração	20%
Utilidade (antes de impostos)	20%
Utilidade líquida	14%

Considerando o percentual da utilidade líquida por tarifa, podemos estimar casos particulares de investimentos evitados nas instalações como consequência de medidas de conservação de energia por parte da concessionária. Porém, uma estimação rigorosa requer cálculos complexos, tratando-se de sistemas de distribuição cuja complexidade é maior que os sistemas interligados<sup>[\*]</sup>. Portanto, este trabalho limita-se a avaliar um caso particular simplificado, que consiste em repotenciar a potência instalada do transformador ou realizar medidas de conservação de energia diante de um aumento na demanda para subestações de distribuição (Média Tensão / Baixa Tensão).

Por exemplo, seja o caso de uma área residencial de baixa renda alimentada por uma subestação aérea de distribuição de 100 kVA (10.2/0.22 kV) com um fator de utilização do 100% no instante de análise, e que estima-se um aumento na demanda nos próximos 5 anos antes de sua saturação. Neste caso, diante do aumento da demanda existem duas alternativas. Em primeiro lugar, haveria que substituir-se o transformador de 100 kVA por outro de 160 kVA (cenário Status Quo). A segunda alternativa

---

[\*] Analisar a viabilidade de medidas de eficiência energética em usos finais do ponto de vista das concessionárias de distribuição, devido à sua complexidade, merece ser um tema de dissertação.

consiste em realizar medidas de eficiência energética no setor residencial, principalmente em iluminação (cenário GLD<sup>[\*]</sup>). Para a análise, consideraremos as seguintes premissas:

- i. O transformador existente já cumpriu a sua vida útil econômica, portanto o seu valor residual é zero, e conseqüentemente requer-se investir em novos transformadores nos dois cenários.
- ii. O aumento da demanda satura-se nos próximos 5 anos. No cálculo, considera-se um crescimento linear até 5 anos e constante no resto do período em estudo.
- iii. O transformador não admite sobrecarga.
- iv. Custo de transformador de 100 kVA: US\$ 6.500.
- v. Custo de transformador de 160 kVA: US\$ 8.500.
- vi. Os custos de operação e manutenção dos transformadores são iguais nos dois cenários.
- vii. A vida econômica útil dos transformadores é de 25 anos.
- viii. Taxa de desconto: 12%.
- ix. Período de estudo: 25 anos
- x. Tarifa praticada para o setor residencial: US\$ 0,11/kWh.
- xi. Utilidade líquida por unidade de energia vendida: 14% da tarifa.
- xii. Os investimentos em conservação de energia são assumidos pelos usuários.
- xiii. O potencial de contração da demanda por medidas de conservação em iluminação é de até 46% (substituição de lâmpadas incandescentes pelas LFCs)

---

[\*] GLD: Gerenciamento do Lado da Demanda (da frase em inglês *Demand-Side Management GLD*).

A análise consiste em comparar o valor presente líquido dos cenários GLD e StatusQuo. Caso a diferença seja positiva, significa que convém realizar medidas de eficiência energética em usos finais. A viabilidade depende de dois fatores: a sobrecarga prevista e o fator de carga do transformador.

**Cenário GLD:** Realiza-se medidas de eficiência energética no setor residencial de modo que ao saturar-se a demanda coincida com a potência do transformador novo (100 kVA).

**Cenário StatusQuo:** A demanda aumenta tendencialmente e o transformador de 100 kVA é substituído por uma de 160 kVA.

Na Figura 4.4.1, apresenta-se o evolução da demanda de energia elétrica para os cenários StatusQuo e GLD.

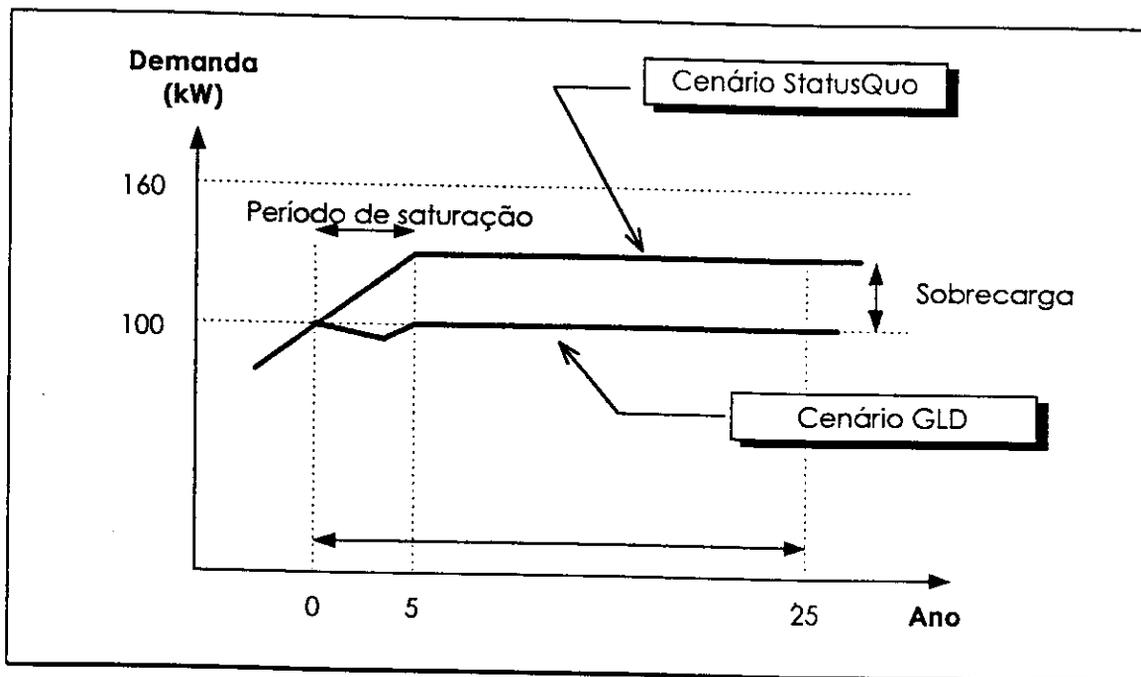


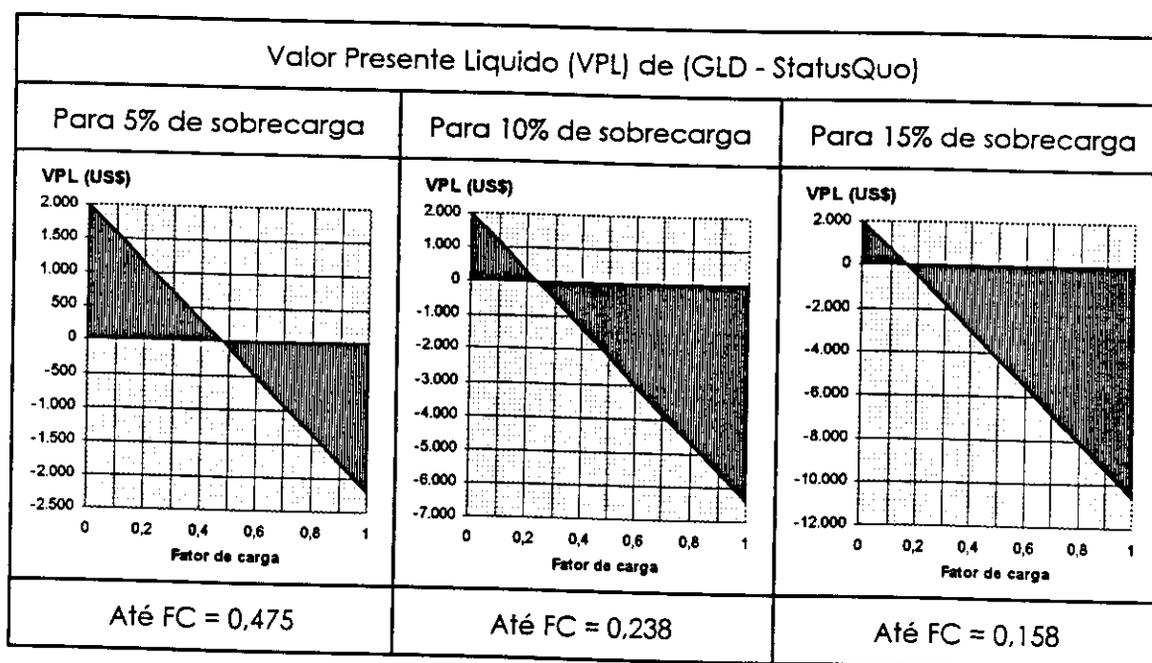
Figura 4.4.1 Projeção da demanda elétrica para cenários tendencial (StatusQuo) e com medidas de eficiência energética em usos finais (GLD).

A formulação consiste em:

$$VPL = VPL_{\text{Cenário GLD}} - VPL_{\text{Cenário StatusQuo}}$$

$$VPL_{\text{Cenário}} = (\text{Valor Presente de Venda de Energia do cenário no período de análise}) - (\text{Investimento em transformador no mesmo cenário})$$

Os resultados dos cálculos apresentam-se na Figura 4.4.2, onde observa-se que realizar medidas de eficiência energética em usos finais é viável, por exemplo, para sobrecargas previstas até 5%, desde que o fator de carga seja menor a 0,475. Se o fator de carga for superior a 0,475, para a concessionária será melhor incrementar a potência instalada da subestação.



Nota: FC = Fator de Carga

**Figura 4.4.2** Valor Presente Líquido de comparação para cenários GLD e StatusQuo para 5%, 10% e 15% de sobrecarga prevista.

Por outro lado, temos a Figura 4.4.3, onde apresenta-se a curva de indiferença para ambos os cenários. A zona que fica ao entre o eixo vertical e a curva representa a viabilidade do cenário GLD, e a zona restante para o cenário StatusQuo. Por exemplo, se uma zona residencial apresenta um fator de carga de 0,45, realizar medidas de conservação de energia só é viável quando a sobrecarga prevista for inferior a 5,28%.

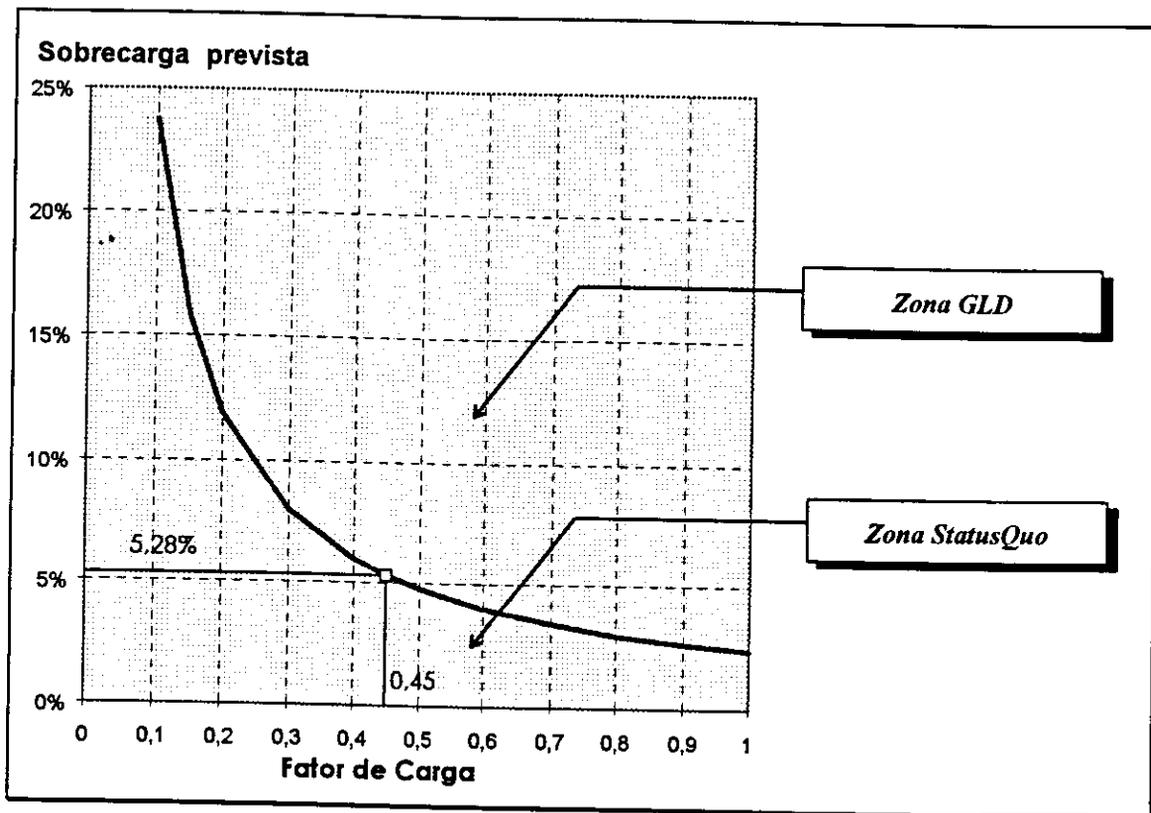


Figura 4.4.3 Curva de indiferença para cenários tendencial e com medidas de eficiência energética em usos finais para uma subestação de distribuição de 100 kVA no setor residencial.

Segundo este exercício, ao menos teoricamente, é viável realizar medidas de conservação do ponto de vista da concessionária de distribuição. No entanto, as margens de benefício são pequenas e, provavelmente, do ponto de vista prático, considerando as incertezas do futuro, em numa análise mais complexa, não seja prático realizar medidas de eficiência energética em usos finais da perspectiva da concessionária.

## 4.5. Ao nível de tarifas elétricas

### 4.5.1. O sinal tarifário

O serviço elétrico é uma integração do binômio oferta - demanda. Pelo lado da oferta têm-se os investimentos ao mínimo custo em geração, transmissão e distribuição para satisfazer um determinado nível e estrutura de demanda<sup>[\*]</sup>. Pelo lado da demanda, tem-se um complexo comportamento, que, entre outros fatores, depende dos custos da eletricidade. Neste sistema, a tarifação, quando transmite corretamente os custos ao cliente (estrutura horo-sazonal, opções, contratos interruptíveis, entre outros.) tem o poder de garantir uma coerência entre a demanda e a oferta. Portanto, considera-se com frequência que o sinal tarifário é um fator importante para regular a demanda<sup>[Dub94]</sup>. Por exemplo, trinta anos de experiência com tarifas marginais em França mostram que as tarifas têm um impacto importante sobre a demanda, ou seja uma parte significativa dos clientes orientam o seu consumo em função dos preços da eletricidade.

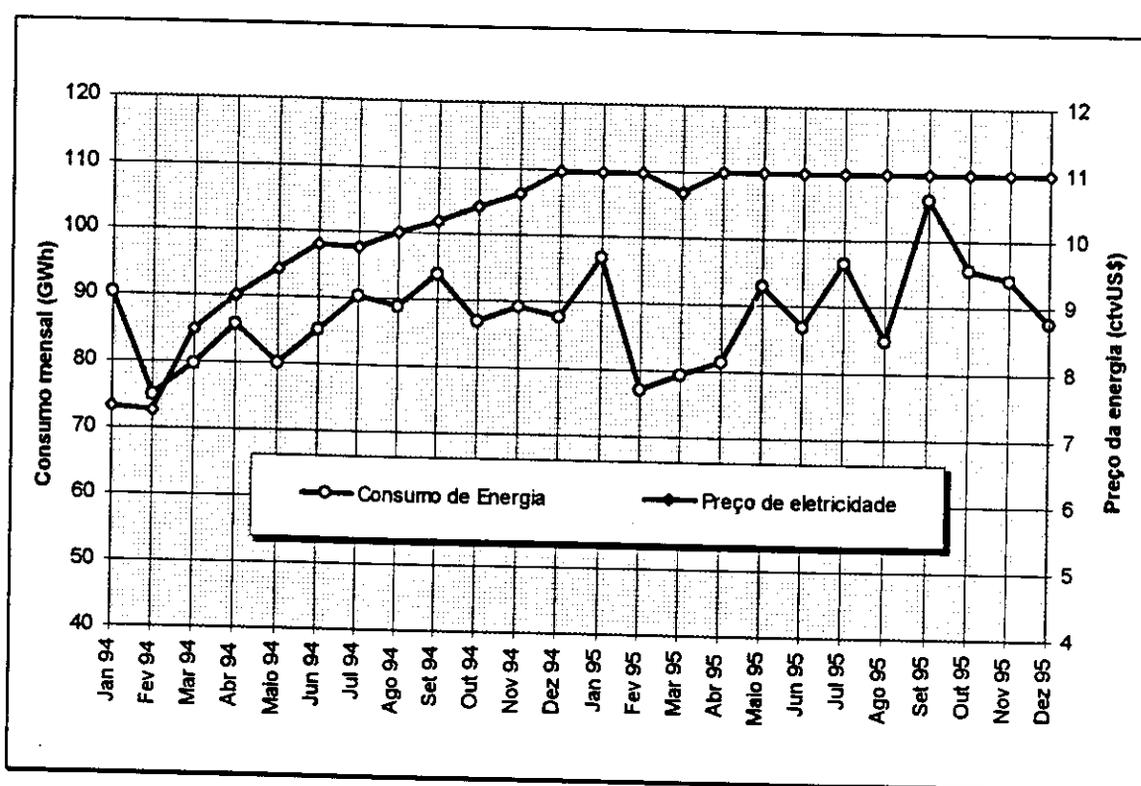
A efetividade do sinal tarifário observa-se principalmente em clientes comerciais e industriais. Não obstante, a experiência de países que praticam a tarifação a custos marginais evidencia que o sinal tarifário não é totalmente efetiva. É preciso ações complementares ao nível de usos finais. A falta de efetividade observa-se principalmente no setor residencial. Embora o preço real da eletricidade module a curva de carga, no setor residencial de baixa renda a resposta o sinal tarifário é quase nula, principalmente devido ao fenômeno de barreira de alto custo inicial das medidas de eficiência energética, além da ignorância em relação às medidas de conservação de energia.

No Peru, as tarifas elétricas marginais são praticadas desde 1993. Antes daquele ano, a tarifa para o setor residencial foi subsidiada a valores cujo extremo representou 5% de seu valor real em 1989. Com a nova lei do setor elétrico, a fixação tarifário para o setor residencial foi progressiva, alcançando o seu valor real ao início de 1995. Não obstante a elevação do preço da eletricidade para o usuário residencial de Lima, a demanda unitária reduziu-se pouco. Que dizer, a elasticidade da demanda do setor

---

[\*] Sempre que exista eficiência técnica econômica na geração e um marco regulatório baseado em um sistema economicamente adaptado.

residencial de Lima é praticamente inelástica. Na Figura 4.5.1, pode observar-se que a demanda do setor residencial correspondente à concessionária *Luz del Sur*<sup>[\*]</sup> não apresenta uma diminuição significativa como consequência de um incremento de 50% da tarifa no período janeiro 1994 (US\$ 0,073/kWh) janeiro 1995 (US\$ 0,11/kWh). O consumo unitário, em 1994, foi de 199 kWh/cliente, enquanto em 1995 foi igual a 183 kWh/cliente, isto é, uma diminuição de 8,7% atribuível mais à campanha de conservação agressiva do governo peruano que ao sinal tarifário.



**Figura 4.5.1** Evolução mensal de preço e consumo de eletricidade no setor residencial da parte sul de Lima Metropolitana no período 1994-1995.

**Fonte:** Luz del Sur - Oficina Tarifas y Estudios Comerciales (consumo mensal), Comisión de Tarifas Eléctricas (preço de eletricidade: tarifa com simples medição de energia em baixa tensão)

Por outro lado, no setor industrial do Peru o sinal tarifário foi efetivo, gerando uma recontração de demandas, principalmente devido à liberdade de escolher opções

[\*] Luz del Sur é uma concessionária de distribuição cuja área de concessão é a parte sul de Lima Metropolitana, com aproximadamente 50% da demanda total da cidade.

tarifárias com preços diferenciados para potência e energia em horas de ponta e fora de ponta. Em Lima, os usuários industriais formaram uma associação de grandes usuários que dedica-se a realizar consultoria no que se refere às tarifas elétricas.

Outro aspecto importante, segundo a lei do setor elétrico, é que no Peru um usuário pode ter acesso a qualquer opção tarifária, inclusive os usuários residenciais, sempre que assumam os custos de medição. Um medidor eletrônico de potência e energia desenhado para tarifas horárias custa mais de US\$ 1.400<sup>[1]</sup>. É um preço elevado, que os usuários não estão dispostos a pagar. Portanto, é preciso redesenhar as tarifas residenciais. Uma prática comum é estabelecer faixas de consumo mensal de energia, com preços crescentes à medida que o consumo aumenta.

#### 4.5.2. Tarifa residencial por faixas de consumo

Uma prática comum para regular a demanda do setor residencial é estabelecer preços maiores à medida que as faixas de consumo mensal de energia aumentam, como mostra-se na seguinte relação:

0 - 50 kWh/mês	p1
51 - 150 kWh/mês	p2
151 - 250 kWh/mês	p3
251 - 500 kWh/mês	p4
> 500 kWh/mês	p5

onde  $p5 > p4 > p3 > p2 > p1$  ( $p$  = preço de eletricidade)

A idéia é aplicar ao consumidor residencial uma penalidade por consumir mais energia, de modo que seja induzido a reduzir o seu consumo.

No Peru, em uma época em que as tarifas residenciais eram subsidiadas, praticou-se tarifas por faixas de consumo mensal de energia, mas não existem estudos que demonstram a sua efetividade.

[1] Medidor eletrônico de potência e energia com período de integração programável (Marca Asea Brown Boveri: ABB).

As tarifas por faixa de consumo de energia podem ter uma relativa efetividade, reduzindo levemente o consumo de energia, porém não necessariamente a demanda da ponta do sistema. Por outro lado, inclusive na tarifa simples de energia, existem usuários residenciais não presentes na hora de ponta do sistema (quando a máxima demanda do usuário ocorre fora das horas de ponta) que pagam um preço que não é justo. Implicitamente estes consumidores pagam a potência marginal de ponta quando não deveriam. Por outro lado, a referida estrutura tarifária está baseada em um subsídio cruzado, prática que não reflete o custo real de serviço.

Portanto, considerando que toda tarifa deve refletir o custo do serviço (o que significa colocar à disposição do consumidor a eletricidade), uma alternativa seria implementar as tarifas binômias para o setor residencial. No Peru, como já foi mencionado, um usuário pode ter acesso a qualquer opção tarifária, o único problema sendo o financiamento para o equipamento de medição.

#### **4.5.3. Tarifa binômica para o setor residencial**

No Peru, o setor residencial é o maior responsável pela ponta do sistema elétrico, principalmente devido ao serviço de iluminação residencial que se intensifica entre as 18:00 e as 23:00 horas. Antes da nova lei do setor elétrico, praticava-se uma tarifa exclusiva para o setor residencial, onde o faturamento era baseado na medição do consumo de energia elétrica.

Com a nova lei do setor elétrico, um usuário residencial não tem restrição de acesso a outras tarifas, no entanto, devido aos custos que implica um medidor complexo, adequado para tarifas horo-sazonal, ainda existe uma opção tarifária que consiste em faturar a medição simples da energia mensal denominada Tarifa BT5. Atualmente, o setor residencial e comercial em baixa tensão utiliza a tarifa BT5.

O principal defeito da tarifa BT5 é que, por considerar implicitamente uma potência de ponta, prejudica aos usuários cuja máxima demanda fica fora da ponta do

sistema e, por outro lado, não transmite ao usuário o que custa a potência de ponta. Portanto, uma medida racional é implementar a tarifa binômia para o setor residencial.

Analisemos comparativamente a tarifa BT5 e uma tarifa monômia, com os seguintes preços vigentes a partir de maio de 1996 (incluído impostos):

**Tarifa monômia (BT5)**

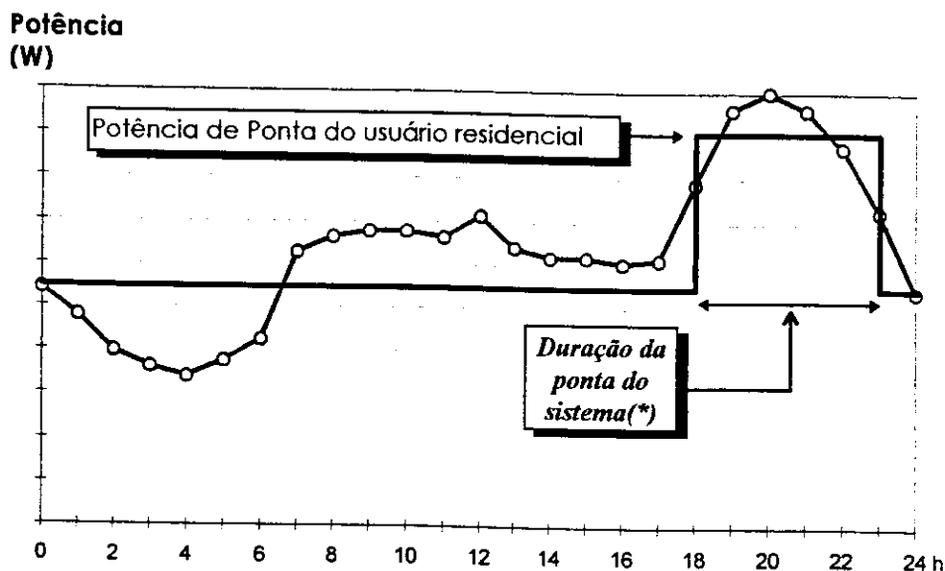
- Cargo fixo : US\$ 0,07/cliente
- Energia : US\$ 0,121/kWh

**Tarifa binômia**

- Cargo fixo : US\$ 1,81/cliente
- Energia em Ponta : US\$ 0,084/kWh
- Energia fora de Ponta : US\$ 0,045/kWh
- Potência de Ponta : US\$ 24,76/kW-mês

Duração de ponta do sistema: 5 horas

Para simplificar os cálculos, consideremos a seguinte curva de carga:



(\*) A duração da ponta do usuário residencial não necessariamente coincide com a duração da ponta do sistema elétrico

Se efetuamos os cálculos para um determinado consumo de energia mensal para diferentes potências de ponta, que coincidem com a duração da potência da ponta do sistema, temos resultados tais como os da Tabela 4.5.1.

Observa-se que, dependendo da potência de ponta do consumidor residencial - sempre que coincida com a duração da potência de ponta do sistema - existem consumidores que pagam mais ou menos com a Tarifa BT5, isto é, o que realmente deveriam pagar ao utilizar uma tarifa binômica. Por exemplo, se o consumo mensal do usuário for igual a 500 kWh, com Tarifa BT5 paga US\$ 61,31. No entanto, se a sua potência de ponta for igual a 500W, com tarifa binômica paga US\$ 39,63 (35% menos). Por outro lado, se sua potência de ponta for igual a 2000W, o pagamento correspondente é US\$ 85,48, ou seja 40% a mais do que com Tarifa BT5.

Como outro exemplo, temos um usuário cujo consumo de energia elétrica é igual a 300 kWh/mês, e sua conta mensal com tarifa BT5 é igual a US\$ 37,1. Com tarifa binômica, caso a potência de ponta coincidente com a ponta do sistema fosse igual a 500W, a sua conta será igual a US\$ 30,6, ou seja, paga menos. Por outro lado, se a sua potência de ponta fosse igual a 1.400 W, a sua conta resultante é igual a US\$ 58,1, ou seja, neste caso paga mais pelo mesmo serviço. Na Figura 4.5.2, apresentam-se, para quatro casos de consumo mensal de energia, a variação da conta com tarifa binômica em função de potência de ponta.

O fato é que, como a maioria dos usuários tem uma ponta coincidente com a do sistema, a sua fatura de consumo energético seria maior, se praticasse a tarifa binômica em lugar de tarifa BT5. Conseqüentemente, os usuários residenciais 'afetados' com a nova tarifa seriam estimulados a reduzir o seu consumo de energia.

Atualmente, o problema de implementação é o custo do medidor eletrônico (aproximadamente US\$ 1.400) e a taxa de financiamento de mercado (18% em dólares). Não obstante, segundo o fornecedor de medidor ABB, um medidor simplificado que efetua as medições de potência e energia adequada para tarifas monômicas (neste caso, não mede tensão, corrente e frequência de rede), pode custar apenas US\$ 600. Por outro lado, se assumimos que, considerando que uma aquisição em grande quantidade pode ter custo resultante igual a US\$ 500, a conta mensal pelo medidor com financiamento a 18% anual em 5 anos seria igual a US\$ 12,3. Ainda a este custo será, de fato, elevado para 80% da população de Lima, cuja renda mensal é inferior a 100 US\$.

**Tabela 4.5.1** Comparação de custo mensal (US\$/mês) com tarifa monômnia BT5 e tarifa binômnia (Energia em ponta + Energia fora de ponta + Potência de Ponta) em função da potência de ponta do usuário residencial nas horas de duração da ponta do sistema.

Cons. mens. kWh/m	Com BT5 US\$/m	Com Tarifa Binômnia (US\$/mês)								
		Para Potência de Ponta nas horas de ponta do sistema (W)								
		0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
100	12,82	6,32	13,96	21,60	-	-	-	-	-	-
150	18,88	8,57	16,21	23,86	31,50	39,14	-	-	-	-
200	24,94	10,83	18,47	26,11	33,75	41,39	49,03	-	-	-
250	31,01	13,08	20,72	28,36	36,00	43,65	51,29	58,93	-	-
300	37,07	15,34	22,98	30,62	38,26	45,90	53,54	61,18	68,82	76,46
350	43,13	17,59	25,23	32,87	40,51	48,15	55,79	63,44	71,08	78,72
400	49,19	19,84	27,48	35,13	42,77	50,41	58,05	65,69	73,33	80,97
450	55,25	22,10	29,74	37,38	45,02	52,66	60,30	67,94	75,59	83,23
500	61,31	24,35	31,99	39,63	47,27	54,92	62,56	70,20	77,84	85,48
550	67,37	26,61	34,25	41,89	49,53	57,17	64,81	72,45	80,09	87,73
600	73,43	28,86	36,50	44,14	51,78	59,42	67,06	74,71	82,35	89,99
650	79,50	31,11	38,75	46,40	54,04	61,68	69,32	76,96	84,60	92,24
700	85,56	33,37	41,01	48,65	56,29	63,93	71,57	79,21	86,86	94,50
750	91,62	35,62	43,26	50,90	58,54	66,19	73,83	81,47	89,11	96,75
800	97,68	37,88	45,52	53,16	60,80	68,44	76,08	83,72	91,36	99,00
850	103,74	40,13	47,77	55,41	63,05	70,69	78,34	85,98	93,62	101,26
900	109,80	42,38	50,02	57,67	65,31	72,95	80,59	88,23	95,87	103,51
950	115,86	44,64	52,28	59,92	67,56	75,20	82,84	90,48	98,13	105,77
1000	121,93	46,89	54,53	62,17	69,82	77,46	85,10	92,74	100,38	108,02

**Premissas:**

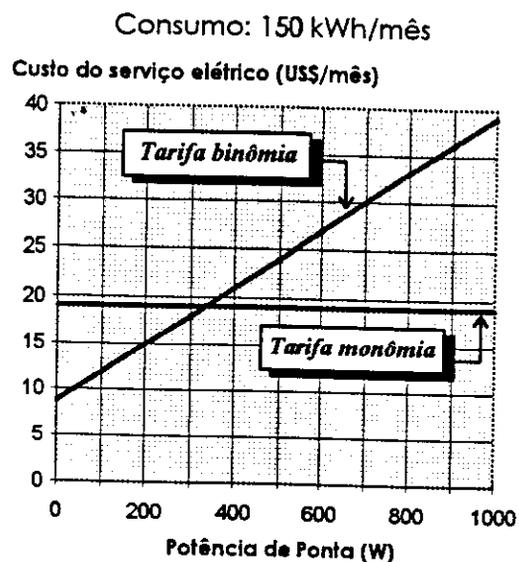
**Tarifa monômnia (BT5)**

- Cargo fixo : US\$ 0,07/cliente
- Energia : US\$ 0,121/kWh

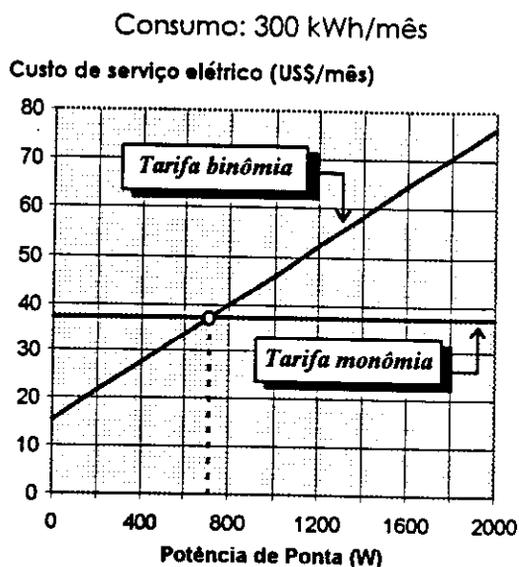
**Tarifa Binômnia**

- Cargo fixo : US\$ 1,81/cliente
- Energia em Ponta : US\$ 0,084/kWh
- Energia fora de Ponta : US\$ 0,045/kWh
- Potência de Ponta : US\$ 24,76/kW-mês

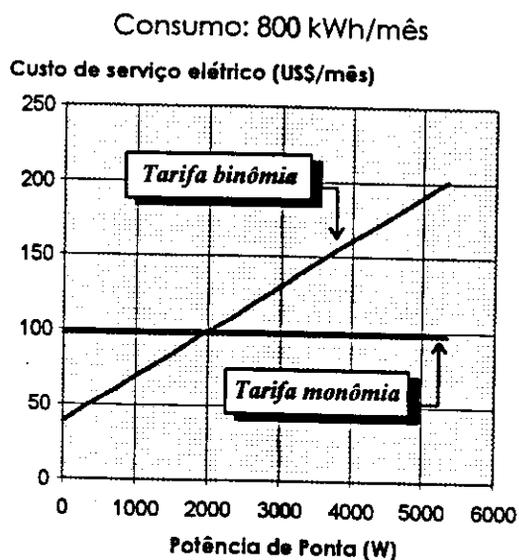
Duração de ponta do sistema: 5 horas



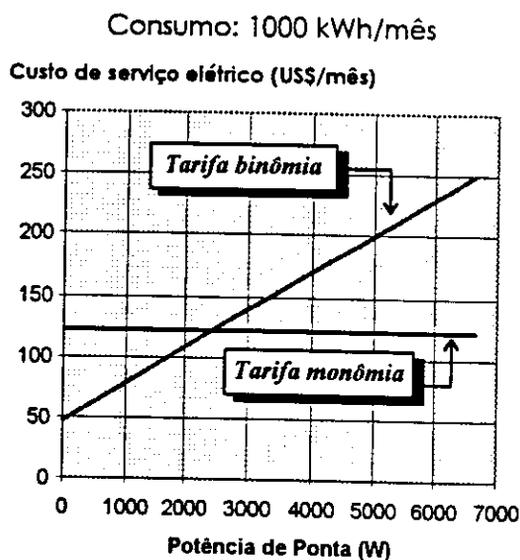
Potência de indiferença = 337,3 W



Potência de indiferença = 711,0 W



Potência de indiferença = 1.956,7 W



Potência de indiferença = 2.454,9 W

Figura 4.5.2 Comparação de custo de serviço de fornecimento de energia elétrica para o setor residencial com tarifa monômia e binômia.

#### 4.6. Criação do mercado de “Negawatts” através de empresas de serviços energéticos

Uma condição essencial para ampliar a penetração de tecnologias eficientes no mercado é, sem dúvida, a criação de um mercado de “Negawatts” por meio de empresas de serviços energéticos.

Neste trabalho, consideram-se “negawatts”, em sentido figurado, ao fato de que medidas de eficiência energética implicam em uma diminuição de energia. Em outras palavras, tem-se uma quantidade de energia elétrica - expressa tipicamente em megawatts (unidade de energia elétrica igual a  $10^6$  W) - negados ao sistema como consequência da substituição de equipamentos convencionais pelos eficientes.

Nos Estados Unidos, um método de eficiência energética em usos finais de energia consiste na compra de energia conservada pela empresa de eletricidade a uma empresa de serviço energético denominada ESCO (*Energy Service Company*). A ESCO investe em eficiência energética nas instalações dos consumidores, com um determinado custo de energia conservada média (US\$/kWh) e vende a um preço de energia conservada (US\$/kWh) que inclui os seus ganhos. Se o preço de energia conservada for menor que o preço que implica por à disposição do usuário final a energia elétrica (geração + transmissão + distribuição), os usuários e a empresa são beneficiados<sup>[Dut95]</sup>.

A regulação do setor elétrico nos EUA exige que as empresas de eletricidade realizem medidas de eficiência energética em usos finais, conhecidas como programas DSM (*Demand Side Management*). Neste contexto, as ESCOs têm aceitação principalmente devido ao fato de que as empresas de eletricidade nos EUA são verticalmente integradas (a redução da receita em distribuição justifica-se pelo custo evitado em geração).

A implementação das empresas de serviço energético no Peru requer um tratamento diferente, devido a que as empresas de eletricidade são desverticalizadas (empresas de geração com concorrência, empresas de transmissão com livre acesso e empresas de distribuição reguladas para clientes com potência inferior a 1 MW). Neste contexto, o maior obstáculo para a implementação de medidas de eficiência energética é a concessionária de distribuição, cujas receitas seriam reduzidas pelas medidas de conservação.

Não obstante, a criação de empresas de serviços energéticos é possível de duas maneiras. Em primeiro lugar, temos o fomento à constituição de empresas de serviço energético em um contexto de livre mercado. A regulação do setor elétrico não impede que uma empresa (seja a concessionária ou um terceiro) faça investimentos nas instalações dos consumidores de energia elétrica. Portanto, seria necessário apenas um impulso inicial para o desenvolvimento das empresas de serviço energético. Neste caso, as entidades de conservação de energia tem um papel importante para atingir os seus objetivos. Sua função seria reunir dois elementos: os entes financiadores e o pessoal técnico para apresentar o potencial de negócios em eficiência energética. A idéia é criar um mecanismo financeiro tipo TPF (*Third Party Financing*), onde os agentes são o usuário final, a empresa de serviços energéticos e o financiador.

O TPF é um conceito de mecanismo financeiro que possibilita a execução de projetos de conservação de energia. Neste contexto, o conceito de empresa de serviços energéticos é fundamental para o sucesso das TPF. Uma ESCO deve possuir uma combinação de engenharia, habilidades financeiras e de marketing, além de ser capaz de proporcionar os serviços de auditoria, instalação, operação, manutenção e atividade financeira [Wee93].

O conceito TPF tem grandes vantagens<sup>[Wee93]</sup>:

- Facilidade para os usuários finais que não possuem capital para financiar medidas de conservação.
- As terceiras partes assumem todo o risco que poderia ocorrer na conservação de energia.
- Facilidade para os usuários finais que não podem determinar qual equipamento seria mais adequado para as suas instalações.
- Facilidade para os usuários finais, que ainda podem fazer outros investimentos, enquanto colhem os benefícios da conservação de energia.

Uma segunda alternativa para o desenvolvimento das empresas de serviço energético é a sua incorporação na regulação do setor elétrico. O principal aspecto é o fato de que uma redução da demanda -mediante o uso eficiente da energia - é equivalente a um aumento na geração de eletricidade mais as perdas respectivas de transmissão e de distribuição. Portanto, as empresas de serviço energético poderiam concorrer com a comercialização dos “negawatts”. A possibilidade de criar um mercado de “negawatts” é maior em um contexto regulado do que em um clima de desenvolvimento espontâneo.

O mercado de “negawatts” regulado requer algumas considerações:

- O alvo das medidas de eficiência energética devem ser os grupos de clientes com um comportamento de consumo de energia elétrica historicamente estável (por exemplo, usuários residenciais, edifícios públicos, entre outros). Esta condição se deve principalmente à dificuldade de estimar a quantidade de energia conservada. Tratando-se destes clientes, a confiabilidade da estimação de energia conservada é aceitável.

- A metodologia para estimar as medidas de conservação de energia deve ser previamente definida pelo regulador. A estimativa deve considerar sobretudo os dois principais parâmetros, isto é, a energia e a potência conservada.
- A estimativa da energia conservada deve ser feita por agentes independentes, previamente autorizados pelo regulador.
- A energia conservada (ou os “negawatts”) se recebe durante a vida útil das medidas de conservação.
- Os contratos de compra e venda dos “negawatts” se devem realizar entre o operador do sistema e as empresas de serviços energéticos que apresentem a maior economia de energia ao menor custo.
- A compensação às empresas de serviços energéticos se deve basear na verificação dos resultados das medidas de conservação efetuadas.

## 4.7. As consequências do processo de transformação do mercado

A transformação do mercado, ou seja, o desenvolvimento do mercado de eficiência energética em usos finais, é vantajoso para os consumidores, para a concessionária de distribuição, para a sociedade em geral e o meio ambiente.

### 4.7.1. Junto aos consumidores residenciais

O principal impacto da penetração de tecnologias eficientes no mercado de usos finais é a economia de dinheiro para os consumidores que adotam as medidas de eficiência energética em suas respectivas instalações. Neste trabalho, estima-se um potencial de economia de dinheiro, em valor presente, para os consumidores residenciais de Lima, igual a US\$ 824,97 Milhões, correspondente à energia conservada. Na Tabela 4.7.1, apresenta-se a economia correspondente a cada opção de eficiência energética proposta para o setor residencial de Lima metropolitana.

**Tabela 4.7.1 Potencial de economia de dinheiro para usuários finais, devido à energia conservada, para diferentes opções de eficiência energética no setor residencial de Lima Metropolitana no período 1995-2005.**

Opção de eficiência energética	Economia de dinheiro em valor presente (*)
• Incorporação de <i>timer</i> em Aquecedor de Água Elétrico de 80 e 110 litros de uso permanente	US\$ 47,17 Milhões
• Substituição de Reator Eletromagnético por Reator Eletrônico em Lâmpadas Fluorescentes de 40W	US\$ 7,20 Milhões
• Substituição de lâmpadas incandescentes pelas LFCs	US\$ 681,54 Milhões
• Refrigeradores eficientes	US\$ 89,06 Milhões
<b>TOTAL</b>	<b>US\$ 824,97 Milhões</b>

(\*) A economia de dinheiro somente corresponde ao item de energia conservada. Não se considera os custos dos equipamentos.

Obviamente, diante da implementação das medidas de conservação propostas, a economia real seria menor. Por exemplo, se assumimos uma penetração do 30% das

tecnologias eficientes no mercado, neste caso uma economia de aproximadamente US\$ 250 Milhões seria possível. Por outro lado, se consideramos os custos das instalações adicionais, o investidor residencial pode receber uma elevada taxa interna de retorno, tal como se demonstrou no Capítulo 3 (seção 3.1.3). Cabe indicar que esta economia não prejudica o nível de satisfação que os serviços energéticos, objeto de medidas de eficiência energética, oferecem ao usuário residencial.

#### **4.7.2. Junto às concessionárias de distribuição**

As concessionárias de distribuição são contrárias aos programas de conservação, porque deixariam de receber aproximadamente 14% correspondente à economia dos usuários. No entanto, esta perda é aparente, porque no médio e longo prazo seriam beneficiadas já que uma redução no consumo de energia elétrica é virtualmente igual a um incremento na capacidade de oferta. Atualmente, devido ao déficit de oferta, a venda da energia elétrica das geradoras às concessionárias de distribuição está baseada em um contrato entre as partes por um determinado período (por exemplo, para os próximos 4 anos). Segundo este contrato, a geradora não está obrigada a fornecer uma potência maior à aquela estabelecida no contrato, e todo excesso implica uma penalidade (por exemplo, 30% nas horas de ponta). Além disso, a concessionária não pode deslocar a penalidade ao usuário final. Neste caso, toda medida de conservação de energia é, de fato, uma garantia para o atendimento da demanda futura. Por outro lado, instalações adicionais, como incremento de potência em transformadores, reforço de condutores de energia elétrica, podem ser postergadas.

### 4.7.3. Junto à sociedade

Além dos agentes no mercado de eficiência energética que, de fato, são parte da sociedade, o principal impacto para a sociedade, em seu conjunto, são os custos evitados. Pelo lado da demanda, temos uma economia de dinheiro para os usuários. Pelo lado da oferta, temos investimentos evitado ou adiados.

Outro benefício importante para a sociedade é a geração de emprego como consequência do desenvolvimento do mercado de tecnologias eficientes. Por exemplo, a nível de consultoria, de instalações, de fabricação, venda e marketing em eficiência energética. Como demonstração das possibilidades de emprego, podemos citar a experiência dos Estados Unidos onde, em 1991, foram criados 2.350 empregos em programas de eficiência energética em usos finais, em Massachusetts<sup>[INT-13]</sup>.

### 4.7.4. No meio ambiente

Outro impacto positivo das medidas de eficiência energética é a mitigação da poluição ambiental originada em unidades de geração térmica. Estima-se que, para cada unidade de energia conservada (em GWh) se evitam 485 toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para geradores de turbina a gás convencional (38% de eficiência)<sup>[Yan96]</sup> e 1.116 toneladas de CO<sub>2</sub> para geradores a carvão<sup>[Sar96]</sup>.

Por exemplo, tratando-se da substituição de lâmpadas incandescentes pelas LFCs, cujo potencial de conservação de energia em horas de ponta é igual a 6,2 TWh no período 1995-2005, o potencial de poluição evitada correspondente à geradores de turbina a gás seria aproximadamente igual a  $3 \times 10^6$  toneladas de dióxido de carbono no mesmo período.

## Capítulo 5

### Conclusões e recomendações

Segundo o enfoque neoclássico da economia, o livre mercado constitui o melhor mecanismo de alocação ótima de recursos na sociedade. No entanto, é um fato historicamente comprovado que no setor energético a alocação ótima dos recursos não ocorre espontaneamente. Este fato pode ser verificado na sub-utilização dos equipamentos e métodos eficientes que implicam investimentos não necessários para aumentar a oferta. Conseqüentemente, temos um desperdício de recursos econômicos que poderiam ser destinadas a outras prioridades sociais como saúde, educação, entre outros; e, por outro lado, tem-se uma poluição ambiental que também poderia ser evitada com benefícios gerais.

No Peru, o uso de equipamentos ineficientes é predominante. Por outro lado, tem-se atualmente uma crise de oferta em geração elétrica. Portanto, a necessidade de criar condições para incrementar a penetração de tecnologias eficientes no mercado de usos finais é de fundamental importância.

Neste trabalho, procuramos demonstrar que a viabilidade econômica das medidas de conservação de energia no setor residencial de Lima metropolitana é amplamente vantajosa do ponto de visto do usuário final. Todas as medidas de eficiência energética propostas apresentam um custo de energia conservada inferior a US\$ 0,04/kWh, enquanto que a tarifa residencial é US\$ 0,11/kWh.

Por outro lado, observa-se que existe um grande potencial de conservação de energia no setor residencial de Lima que estima-se igual a 8,5 TWh no período 1995-2005. Por conseguinte, existe um grande potencial de negócios em tecnologias eficientes. Desse modo, é preciso criar condições, aos principais agentes, para efetivar uma melhor alocação dos recursos na sociedade.

As condições operacionais para a transformação do mercado propostas neste trabalho são as seguintes:

**[1] Ao nível de governo:**

- É preciso desenvolver e consolidar a liderança governamental no Peru para promover a eficiência energética em usos finais em um contexto de política energética. Portanto uma recomendação é incorporar na política energética a questão da eficiência energética em usos finais.
- A incorporação da eficiência energética em usos finais na regulação. Para complementar a Lei de Concessões Elétricas que considera a eficiência técnica e econômica no lado da oferta, é preciso criar mecanismos regulatórios para obrigar ao setor elétrico a realizar investimentos em eficiência energética ao nível dos usos finais.
- A normalização da eficiência energética em equipamentos é de fundamental importância para desenvolver tecnologias cada vez mais eficientes. A experiência nos EUA e em outros países desenvolvidos demonstra a sua importância no incremento de nível de eficiência energética em equipamentos.
- Um mecanismo fácil que o governo deveria adotar é o controle da importação de equipamentos segundo critérios de eficiência energética. Desta maneira, se reduziria a oferta de equipamentos ineficientes e se incrementaria a oferta de equipamentos eficientes.

**[2] Ao nível dos fabricantes**

- Além da importação de equipamentos eficientes é preciso criar incentivos financeiros para a fabricação de equipamentos eficientes dentro no Peru. Este fato resultaria em aumento da oferta de equipamentos eficientes e na elevação do nível tecnológico da indústria nacional, além de maiores oportunidades de emprego. O principal incentivo para a fabricação de equipamentos eficientes é que o fabricante pode exercer um monopólio temporal até que surjam concorrentes.
- A etiquetagem de equipamentos é outro fator importante para acelerar a penetração de tecnologias eficientes no mercado. É um mecanismo que permite ao comprador escolher o produto em função do nível de eficiência energética. À medida em que os usuários sejam educados em eficiência energética, maior será a efetividade da etiquetagem.

**[3] Ao nível dos usuários**

- A educação do usuário final é outro fator de essencial importância para o desenvolvimento do mercado de eficiência energética. Na atualidade, o problema não é tecnológico, mas um problema de comportamento do usuário. Portanto, uma educação adequada para os usuários finais deve ser enfatizada.
- A meta principal da educação ao usuário final deve ser a criação de “consumidores de eficiência energética”, ou seja, no processo de escolha do equipamento, o nível de eficiência energética deve ser um fator determinante.

**[4] Ao nível de tarifas elétricas**

- Considera-se o sinal tarifário como um fator importante para regular a demanda de energia elétrica em usos finais porque transmite corretamente o custo do serviço. No Peru, praticam-se as tarifas elétricas ao custo

marginal, porém a tarifa monômnia praticada no setor residencial não é suficiente porque não transmite ao consumidor residencial o custo da potência de ponta.

- Um passo significativo seria implementar a tarifa binômnia no setor residencial, deste modo os usuários residenciais com maior potência de ponta durante as horas de ponta do sistema seriam induzidos a economizar o uso da energia e de potência.

**[5] Criação do mercado de “Negawatts” por meio de empresas de serviços energéticos**

Finalmente, estabelecer um mecanismo regulatório que permita a criação de um mercado de “negawatts” é de importância capital para o desenvolvimento do mercado de eficiência energética em Lima metropolitana. As transações dos “negawatts” seriam feitas por meio de empresas de serviços energéticos em um contexto de livre mercado.

Finalmente, podemos afirmar que os principais benefícios, resultantes de uma maior penetração de tecnologia eficientes no mercado de usos finais, seriam:

- Uma grande economia de dinheiro para os usuários residenciais, inclusive para o setor comercial, mantendo a mesma satisfação no serviço energético. Neste trabalho, estima-se um potencial de economia de dinheiro, em valor presente, para os consumidores residenciais de Lima, igual a US\$ 824,97 milhões, correspondente à energia conservada.
- Investimentos evitados na expansão da geração, principalmente em unidades de geração marginal. Por exemplo, para uma potência evitada de 450 MW que corresponde ao potencial de conservação calculada para substituição de lâmpadas

incandescentes pelas LFCs durante a duração da ponta do sistema, tem-se um potencial de economia de US\$ 162 milhões<sup>[\*]</sup>.

- Socialmente, um menor impacto no custo que implica o fornecimento da energia elétrica. Isto significa que, se assumimos um consumo médio mensal de 300 kWh/mês, no período 1995-2005, o potencial de energia conservada equivale a aproximadamente 350.000 novos consumidores residenciais, sem necessidade de investir em unidades de geração. Por outro lado, as medidas de normalização, empresas de serviços energéticos e fabricação de equipamentos eficientes, poderiam criar maiores oportunidades de emprego.
- Em relação ao meio ambiente, uma redução na poluição ambiental como consequência da postergação da instalação de unidades de geração de ponta, que em geral, são de origem térmica. Para o cenário correspondente a substituição de lâmpadas incandescentes pelas LFCs, estima-se que potencialmente,  $3 \times 10^2$  toneladas de dióxido de carbono poderiam ser evitadas no período 1995-2005.

---

[\*] Calcula-se considerando unidades de geração a gás que operam nas horas de ponta do sistema, cujo custo referencial é US\$ 360/kW.

## ANEXO A

**Características dos programas de incentivo ao uso de lâmpadas eficientes:  
uma visão mundial**

Fonte: Plautius S. André Filho (Cesp): "Programas de incentivo ao uso de lâmpadas eficientes: uma visão mundial". *EM Electricidade Moderna*. Vol XXIII, Nº 257, Agosto 1995, pp. 104-114.

1/7

PAIS	EUA	EUA
Empresa:	UI - United Illuminating	LADWP - Departamento de Aguas e Energia de Los Angeles
Nome do programa	Better Bulb	Programa piloto do LADWP
Mercado-alvo	Residencial	Residências de baixa, média e alta renda
Tipo de equipamento	LFCs diversas	LFCs de 13, 15, 18, 20, 22, 27, 28 W
Nº de consumidores envolvidos	276 500	8462
Duração / Período	Desde agosto de 91, permanente	2 semanas
Local de instalação do equipamento	salas de estar e cozinhas	Diversos pontos da residência
Método	Cupons de promoção e desconto enviados pelo correio; balcão de anúncio e grande mídia	Programa de porta em porta com instalação direta
Desconto	60%	-
Forma de pagamento pelo consumidor	à vista	
Nº de equipamentos vendidos:	- 18 W: 4225 (1990) e 18680 (1991); e - 11 a 18 W: 3325 (1992)	21650 LFCs
Preço de equipamento	US\$ 5, 9 e 11 (respectivamente)	gratuito, doação (US\$ 15 para a concessionária; pesquisa: US\$ 47 por residência)
Serviço oferecido	porta em porta, aliado Lions Club	instalação direta
Redução do consumo	433,60 MWh/ano	4 h/dia de uso de LFC (1,95 Gwh/ano, 247 kW demanda no pico)
Tempo de retorno	-	-
Média de lâmpada/residência:	2	2,5

2/7

PAIS	EUA	EUA	EUA
<b>Empresa:</b>	NEES - New England Power Service	PG&E - Pacific Gas Company	CMPC - Central Maine Power Company
<b>Nome do programa</b>	Energy Fitness	CFL Pacific Gas	Operação Light Witch
<b>Mercado-alvo</b>	Residências de baixa renda	Residências e varejistas de iluminação	Residencial
<b>Tipo de equipamento</b>	LFC (9 e 13 W) e tubular (16 e 22 W)	LFC 18 W (56%) LFC 27 W (44%)	LFC (de 18 a 20 W)
<b>Nº de consumidores envolvidos</b>	37 215	-	13 000
<b>Duração / Período</b>	3 anos (de 89 a 91)	a partir de 1990	3 etapas, 2 semanas, 1989
<b>Local de instalação do equipamento</b>	-	aparelhos finos em paredes/tetos, principalmente sala de jantar	sala de estar (27%); quartos (17%); cozinhas (16%)
<b>Método</b>	De porta em porta, blitz na vizinhança	Cupom-desconto com conta de luz; mala-direta a consumidores pré-selecionados e reembolso postal gratuito	Cupom-desconto na conta de energia com mercado varejista; varias formas de mídia; e Lions c/aliados
<b>Desconto</b>	-	50%	85%
<b>Forma de pagamento pelo consumidor</b>	-	à vista	-
<b>Nº de equipamentos vendidos:</b>	- 9 W: 47099; - 13 W: 69913; - 16 W: 39280; - 22 W: 39746; e - Total: 196038	-	- 81000 halógenas; - 85200 LFCs (15W); - 171000 LFCs (15 a 18W); - Total: 437200
<b>Preço de equipamento</b>	gratuito	-	de US\$ 20 por US\$ 3; e de US\$ 20 por US\$ 4 a 5
<b>Serviço oferecido</b>	instalação direta	-	venda de porta em porta
<b>Redução do consumo</b>	493 kWh/ano (1989); 295 kWh/ano (1990); 143 kWh/ano (1991)	medição com equipamento p/verificar as horas de uso das lâmpadas: 3,1 h/dia	- 92000 kWh durante vida útil de lâmpada; - 89 kWh/ano de economia/lâmpada; - Redução da demanda: 1454 kW/ano, 4 h/dia de uso
<b>Tempo de retorno</b>	-	-	1 ano e 6 meses
<b>Média de lâmpada/residência:</b>	5,3	3,9	3

3/7

PAIS	DINAMARCA	DINAMARCA	DINAMARCA
<b>Empresa:</b>	<i>Nesa</i>	<i>EFFQ</i>	<i>BHHH</i>
<b>Nome do programa</b>	-	-	-
<b>Mercado-alvo</b>	vários grupos, principalmente residencial	Residencial, não residencial, de eletricitistas, empregados da EFFQ e construtores residenciais	Residencial
<b>Tipo de equipamento</b>	LFC eletrônica de 11 ou 13 W	LFC	LFC
<b>Nº de consumidores envolvidos</b>	mala-direta para 460000 consumidores	2500 residências, em três fases	470000 residências, 14,9% do total
<b>Duração / Período</b>	2 a 3/90		
<b>Local de instalação do equipamento</b>	diversos	diversos	diversos
<b>Método</b>	Envio de mala-direta e propaganda. Limite de cinco lâmpadas por residência		Varejista diminuiu o preço por conta própria
<b>Desconto</b>	40%, devido à redução de lucros dos fabricantes e varejistas	100% (1°); 50% (2°); e, 30% (3°)	
<b>Forma de pagamento pelo consumidor</b>	débito em conta de energia (de 3 a 11 meses para pagar) e operação pagamento à vista		6 a 10 meses na conta de energia
<b>Nº de equipamentos vendidos:</b>	345000 LFCs (dos quais 200000 para consumidores Nesa, sendo 2/3 pagos via conta luz); média de vendas: 4,5 LFCs por residência	Lâmpadas: 15000 (1°), 10000 (2°) e 5000 (3°)	LFCs vendidas: média de 2,5/consumidor
<b>Custo do programa</b>	-		
<b>Preço de equipamento</b>	17,10 ECUs (preço normal era 27,60 ECUs). Consumidores Nesa pagaram o total de 2,8 milhões de ECUs (total)		US\$ 7/LFC; US\$ 14/LFC/ELT
<b>Serviço oferecido</b>	Divulgação da campanha, com difusão de informações	Equipamento com instalação direta (1°); pague 1, leve 2 (2°); desconto (3°)	
<b>Redução do consumo</b>	8 MW (fator de pico); 10 GWh para 200000 LFCs/ano		
<b>Tempo de retorno</b>	2,8 anos ou 35% de duração de LFC		
<b>Média de lâmpada/residência:</b>	-		

4/7

PAIS	DINAMARCA	MEXICO	CARIBE
Empresa:	Arke	O setor elétrico e institutos de pesquisa e iluminação, envolvendo o Banco Mundial	Envolvendo a Ademe, o French Environmental Protection e a EDF
Nome do programa	-	Proyecto Ilumex	-
Mercado-alvo	Residencial	Residência de baixa renda e classe tarifaria deficitária	Residencial
Tipo de equipamento	LFC	LFC	LFC eletrônica de 15 W
Nº de consumidores envolvidos	24000	-	12200 compraram 8 LFCs cada. Adicional: 32000
Duração / Período	-	2 anos, com inicio em 91	um dia e meio, em maio de 1992
Local de instalação do equipamento	-	-	-
Método	Informativo anexo à conta de energia. A Arke pagou US\$ 12,70 por conta	-	-
Desconto	-	-	-
Forma de pagamento pelo consumidor	Desconto na conta de energia	-	Pagamento na conta de energia elétrica em seis vezes (18 meses)
Nº de equipamentos vendidos:	8500 LFCs	-	100 000 lâmpadas em 80 revendedores. Adicional: mais 280000 LFCs
Custo do programa	-	-	-
Preço de equipamento	US\$ 17	-	US\$ 16,50
Serviço oferecido	Entrega domiciliar da LFC	vendas diretas	Cupons fornecidos pela EDF com o desconto; propaganda e divulgação da campanha
Redução do consumo	-	-	-
Tempo de retorno	-	-	-
Média de lâmpada/residência:	-	-	-
			A tarifa deficitária foi uma das razões do programa. Antes do programa, apenas 1000 eram vendidas em um ano

5/7

PAIS	EUA	EUA
<b>Empresa:</b>	<i>Orange e Rockland Utilities, Inc.* e Free Lighting Capacition**</i>	<i>Pepco's Save and Save Again Program</i>
<b>Nome do programa</b>	-	Pepco Save Again
<b>Mercado-alvo</b>	Residencial	Residencial
<b>Tipo de equipamento</b>	Não especificado**, a maioria LFC	LFC
<b>Nº de consumidores envolvidos</b>	7300 residências; 3,7 lâmpadas por residência, 27000 lâmpadas	-
<b>Duração / Período</b>	16 meses (2 campanhas, 4900 casa de 1 a 10/91 e 2800 casas de 11/91 a 5/92)	1994
<b>Local de instalação do equipamento</b>	locais iluminados no mínimo 3h/dia (limitou o nº de lâmpadas e o pagamento); ** qualquer local	diversos
<b>Método</b>	** programa prevê multa num prazo de 10 anos por abandono	-
<b>Desconto</b>	-	Cupons com vários produtos, desconto de US\$ 15 por unidade
<b>Forma de pagamento pelo consumidor</b>	-	-
<b>Nº de equipamentos vendidos:</b>	267000 lâmpadas, média de 12,8 LFCs/cliente em Nova York e 16,6 LFCs/cliente em New Jersey	-
<b>Custo do programa</b>	US\$ 0,4/kWh	-
<b>Preço de equipamento</b>	lâmpadas: US\$ 21,10 e US\$ 22,50	-
<b>Serviço oferecido</b>	Instalação direta (empreiteira); acompanhamento por telefone e/ou inspeção: 100% de instalação	Instruções para otimizar sistema de iluminação
<b>Redução do consumo</b>	-	-
<b>Tempo de retorno</b>	-	-
<b>Média de lâmpada/residência:</b>	Limitou o número de troca a duas lâmpadas	-

6/7

PAIS	BRASIL	SUECIA
<b>Empresa:</b>	<i>Cemig e Eletrobrás</i>	<i>Stockols Energy</i>
<b>Nome do programa</b>	-	-
<b>Mercado-alvo</b>	Residencial	Residencial
<b>Tipo de equipamento</b>	LFC de 11 e 13 W	LFC
<b>Nº de consumidores envolvidos</b>	514 (4 a 5 lâmpadas fluorscentes compactas)	35 000
<b>Duração / Período</b>	Ano de realização: 1988	cinco semanas
<b>Local de instalação do equipamento</b>	-	-
<b>Método</b>	-	-
<b>Desconto</b>	100%	30% (US\$ 7,50)
<b>Forma de pagamento pelo consumidor</b>	-	-
<b>Nº de equipamentos vendidos:</b>	2999 LFCs vendidas	116 000 LFCs em 12 programas
<b>Custo do programa</b>	Valor total: US\$ 180653 (81,9% Procel e 18,1% Cemig)	-
<b>Preço de equipamento</b>	-	-
<b>Serviço oferecido</b>	Mão-de-obra para medição, substituição do equipamento	Venda com desconto
<b>Redução do consumo</b>	136 kW - 10,5 kWh, 114% do ramal do alimentador	-
<b>Tempo de retorno</b>	-	-
<b>Média de lâmpada/residência:</b>	-	1,8 sobre o programa, limite de 1 por consumidor.
<b>Observações</b>	-	O 3º programa vendeu 16 000 LFCs

7/7

PAIS	ALEMANHA	ALEMANHA
Empresa:	<i>Energic Versorgen</i>	<i>Energic Versorgen</i>
Nome do programa	-	-
Mercado-alvo	Residencial	Residencial
Tipo de equipamento	LFC	LFC
Nº de consumidores envolvidos	120 000	800 000 (8% de participação)
Duração / Período	3 meses	90 dias
Local de instalação do equipamento	-	-
Método	cupons válidos para compra de 1 ou 2 LFCs	Máximo 1 lâmpada por consumidor
Desconto	50%. concessionária pagou US\$ 12	-
Forma de pagamento pelo consumidor	-	-
Nº de equipamentos vendidos:	-	-
Custo do programa	-	Custo de energia conservada: ctvUS\$ 1,7 /kWh
Preço de equipamento	US\$ 6/lâmpada	US\$ 6/lâmpada
Serviço oferecido	-	Cupom-desconto
Redução do consumo	-	-
Tempo de retorno	-	-
Média de lâmpada/residência:	-	-
Observações	-	-

## ANEXO B

## Níveis Sócio Econômicos - Peru (1993 / 1994)

	A	B	C	D	E
Denominação	ALTO	MÉDIO	BAIXO	MUITO BAIXO	INDIGENTE
Raça	Branca	Branca Mestiça	Mestiça	Mestiça	Diversas
Educação Chefe de domicílio	Superior	Superior	Superior Secundaria	Secundaria Primaria	Sim educação Primaria
Colégio de filhos	Privado	Privado	Estadual	Estadual	Estadual
Ocupação Chefe de domicílio	Empresário Executivo	Profissional Executivo	Comerciantes Empregados	Comerciantes Técnicos Obreiros	Artesãos Mano de obra
Ingresso mensal media (US\$)	3754	838	353	202	87
Posse de automóvel (%)	97	45	6	0	0
Posse de refrigerador (%)	100	98	80	29	3
Posse de telefone (%)	100	70	16	1	0
Posse de TV a Cores (%)	97	76	36	9	1
Posse de eletrodomésticos(nú mero médio)	27	18	10	6	2

Fonte: *Apoyo S.A.*

## ANEXO C

Distribuição da População por Nível Sócio Econômico de Lima Metropolitana -  
Censo 1993

NÍVEL SÓCIO ECONÔMICO	POPULAÇÃO		DOMICÍLIOS		RENDA MENSAL PER CAPITA
A	220.898	3,48%	54.760	4,03%	990
B	1.047.324	16,51%	238.028	17,51%	217
C	2.115.268	33,34%	450.057	33,10%	84
D	2.960.400	46,67%	616.750	45,36%	47
TOTAL	6.343.890	100,00%	1.359.595	100,00%	-

Fonte: *Instituto Nacional de Estadística e Informática - Perú*

## ANEXO D

### Sistema Económicamente Adaptado

- **Fonte:** Comisión de Tarifas Eléctricas - Sector Energía y Minas (Perú):  
"Resolución N° 001-94 P/CTE Procedimientos y Calculos Tarifarios".  
Lima, Abril de 1994

Uno de los aspectos mas relevantes de la Ley es la intención de promover la eficiencia del sector eléctrico con la introducción del concepto de "Sistema Económicamente Adaptado".

Según la Ley de Concesiones Eléctricas en el sentido amplio "Es aquel sistema eléctrico en el que existe una correspondencia de equilibrio entre la oferta y la demanda de energía, procurando el menor costo y manteniendo la calidad del servicio."

En los sistemas de distribución, "Un sistema de distribución económicamente adaptado es el resultado de una instalación eléctrica optimizada bajo los criterios técnicos de continuidad, confiabilidad, calidad de suministro y costos eficientes, destinada a prestar servicio de electricidad de tal forma que exista correspondencia de equilibrio entre la oferta y la demanda de energía."

Los criterios que se toman en cuenta para la estructuración del sistema económicamente adaptado son los siguientes:

#### A. CONTINUIDAD

Este criterio refleja en el diseño de un sistema de distribución la magnitud de las inversiones que se deben de ejecutar de manera que las fallas técnicas que se presenten en él sean eliminadas y que el tiempo medio de falla sea reducido a través de los equipos de protección necesarios para dicho fin.

El nivel de duración de fallas permisibles en un sistema económicamente adaptado depende del sector que se desea servir de manera de cumplir con lo contemplado en la Ley de Concesiones Eléctricas en su artículo N° 86, que establece que la interrupción total o parcial del suministro eléctrico en forma continua no debe ser mayor de cuatro horas.

#### B. CONFIABILIDAD

El nivel de confiabilidad que un sistema de distribución espera proveer, está determinado por la cantidad de instalaciones alternas que tiene para eliminar fallas que pueden ocurrir, de modo que el cliente final no perciba la falta del servicio eléctrico.

Desde el enfoque del sistema económicamente adaptado para la aplicación de este criterio, se debe considerar cuánto más el cliente estaría dispuesto a pagar con tal que no se corte el suministro. Así por ejemplo los niveles de confiabilidad serán distintos en un sector industrial, comercial, y otros clientes en sectores focalizados.

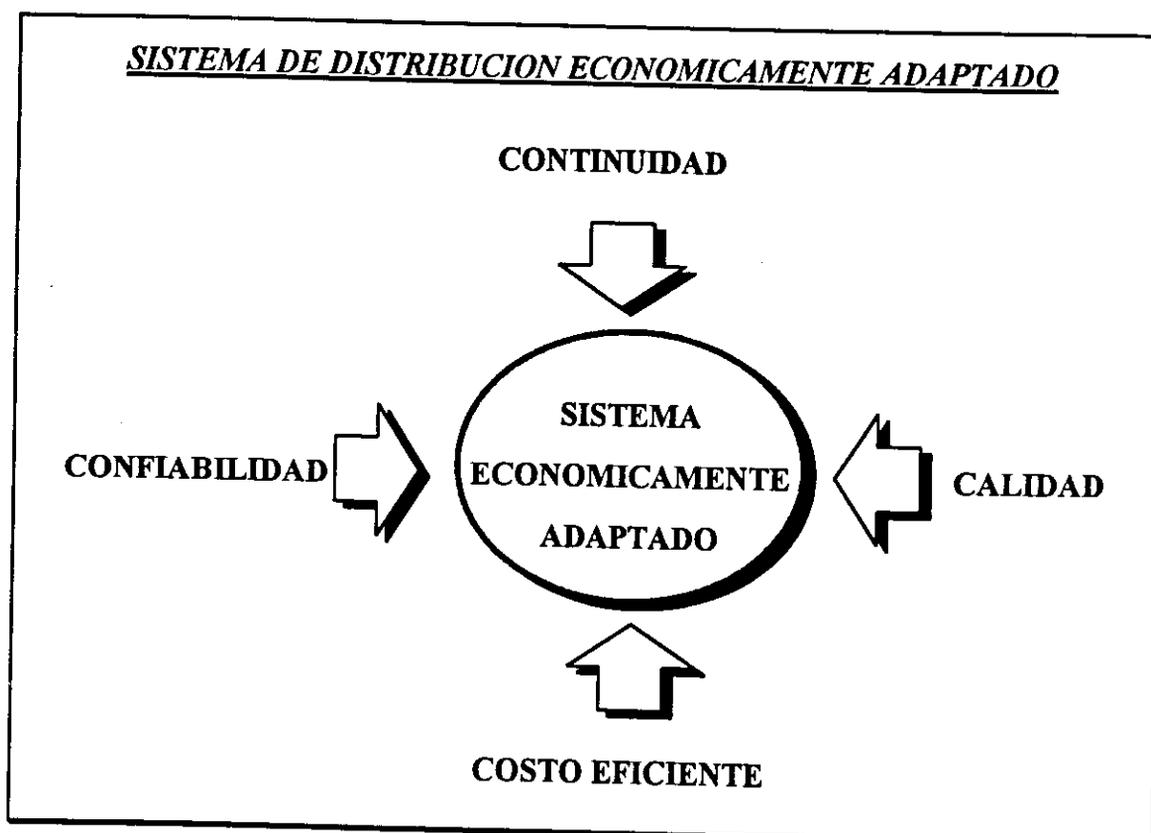
### C. CALIDAD DE SUMINISTRO ELECTRICO

El nivel de calidad de suministro eléctrico de un sistema de distribución está referido a los niveles de calidad de la forma de la onda de tensión sujeta a los niveles de caída de tensión, efecto flicker, variaciones de tensión, armónicas, etc. En el marco de sistemas económicamente adaptado se han considerado los niveles máximos de caída de tensión permisibles en la regulación del servicio. La eliminación del efecto flicker y otras anomalías de la onda de tensión que podría producir una mayor inversión no se han tomado en cuenta, debido a que las normas técnicas nacionales no contemplan aún la exigencia de mantener un cierto nivel de calidad al respecto.

### D. COSTOS EFICIENTES

El criterio de costos eficientes que se aplica a un sistema económicamente adaptado está referido a los costos óptimos a adoptarse en la valorización de las instalaciones eléctricas, costos de operación y mantenimiento e infraestructura para el funcionamiento de una empresa distribuidora, según el sector típico.

Al analizar los costos de inversión, se cuestionan aquellas instalaciones cuyo valor de oportunidad sea distinto a la solución de mínimo costo aplicable a un determinado sector con la tecnología y costo unitario de mercado.



## ANEXO E

## Opções Tarifárias no Peru

Opção	Descrição
MT2	2E2P Dupla medição de energia e dupla medição ou contratação de potência, media tensão
MT3P	2E1P Dupla medição de energia e simples medição ou contratação de potência, media tensão, clientes classificados "de ponta"
MT3FP	2E1P Dupla medição de energia e simples medição ou contratação de potência, media tensão, clientes classificados "fora de ponta"
MT4P	1E1P Simples medição de energia e simples medição ou contratação de potência, media tensão, clientes classificados "de ponta"
MT4FP	1E1P Simples medição de energia e simples medição ou contratação de potência, media tensão, clientes classificados "fora de ponta"
BT2	2E2P Dupla medição de energia e dupla medição ou contratação de potência, baixa tensão
BT3P	2E1P Dupla medição de energia e simples medição ou contratação de potência, baixa tensão, clientes classificados "de ponta"
BT3FP	2E1P Dupla medição de energia e simples medição ou contratação de potência, baixa tensão, clientes classificados "fora de ponta"
BT4P	1E1P Simples medição de energia e simples medição ou contratação de potência, baixa tensão, clientes classificados "de ponta"
BT4FP	1E1P Simples medição de energia e simples medição ou contratação de potência, baixa tensão, clientes classificados "fora de ponta"
BT4AP	1E1P Simples medição de energia e simples medição ou contratação de potência, baixa tensão, clientes classificados "de iluminação público"
BT5	1E Simples medição de energia, baixa tensão
BT6	1P Simples contratação de potência, baixa tensão

## ANEXO F

## Evolução das Tarifas Elétricas no Peru

Ano	PRECIO MEDIO DE ELECTRICIDAD ( US\$ cents/kWh )				
	Residencial	Industrial	Comercial	Otros	Média Aplicável
1975	2.74	2.51	6.99	2.74	2.91
1976	2.74	2.51	6.99	2.74	2.87
1977	2.28	2.58	6.02	2.39	2.66
1978	2.15	2.85	6.18	2.38	2.76
1979	2.47	3.27	7.27	2.68	3.17
1980	2.46	3.85	8.41	2.87	3.52
1981	3.15	4.86	10.75	3.69	4.54
1982	3.47	5.22	12.07	4.13	4.93
1983	2.66	4.19	9.11	2.97	3.91
1984	3.09	4.59	10.65	3.80	4.37
1985	2.82	4.47	10.49	3.86	4.23
1986	2.69	4.22	12.08	4.10	4.15
1987	2.61	4.13	13.53	4.14	4.15
1988	1.63	3.10	9.30	2.90	2.93
1989	0.75	3.09	7.31	2.38	2.40
1990	3.30	5.06	10.03	6.89	4.90
1991	3.61	4.51	8.71	6.69	4.71
1992	7.04	4.84	9.61	7.44	6.43
1993	5.96	4.56	7.69	6.78	5.59
Jan 94	7.31	5.18	9.04	8.29	6.65
Fev 94	7.24	5.13	8.96	8.21	6.59
Mai 94	8.49	5.27	9.34	8.80	7.20
Abr 94	9.02	5.24	9.30	8.76	7.39
May 94	9.43	4.77	8.45	10.29	7.71
Jun 94	9.80	4.76	8.45	10.29	7.85
Jul 94	9.76	4.73	8.42	10.24	7.82
Ago 94	10.01	4.64	8.40	10.23	7.91
Set 94	10.17	4.67	8.51	10.38	8.01
Out 94	10.41	4.70	8.67	10.58	8.16
Nov 94	10.63	4.70	8.64	10.63	7.93
Dez 94	10.97	4.85	8.91	10.97	8.14
Jan 95	10.97	4.81	8.91	10.98	8.14
Fev 95	10.97	4.81	8.91	10.98	8.14
Mar 95	10.67	4.70	8.65	10.68	7.95

Fonte: Comisión de Tarifas Eléctricas - Perú

## ANEXO G

## Pliego Tarifario - Luz del Sur S.A.

Vigentes a partir de Mayo de 1996

TARIFAS EN BAJA TENSION		UNIDAD	PRECIO (Sin IGV)	IGV 18%	PRECIO TOTAL
<b>BT2: MEDICION DOBLE DE ENERGIA Y CONTRATACION O MEDICION DE DOS POTENCIAS - 2E2P</b>					
Cargo Fijo mensual	S./cliente		3,76	0,68	4,44
Cargo por Energia en punta	Ctv S./kWh		17,40	3,13	20,53
Cargo por Energia fuera de punta	Ctv S./kWh		9,36	1,68	11,04
Cargo por potencia contratada o máxima demanda leída en horas de punta	S./kW-mes		51,40	9,25	60,65
Cargo por exceso de potencia en horas fuera de punta	S./kW-mes		21,85	3,93	25,78
Cargo por energia reactiva que exceda del 30% del total de la energia activa	Ctv S./kVarh		2,99	0,54	3,53
<b>BT3: MEDICION DOBLE DE ENERGIA Y UNA POTENCIA CONTRATADA - 2E1P</b>					
Cargo Fijo mensual	S./cliente		2,55	0,68	4,44
Cargo por Energia en punta	Ctv S./kWh		17,40	3,13	20,53
Cargo por Energia fuera de punta	Ctv S./kWh		9,36	1,68	11,04
Cargo por potencia contratada o máxima demanda leída para clientes:					
Presentes en punta	S./kW-mes		48,92	8,81	57,73
Fuera de punta	S./kW-mes		31,88	5,74	37,62
Cargo por energia reactiva que exceda del 30% del total de la energia activa	Ctv S./kVarh		2,99	0,54	3,53
<b>BT4: SIMPLE MEDICION DE ENERGIA Y UNA POTENCIA CONTRATADA - 1E1P</b>					
Cargo Fijo mensual	S./cliente		2,55	0,46	3,01
Cargo por Energia	Ctv S./kWh		11,35	2,04	13,39
Cargo por potencia contratada o máxima demanda leída para clientes:					
Presentes en punta	S./kW-mes		48,92	8,81	57,73
Fuera de punta	S./kW-mes		31,88	5,74	37,62
Alumbrado público	S./kW-mes		55,27	9,95	65,22
Cargo por energia reactiva que exceda del 30% del total de la energia activa	Ctv S./kVarh		2,99	0,54	3,53
<b>BT5: SIMPLE MEDICION DE ENERGIA</b>					
Cargo Fijo mensual	S./cliente		1,45	0,26	1,71
Cargo por Energia	Ctv S./kWh		25,17	4,53	29,70
<b>BT6: CLIENTES A PENSION FIJA</b>					
Cargo Fijo mensual	S./cliente		1,45	0,26	1,71
Cargo mensual por Potencia	Ctv S./Watt		10,07	1,81	11,88
<b>TARIFAS EN MEDIA TENSION</b>					
<b>MT2: MEDICION DOBLE DE ENERGIA Y CONTRATACION O MEDICION DE DOS POTENCIAS - 2E2P</b>					
Cargo Fijo mensual	S./cliente		3,76	0,68	4,44
Cargo por Energia en punta	Ctv S./kWh		14,5	2,61	17,11
Cargo por Energia fuera de punta	Ctv S./kWh		7,80	1,40	9,20
Cargo por potencia contratada o máxima demanda leída en horas de punta	S./kW-mes		24,24	4,36	28,60
Cargo por exceso de potencia en horas fuera de punta	S./kW-mes		7,00	1,26	8,26
Cargo por energia reactiva que exceda del 30% del total de la energia activa	Ctv S./kVarh		2,99	0,54	3,53
<b>MT3: MEDICION DOBLE DE ENERGIA Y UNA POTENCIA CONTRATADA - 2E1P</b>					
Cargo Fijo mensual	S./cliente		2,55	0,46	3,01
Cargo por Energia en punta	Ctv S./kWh		14,50	2,61	17,11
Cargo por Energia fuera de punta	Ctv S./kWh		7,80	1,40	9,20
Cargo por potencia contratada o máxima demanda leída para clientes:					
Presentes en punta	S./kW-mes		20,15	3,63	23,78
Fuera de punta	S./kW-mes		12,55	2,26	14,81
Cargo por energia reactiva que exceda del 30% del total de la energia activa	Ctv S./kVarh		2,99	0,54	3,53
<b>MT4: SIMPLE MEDICION DE ENERGIA Y UNA POTENCIA CONTRATADA - 1E1P</b>					
Cargo Fijo mensual	S./cliente		2,55	0,46	3,01
Cargo por Energia	Ctv S./kWh		9,46	1,70	11,16
Cargo por potencia contratada o máxima demanda leída para clientes:					
Presentes en punta	S./kW-mes		20,15	3,63	23,78
Fuera de punta	S./kW-mes		12,55	2,26	14,81
Cargo por energia reactiva que exceda del 30% del total de la energia activa	Ctv S./kVarh		2,99	0,54	3,53

Tipo de cambio 1 US\$ = 2,40 S/.

S/.: Soles

## ANEXO H

## Privatización de Edelnor y Edelsur

Edelnor S.A. y Edelsur S.A. son concesionarias de distribución de la parte norte y sur de Lima Metropolitana respectivamente. Fue el resultado de la segmentación de Electrolima S.A. una empresa de servicio público de electricidad que cubría las actividades generación, transmisión y distribución.

El 60% de las acciones fue subastado a los calificados de una licitación pública internacional. El 30% está destinado para ofertas públicas a través del Mercado de Valores, y el 10% restante será ofertada a los trabajadores de la empresa privatizada.

Subasta del 60% de las acciones de Edelnor S.A. y Edelsur S.A.  
(En Millones US\$)

EMPRESA	PRECIO BASE	CHILECTRA METROP. y otros	CHILQUINTA, ONTARIO HYDRO y otros	ELECTRICIDAD DE FRANCIA
EDELNOR	127.720	176.490	171.700	
EDELSUR	129.420	161.624	212.120	137.000
TOTAL	257.140			

Adjudicatarios:

<b>EDELNOR</b>	<i>Grupo Chilectra Metropolitana y otros</i>	176.490 Mill. US\$	38.2% más sobre el precio base
<b>EDELSUR</b>	<i>Grupo Chilquinta, Ontario Hydro y otros</i>	212,120 Mill. US\$	63.9% más sobre el precio base

Fuente: ELECTROLIMA Hold.

## ANEXO I

## Luz del Sur S.A.

## 1. DATOS GENERALES

- Máxima demanda 559,5 MW
- Area deconcesión 2.900 km<sup>2</sup>
- Habitantes en el área de concesión 2.740.453

## 2. DATOS TECNICOS

• Longitudes de redes (km)<sup>1</sup>

TENSION NOMINAL (kV)	RED AEREA	RED SUBTERRANEA	TOTAL
220	9,7 100,0%	0,0 0,0%	9,7
60	241,0 94,7%	13,6 5,3%	254,6
30	51,4 100,0%	0,0 0,0%	51,4
10	651,0 37,3%	1092,0 62,7%	1.743,0
23	90,4 89,9%	10,2 10,1%	100,6
0,22 SP <sup>2</sup>	531,2 12,0%	3895,1 88,0%	4.426,3
0,22 AP <sup>3</sup>	351,0 10,0%	3159,3 90,0%	3.510,3

## • Cantidades y potencias instaladas de subestaciones

RELACION DE TRANSFORMACION	CANTIDAD	POTENCIA INSTALADA (MVA)
220/60	3	445,0
60/30	1	17,2
60/10	19	596,6
60/2,3	1	5,0
30/10	2	4,5
30/2,3	5	12,0
10/2,3	28	11,6
	Convencional a nivel	721
	convencional subterránea	84
	Aérea biposte	974
	Aérea monoposte	311
	Compacta pedestal	691
	Compacta subterránea	694
	TOTAL	3475
		274,1
		51,6
		108,2
		17,7
		131,1
		79,1
		661,8
	Convencional a nivel	5
	convencional subterránea	9
	Aérea biposte	129
	Aérea monoposte	163
	TOTAL	306
		0,1
		1,1
		10,7
		6,3
		18,2

<sup>1</sup>Información al 93-12-31<sup>2</sup>SP = Servicio Particular<sup>3</sup>AP = Alumbrado Público

### 3. DATOS COMERCIALES

- Energía promedio mensual adquirida de empresas de generación 273,5 GWh
- Proveedores de energía: ELECTROPERU S.A.  
EDEGEL S.A.<sup>4</sup>

- *Número de clientes y energía mensual promedio facturada*<sup>5</sup>

NIVEL DE TENSION	CLIENTES REGULADOS		CLIENTES NO REGULADOS	
	Nro de clientes	Energía facturada (GWh)	Nro de clientes	Energía facturada (GWh)
Baja tensión	476.519	137,60 (84,6%)	2	0,28 (0,4%)
Media tensión	389	24,82 (15,3%)	36	17,61 (27,0%)
Alta tensión	4	0,27 (0,2%)	7	14,62 (22,4%)
Muy alta tensión		(0,0%)	1	32,69 (50,1%)
<b>TOTAL</b>	<b>476.912</b>	<b>162,69 (100,0%)</b> (71,4%)	<b>46</b>	<b>65,20 (100,0%)</b> (28,6%)

<sup>4</sup> EDEGEL S.A.: Empresa de Generación de Lima, es la resultante de la segmentación de ELECTROLIMA S.A.

<sup>5</sup> Promedios mensuales obtenidos a partir de registros correspondientes al periodo enero-junio de 1994

#### 4. REFERÊNCIAS

- [Ash91] ASHOK J.G., JANNUZZI G.DeM.: "Conservation potential of compact fluorescent lamps in India and Brasil". *Energy Policy*, Vol. 19, Nº 6, June 1991, pp. 449-463.
- [Atk95]• ATKINSON B.A., MCMAHON J.E., LOGEE T.L., JONES C.C., LINDSLEY J.: "Regulamentos de iluminação nos Estados Unidos: versão 1995", *Electricidade Moderna*. Vol. XXIII, Nº 257, Agosto 1995. pp. 121-128.
- [BM93] BANCO MUNDIAL: "Energía: Eficiencia y Conservación en el Mundo en Desarrollo", *Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial*, Washington, D.C., EE.UU., 1993.
- [Cal93] CALMET M.A.: "Revisión de conceptos tarifarios y su aplicación segun la Ley de Concesiones Eléctricas", *Seminario Taller "Ley de Concesiones Eléctricas y Tarifas de Electricidad"*, Colegio de Ingenieros del Perú. Lima, 18-20 Agosto 1993.
- [Cas93] CASTILLO G.: "Comité de Operación Económica del Sistema - COES", *Seminario Taller "Ley de Concesiones Eléctricas y Tarifas de Electricidad"*, Colegio de Ingenieros del Perú. Lima, 18-20 agosto 1993.
- [CEN94] CENERGIA: "Proyecto para el abatimiento de la demanda de energía eléctrica (ADUREE) en el Sistema Interconectado Centro Norte, estrategia de corto y mediano plazo", Lima, Noviembre de 1994.
- [CTE94] Comisión de Tarifas Eléctricas - Sector Energía y Minas (Perú): "Resolución Nº 001-94 P/CTE Procedimientos y Calculos Tarifarios". Lima, Abril de 1994
- [CTE95] Comisión de Tarifas Eléctricas - Sector Energía y Minas (Perú): "Anuario Estadístico 1994". Lima, julio de 1995
- [Dag95] DAGUM, Camilo: "Alcance y método de la economía como ciencia". *EL TRIMESTRE ECONOMICO*, Vol. LXII, Nº 247, Jul-Sep, 1995, pp. 297-336.
- [Dub94] DUBOIS, C. (Electricité de France): "Administración de la carga y conservación de la energía en el sector electrico frances: resultados y pespectivas". *VII Congreso Latinoamericano y del Caribe sobre Tarifas Economicas de Energía Eléctrica "COTARE 94"*, San José, Costa Rica, Marzo 1994.
- [Dut93] DUTT G.S.: "ELECTRICITY AT LEAST COST A Manual on the End-Use-Oriented Approach to Electricity Supply in India". *The Center for Energy and Environmental Studies Princeton University, Princeton USA & The Office of Energy and Infrastructure US Agency for International Development*, Washington, DC. August 1993
- [Dut95] DUT G.S., BRUGNONI M., TANIDES C.G.: "Megawatts o Negawatts: Alternativas para minimizar inversiones en el sector eléctrico", *Anales II Congreso Latinoamericano de Generación y Transmisión de Energía Eléctrica*, Mar del Plata, Argentina, 6-9 Noviembre 1995.
- [Gar93] GARDNER D.T., ROBINSON J.B.: "To What End? A Conceptual Framework for the Analisis of Energy Use". *Energy Studies Review*, Vol. 5, Nº 1, 1993. pp. 1-13.
- [Gol88] GOLDEMBERG J. JOHANSSON T.B., REDDY A.K.N., WILLIAMS R.H.: "Energy for a Sustainable World". Wiley-Easten, New Delhi, 1988.

- [Gut94] GUTIÉRREZ, L.E.: "Fundamentos y experiencias de las reformas del sector eléctrico", *Primer Seminario Sobre Reformas en el Sector Eléctrico Boliviano*, Santa Cruz de la Sierra, 28 y 29 de mayo de 1993.
- [Har93] HARO L.Z. (Comision de Tarifas Eléctricas): "Las tarifas eléctricas y su importancia en el uso eficiente de la energía eléctrica", *ENCUENTRO NACIONAL DE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA PRODUCTORES - CONSUMIDORES*, Lima Perú, Diciembre 1993.
- [Har94] HARO L.Z. (Comision de Tarifas Eléctricas): "Compensación de los Sistemas de Transmisión", *Seminario: Actual Sistema de Precios de la Energía Eléctrica*, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú, 19-22 Diciembre de 1994.
- [Has93] HASSET K.A., METCALF G.E.: "Energy conservation investment: Do consumers discount the future correctly". *Energy Policy*, Vol. 21, N° 6, June 1993, pp. 710-716.
- [INT-] INTERNET (World Wide Web) <sup>(\*)</sup>
- 1 **Energy Efficiency in California**  
<http://www.energy.ca.gov/energy/efficiency/conservation.html>
  - 2 **California Energy Commission – Organizational Structure**  
<http://www.energy.ca.gov/energy/efficiency/orgchart.html>
  - 3 **California Energy Commission – Energy Efficiency Division**  
[http://www.energy.ca.gov/energy/efficiency/eff\\_div.htm|#200](http://www.energy.ca.gov/energy/efficiency/eff_div.htm|#200)
  - 4 **Resumen Ejecutivo de actividades 1995 del Proyecto Para Ahorro De Energia**  
<http://www.rcp.net.pe/PAE/resumen.html>
  - 5 **Appliance and Lighting Efficiency**  
<http://eande.lbl.gov/EAP/ECP/aps.html>
  - 6 **Consumer Efficiency**  
<http://www.energy.ca.gov/energy/efficiency/consumer.html>
  - 7 **California: The Past 25 Years**  
<http://www.energy.ca.gov/energy/efficiency/25years.html>
  - 8 **More Efficient Refrigerators in Thailand**  
Peter du Pont  
*Home Energy Magazine Online March/April 1993*  
<http://beijing.dis.anl.gov/ee/hem/93/930306.pl>
  - 9 **Home Energy Manual**  
[http://www.energy.ca.gov/energy/efficiency/home\\_em/HEMintro.html](http://www.energy.ca.gov/energy/efficiency/home_em/HEMintro.html)
  - 10 **Can We Transform the Market Without Transforming the Customer?**  
Merrilee Harrigan  
*Home Energy Magazine Online January/February 1994*  
<http://beijing.dis.anl.gov/ee/hem/94/940109.pl>
  - 11 **California: Discover Its Energy**  
<http://www.energy.ca.gov/energy/efficiency/ECODEV.html>

<sup>(\*)</sup> Os endereços (location) da Internet não necessariamente permanecem fixos.

- 12 **Energy Technologies Export Program**  
<http://www.energy.ca.gov/energy/efficiency/EXPORT.html>
- 13 **Electric Utilities and Energy Efficiency**  
<ftp://204.243.73.5/library/EAM/TPUTIL.TXT>
- [Jan91] JANNUZZI G.DeM, SCHIPPER L.: "The structure of electricity demand the Brazilian household sector". *Energy Policy*, Vol. 19, N° 11, November 1991, pp. 879-891.
- [Jaf94] JAFFE A.B., STAVINS N.B.: "The energy-efficiency gap. What does it mean?". *Energy Policy*, Vol. 22, N° 10, October 1994, pp. 804-810.
- [Koo90] KOOMEY J.G., ROSENFELD A.H., GADGIL A.: "Conservation screening curves to compare efficiency investments to power plants". *Energy Policy*, Vol. 18, N° 10, October 1990, pp. 774-782.
- [Koo94] KOOMEY J.G., SANSTAD A.H.: "Technical evidence for assessing the performance of markets affecting energy efficiency". *Energy Policy*, Vol. 22, N° 10, October 1994, pp. 826-832.
- [Kot93] KOTLER P., ARMSTRONG G.: "Principios de Marketing". Editora Prentice-Hall do Brasil Ltda., Rio de Janeiro, 1993.
- [Kra88] KRAUSE F., ETO J.: "Lest-cost utility planning Vol 2 The demand side: conceptual and methodological issues", *National Association of Regulatory Utility Commissioners*, Washington, DC. December 1988.
- [Len93] LENGUA U.A.: "Tecnología y experiencias de uso eficiente de energía eléctrica en los sectores comercial y residencial", *ENCUENTRO NACIONAL DE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA PRODUCTORES - CONSUMIDORES*, Lima Perú, Diciembre 1993.
- [Loh92] LOHANI B.N., AZIMI, A.M.: "Barriers to energy end-use efficiency", *Energy Policy*, Vol. 20, N° 6, June 1992, pp. 533-545.
- [Mei96] MEIER, A.: "United States Leads in Refrigerator Efficiency", *Home Energy*, Vol. 13, N° 1, January/February 1996, p.8
- [Mie94] MIELNIK O.: "Building capacity in Latin America on efficient energy end-use", *Energy for Sustainable Development*, Vol.I, N°3, September 1994. pp. 15-16.
- [Mil95] MILLS E., SIMINOVITCH M., PAGE E., SARDINSKY R.: "Luminárias específicas para fluorescentes compactas em residências". *EM Electricidade Moderna*. Vol. XXIII, N° 257, Agosto 1995. pp. 24-35.
- [Nad94] NADEL S., GELLER H.: "Market transformation strategies to promote end-use efficiency", *American Council for an Energy-Efficient Economy*, Washington, D.C., June 1994.
- [Nil95] NILSSON H.: "Market transformation: an essential condition for sustainability", *Energy for Sustainable Development*, Vol.I, N°6, March 1995. pp. 20-29.
- [Nor89] NORGARD, J.S.: "Low electricity appliances - options for the future", *Electricity: Efficient End Use and New Generating Technologies, and Their Planning Implications*,

- Johansson, T.B., Bodlund, B., and Williams, R.H., (eds.), Lund University Press, 1989, pp. 125-172.
- [Pin93] PINO J.C.: "Costo de Transmisión y Precios de Nodo", *Boletín Técnico CENERGIA*, Año 5, N° 7, Lima-Perú, pp. 12-13.
- [Pla95], PLAUTIUS S.A. e Da SILVA R.(CESP, Brasil): "'Idéia Luminosa': incentivo à iluminação eficiente em residências". *Electricidade Moderna*. Vol. XXIII, N° 257, Agosto 1995. pp. 38-49.
- [PRE95] **Plan Referencial de Electricidad**, *Ministerio de Energía y Minas - República del Perú*, Octubre de 1995.
- [Pra94] PRAHL, R., SCHLEGEL, J.: "DSM Resource Acquisition and Market Transformation: Two Inconsistent Policy Objectives?". *Proceedings of the ACEEE 1994 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*. American Council for an Energy-Efficient Economy, Washington, D.C.
- [Qui93] QUINTANILLA, E.A. (Comisión de Tarifas Eléctricas): "Gestión Empresarial de los Concesionarios de Distribución", *Seminario Taller "Ley de Concesiones Eléctricas y Tarifas de Electricidad"*, Colegio de Ingenieros del Perú. Lima, 18-20 agosto 1993.
- [Qui94] QUINTANILLA, E.A. (Comisión de Tarifas Eléctricas): "Precios y condiciones de aplicación para el mercado eléctrico libre y regulado", *Seminario: Actual Sistema de Precios de la Energía Eléctrica*, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú, 19-22 diciembre de 1994.
- [Rah95] RAHMAN S., DE CASTRO A.: "Environmental Impacts of Electricity Generation: A Global Perspective", *IEE Transaction on ENERGY CONVERSION*, NY, USA, Vol. 10, N° 2, June 1995, pp. 307-314.
- [Red90] REDDY A.K.N.: "Development, Energy and Environment: A Case Study of Electricity Planning in Karnataka". *Paris Annual Lecture*, 1990.
- [Red91] REDDY A.K.N.: "Barriers to improvements in energy efficiency". *Energy Policy*, Vol. 19, N° 12, December 1991, pp. 953-961.
- [Rom96] ROMANI J.C. (Ing. Jefe del Proyecto para Ahorro de Energía - Ministerio de Energía y Minas PAE-MEM) Informe: El programa de ahorro de energía eléctrica en el Perú. 1996
- [San94] SANSTAD A.H., HOWARTH R.B.: "'Normal' markets, market imperfections and energy efficiency". *Energy Policy*, Vol. 22, N° 10, October 1994, pp. 811-818.
- [Sar96] SAROF L.: "Coal Fuel Cycle Externalities Estimates", *Energy Conversion & Management*, Vol 37, N° 6-8, 1996. pp. 1241-1246.
- [Sat92] SATHAYE J., GADGIL A.: "Aggressive cost-effective electricity conservation". *Energy Policy*, Vol. 20, N° 2, February 1992, pp. 163-172.
- [Spe79] SPENCER M.H.: "Economia Contemporânea". *Editora Fundo Educativo Brasileiro Ltda*. 1979.
- [Vol93] VOLLANS, G.: "Demand-side management A tool to correct for muted pricing signals to consumers". *Utilities Policy*, April 1993, pp.113-117.

- [Vor94] VORIES R., ROSENBERG M.: **"Is Market Transformation Happening Right Under Our Eyes?"**. *Proceedings of the ACEEE 1994 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*. American Council for an Energy-Efficient Economy, Washington, D.C.
- [Yan96] YANTOVSKI E.I.: **"Stack downward"**, *Energy Conversion & Management*, Vol 37, Nº 6-8, 1996. pp. 867-877.
- [Wee93] WEEDA E.: **"Keynote address"**. *Conference Proceedings Investing in Energy Efficiency: The Role of Third Party Financing*, Direcção-Geral de Energia, European Commission, International Energy Agency. Lisbon, Portugal, 28TH - 29TH, October 1993. pp.15-21.