

LEONARDO ABAD BARRIGA SALAS

**BASES PARA A MELHORIA DA EFICIÊNCIA NA ILUMINAÇÃO
NA REGIÃO METROPOLITANA DE LIMA**

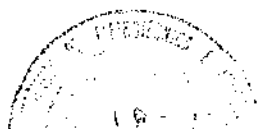
Dissertação apresentada ao Programa Interunidades
de Pós-Graduação em Energia (IEE-USP, EPUSP,
FEA-USP, IFUSP) da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em Energia.

São Paulo
1995

628.92/.97

B275b

D-PIPGE/USP





30400001919

LEONARDO ABAD BARRIGA SALAS

**BASES PARA A MELHORIA DA EFICIÊNCIA NA ILUMINAÇÃO
NA REGIÃO METROPOLITANA DE LIMA**

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. Ildo Luis Sauer

São Paulo
1995

Pela perseverança no estudo

AGRADECIMENTOS

Ao professor Ildo Luis Sauer pela amizade brindada, por sua orientação e sugestões na elaboração deste trabalho.

A todos os amigos pelo incentivo constante.

À International Energy Initiative (IEI) pelo apoio financeiro.

À Comisión de Tarifas Eléctricas (CTE), à Electro Lima e ao Ministerio de Energía y Minas, pela sua colaboração no fornecimento de informação.

SUMÁRIO

| | Página |
|---|---------------|
| 1 Introdução | 1 |
| 1.1 Motivação | 1 |
| 1.2 Objetivo..... | 3 |
| 1.3 Metodologia | 3 |
| 1.3.1 Estratégia | 3 |
| 1.3.2 Do Conteúdo da Dissertação | 4 |
| 2. Caracterização do Sub-Sector Elétrico | 7 |
| 2.1 A Nova Lei de Concessões Elétricas..... | 7 |
| 2.2 A Caracterização da Oferta | 11 |
| 2.2.1 Geração..... | 11 |
| 2.2.2 Transmissão | 12 |
| 2.2.3 Distribuição | 13 |
| 2.3 Consumos Setoriais | 14 |
| 2.3.1 Setor Residencial | 14 |
| 2.3.2 Setor Comercial | 15 |
| 2.3.3 Uso-Geral | 15 |
| 2.3.4 Iluminação Pública..... | 15 |
| 2.4 Respostas do Consumidor às Mudanças Tarifárias..... | 16 |
| 2.4.1 Os Impactos Econômicos | 16 |
| 2.4.2 Indicadores Principais | 17 |
| 2.4.3 Evolução das Elasticidades..... | 18 |
| 2.5 Os Balanços de Energia Líquida | 23 |
| 2.5.1 A Energia Primária..... | 23 |
| 2.5.2 A Energia Secundária..... | 24 |
| 2.5.3 O Consumo Final | 25 |
| 2.6 Conclusões | 27 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3. | Caraterização Setorial do Uso da Iluminação | 28 |
| 3.1 | O Balanço Energético Consolidado (BEC)..... | 28 |
| 3.1.1 | Setor Residencial (SR) | 29 |
| 3.1.2 | Setor Comercial (SC) | 32 |
| 3.1.3 | Setor Serviços (SS)..... | 34 |
| 3.1.4 | Setor Governo e Forças Armadas (SGFA)..... | 36 |
| 3.2 | As Normas de Iluminação | 37 |
| 3.2.1 | Norma de Iluminação de Interiores..... | 37 |
| 3.2.2 | Norma de Iluminação de Vias Públicas | 40 |
| 3.3 | Conclusões | 42 |
| 4 | Racionalização do Uso de Energia Para Iluminação: Oportunidades e Barreiras | 43 |
| 4.1 | O Comportamento do Consumidor..... | 43 |
| 4.1.1 | As Decisões de Conservação | 44 |
| 4.1.2 | Os Tipos de Campanhas | 44 |
| 4.1.3 | As Mudanças de Hábitos e Adoção de Novas Tecnologias | 46 |
| 4.1.4 | A Implementação de Campanhas..... | 47 |
| 4.2 | Oportunidades e Barreiras..... | 48 |
| 4.2.1 | Os Consumidores de Energia | 49 |
| 4.2.2 | Os Fabricantes de Equipamento de Uso Final..... | 53 |
| 4.2.3 | Os Provedores dos Equipamentos de Uso Final..... | 53 |
| 4.2.4 | Produtores e Distribuidores de Energia | 54 |
| 4.2.5 | Instituições Financeiras Locais/Nacionais | 55 |
| 4.2.6 | O Governo | 56 |
| 4.2.7 | As Fundações de Ajuda e Agências Internacionais Multilaterais e Países Industrializados | 60 |
| 4.3 | Experiências Anteriores | 61 |
| 4.3.1 | A Experiência dos E.U.A. | 63 |
| 4.3.2 | A Experiência do Brasil | 66 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 4.3.3 | A Experiência do México | 67 |
| 4.4 | Os Prédios Inteligentes | 68 |
| 4.4.1 | O Aproveitamento da Luz Natural..... | 68 |
| 4.4.2 | O Sistema de Iluminação Artificial..... | 79 |
| 4.4.3 | O "System Integrator" | 90 |
| 4.5 | Conclusões | 91 |
| 5 | Avaliação Econômica-Financeira dos Programas de Racionalização | 93 |
| 5.1 | Caraterização das Tecnologias de Iluminação | 94 |
| 5.1.1 | Distribuição | 94 |
| 5.1.2 | Preços | 97 |
| 5.1.3 | Caraterização Técnica Nominal e de Laboratório | 99 |
| 5.2 | As Avaliações Econômico-Financeiras..... | 106 |
| 5.2.1 | Resumo Metodológico | 106 |
| 5.2.2 | Resultados da Avaliação Econômica | 109 |
| 5.3 | Conclusões..... | 147 |
| 6 | Avaliação Integrada de Alternativas de Oferta e de Racionalização | 150 |
| 6.1 | Discriminação da Curva Integrada de Recursos | 151 |
| 6.2 | Cenários de Projeção | 164 |
| 6.2.1 | Cenário de Eficiência Congelada..... | 166 |
| 6.2.2 | Cenário Tendencial | 166 |
| 6.2.3 | Cenário Eficiente ou "Potencial Técnico" | 168 |
| 6.3 | Conclusões | 169 |
| 7 | Conclusões e Recomendações | 172 |

ANEXOS

| | |
|---|-----|
| Anexo A: Mapas de Localização..... | 180 |
| Anexo B: Gastos em Lares; Resultados do Estudo de Elasticidades; Resumo do Balanço de Energia Líquida..... | 183 |
| Anexo C: Resumo do Balanço de Energia Elétrica por Fontes/Usos; Normas de Iluminação | 193 |
| Anexo D: Os Programas de Substituição; Recomendações no Aproveitamento da Iluminação Natural | 208 |
| Anexo E: Avaliação Financeira de Investimentos em Iluminação; Avaliação do Custo do Lúmen-hora | 222 |
| Anexo F: Planejamento Energético Integrado de Recursos..... | 226 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 232 |

Lista de Tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 2.1 - Capacidade Instalada a Nível Nacional (MW)..... | 11 |
| Tabela 2.2 - Energia Produzida a Nível Nacional, 1993 (MWh)..... | 12 |
| Tabela 2.3 - Capacidade Instalada e Efetiva por Sistemas Interligados incluindo Autoprodutores (MW)..... | 12 |
| Tabela 3.1 - Participação da Eletricidade no Setor Residencial - 1990(%)..... | 30 |
| Tabela 3.2 - Participação das Fontes de Iluminação - 1990 (%)..... | 30 |
| Tabela 3.3 - Participação da Eletricidade no Setor Residencial de Lima Metropolitana, 1990(%)..... | 31 |
| Tabela 3.4 - Participação das Fontes de Iluminação em Lima Metropolitana, 1990 (%)..... | 32 |
| Tabela 3.5- Participação do Consumo de Eletricidade no Setor Comercial para o Total Nacional-1990(%)..... | 33 |
| Tabela 3.6 - Participação do Consumo de Eletricidade no Setor Serviços para o Total Nacional-1990(%)..... | 34 |
| Tabela 3.7 - Participação do Consumo de Eletricidade no Setor Serviços para Lima Metropolitana-1990..... | 35 |
| Tabela 3.8 - Participação do Consumo de Eletricidade no Setor Governo e Forças Armadas para o Total Nacional-1990(%)..... | 36 |
| Tabela 4.1 - Potência Média e Perdas nos Reatores..... | 86 |
| Tabela 4.2 - Reatores e Tipos de Lâmpadas..... | 86 |
| Tabela 4.3 - Classificação da CIE de Luminárias para Iluminação Geral de Acordo com o Fluxo Luminoso..... | 87 |
| Tabela 5.1 - Venda de Lâmpadas Incandescentes e Fluorescentes no Mercado Nacional..... | 94 |
| Tabela 5.2 - Venda de Reatores no Mercado Nacional..... | 95 |
| Tabela 5.3 - Venda de Luminárias no Mercado Nacional..... | 95 |
| Tabela 5.4 - Estimativa do Número de Lâmpadas Instaladas em Lima Metropolitana para 1992..... | 96 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 5.5 - Quantidade de Lâmpadas de Iluminação Pública | 97 |
| Tabela 5.6 - Preços de Lâmpadas, Componentes e Equipamentos | 98 |
| Tabela 5.7 - Informações Técnicas Segundo Catálogos | 99 |
| Tabela 5.8 - Amostra de Lâmpadas Incandescentes..... | 100 |
| Tabela 5.9 - Amostra de Lâmpadas Fluorescentes Compactas..... | 101 |
| Tabela 5.10 - Amostra de Adaptadores | 101 |
| Tabela 5.11 - Amostra de Reatores | 101 |
| Tabela 5.12 - Resultados Médios do Ensaio das Lâmpadas Incandescentes..... | 103 |
| Tabela 5.13 - Resultados Médios do Ensaio das LFC..... | 104 |
| Tabela 5.14 - Resultado Médio do Ensaio de Reatores..... | 104 |
| Tabela 5.15 - Informações Técnicas Anexas de Lâmpadas Incandescentes..... | 105 |
| Tabela 5.16 - Outras Informações de Lâmpadas de Iluminação Pública | 105 |
| Tabela 5.17 - Dados e Premissas de Avaliação de Investimentos (Alternativa 1A)..... | 110 |
| Tabela 5.18 - Dados e Premissas de Avaliação de Investimentos (Alternativa 2A)..... | 111 |
| Tabela 5.19 - Dados e Premissas de Avaliação de Investimentos para Iluminação Pública (Alternativa 1B) | 113 |
| Tabela 5.20 - Dados e Premissas de Avaliação de Investimentos para Iluminação Pública (Alternativa 2B) | 114 |
| Tabela 5.21 - Residências-Resultados da Avaliação de Investimentos (Alternativa 1A)..... | 115 |
| Tabela 5.22 - Residências - Resultados da Avaliação de Investimentos (Alternativa 2A)..... | 118 |
| Tabela 5.23 - Comércio - Resultados da Avaliação de Investimentos (Alternativa 1A)..... | 122 |
| Tabela 5.24 - Comércio - Resultados da Avaliação de Investimentos (Alternativa 2A)..... | 125 |
| Tabela 5.25 - Resultados da Avaliação de Investimentos (3 horas de uso) (Alternativa 1A) | 129 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 5.26 - Comércio - Resultados da Avaliação de Investimentos (Alternativa 1A)..... | 132 |
| Tabela 5.27 - IAS - Resultados da Avaliação Financeira de Investimentos (Alternativa 1A)..... | 134 |
| Tabela 5.28 - IP - Resultados da Avaliação de Investimentos - Substituição de LM250 | 138 |
| Tabela 5.29 - IP - Resultados da Avaliação de Investimentos - Substituição de LM500 | 140 |
| Tabela 5.30 - IP - Resultados da Avaliação de Investimentos - Substituição de VHg250 | 143 |
| Tabela 5.31 - IP - Resultados da Avaliação de Investimentos - Substituição de VHg400 | 144 |
| Tabela 5.32 - IP - Custo do Lúmem-hora Fornecido - Substituição de LM250 . | 146 |
| Tabela 6.1 - Opções de Geração de Eletricidade no SICN até o ano 2007 | 152 |
| Tabela 6.2 - Proporção de Utilização de Lâmpadas no SR | 154 |
| Tabela 6.3 - Resultados Econômico-Energéticos dos Programas de Racionalização | 155 |
| Tabela 6.4 - Parcela de Consumo de Energia segundo os Programas Propostos | 157 |
| Tabela 6.5 - Resumo de Resultados da Avaliação Integrada de Alternativas ao Ano Horizonte | 161 |
| Tabela 6.6 - Projeção dos Requerimentos de Energia Elétrica para Iluminação:Cenário de Eficiência Congelada..... | 166 |
| Tabela 6.7 - Projeção dos Requerimentos de Energia Elétrica para Iluminação:Cenário Tendencial | 167 |
| Tabela 6.8 - Projeção dos Requerimentos de Energia Elétrica para Iluminação:Cenário Eficiente ou "Potencial Técnico"..... | 168 |
| Tabela B.1. - Gastos de Domicílios Segundo Meio e Nível Socio-econômico (em % de gastos totais. 1985)..... | 184 |
| Tabela B.2. - Elasticidade Preço da Demanda (1981-1989)..... | 184 |

| | |
|--|-----|
| Tabela B.3 - Produção de Energia Primária (ktep) | 188 |
| Tabela B.4 - Oferta Interna Bruta (ktep)..... | 188 |
| Tabela B.5 - Balanço de Energia Primária..... | 188 |
| Tabela B.6 - Balanço de Hidroenergia | 189 |
| Tabela B.7 - Produção Bruta de Energia Secundária (Ktep)..... | 189 |
| Tabela B.8 - Balanço Global de Energia Secundária | 189 |
| Tabela B.9 - Balanço de Energia Secundária: Energia Elétrica..... | 190 |
| Tabela B.10 - Consumo Final (Energia Primária) (ktep)..... | 190 |
| Tabela B.11 - Consumo Final (Energia Secundária) (ktep)..... | 190 |
| Tabela B.12 - Consumo Final de Energia por Setores | 191 |
| Tabela B.13 - Consumo Final por Fontes Energéticas | 191 |
| Tabela B.14 - Consumo Final de Energia Elétrica por Setores | 192 |
| Tabela C.1a - Peru-Balanço de Energia Elétrica por Setores e Tipos de Usos 1985 (GWh)..... | 194 |
| Tabela C.1b - Peru-Balanço de Energia Elétrica por Setores e Tipos de Usos 1990 (GWh)..... | 194 |
| Tabela C.2 - Categorias de Iluminação e Valores de Iluminação para Tipos Genéricos de Atividades de Interiores..... | 195 |
| Tabela C.3 - Fatores de Ponderação para a Seleção Específica da Iluminação Nominal | |
| a. Para Categorias de Iluminação "A" até "C" | 196 |
| b. Para Categorias de Iluminação "D" até "H" | 196 |
| Tabela C.4 - Ângulo de Visão..... | 197 |
| Tabela C.5 - Redução da Iluminação e Fatores de Manutenção Usual..... | 197 |
| Tabela C.6 - Valores de Iluminação Nominal Recomendados para Interiores em Geral..... | 198 |
| Tabela C.7 - Valores de Iluminação Nominal Recomendados para Locais de Assistência Médica..... | 202 |
| Tabela C.8 - Classificação dos Tipos de Iluminação | 204 |
| Tabela C.9 - Tipos de Iluminação Segundo a Caraterística da Vida..... | 204 |

| | |
|--|-----|
| Tabela C.10 - Nível de Luminância e Iluminação Recomendados | 205 |
| Tabela C.11 - Uniformidade da Luminância..... | 205 |
| Tabela C.12 - Tipos de Luminárias | 206 |
| Tabela C.13 - Intensidades Luminosas Máximas Admissíveis (em cd/1000 lm por luminária colocada horizontalmente) | 206 |
| Tabela C.14 - Recomendações Sobre Disposição de Luminárias..... | 206 |
| Tabela C.15 - Classificação dos Tipos de Iluminação | 207 |

Lista de Figuras

| | |
|--|-----|
| Figura 2.1- Tarifas e Preços de Eletricidade..... | 9 |
| Figura 2.2 - Fundamento da Tarifa..... | 10 |
| Figura 2.3 - Variação do Nível de Tensão para Sistemas Predominantes na Região Metropolitana de Lima..... | 13 |
| Figura 3.1 - Diagrama de Fluxo de Seleção da Iluminação Nominal..... | 38 |
| Figura 4.1 - Tipos de Abóbada Celeste | 71 |
| Figura 4.2 - Iluminância da Luz do Dia em Diferentes Condições..... | 72 |
| Figura 4.3 - Calor Recebido por Diferentes Superfícies em kcal/m ² | 72 |
| Figura 4.4 - Sistemas de Iluminação Zenital..... | 74 |
| Figura 4.5 - Iluminação Lateral - Curvas Isolux | 75 |
| Figura 4.6 - Curva de Amortecimento da Densidade Luminosa para uma Relação Área Janela/Área Parede Variável de 35% a 100% | 76 |
| Figura 4.7 - Exemplo de Combinação de Elementos de Controle da Luz Solar Direta e da Luminância da Abóbada Celeste | 76 |
| Figura 4.8 - Formas de Controle da Luminância da Janela | 78 |
| Figura 4.9 - Controle de Luz Solar Direta e da Luminância em Domos | 79 |
| Figura 4.10 - Evolução da Eficiência das Lâmpadas..... | 80 |
| Figura 4.11- Classificação das Luminárias Conforme a CIE..... | 88 |
| Figura 4.12 - Exemplo de Curvas de Distribuição Luminosa..... | 89 |
| Figura 5.1 - Custo da Energia Economizada (CEE) (Tarifa= 0,0788 US\$/kWh; i=12%) - Alternativa 1A..... | 116 |
| Figura 5.2 - Conta Mensal de Eletricidade p/Iluminação (Tx juros=15% ano; 3h/dia) - Alternativa 1A | 117 |
| Figura 5.3 - Variação do Custo do Lúmen-hora (Tarifa: 0,0788 US\$/kWh; i=12%) (Alternativa 1A)..... | 117 |
| Figura 5.4 - Custo da Energia Economizada (CEE) (Tarifa= 0,0788 US\$/kWh; i=12%; 3h./dia) - Alternativa 2A | 119 |

| | |
|--|-----|
| Figura 5.5 - Conta Mensal de Eletricidade p/Iluminação (Tx juros=15% ano; 3h/dia) - Alternativa 2A | 120 |
| Figura 5.6 - Variação do Custo do Lúmen-hora Fornecido (Tarifa: 0,0788 US\$/kWh; i=12%) (Alternativa 2A)..... | 120 |
| Figura 5.7 - Custo da Energia Economizada (CEE) (Tarifa= 0,0788 US\$/kWh; i=12%; 8h./dia) - Alternativa 1A | 123 |
| Figura 5.8 - Conta Mensal de Eletricidade p/Iluminação (Tx juros=15% ano; 8h/dia) - Alternativa 1A Figura 5.9. | 123 |
| Figura 5.9 - Variação do Custo do Lúmen-hora..... | 124 |
| Figura 5.10 - Custo da Energia Economizada (CEE) (Tarifa= 0,0788 US\$/kWh; i=12%; 8h./dia) - Alternativa 2A | 126 |
| Figura 5.11 - Conta Mensal de Eletricidade p/Iluminação (Tx juros=15% ano; 8h/dia) - Alternativa 2A | 126 |
| Figura 5.12 - Variação do Custo do Lúmem-hora (Tarifa: 0,0788 US\$/kWh; i=15%) (Alternativa 2A)..... | 127 |
| Figura 5.14 - Custo da Energia Economizada (CEE) (Tarifa= 0,0788 US\$/kWh; i=12%; 3h./dia) - Alternativa 1A | 130 |
| Figura 5.15 - Conta Mensal de Eletricidade p/Iluminação (Tx juros=15% ano; 3h/dia) - Alternativa 1A | 130 |
| Figura 5.16 - Variação do Custo do Lúmem-hora Fornecido (Tarifa: 0,0788 US\$/kWh; i=12%) (Alternativa 1A)..... | 131 |
| Figura 5.17 - Comércio -Custo da Energia Economizada (CEE) (Tarifa= 0,07005 US\$/kWh; i=12%; 8h./dia) - Alternativa 1A | 133 |
| Figura 5.18 - Comércio - Conta Mensal de Eletricidade p/Iluminação (Tx juros=15% ano; 8h/dia) - Alternativa 1A | 133 |
| Figura 5.19 - Comércio - Variação do Costo do Lúmen-hora (Tarifa: 0,07005 US\$/kWh; i=12%) (Alternativa 1A)..... | 134 |
| Figura 5.20 - IAS -Custo da Energia Economizada (CEE) (Tarifa= 0,0613US\$/kWh; i=12%; 24h./dia) - Alternativa 1A | 135 |

| | |
|--|-----|
| Figura 5.21 - IAS - Conta Mensal de Eletricidade p/Iluminação (Tx juros=15% ano; 24h/dia) - Alternativa 1A | 136 |
| Figura 5.22 - IP - Custo de Energia Economizada (CEE)-Substituição LM250 (Tarifa=0,0808 US\$/kWh; i=12%; 12h/dia) - Alternativa 1B | 139 |
| Figura 5.23 - Variação do Custo do Lúmem-hora (Tarifa: 0,0808 US\$/kWh; i=12%) (Alternativa 1B)..... | 140 |
| Figura 5.24 - IP - Custo de Energia Economizada (CEE)-Substituição LM500 (Tarifa=0,0808 US\$/kWh; i=12%; 12h/dia) - Alternativa 1B | 141 |
| Figura 5.25 - Variação do Custo do Lúmem-hora (Tarifa: 0,0808 US\$/kWh; i=12%) (Alternativa 1B) | 142 |
| Figura 5.26 - IP - Custo de Energia Economizada (CEE)-Substituição VHg250 (Tarifa=0,0808 US\$/kWh; i=12%; 12h/dia) - Alternativa 1B | 143 |
| Figura 5.27 - Variação do Custo do Lúmem-hora (Tarifa: 0,0808 US\$/kWh; i=12%) (Alternativa 1B)..... | 144 |
| Figura 5.29 - IP - Custo de Energia Economizada (CEE)-Substituição VHg400 (Tarifa=0,0808 US\$/kWh; i=12%; 12h/dia) - Alternativa 1B | 145 |
| Figura 5.30 - Variação do Custo do Lúmem-hora Fornecido (Tarifa: 0,0808 US\$/kWh; i=12%) (Alternativa 1B)..... | 146 |
| Figura 5.31 - Comparação das Oportunidades de Racionalização pelo TRS..... | 148 |
| Figura 5.32 - Comparação das Oportunidades de Racionalização pelo CEE..... | 148 |
| Figura 5.33 - Comparação das Oportunidades de Racionalização pela TIR..... | 149 |
| Figura 5.34 - Comparação das Oportunidades de Racionalização pelo CCVA . | 149 |
| Figura 6.1 - Variação dos Custos Totais de Potência segundo o Fator de Carga (Programa de Equipamento até 2007)..... | 152 |
| Figura 6.2 - Projeção do Consumo de Energia Segundo Opção Tecnológica | 158 |
| Figura 6.3 - Priorização do Custo de Energia Economizada Segundo Opção de Substituição Tecnológica. | 159 |
| Figura 6.4 - Diagrama Cumulativo de Recursos de Oferta e Demanda Segundo o Fator de Efetividade de Custo | 160 |

| | |
|---|-----|
| Figura 6.5 - Programa de Substituições: | |
| Diferença Anual nos Custos não Energéticos | 162 |
| Figura 6.6 - Programa de Substituições: | |
| Redução Anual do Consumo de Energia..... | 162 |
| Figura 6.7 - Programa de Substituições: | |
| Total de Economias Anuais..... | 163 |
| Figura 6.8 - Evolução do Consumo de Eletricidade para Fins de Iluminação: | |
| Cenários de Avaliação para 2007 | 169 |
| Figura A.1 - Mapa de Localização do Peru | 181 |
| Figura A.2 - Mapa de Localização de Lima..... | 182 |
| Figura B.1 - Modelamento da Demanda de Energia Elétrica em | |
| Função à Elasticidade de Curto Prazo - Tarifa 21 | 185 |
| Figura B.2 - Modelamento da Demanda de Energia Elétrica em | |
| Função à Elasticidade de Curto Prazo - Tarifa 40..... | 185 |
| Figura B.3 - Modelamento da Demanda de Energia Elétrica em | |
| Função à Elasticidade de Curto Prazo - Tarifa 42..... | 186 |
| Figura B.4 - Modelamento da Demanda de Energia Elétrica em | |
| Função à Elasticidade de Curto Prazo - Tarifa 50..... | 186 |
| Figura B.5 - Modelamento da Demanda de Energia Elétrica em | |
| Função à Elasticidade de Curto Prazo - Tarifa 52..... | 187 |
| Figura D.1 - Fator de Sombra que Transforma Luz Solar Direta | |
| em luz Refletida | 213 |
| Figura D.2 - Exemplo de Proteção Termoluminosa de uma Janela | |
| Orientada para o Norte..... | 214 |
| Figura D.3 - Influência da Altura de Montagem na Uniformidade | |
| da Iluminação Zenital..... | 216 |
| Figura D.4 - Zenital que Oferece Luz Refletida | 217 |
| Figura D.5 - Incandescente Comum x Refletora | |
| Convencional x Refletora Elíptica..... | 219 |

Lista de Abreviaturas

| | |
|--------|--|
| ABILUX | Associação Brasileira da Indústria de Iluminação |
| AP | Autoprodutores |
| BEC | Balanço Energético Consolidado |
| BEL | Balanço de Energia Líquida |
| BID | Banco Interamericano de Desenvolvimento |
| BM | Banco Mundial |
| BT | Baixa Tensão |
| BY | Bosta e "Yareta" |
| BZ | Bagaço |
| CEE | Custo da Energia Economizada |
| CCV | Custo do Ciclo de Vida |
| CCVA | Custo do Ciclo de Vida Anualizado |
| CIE | Comissão Internacional de Energia |
| CM | Carvão Mineral |
| CPFL | Companhia Paulista de Força e Luz |
| CTE | Comissão de Tarifas Elétricas |
| CO | Comité de Operações |
| CQ | Coque |
| CV | Carvão Vegetal |
| CFTE | Consumo Final Total de Energia |
| DO | Diesel |
| ELL | Electro Lima |
| EUA | Estados Unidos de América |
| EE | Energia Elétrica |
| FEC | Fator de Efetividade do Custo |
| FCC | Fator de Carga de Conservação |
| FRC | Fator de Recuperação do Capital |
| GD | Gás Distribuído |

| | |
|-------|--|
| GI | Gás Industrial |
| GL | Gás Liquefeito |
| GM | Gasolina |
| GN | Gás Natural |
| HE | Hidro-energia |
| IAS | Instituições de Assistência Social |
| IEE | Instituto de Eletrotécnica e Energia |
| INEI | Instituto Nacional de Estatística e Informática |
| IP | Iluminação Pública |
| KJ | Querosene, Jet-Fuel |
| LE | Lenha |
| LF | Lâmpada Fluorescente Convencional |
| LFCp | Lâmpada Fluorescente Compacta Prismática |
| LFc | Lâmpada Fluorescente Convencional Circular |
| LFT | Lâmpada Fluorescente Trifósforo |
| LI | Lâmpada Incandescente |
| LM | Lâmpada de Luz Mista |
| MEM | Ministério de Energia e Minas |
| MT | Média Tensão |
| NI | Normas de Iluminação |
| PGT | Programa de Garantia Tarifária |
| PIB | Produto Interno Bruto |
| PNUD | Programa de Nações Unidas para o Desenvolvimento |
| PT | Petróleo |
| PR | Óleo Combustível |
| RML | Região Metropolitana de Lima |
| SC | Setor Comercial |
| SGFA | Setor Governo e Forças Armadas |
| SICN | Sistema Interligado Centro Norte |
| SISUR | Sistema Interligado Sul |

| | |
|------|----------------------------------|
| SP | Serviço Público |
| SR | Setor Residencial |
| SREL | Sistema Regional de Electro Lima |
| SS | Setor Serviços |
| SUG | Setor Uso Geral |
| TIR | Taxa Interna de Retorno |
| TDC | Taxa de Desconto do Consumidor |
| TRS | Tempo de Retorno Simples |
| Tx | Taxa |
| USP | Universidade de São Paulo |
| VNa | Lâmpada de Vapor de Sódio |
| VHg | Lâmpada de Vapor de Mercúrio |

Lista de Símbolos

| | |
|------|------------------------------------|
| W | watt |
| TWh | terawatt-hora (10^{12} Wh) |
| GWh | gigawatt-hora (10^9 Wh) |
| MWh | megawatt-hora (10^6 Wh) |
| kWh | quilowatt-hora (10^3 Wh) |
| GW | gigawatt (10^9 W) |
| MW | megawatt (10^6 W) |
| US\$ | unidade monetária: dólar americano |
| h | hora |
| % | percentagem |
| m | metro |
| nm | nanometro (10^{-9} m) |
| lm | lúmen |
| min. | minutos |
| kTep | kilo tep (10^3 tep) |

RESUMO

As experiências internacionais indicam que a racionalização do consumo de energia elétrica para iluminação apresenta um significativo potencial de economia sem prejuízo nos níveis de iluminância.

Neste trabalho, depois de caracterizar o uso da iluminação na Região Metropolitana de Lima e de estudar sua relação no contexto elétrico e energético do Peru, analisam-se oportunidades que viabilizem e priorizem ganhos de eficiência econômica, num sentido amplo, na iluminação, para os Setores Residencial, Comercial e de Serviços. Também é analisado o comportamento do consumidor frente aos distintos tipos de sinais que determinam suas decisões de investimentos em tecnologias de iluminação e os padrões culturais que incidem em seu consumo. Adicionalmente, são analisados os distintos tipos de barreiras que existem contra as medidas da racionalização e se propõem soluções para superá-las.

Como parte do estudo econômico, conclui-se que existem oportunidades de racionalização de energia ao ano horizonte de 2007 totalizando 419 GWh anuais, equivalentes a 115 MW de potência instalada. Este potencial pode-se constituir numa alternativa para a Turbina a Gás de 104 MW, atualmente proposta, com custo de investimento aproximado de 55 milhões de dólares para o ano horizonte. O conjunto de propostas apresenta um custo estimado em US\$ 7 milhões anuais, produzindo economias avaliadas em US\$ 26 milhões anuais.

Reconhece-se que para o atingimento destes níveis de racionalização no uso da energia, tem-se que vencer uma série de barreiras institucionais, legais e culturais, entre outras que também são analisadas no presente estudo.

ABSTRACT

International experiences have shown that the rational use of electric energy for lighting presents a significant savings potential without loss in the levels of illumination.

In this work a characterization of the lighting use in the metropolitan region of Lima and a study of its relation in the electric and energy context of Peru are developed. The opportunities that enable and prioritize efficiency gains for the lighting use, in the residential, commercial, and service sectors are analysed. The consumer behaviour regarding the different aspects that determine decisions of investments in lighting technologies, and the cultural standard barriers that exist are also analysed.

As a part of the economic analysis, this study finds out that there are opportunities of rational use of energy for the horizon year (2007) totalizing economies such as 419 GWh per year, equivalent to installed capacity of 115 MW. This potential may be considered as an alternative to the 104 MW Gas Turbine considered for future implementation, with an approximated cost of US\$ 55 million until the horizon year. The group of actions represents an yearly estimated cost of US\$ 7 million, resulting in yearly savings evaluated at US\$ 26 million.

In order to obtain the levels of use of energy proposed it is necessary to overcome institutional, legal, economic, and cultural barriers, also analysed in the work.

Capítulo 1

Introdução

1.1 Motivação

Até início da década de 1970 a maioria de países desenvolvidos tinha desfrutado durante décadas de preços baixos da energia e de fornecimento abundante de combustíveis, conseqüentemente o resultado foi um consumo percapita de energia elevado e em crescimento.

Ante tal situação, em geral, os governos não prestaram maior atenção ao elevado índice de consumo até a primeira crise do petróleo, o que ocasionou uma rápida subida dos preços e interrupções no fornecimento de energia, situação que obrigou ao reexame das políticas vigentes.

O Peru, que teve um começo da etapa de industrialização com um modelo primário exportador de produtos mineiros acompanhada de uma agricultura não mecanizada, desfrutou igualmente a muitos países subdesenvolvidos, das "bondades" do panorama energético internacional até o início da década de 1970. Posteriormente, apresentaram-se a sucessão de crises como conseqüência do novo "estado da arte internacional" e das pressões que os países desenvolvidos exerciam sobre os menos desenvolvidos como medidas de proteção.

Conseqüentemente, muitos países começam a ter uma atitude mais aberta a respeito dos mecanismos em que a energia é produzida e consumida, na medida que experimentam: a) uma demanda crescente; b) limitações de financiamento; c) maiores pressões em matéria de conservação do ambiente; d) desempenho deficiente do setor energia, com a conseguinte insatisfação dos consumidores, e, e) a reavaliação das funções que correspondem aos governos e aos setores público e privado no processo de desenvolvimento.

Com todas estas considerações, se afiança cada vez mais o conceito de eficiência e da procura da mesma em todos os setores. Assim, a definição chega a ter uma visão técnica (eficiência produtiva), alocativa de ingressos (eficiência distributiva), de dotação de recursos (eficiência de dotação) e, de estrutura de custos e preços (eficiência estrutural).

É assim que o conceito de eficiência chega pelo lado da oferta, ao setor energético, particularmente ao subsetor elétrico, e pelo lado da demanda a cada um dos setores econômicos. Neste último caso, o comportamento do consumo encontra-se influenciado por uma série de "sinais" que podem ou não repercutir em ineficiências de utilização.

Ainda que o conceito de eficiência não se encontra exclusivamente vinculado ao de conservação, este último constitui um dos principais mecanismos da sua promoção.

Dentro deste panorama os sistemas de iluminação, via de regra, apresentam um significativo potencial de economia de energia elétrica, e sem prejuízo dos níveis de iluminância desejada para as atividades desenvolvidas é possível otimizar estes sistemas obtendo-se redução no consumo de eletricidade.

Sendo o consumo de energia elétrica para fins de iluminação 15% do consumo nacional de eletricidade, deve-se admitir a existência de um potencial importante de racionalização deste uso.

Paralelamente, a utilização de eletricidade para fins de iluminação nos setores residencial, comercial e iluminação pública na Região Metropolitana de Lima (RML) representa 14% das vendas de Electrolima^(*), podendo admitir-se também um importante potencial de melhoria da eficiência neste uso nos setores mencionados.

Além disso, a participação das vendas de energia elétrica por parte de Electrolima representam o 61% do total nacional de vendas no Serviço Público, fornecendo energia para o 49% dos clientes nacionais e 33% da população do Peru.

Com todas estas considerações apresentadas para a RML pode-se admitir que os impactos de um pacote de medidas de eficiência, seriam traduzidos numa quantidade importante de benefícios para os clientes, concessionárias, sistema elétrico e a sociedade como um todo. Trata-se então, de fazer uma análise da

(*) Empresa responsável pelo fornecimento de energia elétrica em Lima.

situação atual, quantificar as estruturas de consumo, avaliar as diferentes estratégias, selecionar as alternativas econômico-financeiras viáveis, e introduzir esquemas de política energética que permitam a aplicação das medidas selecionadas.

No Anexo A.1 apresenta-se o plano de localização da zona de estudo.

1.2 Objetivo

O objetivo da dissertação é o estudo das principais alternativas de melhoria de eficiência econômica, num sentido amplo, no uso da iluminação nos setores residencial, comercial, e iluminação pública, para a Região Metropolitana de Lima.

Neste sentido, a idéia básica da pesquisa é fazer o estudo integral do uso iluminação nos setores assinalados, com o propósito de definir oportunidades rentáveis, para as empresas, clientes e o país como um todo, contribuindo diretamente para ganhos de eficiência produtiva, alocativa e indiretamente, nos ganhos de eficiência distributiva.

Conseqüentemente, a dissertação terá os seguintes objetivos específicos:

- a. Avaliação das respostas do consumidor de energia elétrica ante as variáveis de fornecimento de energia e análise da sua capacidade de novos investimentos, na procura de melhoria de eficiência;
- b. Estudo da situação atual do uso iluminação no contexto total dos usos e análise dos níveis de eficiência econômica atingidos nas atuais condições;
- c. Oportunidades de uma melhor organização das tecnologias de iluminação ofertadas em função do uso específico;
- d. Alternativas econômico-financeiras de investimentos na melhoria no uso da iluminação, do ponto de vista dos clientes, empresas, do sistema de fornecimento e da sociedade como um todo.

1.3 Metodologia

1.3.1 Estratégia

O desenvolvimento da dissertação compreendeu quatro etapas básicas. Na *primeira etapa* trabalhou-se na elaboração do projeto de dissertação, além da estimação de alguns resultados preliminares que pudessem dar "luzes" sobre os possíveis resultados.

A *segunda etapa* correspondeu ao processo de recompilação de informação, cuja pesquisa foi desenvolvida em Lima.

Na *terceira etapa* foi realizado o processo de compilação, consistência e avaliações da caracterização do uso iluminação, além das pesquisas econômico-financeiras.

A *quarta etapa* compreendeu a fase de consistência e revisão final. Esta fase foi desenvolvida em estadias entre Lima e São Paulo.

1.3.2 Do Conteúdo da Dissertação

Caraterização do Subsetor Elétrico - Capítulo 2

Neste capítulo tem-se como objetivo a apresentação da organização do sistema de fornecimento elétrico, dentro do contexto da nova Lei de Concessões Elétricas; além de ter uma visão da estrutura de consumo, das reações dos consumidores ante os diferentes sinais e da forma em que o consumo elétrico se desenvolve dentro do sistema elétrico do país.

Para o cumprimento deste objetivo se faz um resumo das principais "regras" estabelecidas na nova Lei de Concessões Elétricas, fazendo incidência nos aspectos tarifários e do sistema de distribuição.

Também, realiza-se uma descrição dos sistemas de geração, transmissão e distribuição para o total nacional e especificamente no que respeita à Região Metropolitana de Lima (RML).

Paralelamente, são analisadas as estruturas de consumo dos Setores Residencial, Comercial, Iluminação Pública e Uso-Geral^(*), fazendo incidência na RML.

Posteriormente são avaliados os impactos econômicos e respostas dos consumidores às variações dos preços, fazendo uso de ferramentas como a análise das elasticidades.

Finalmente, é caracterizado o comportamento da fonte eletricidade dentro do marco macro-energético do país, tentando localizar sua participação e importância frente as outras fontes energéticas, fazendo uso dos Balanços de Energia Líquida (BEL).

(*) Inclui governo e municípios, eletrobombas, água e esgoto e centros de instrução pública.

O capítulo pretende dar o marco introdutório para "semear" as bases sobre as quais se estará atuando, na procura de melhoria de eficiências, com relação a uma fonte energética exclusiva: a eletricidade.

A Caracterização do uso da Iluminação - Capítulo 3

Este capítulo tem como objetivo identificar o comportamento do uso final da iluminação no ambiente nacional e especificamente na RML; além de apresentar o estado das normas de iluminação existentes.

Na busca do mencionado objetivo foi diferenciado o comportamento do uso da iluminação nos Setores Residencial, Comercial, Serviços e Governo-Forças Armadas, fazendo incidência na representatividade do mesmo no total de consumo elétrico e com outros usos também elétricos, sendo o Balanço Energético Consolidado (BEC) a principal ferramenta de que se faz uso no cumprimento deste objetivo.

Finalmente é apresentado um resumo do estado das normas de iluminação no Peru, a fim de que o mesmo sirva de ilustração e promoção de melhorias de racionalização de consumo elétrico.

Racionalização do Uso de Energia: Oportunidades e Barreiras - Capítulo 4

Este capítulo tem como objetivo específico a identificação dos condicionantes que agem no comportamento interno e externo do consumidor; além de conhecer algumas experiências de melhoria da eficiência e dos benefícios da utilização de prédios inteligentes.

No vencimento deste objetivo foi analisado o comportamento do consumidor a partir da psicologia do mesmo e das relações com o meio social em que se encontra; além das diferentes situações externas que se apresentam aos consumidores, nos fabricantes e provedores de equipamento de uso final, produtores e distribuidores de energia, nas instituições financeiras, no governo e nas fundações de ajuda e agências internacionais.

Posteriormente, foram identificadas algumas experiências internacionais de racionalização do uso da iluminação, como é o caso da experiência do Brasil, México e dos EUA, com incidência na análise dos programas desenvolvidos neste último país e relacionado com as políticas de substituição que se apresentaram.

Avaliação Econômica-Financeira dos Programas de Racionalização - Capítulo 5

O capítulo 5 tem como objetivo específico o conhecimento das oportunidades de viabilidade econômica de cada um dos programas propostos sobre a base da existência de uma disponibilidade tecnológica convencional ou eficiente disponível no mercado e outros condicionantes como hábitos de uso, níveis tarifários e o valor temporal do dinheiro.

Para o logro deste objetivo foram identificadas as tecnologias disponíveis no mercado, além de seu sistema de preços, e caracterizadas as mesmas, segundo dados de catálogo, e alguns testes de laboratório que foram realizados no Laboratório de Fotometria do Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP.

Sobre a base da análise anterior foram feitas as avaliações econômicas das propostas de penetração tecnológica visando a substituição de lâmpadas incandescentes de 100W, lâmpadas fluorescentes comuns de 40W e substituições na Iluminação Pública, sendo os parâmetros de avaliação o Tempo de Retorno Simples, o Custo do Ciclo de Vida Anualizado, a Taxa Interna de Retorno, a Conta Mensal de Eletricidade e Custo do Lúmen-hora Fornecido.

Avaliação Integrada das Alternativas de Oferta e de Racionalização - Capítulo 6

Este capítulo tem como objetivo a identificação dos possíveis limites da evolução do consumo de eletricidade para fins de iluminação na RML e a análise das prioridades de racionalização de cada proposta; além de o conhecimento dos impactos para o cliente, a concessionária e os sistema elétrico.

Na consecução deste objetivo foram avaliados cenários de projeção limites, como são os casos do Cenário de Eficiência Congelada e o Cenário de Potencial Técnico Atingível. Também foi elaborado um cenário intermediário (Cenário Tendencial).

Finalmente, foram pesquisadas, com base em instrumentos de Planejamento Integrado de Recursos, as vantagens e desvantagens da implementação de cada opção de racionalização, estabelecendo prioridades em atenção a seus custos de energia conservada e o fator de efetividade do custo. Este indicador relaciona cada tipo de proposta de racionalização com as alternativas correspondentes de oferta de energia elétrica para a satisfação das necessidades de serviços energéticos.

Capítulo 2

Caracterização do Subsetor Elétrico

No transcurso dos últimos anos efetuaram-se importantes modificações no esquema sócio-econômico do Peru como consequência da aplicação de medidas contra a crise econômica por que atravessa o país, sendo o Subsetor elétrico também atingido.

Assim, uma das consequências destas medidas, na busca de "eficiências" para as empresas, foi a entrada em vigência da "Nova Lei de Concessões Elétricas" ao final de 1993.

Paralelamente, o modo de uso dos energéticos, e conseqüentemente das possibilidades de melhora da eficiência nestes usos, implica a "visão do entorno" em que se vai ter que agir. Apresenta-se nas seções seguintes o resumo da caracterização do Subsetor elétrico peruano, fazendo incidência na Região Metropolitana de Lima (RML), e as principais implicações das novas "regras do jogo" para as empresas.

Também, se faz uma análise das respostas que o consumidor elétrico teve às mudanças tarifárias durante os últimos anos, a fim de investigar se a representatividade dos preços resulta "relevante" na estrutura de consumo dos clientes.

2.1 A Nova Lei de Concessões Elétricas (Refs. M-1, M-2)

O novo esquema possibilita uma forte participação privada. As atividades de geração, transmissão e distribuição poderão ser desenvolvidas por pessoas físicas ou jurídicas, nacionais ou estrangeiras.

Requer-se concessão: (1) na geração de energia elétrica, quando a potência instalada for maior que 10 MW; (2) na transmissão de energia elétrica, quando as instalações afetem bens do estado e/ou precisam a imposição de servidão por parte

deste, e; (3) na distribuição de energia elétrica, quando a demanda for superior a 500 kW.

A Lei estabelece um regime de liberdade de preços para os fornecimentos que possam efetuar-se em condições de competição e um sistema de preços regulados naqueles fornecimentos que por sua natureza o precisem, reconhecendo custos de eficiência (ver Figura 2.1).

O Estado garante a conservação do meio ambiente, patrimônio cultural e uso racional dos recursos no desenvolvimento das atividades relacionadas com a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

A Comissão de Tarifas Elétricas (CTE) é um organismo descentralizado do Setor Energia e Minas com autonomia funcional, econômica, técnica, e administrativa, responsável por fixar as tarifas de energia elétrica (ver Figura 2.2).

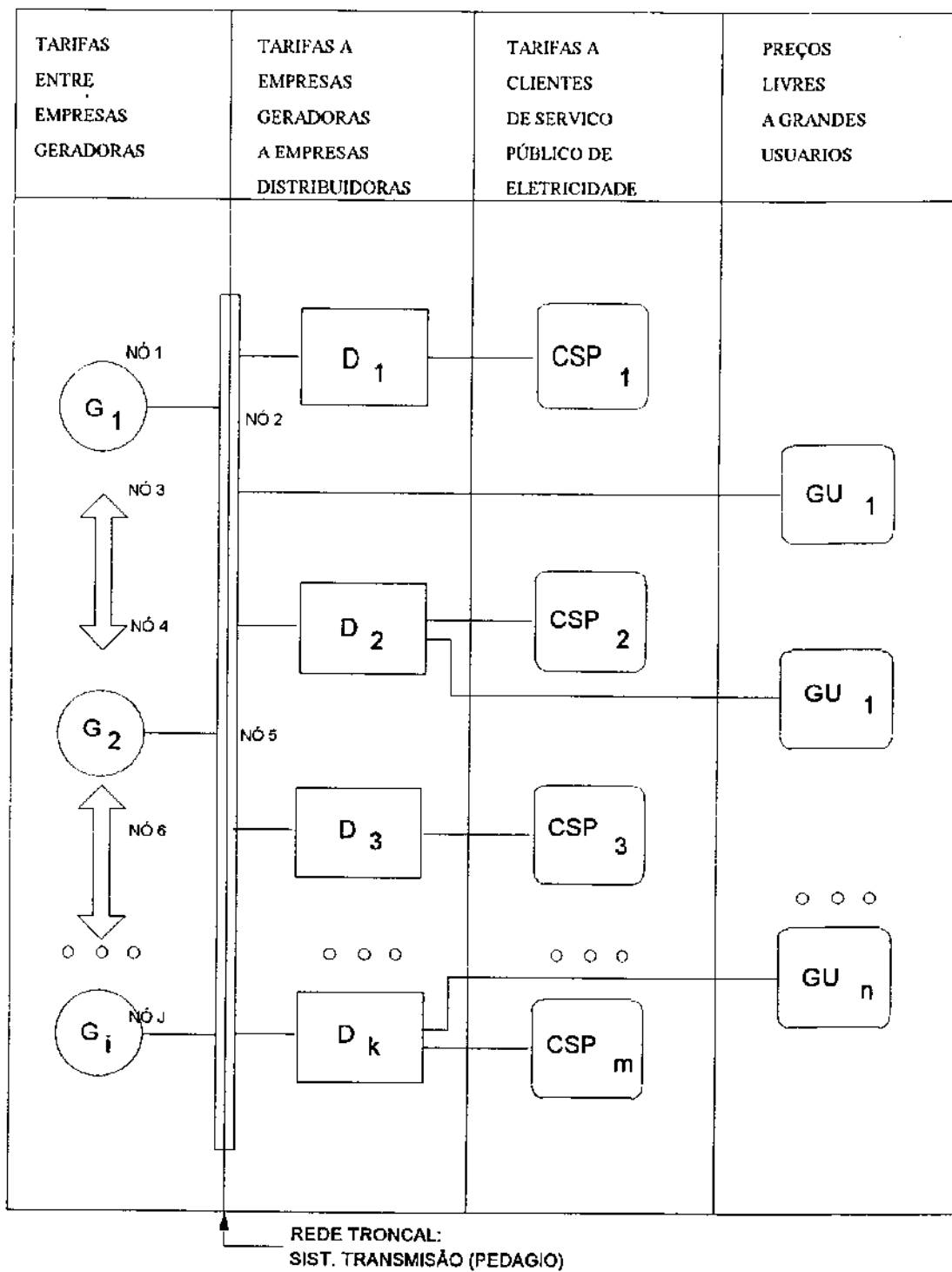
A concessão é outorgada com prazo indefinido. Pode-se, outorgar concessão temporal (máximo por 2 anos) para a realização de estudos.

A concessão definitiva permite utilizar bens de uso público e o direito de obter a imposição de servidão para a construção e operação de usinas de geração e obras conexas, subestações e linhas de transmissão e redes de distribuição para o Serviço Público de Eletricidade.

Os concessionários de geração, transmissão e distribuição estão obrigados a: (1) efetuar estudos e/ou a construção das obras nos prazos assinalados no contrato de concessão; (2) conservar e manter suas obras e instalações nas condições adequadas para sua operação eficiente; (3) aplicar os preços regulados; (4) apresentar a informação técnica-econômica aos organismos normativos e reguladores; (5) cumprir com o código nacional de eletricidade e outras normas, e; (6) facilitar as inspeções técnicas a suas instalações.

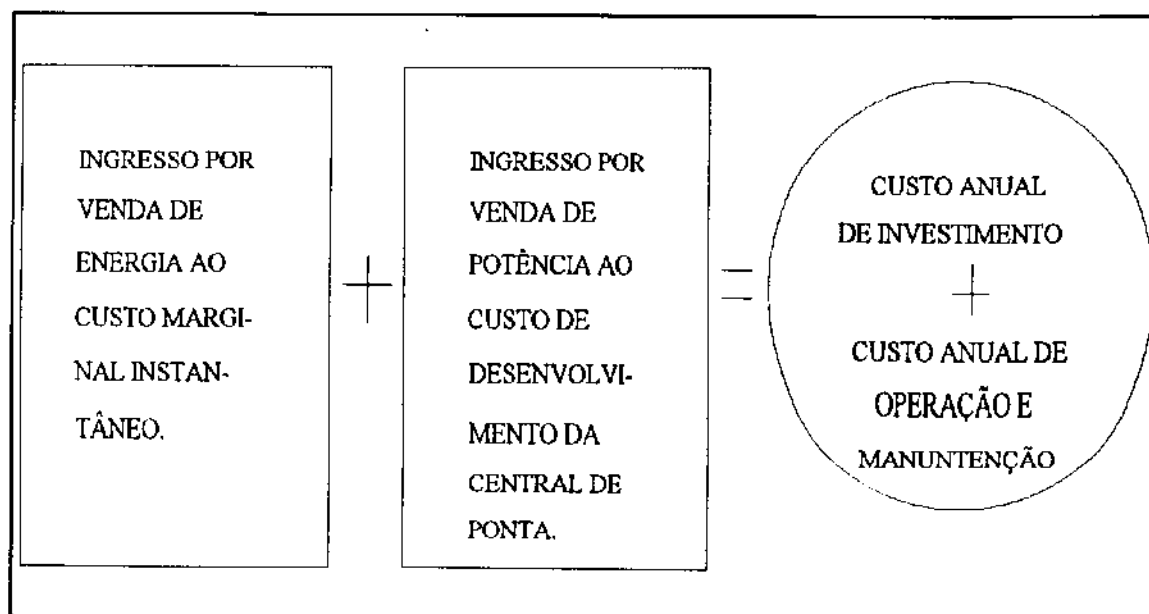
Também, os concessionários de distribuição estão obrigados a: (1) dar serviço a quem o solicite dentro de uma zona de concessão ou aqueles que cheguem a essa zona com suas próprias linhas; (2) ter contratos vigentes com empresas geradoras que garantam seu requerimento de potência e energia (mínimo 24 meses); (3) garantir a qualidade do serviço; e, (4) permitir a utilização de seus sistemas por parte de terceiros, para fornecer energia a usuários que não tenham o caráter de Serviço Público de Eletricidade, localizados dentro ou fora da concessão.

Figura 2.1.- Tarifas e Preços de Eletricidade



Fonte: Comisión de Tarifas Eléctricas (CTE)

Figura 2.2.- Fundamento da Tarifa



Fonte: Comisión de Tarifas Eléctricas (CTE)

Os titulares das usinas de geração e de sistemas de transmissão, cujas instalações se encontram interligadas, conformaram um organismo técnico denominado Comitê de Operação Econômica do Sistema com o fim de coordenar sua operação a mínimo custo, garantindo a segurança do abastecimento de energia e o melhor aproveitamento dos recursos.

Como observação, pode-se assinalar que dentro deste esquema, as avaliações predominantes serão do tipo estritamente financeiro. Conseqüentemente, projetos com baixa rentabilidade (ex. projetos rurais), serão não viáveis. Também, o esquema favorece os projetos de geração de tipo térmico. Definitivamente, algumas avaliações sociais não serão usadas, cabendo, portanto, ao governo viabilizar os projetos que sejam necessários para a sociedade e que tenham baixa rentabilidade. Igualmente, neste esquema é esquecido o conceito de "renda hidráulica", que possibilita os superbenefícios aos ofertantes.

2.2 A Caracterização da Oferta

2.2.1 Geração

No fim de 1993 a *potência instalada total no Peru* era de 4.188 MW. Deste total, 58% (2.447 MW) eram hidráulicos e 42% (1.741 MW) térmicos. Analogamente, 69% (2.897 MW) pertence ao Serviço Público e 31% (1.291 MW) aos autoprodutores (MEM, 1993; Ref. M-3) (ver Tabela 2.1).

Tabela 2.1: Capacidade Instalada a Nível Nacional (MW)

| Tipo | Hidráulico | Térmico | Total |
|-----------------------|-------------------|----------------|--------------|
| Serviço Público | 2.177 | 720 | 2.897 |
| Autoprodutor | 270 | 1.021 | 1.291 |
| <i>Total Nacional</i> | 2.447 | 1.741 | 4.188 |

Fonte: MEM (Ref. M-3)

Para efeitos do presente estudo tem-se presente que a *potência instalada no Sistema Regional de Electrolima (SREL)* é de 1.274 MW. Correspondem deste total 54% a Electrolima, 1% a Zonales, 1% a Hidrandina, e 44% a ElectroPeru.

Ao SREL correspondeu uma máxima demanda de 967 MW para 1990. Em anos posteriores (91 e 92) apresentarem-se restrições no serviço. Causa destes fatos foram, principalmente, consequência da forte crise econômica, a mesma que atingiu o Subsetor elétrico, e uma inadequada política tarifária.

O total de *energia produzida* no Serviço Público(SP) no ano 1993 atingiu 11.253 GWh (CTE, 1994; Ref. C-1). Adicionalmente, 3.570 GWh foram produzidos pelos Autoprodutores (AP) (MEM)^(*).

No SP, 92% (10.369 GWh) foram de geração hidroelétrica e 8% (883 GWh) de geração térmica. Analogamente, no caso dos AP, 40% (1.429 GWh) foram de geração hidráulica e 60% (2.134 GWh) de geração térmica (ver Tabela 2.2).

(*) Dado obtido por comunicação pessoal (Ministerio de Energia e Minas).

Tabela 2.2: Energia Produzida a Nível Nacional, 1993 (MWh)

| Tipo | Hidráulico | Térmico | Total |
|-----------------------|-------------------|----------------|--------------|
| Serviço Público | 10.369 | 883 | 11.252 |
| Autoprodutor | 1.429 | 2.134 | 3.563 |
| <i>Total Nacional</i> | 11.798 | 3.017 | 14.815 |

Fonte: CTE, MEM (Ref. C-1)

O total de energia elétrica gerada pela Electrolima no ano 1993 alcançou os 2.785 GWh. Esta quantidade corresponde a 25% do total nacional gerado no SP. Assim, 92% (2.575 GWh) correspondem à geração de tipo hidráulico e 8% (210 GWh) à geração de tipo térmico.

2.2.2 Transmissão

Existem três sistemas elétricos importantes. O *Sistema Interligado Centro Norte (SICN)* cobre 83% da demanda nacional e abarca desde Piura, pelo norte, até Marcona, pelo sul, e Huancayo, pelo centro. O sistema elétrico sul interliga as empresas "Sur-Oeste e Sur", abarcando os departamentos de Arequipa, Moquegua e Tacna. Finalmente, o sistema elétrico Sur-Leste, cobre cargas dos departamentos de Cuzco e Puno. Prevê-se a interligação destes dois últimos sistemas elétricos para formar o *Sistema Interligado Sur (SISUR)* (ver Figura B.1) (MEM, 1993; Ref. M-3).

Tabela 2.3: Capacidade Instalada e Efetiva por Sistemas Interligados incluindo Autoprodutores (MW)

| Sistema | Capacidade Instalada | Capacidade Efetiva |
|----------------|-----------------------------|---------------------------|
| SICN | 2.639,8 | 2.303,7 |
| SISUR | 625,6 | 559,6 |
| <i>Total</i> | 3.265,4 | 2.863,3 |

Fonte: CTE, MEM (Ref. C-1)

Para fins deste estudo é importante analisar o SICN, que engloba a RML. Este sistema tem principalmente geração hídrica, com uma potência instalada de 2.003 MW, com características de operação de base, sendo majoritariamente localizada em Lima. O equipamento termoeletrico deste sistema, tem uma potência instalada de 636,8 MW, dos quais 364,2 são grupos turbogás de 86,2 MW

localizados em Lima, e 86,2 são grupos diesel de pequeno porte localizados em Chimbote e Trujillo (MEM, 1993; Ref. M-3).

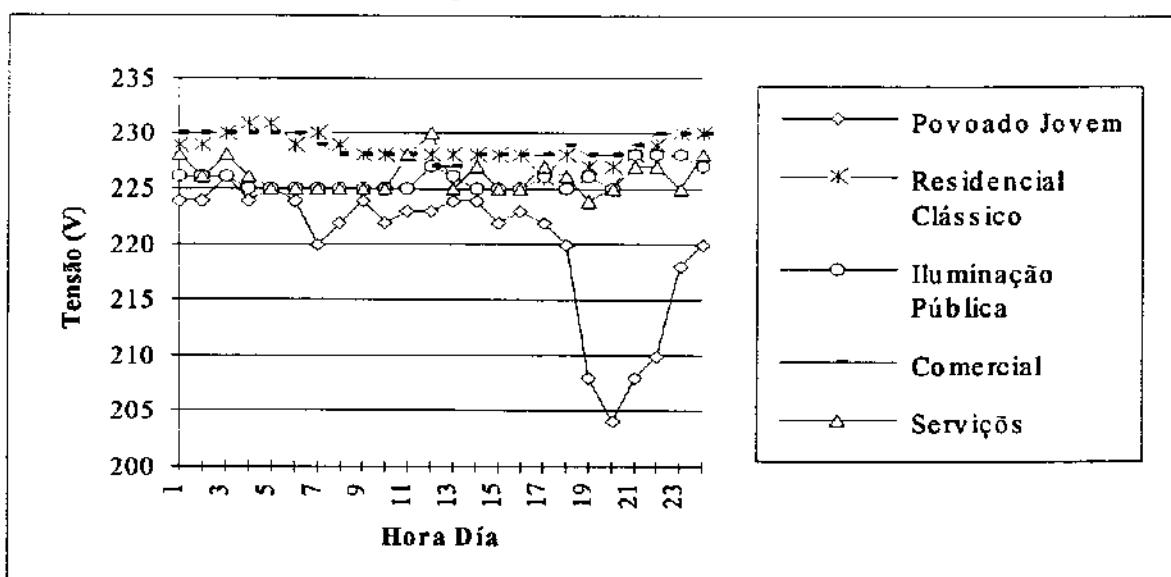
2.2.3 Distribuição

O sistema de distribuição a nível nacional apresenta diferentes tipologias. Assim, na cidade de Lima 68% da rede de média tensão é subterrânea; não obstante, a expansão anual, nos últimos dez anos, é 70% aérea e 30% subterrânea (CTE, 1994; Ref. C-2). Contrariamente, outras cidades do resto do país, tem sistemas de distribuição predominantemente aéreos. O nível mínimo de tensão de distribuição é de 220 V, com uma frequência de 60 hz (principalmente).

Os problemas de queda de tensão resultam importantes para os fins deste estudo. Ante a impossibilidade de poder obter uma amostra representativa do sistema mediante métodos probabilísticos, somente foi possível estabelecer um amostragem casual.

Com estas restrições, a Figura 2.1 apresenta a evolução de cargas para sistemas predominantes num dia típico em Lima.

Figura 2.1: Variação do Nível de Tensão para Sistemas Predominantes na Região Metropolitana de Lima



Fonte: Electrolima

Nota:

1. Observa-se uma forte queda da tensão no povoado jovem como consequência de que este geralmente está na cauda da rede de distribuição.

2.3 Consumos Setoriais(*)

O total nacional de vendas de energia elétrica no SP para 1993 foi de 8.311 GWh. Deste total, 61% (5.069 GWh) corresponderam ao total vendido por ELL.

O total nacional de perdas em distribuição no SP para 1993, em média e baixa tensão, foi de 19% (1.809 GWh) em relação ao total de energia disponível (depois das compras e sem perdas de transmissão); e, de 16% em relação ao total nacional de energia gerada (11.253 GWh) (CTE, 1994; Ref. C-1).

Similarmente, o nível de perdas de distribuição para ELL, em média e baixa tensão, foi de 17% em relação ao total de energia disponível.

Como consequência da transição do processo tarifário, eventualmente, produziu-se uma desatualização na apresentação de dados de vendas de energia elétrica por sistemas econômicos para o ano 1993.

Conseqüentemente, nas próximas seções são apresentados alguns consumos setoriais para o ano 1992 que são cadastrados pelas empresas distribuidoras, a fim de que os mesmos sirvam referencialmente.

2.3.1 Setor Residencial (SR)

Até o ano 1992 e parte de 1993, pertenciam a o SR as tarifas 20, 21 e 22; desagregada em "Tarifa Social" (até 30 kWh-mes), a tarifa de "Medidor" (diferenciada por intervalos de consumo) e a tarifa de "Pensão Fixa", respectivamente. Com o novo esquema tarifário, que traz consigo a nova Lei de Concessões Elétricas, será modificado notoriamente ao ter uma única tarifa para todo o setor.

O total de vendas de energia elétrica no SR para 1992 foi de 2.749 GWh(**). Também, 63% (1.722 GWh)(***) foram vendidos por ELL. Esta última quantidade

(*) Neste caso a análise foi feita só para as empresas do Serviço Público de Eletricidade, como consequência das estatísticas do Serviço Autoprodutor não serem quantificadas setorialmente.

As cifras apresentadas nesta seção diferem das apresentadas no Balanço Energético Consolidado, devido às diferentes metodologias de tratamento de dados. Este fato é explicado no capítulo seguinte.

(**) Em 1993 esta quantidade foi de 3.859 GWh (CTE, Ref. C-1).

(***) O dado de vendas deste setor foi de 2.506 GWh (CTE, Ref. C-1).

representa 40% do total de vendas de ELL (4.300 GWh) e 24% sobre o total nacional de vendas de energia elétrica (7.261 GWh) (CO, 1993; Ref. C-3).

2.3.2 Setor Comercial (SC)

Conformam o SC as tarifas 40 (Comercial Menor em BT), 41 (de Pensão Fixa), 42 (Comercial Maior em MT) e; 43 (Comercial Maior em BT). Analogamente ao caso do SR, o novo esquema estabelece duas tarifas únicas, diferenciadas para a BT e MT.

As vendas de energia para 1992 neste setor foram de 362 GWh, onde 70% (254 GWh) deste total correspondeu as vendas de ELL. Esta quantidade é equivalente a 6% das vendas de ELL e 3% do total nacional de vendas (CO, 1993; Ref. C-3).

2.3.3 Uso-Geral (SUG)

Incluem este agrupamento o conjunto de tarifas 50 (Menor em BT), 51 (de Pensão Fixa), 52 (Gov. Central e Municipalidades), 53 (Eletrobombas Água e Esgoto), 54 (Maior MT), o conjunto de tarifas diferenciadas 55 (Centros de Instrução Pública e outros), e a tarifa 57 (maior BT).

O total das vendas do SUG. para 1992 foi de 659 GWh. Deste total 67% (440 GWh) corresponderam às vendas de ELL, quantidade equivalente a 10% do total de ELL ou 6% do total nacional (CO, 1993; Ref. C-3).

2.3.4 Iluminação Pública (IP)

Conformam este agrupamento as tarifas 10 (de Medidor) e 11 (de Pensão Fixa), no esquema tarifário anterior.

O total de vendas correspondentes a 1992 foi de 383 GWh^(*). Não obstante, 62% (237 GWh)^(**) deste total foi vendido por ELL, quantidade que representa 6% do total de vendas de ELL ou 3% do total nacional vendido.

Conclui-se que o agregado dos quatro anteriores setores envolvem um total nacional de 4.152 GWh vendidos, representando 64% (2.653 GWh) das vendas correspondentes a ELL.

(*) Em 1993 esta quantidade foi de 471 GWh (CTE, Ref. C-1).

(**) O dado equivalente para 1993 foi de 288 GWh (CTE, Ref. C-1).

2.4 Respostas do Consumidor às Mudanças Tarifárias.

2.4.1 Os Impactos Econômicos

O comportamento do consumidor está relacionado com a situação do setor energético e a crises da economia peruana. Assim, nos últimos anos o estado macroeconômico do país apresentou as seguintes características:

- a) A variação percentual da inflação de dezembro de 1988-89 foi de +2.776%. Antes de agosto de 1990 as taxas da inflação eram da ordem de 30% a 40% mensais. Em agosto de 1990 como consequência do "shock econômico" produziu-se uma inflação mensal de 397%, totalizando um total acumulado do 7.650% entre dezembro de 1989-90. Desde então os níveis da inflação desceram de 13,8% em setembro 90 a 2% em fevereiro 94.
- b) Forte depressão produtiva (aprox. 17% na relação 90-88) com tendência lenta de recuperação desde o ano 91.
- c) Redução dos salários reais a menos da metade com relação aos correspondentes ao ano 88. Elevação do desemprego e subemprego a 75% da força laboral.
- d) Redução do gasto público real de 4% do PIB associado a uma paralisação da inversão estadual e, sobretudo, a uma drástica redução das remunerações do setor público.
- e) Antes de agosto de 1990 tinha-se um persistente déficit fiscal superior ao 9% do PIB, financiado integralmente com emissão monetária. Os ingressos monetários baixaram de 14% do PIB em 1985 a menos de 5% em 1989. Assim, ao final de 1990 a ordem do déficit das empresas públicas foi aproximadamente de 2% do PIB (PNUD-BM, 1990 / Ref. P-1).
- f) Em meados de 1990 tinha-se carência absoluta de reservas internacionais no Banco Central de Reserva.

Em muitos países, os gastos médios de energia (combustíveis e eletricidade) dos lares representam aproximadamente 5% do gasto total. Esta quantidade pode ser maior no caso de lares de menores ingressos e também em zonas urbanas, onde diminuem as possibilidades de usar combustíveis não comerciais (PNUD, BM, 1990; Ref. P-1).

No caso do Peru, o gasto de energia em 1985 era somente de 2,2% do gasto total dos lares a nível nacional, com 0,9% para eletricidade e 1,3% para combustíveis (PNUD, BM, 1990; Ref. P-1) (ver Anexo B, Tabela B.1). Em julho de 1990, é provável que o gasto estivesse ainda mais baixo já que os preços de energia tinham baixado em 400 a 500%, ainda que os salários também tivessem baixado. Não obstante, o maior aumento dos preços da energia em agosto de 1990, combinado com o limitado aumento dos ingressos, implicam que os gastos de energia subiram de modo importante no orçamento dos lares que não tinham mudado seus hábitos.

Também para o ano de 1985, tem-se que para 30% da população mais pobre, o gasto em energia só representava 4,8% para a população urbana e 2,9% a nível nacional.

Finalmente, nota-se que a população muito pobre no meio rural não é muito afetada pelas variações do preço da energia, principalmente porque seu acesso ao consumo de energias comerciais é reduzido. Além disso, os bens e serviços de alto conteúdo energético têm pouca importância no orçamento das famílias rurais pobres, já que estas tem técnicas agrárias não muito intensivas no uso de energias comerciais (PNUD, BM, 1990; Ref. P-1).

2.4.2 Indicadores Principais

O consumo de eletricidade no Peru é relativamente baixo. Uma média de 576 kWh-ano/per capita, foram consumidos em 1993. Quantidade bastante baixa quando comparada com a média dos países latinoamericanos que chega a 1200 kWh per capita (PNUD, BM, 1990; Ref. P-1).

Além disso, estimativas do Subsetor indicam que somente 44% da população tem acesso ao serviço de eletricidade. Não obstante, este valor esconde grandes diferenças nacionais já que o nível de eletrificação em Lima é de 72%, enquanto que em algumas regiões do sul do país é de somente 16%.

Como resposta da baixa confiabilidade do serviço elétrico público, consumidores industriais, comerciais e residenciais, especialmente entre 1988 e 1991, têm instalado uma importante capacidade de geração composta de uma variedade de unidades térmicas de alto custo de operação. Estima-se que tal capacidade tenha crescido de aproximadamente 100 a 150 MW no Sistema Interligado Centro Norte (PNUD, BM, 1990; Ref. P-1).

Fatores determinantes da deterioração do serviço elétrico nacional tem sido os limitados recursos financeiros disponíveis para inversão em expansão e reabilitação, durante os últimos anos da década passada e iniciais da presente; condicionado por uma política tarifária de subsídios extremos, baixo nível de ingressos das populações não servidas e os atentados terroristas à infra-estrutura elétrica.

O Peru tem um potencial hidroelétrico de 58.000 MW (PNUD, BM, 1990; Ref. P-1) e somente são aproveitados 7%. Também, existe potencial para a geração elétrica com base na biomassa, na geotermia e na energia solar.

O Custo Marginal de Longo Prazo foi estimado em 70 a 80 US\$/MWh (estudo financiado pelo BID, Cooperação Alemã e o Banco Mundial)^(*). Frente a estas quantidades, em 1985 a tarifa média esteve entre 45 e 49 US\$/MWh; e, em 1988 esta mesma tarifa esteve em menos de 20 US\$/MWh. Nesta época, os ingressos por conceito de vendas de energia caiu de mais de US\$ 300 milhões em 1985 (1,5% do PIB) para US\$ 140 milhões em 1988.

O total nacional de clientes^(**) no ano de 1992 foi de 2.004.580. Deste total 983.794 (49%) correspondem a ELL, representando 88% (866.318 clientes) do SR, 8% (66.432 clientes) do SC, 4% ao SUG e, 1% para IP (CO, 1993; Ref. C-3).

Além disso, a nível nacional tem-se, para 1989, 126 clientes por trabalhador (CTE, 1992; Ref. C-4), tendo aumentado este indicador de produtividade, em 1992, para 140 clientes por trabalhador, como consequência do programa de reestruturação administrativa das empresas.

2.4.3 Evolução das Elasticidades

A justificativa de separação desta seção com relação à anterior, sustenta-se no objetivo de constituir um estudo sobre as respostas dos consumidores às mudanças tarifárias.

Assim, estabeleceu-se uma base de dados mensal das vendas e faturações de energia elétrica de ELL, correspondente a uma série de 13 anos (1980-1992). O tratamento das informações possibilitou a seleção de cinco tipos de tarifas e a

(*) Outros estudos estimam o Custo Marginal de Longo Prazo em 110 a 120 US\$/MWh.

(**) Adota-se este termo como consequência da aplicação tarifária da Nova Lei de Energia.

modificação do tipo de moeda nas faturações, com efeito de diminuir as possíveis distorções causadas pela inflação e desvalorização da moeda.

Os estudos de elasticidades foram sempre aplicados nos trabalhos energéticos. Sua aplicação na forma apropriada ou a via (técnica) pela qual estas foram calculadas as vezes gera polêmicas e questionamentos. Por exemplo, em um estudo desenvolvido pelo "UK Department of Energy", a conclusão foi que "elasticities are as elastic as rubber bands" já que elas dependem da técnica e tempo durante as quais tem sido estimadas (EE, 1981; Ref. K-1). Neste sentido, muitas das diferenças nas elasticidades calculadas mediante diferentes modelos consiste ou nas discrepâncias estatísticas ou mesmos nos dados; além de ter influência também, a forma em que os modelos são especificados.

Neste caso aplicou-se como modelo de cálculo das elasticidades a seguinte relação tradicionalmente usada (MEIER P., 1984; Ref. M-4):

$$Q = \alpha \cdot P^\beta \quad (\text{Eq. 2.1})$$

Onde:

P: preço
Q: demanda
 α , β : coeficientes

O modelo anterior corresponde a uma função de produção similar ao tipo Cobb-Douglas, a mesma que pode ser convertida a uma função de tipo linear, mediante a aplicação de logaritmos, onde pode-se demonstrar que o expoente "B" é correspondente à elasticidade preço da demanda(*) .

Também, numa relação do tipo:

$$C_t = \beta_0 + \beta_1 P_t \quad (\text{Eq. 2.2})$$

Onde:

C_t : logaritmo do consumo de energia no tempo t.
 P_t : logaritmo do preço no tempo t.
 β_0 : logaritmo do coeficiente α

(*) Sendo definida a elasticidade (ε) como a variação da demanda para cada mudança no preço:

$$\varepsilon = \frac{\frac{\partial Q}{\partial P}}{\frac{Q}{P}}$$

representa o ajuste instantâneo do consumo com relação ao preço, o que é definido como a relação que permite o cálculo da elasticidade preço da demanda de curto prazo.

Analogamente, quando se adiciona uma variável adicional de arraste com relação ao preço, considera-se que os ajustes do preço não são instantâneos, o que pode ser atribuído como a relação que permite o cálculo da elasticidade preço da demanda de longo prazo:

$$C_t = \beta_0 + \beta_1 P_t + \gamma C_{t-1} \quad (\text{Eq. 2.3})$$

Agora, a expressão anterior na forma exponencial seria:

$$C_t = \alpha P_t^{\beta_1} C_{t-1}^{\pi} \quad (\text{Eq. 2.4})$$

A partir da anterior equação pode-se deduzir:

$$\varepsilon_p = \frac{\beta_1}{1 - \pi} \quad (\text{Eq. 2.5})$$

Onde:

ε_p : elasticidade preço da demanda de longo prazo

Sobre a base destes modelos se desenvolveu um total de 161 aplicações a fim de adquirir sensibilidade e encontrar a melhor forma em que os dados possam ser organizados de modo que apresentem os melhores indicadores estatísticos.

Assim, o melhor ordenamento dos dados foi aquele em que as vendas e faturações das tarifas eleitas foram organizadas anualmente. Além disso, para evitar as distorções ocasionadas pelo fenômeno de "El Niño", com restrições do serviço, períodos de instabilidade e fortes incrementos tarifários, não foram tomados em conta os dados dos anos 90 a 92(*).

Foi selecionada para o caso do SR a Tarifa 21 (Tarifa Residencial a Medidor)**), considerando que esta é a mais representativa do setor. No caso do SC foram selecionadas a Tarifa 40 (Comercial Menor em BT) e a Tarifa 42 (Comercial Maior em MT). Para o caso do SP foram consideradas a Tarifa 50 (Uso Geral Menor em BT) e a Tarifa 52 (Uso Geral Governo Central e Municipalidades).

(*) As restrições do serviço, além da forte elevação das tarifas durante este período, impedem a visualização do efeito do preço na demanda de energia.

(**) Este tipo de tarifa era diferenciada por blocos de consumo. Neste caso, preferiu-se considerar o agregado faturado, assim como, o agregado de vendas, a fim de trabalhar com as médias faturadas do setor.

As especificações do modelo podem ser uma fonte de diferentes elasticidades; mas não obstante, que o modelo seja "corretamente escolhido", existe outra fonte de variabilidade que é o tempo. A economia em geral e a estrutura do mercado da energia em particular, variam com o tempo. Isto implica que as elasticidades podem variar dependendo do período escolhido para a estimação. Como um teste de estabilidade os modelos tem sido analisados sobre períodos parcialmente coincidentes (Veja Anexo B, Tabela B.2).

No caso da Tarifa 21, representativa do SR, entre 1980 a 1986 manteve-se em uma média de 26 US\$/MWh. Desde fins de 1986 até meados de 1990 observou-se uma marcada tendência decrescente no nível tarifário. Assim, entre 1987 a 1989 a média tarifária desce para 10 US\$/MWh. Não obstante, como consequência do programa econômico os níveis tarifários crescem fortemente a partir de 1990, estimando-se uma média para o período 1990 a 1992 de 34 US\$/MWh.

Em relação às variações da demanda, entre os anos 1980 a 1986, apresenta-se uma tendência crescente no consumo com um ritmo de 3,6% a.a. Entre o ano 1986 a 1989 apresenta-se um crescimento de 13,9% a.a. na demanda do grupo tarifário 21, como consequência das diminuições no nível tarifário.

Assim, os indicadores da elasticidade preço da demanda de curto prazo para os anos de 1987 a 1989, apresentam uma tendência crescente desde -0,34 a -0,24. Esta mesma tendência é observada para as estimativas da elasticidade preço da demanda de longo prazo, que apresentam tendências desde -0,45 a -0,24. Esta situação pode ser explicada como uma modificação nos hábitos de consumo e uma maior eficiência das novas tecnologias.

Para os fins do presente estudo resulta interessante ter uma idéia de qual é a perspectiva da elasticidade preço da demanda. Assim, devido à estabilidade dos indicadores macroeconômicos do país verificada ultimamente e à solução dos problemas de falta de reserva de potência (pelo menos a curto prazo), fizeram-se as seguintes hipóteses: analisou-se o intervalo da demanda do grupo tarifário 21 para os anos entre 81 a 91, encontrando uma taxa de 4,42% a.a., em função deste valor estimou-se uma demanda de 2.254GWh; considerou-se também, segundo previsões da CTE, uma tarifa em função de custos marginais de 80 US\$/MWh. Com estas considerações, estimou-se a elasticidade preço da demanda de curto prazo (para 1995) em -0,04.

Pode-se notar que, não obstante os indicadores tenham historicamente uma tendência de mais inelástica a menos inelástica, no momento em que os níveis tarifários atinjam o custo marginal os indicadores continuam-se apresentando em níveis inelásticos.

No caso do SC foram agrupadas as Tarifas 40 e 42 como as mais representativas do setor. Neste caso, igual que o SR, observa-se que as vendas de energia apresentam similar tendência. Assim entre os anos 81 a 86 o ritmo de crescimento anual foi de 1% a.a., mas entre o 86 ao 89 o ritmo de crescimento ascendeu a 3,9% a.a. A racionalidade do consumidor comercial considera-se mais homogênea que no caso do consumidor residencial no referente a hábitos e tecnologias.

Para o caso dos níveis tarifários entre 1981 e 1986 apresentou-se uma média de 107 US\$/MWh. Não obstante, entre 1987 a 1989 a média de tarifação baixou para 64 US\$/MWh, sendo somente recuperada em 1992.

A tendência dos índices de elasticidade do SC é semelhante à do SR: as elasticidades preço da demanda de curto prazo variam desde -0,40 a -0,29 e para o caso do longo prazo apresentam níveis crescentes desde -0,45 a -0,28.

Fazendo o mesmo conjunto de hipóteses do caso do SR, isto é considerando o período 81 a 89, a mesma que apresenta um ritmo de crescimento de 2,06% a.a., pode-se estimar a demanda de energia para o ano 95 em 321 GWh para o conjunto tarifário considerado. Considerando o modelo de curto prazo e tendo presente os coeficientes da série 83-89, além de uma tarifa de 80 US\$/MWh, pode-se prever uma elasticidade de -0,25 para o ano de 1995.

O agregado da Tarifa 52, correspondente a Usos Geral, Governo e Municipalidades, apresentou historicamente entre 1981 a 1984 um ritmo crescente nas vendas de energia elétrica da ordem de 4,7% a.a.; porém, apresentou-se um ritmo decrescente desde o ano de 1985. Assim, o ritmo de crescimento entre 1984 e 1990 foi de -15,0% a.a.

O nível tarifário deste grupo apresentou entre 1981 a 1986, uma média de 43,6 US\$/MWh. Mas, posteriormente ocorreram diminuições no nível tarifário, de forma que para o período 87 a 89 obteve-se uma média de 19,5 US\$/MWh.

A racionalidade deste grupo de consumidores dificilmente pode ser estimada, devido às variadas tecnologias e diferentes usos; ainda que, entre o ano 86 e 87

apresentou-se uma tendência para maiores níveis de inelasticidade na ordem de 0,86 e 0,53, respectivamente. Contrariamente para o ano 89 apresenta-se uma tendência para níveis elásticos de 0,56. Estes resultados podem ser também visualizados nas elasticidades de longo prazo, com índices de 0,93, 0,51 e 1,55, respectivamente.

As Figuras B.1 a B.5 apresentam o modelamento da demanda por tipo de tarifa segundo as elasticidades preço da demanda de curto prazo.

2.5 Os Balanços de Energia Líquida (Refs. M-5, M-6 e M-7)

Tradicionalmente são elaborados Balanços de Energia Líquida (BEL), os quais representam os fluxos de energia do país e que são realizados a cada ano e servem como instrumento de análises e de política energética. O último BEL existente pertence ao ano de 1992; ainda que, deve-se considerar este ano atípico devido aos problemas de seca hidrológica e de recessão produtiva.

Nesta seção apresenta-se um resumo histórico dos principais aspectos que compreende o Balanço, ressaltando os aspectos relacionados com a produção e consumo de energia elétrica.

2.5.1 A Energia Primária

A produção de energia primária durante o ano de 1991 atingiu um total de 11.891 ktep. As principais fontes contribuintes foram os hidrocarbonetos (55%), a lenha (30%), e a hidroenergia (10%). Entre 1980 e 1990 a produção de energia primária desceu num ritmo de -1,3%a.a. (de 14.240 a 12.536 ktep). Similar tendência apresentou-se nos anos seguintes até 1992, atingindo níveis de 11.784 ktep. Causas deste comportamento foram principalmente, a diminuição progressiva das reservas de petróleo e nos últimos anos os problemas apresentados no ciclo da água pelo fenômeno de "El Niño".

Não obstante, os níveis de importação foram crescendo progressivamente. Assim, entre 1980 e 1990 as importações de energia primária cresceram com um ritmo de 43,6%a.a. (de 25 a 918 ktep). Durante 1991 estas importações foram duplicadas (100,8%a.a.) e, posteriormente, desceram para 1992 com um ritmo de -13,2%a.a., como consequência da diminuição dos requerimentos de energia, reflexo do processo recessivo.

Paralelamente, os níveis de exportações, no período 1980 a 1992 tiveram um contínuo declínio. Entre 1980 a 1990 estas tiveram uma tendência de -23,6%a.a.(desde 2.207 a 150 ktep), declinando ainda em maior proporção no ano 1991 em uma proporção de -65,3%a.a. (52 ktep) e, de -17,3%a.a. (42 ktep) para o ano 1992.

Também, entre os anos 1980 a 1990 a produção de hidroenergia cresceu num ritmo de 4,9%a.a. (desde 698 a 1.126 ktep). Similar tendência apresentou-se para 1991 com 9,7%a.a.(1.235 ktep); porém, contrariamente para 1992 tem-se um ritmo de -15,6% a.a., como consequência do fenômeno de "El Niño".

Os níveis de produção de hidroenergia com relação à produção de energia primária têm sido incrementados progressivamente. Assim, tem-se participações de 5%, 9%, 10%, e 9%, respectivamente para os anos 1980, 1990, 1991 e 1992.

Concluindo, a oferta interna bruta de energia primária no ano 91 atingiu os 13.505 ktep. As fontes principais que participaram foram os hidrocarbonetos (59%), a lenha (26%), e a hidroenergia (9%).

O detalhamento destes resultados é apresentado no Anexo B-Tabelas B.3 a B.6.

2.5.2 A Energia Secundária

Durante o ano 1991 o nível de produção bruta de energia secundária foi de 9.575 ktep. As principais fontes participantes foram os hidrocarbonetos (85%) e a energia elétrica (13%).

Os níveis de produção bruta de energia secundária tiveram historicamente um ritmo crescente. Desta maneira o crescimento atingiu um ritmo de 1,1%a.a. entre 1980 a 1990 (desde 8.451 a 9.405 ktep) e de 1,8%a.a. para 1991 (9.576 ktep). Porém, para 1992 teve-se uma diminuição nos níveis de produção bruta de energia secundária do ordem de -0,2%a.a. (9.553 ktep).

De outro lado, as importações de energia secundária tiveram entre 1980 e 1990 um ritmo de crescimento de 17,1%a.a. (desde 155 a 751 ktep). Mas, para 1991 (581 ktep) tem-se um decréscimo de -22,6%a.a., isto consequência do intervalo recessivo. Não obstante, para o ano 1992 (1.032 ktep) tem-se um incremento de 77,6% a.a., consequência principalmente da diminuição de disponibilidade de petróleo nacional.

Em relação à exportação de energia secundária, os níveis historicamente aumentaram num ritmo bastante homogêneo. Assim, entre 1980 e 1990 o ritmo de crescimento foi de 10,9%a.a.(desde 750 a 2.115 ktep). Para o ano 1991 (2.341 ktep) esta taxa foi de 10,7%a.a. e para 1992 (2.616 ktep) a taxa de crescimento foi de 11,7%a.a. Esta tendência deve-se principalmente à progressiva diminuição de qualidade do petróleo nacional o que faz que se tenha uma produção abundante de derivados petróleo pesados acima dos requerimentos nacionais.

Os níveis de produção de energia elétrica entre 1980 e 1991 atingiram ritmos crescentes. Assim entre 1980 e 1990 o ritmo de crescimento foi de 4,0%a.a. (desde 799 a 1.188 ktep). Para 1991 (1.246 ktep) este ritmo incrementou-se a 4,9%a.a. Não obstante, para 1992 (1.129 ktep) o nível diminuiu para uma taxa de -9,4%a.a., como consequência da restrição da oferta.

Também, historicamente, a representatividade da produção de energia elétrica em relação ao total de energia secundária aumentou progressivamente, sendo de 10%, 13% e 13% para os anos 1980, 1990 e 1991, respetivamente; ainda que, esta mesma relação diminuiu a 12% para o ano 1992, como consequência da restrição da oferta.

O detalhamento destes resultados é apresentado Balanço de Energia Secundária e Balanço de Eletricidade no Anexo B-Tabelas B.7 a B.9.

2.5.3 O Consumo Final

O Consumo Final Total de Energia (CFTE) em 1991 atingiu os 9.874 ktep, correspondendo a 38% (3.786 ktep) do consumo final de energia primária e, 62% (6.088 ktep) do consumo final de energia secundária. As principais fontes participantes foram os hidrocarbonetos (49% do CFTE), a lenha (33% do CFTE) e a energia elétrica (11% do CFTE).

Também, historicamente, o CFTE apresentou uma tendência crescente. Entre 1980 a 1990 apresentou-se um ritmo de 1,2%a.a. (desde 8.942 a 10.068 ktep). Também, para o ano 1991 (10.122 ktep) apresentou-se um crescimento de 0,5%a.a.; ainda que, a tendência foi decrescente em -3,0%a.a. para o ano 1992 (9.822 ktep).

Para os efeitos do presente estudo é importante conhecer as participações dos setores Residencial-Comercial e Público^(*). Com relação ao agregado Residencial-Comercial, o ritmo de crescimento entre 1980 a 1990 foi de 1,8%a.a.(desde 3.694 a 4.419 ktep). Porém, para 1991 (4.258 ktep) este ritmo caiu para -3,6%a.a. Ainda que, em 1992 (4.523 ktep) apresentou-se uma recuperação de 6,2%a.a.

No caso do Setor Público entre 1980 e 1990 apresentou-se um crescimento de 4,1%a.a. (desde 193 a 289 ktep). Para o caso de 1991 (243 ktep) teve-se um ritmo decrescente de -15,9% em relação ao ano anterior. Para o ano de 1992 (268 ktep), obteve-se uma recuperação de 10,3%a.a. em relação ao ano 91.

A representatividade do agregado de setores Residencial-Comercial-Público em relação ao consumo final total, teve historicamente uma maior participação. Assim para os anos 1980, 1990, 1991 e 1992 têm-se um ritmo crescente das participações em 44%, 47%, 45% e 49%, respectivamente.

Também, a participação da energia elétrica no total do consumo final teve percentagens crescentes no tempo. Desta forma, para os anos 1980, 1990 e 1991, têm-se participações de 8%, 10% e 11%, respectivamente. Não obstante, para o ano 1991 esta participação diminui para 9% como consequência das restrições da oferta.

Paralelamente, o consumo final de energia elétrica do agregado Residencial-Comercial-Serviços-Público, historicamente, apresenta participações crescentes com relação ao consumo final total. Assim, para os anos 1980, 1990, 1991 e 1992 têm-se participações de 35%, 36%, 38% e 41%. Pode-se notar também, que o ritmo de crescimento do consumo final de energia elétrica foi menor na década passada (4,4%a.a.) em relação aos últimos anos em que o mesmo foi maior (14%a.a. para 1991). Não obstante, uma vez mais, as restrições da oferta foram causas de uma diminuição no crescimento (-10,8%a.a.) para o ano 1992.

O detalhamento destes resultados é apresentado no Anexo B-Tabelas B.10 a B.14.

A caracterização do Subsetor Elétrico e a visão do Setor Energético em conjunto desenvolvidos até aqui, é conveniente para permitir uma apreciação e análise da representatividade do uso iluminação no subsetor elétrico e da participação deste nos setores residencial, comercial, serviços e público.

(*) O Balanço Energético Nacional apresenta em forma agregada as informações referentes aos Setores Residencial e Comercial.

2.6 Conclusões

- A nova Lei de Concessões Elétricas possibilita uma forte participação privada, o que influirá na procura de "maiores rentabilidades" pelas empresas; objetivo que pode eventualmente ir contra a procura de ganhos de eficiência a nível de uso final, como consequência da política de atingir maiores vendas.
- O novo esquema tarifário pode favorecer a introdução de programas de melhoria da eficiência nos usos elétricos, especialmente de parte dos consumidores.
- A Lei de Concessões Elétricas possibilita que no futuro exista uma "maior preferência" pelos investimentos de geração de tipo térmico.
- As novas "regras de jogo" podem favorecer os superbenefícios nas empresas concessionárias como consequência dos aproveitamentos da renda hidráulica.
- O Sistema Regional de Electrolima (SREL) representa o 30% da potência total do país (dado a fins de 1993).
- 61% das vendas a clientes finais do total nacional, corresponderam a Electrolima (ELL).
- As respostas do consumidor residencial e comercial às variações tarifárias, nos últimos anos, foram inelásticas (-0,26 e -0,32 em média, respectivamente), apresentando uma tendência a se tornarem elásticas como consequência das previsões do novo esquema tarifário.
- No caso do conjunto de consumidores, governo, municipalidades, e uso geral, apresentam uma maior resposta às variações tarifárias (0,77 em média).
- A geração de energia elétrica representa aproximadamente 10% da produção de energia primária no país, representando similar percentagem no consumo final energético nacional. Se se considerar que o aproveitamento final desta fonte apresenta altas ineficiências nos equipamentos de consumo (a diferença da lenha, resíduos animais e "yareta"^(*)), a participação desta resulta maior que 10% (em energia útil) em relação às outras fontes.

(*) Biomassa de uso para cocção.

Capítulo 3

Caracterização Setorial do Uso da Iluminação

A caracterização do uso da iluminação é realizada com base em estudos sobre usos finais que foram realizados no Peru. Assim, ainda que não tenha havido uma continuidade nos estudos e que estes tenham sido realizados somente partir de questionários, exceto o caso do Setor Iluminação Pública, estes estudos, como é o caso do Balanço Energético Consolidado(BEC)^(*), constituem uma importante ferramenta de análise e de formulação de política energética.

Além disso, uma das formas de introduzir políticas de melhoramento da eficiência do uso da iluminação é através da legislação. Assim, o conhecimento e difusão das Normas de Iluminação(NI) constituem meios importantes para cumprir tal objetivo, sempre que exista a adequada fiscalização.

Com estas finalidades, neste capítulo são analisados os resultados do BEC, a fim de poder esclarecer as características do consumo de energia para iluminação e suas relações com outros usos, nos setores estudados.

3.1 O Balanço Energético Consolidado (BEC)

No Peru foram feitos dois estudos sobre usos finais de energia, o que formou parte dos BEC com base nos anos 1978 e 1985. A metodologia dos mesmos fundamentou-se em pesquisas-piloto realizadas a nível nacional. Além disso, existe uma estimativa para o ano de 1990 feita em função das estruturas apresentadas em 1985 e de fatores de correção com o fim de tratar de captar as modificações nos hábitos de consumo neste último período.

A existência de diferenças no consumo de energia elétrica, no volume de vendas apresentadas no cadastro das empresas e os resultados apresentados no BEC, especificamente no referente à Energia Líquida, devem-se a que a metodologia de

(*) Considera os fluxos de energia líquida e útil por fontes e usos.

elaboração do BEC pode ser para captar os "consumos clandestinos" de cada um dos setores econômicos.

Assim, o consumo nacional de eletricidade entre 1985 e 1990 teve um crescimento de 2,2% a.a. Paralelamente, o Setor Residencial cresceu a um ritmo de 6,8% a.a. e -0,8%a.a. no caso do conjunto Comercial-Serviços-Iluminação Pública, para o mesmo período. A queda do poder aquisitivo das pessoas no fim da década passada foi a principal causa do ritmo negativo de crescimento no conjunto de setores antes assinalado.

Também, deve-se destacar que o consumo de eletricidade para Lima Metropolitana em 1990 representou 37,1% (4.422,1 GWh) em relação ao total nacional de eletricidade consumida neste mesmo ano (11.923,0 GWh)(*).

Nas Tabelas C.1a e C.1b, do Anexo C, são apresentadas as matrizes de consumo de eletricidade por setores e usos para 1985 e 1990.

3.1.1 Setor Residencial (SR)

O cálculo dos consumos de eletricidade por tipo de uso, apresenta dificuldades durante o desenvolvimento das pesquisas; em particular pela diversidade dos usos de eletricidade no SR. Não obstante, o "número de usos predominantes" da eletricidade neste setor é reduzido; assim, pode-se diferenciar os usos: iluminação, cocção e outros equipamentos.

As participações do consumo de eletricidade por tipo de uso para o SR é apresentada na Tabela 3.1.

Desta Tabela (3.1), pode-se concluir que o consumo nacional de eletricidade no SR (3.100,6 GWh) representa 26,0% do consumo total de eletricidade no país (11.923,0 GWh), para o ano 1990. Além disso, o consumo residencial de eletricidade para Lima Metropolitana representa 53,5% (1.660,9 GWh) em relação ao total residencial do país e 13,9% com referência ao consumo nacional de eletricidade.

(*) Estas quantidades não consideram o consumo próprio, nem as perdas.

Tabela 3.1: Participação da Eletricidade no Setor Residencial - 1990(%)

| Uso | Nacional | | | Lima Metropol. |
|-----------------------------------|---------------|-------------|---------------|-------------------|
| | Urbano | Rural | Total | |
| Cocção | 7,9 | | 7,7 | 8,5 |
| Aquecimento de Água | 20,9 | | 20,3 | 26,4 |
| Calefação | 0,7 | | 0,7 | 1,0 |
| Ar Condicionado e Ventilação | 1,5 | | 1,4 | 0,9 |
| Conservação de Alimentos | 16,5 | 25,4 | 16,8 | 14,6 |
| <i>Iluminação</i> | <i>20,5</i> | <i>33,0</i> | <i>20,8</i> | <i>17,9</i> |
| Outros Equipamentos Elét. | 32,0 | 41,6 | 32,3 | 30,7 |
| Total (ktep)^(*) | 259,33 | 7,32 | 266,65 | 142,84 |
| Total (GWh) | 3015,4 | 85,2 | 3100,6 | 1660,9 |

Fonte: BEC85, 90 (Ref. M-8)

A nível nacional destaca-se a maior utilização de energia elétrica no uso de artefatos elétricos (32,3%), iluminação (20,8%) e aquecimento de água (20,3%).

Observa-se também, no caso de Lima Metropolitana, que existe um maior consumo no uso para aquecimento de água (26,4%) em relação à estrutura nacional.

Atualmente, o uso da iluminação apresenta principalmente três fontes fornecedoras de energia no país, estas são a eletricidade, o querosene e a vela. A estrutura de participação das principais fontes de iluminação é apresentada na Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Participação das Fontes de Iluminação - 1990 (%)

| Fonte | Nacional | | | Lima Metropol. |
|---|-----------------|----------------|----------------|-------------------|
| | Urbano | Rural | Total | |
| <i>Eletricidade</i> | <i>73,8</i> | <i>18,1</i> | <i>65,0</i> | <i>64,9</i> |
| Querosene | 20,9 | 53,7 | 26,1 | 28,4 |
| Velas | 5,3 | 28,2 | 8,9 | 6,6 |
| Total (ktep) | 72,04 | 13,38 | 85,42 | 39,37 |
| População (milhares)^(*) | 15.040,6 | 6.509,7 | 21550,3 | 5.999,0 |

Fonte: BEC85, 90; INEI (Ref. M-8)(Ref. W-1)

(*) Considera-se um fator de conversão de 0,086 ktep/GWh, o mesmo que não tem em conta a eficiência de conversão da usina elétrica.

(*) Considera somente população urbana para o caso de Lima-Callao.

Pode-se notar que a população urbana de Lima Metropolitana é 27,8% do total nacional. Também, o consumo de energia elétrica para fins de iluminação da mesma zona em relação ao total nacional deste uso é de 29,0%.

Das Tabelas 3.1 e 3.2, tem-se que o consumo nacional per capita de eletricidade do SR é de 143,9 kWh/pessoa-ano, existindo uma grande diferença entre o total per capita Urbano (200,5 kWh/pessoa-ano) e o total Rural (13,1 kWh/pessoa-ano). No caso de Lima Metropolitana este indicador é de 276,9 kWh/pessoa-ano.

Analogamente, o consumo nacional per capita de eletricidade do SR para fins de iluminação é de 2,5 kWh/pessoa-mês. Existe também, uma marcada diferença entre o consumo per capita para este mesmo fim no caso Urbano (3,4 kWh/pessoa-mês) e Rural (0,4 kWh/pessoa-mês). Para o caso de Lima Metropolitana este indicador é de 4,1 kWh/pessoa-mês.

As características particulares do setor residencial peruano, em especial da costa, aconselharam diferenciar os níveis de concentração de renda para Lima Metropolitana. Assim, caracterizou-se o setor em cinco níveis de renda:

| Categoria | Nível de Renda |
|-----------|----------------|
| I | Muito Alta |
| II | Alta |
| III | Média |
| IV | Baixa |
| V | Muito Baixa |

Tabela 3.3: Participação da Eletricidade no Setor Residencial de Lima Metropolitana, 1990(%)

| Uso | Estrato I | Estrato II | Estrato III | Estrato IV | Estrato V |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Cocção | 27,5 | 9,6 | 5,7 | 0,2 | |
| Aquecimento de Água | 30,9 | 33,7 | 29,5 | 20,5 | |
| Calefação | 3,1 | 2,0 | | | |
| Ar Condicionado e Ventilação. | 1,6 | 1,6 | 0,6 | 0,3 | |
| Conservação de Alimentos | 7,5 | 11,7 | 14,8 | 18,9 | 25,5 |
| Iluminação | 11,0 | 15,0 | 17,6 | 23,4 | 25,7 |
| Outros Equipamentos Elétricos | 18,4 | 26,4 | 31,8 | 36,7 | 48,8 |
| Total (ktep) | 23,74 | 31,33 | 43,38 | 34,94 | 9,45 |
| Total (GWh) | 276,0 | 364,3 | 504,4 | 406,3 | 109,9 |

Fonte: BEC85, 90 (Ref. M-8)

Da Tabela 3.3 pode-se apreciar que existe uma maior homogeneidade no consumo elétrico no caso dos usos dos estratos Muito Alto e Alto (I e II). Além disso, o BEC demonstra que o Estrato de Renda I pode ser localizado individualmente em Lima Metropolitana e não no resto do país (pelo menos em termos significativos). Observa-se também, que quanto mais baixo é o poder aquisitivo, mais representativos são os consumos de eletricidade em iluminação e artefatos elétricos.

Tabela 3.4: Participação das Fontes de Iluminação em Lima Metropolitana, 1990 (%)

| Fonte | Estrato I | Estrato II | Estrato III | Estrato IV | Estrato V |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| <i>Eletricidade</i> | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 14,8 |
| Querosene | | | | | 69,1 |
| Velas | | | | | 16,0 |
| Total (ktep) | 2,60 | 4,70 | 7,70 | 8,20 | 16,20 |

Fonte: BEC85, 90; INEI (Ref. M-8)(Ref. W-1)

O BEC não apresenta maior abertura no uso da iluminação devido a registarem-se consumos baixos na iluminação de tipo fluorescente em relação à iluminação incandescente.

No uso específico do uso da energia elétrica, encontravam-se cadastradas um total de 1.641 mil clientes (dado a dezembro de 1990).

3.1.2 Setor Comercial (SC)

O Setor Comercial no BEC agrupa o Setor Serviços, Iluminação Pública, Governo e Setor Comercial propriamente dito, para o total nacional^(*). Também foi feita uma diferenciação para um total de 13 atividades.

Para as finalidades deste trabalho preferiu-se agrupar no SC as seguintes atividades: Tinturarias, Oficinas, Comércio de Maior Porte, Comércio de Menor Porte, Financeiras, Hotéis e Restaurantes.

A Tabela 3.5 apresenta o detalhamento de participações por uso do consumo de eletricidade neste setor.

^(*) Não se conta com dados diferenciados para Lima Metropolitana.

Tabela 3.5: Participação do Consumo de Eletricidade no Setor Comercial para o Total Nacional-1990(%)

| Uso | Tint. | Ofic. | C.MM. | C.MN. | Finan. | Hot. | Rest. | TOTAL |
|-------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| <i>Ilum. Incandesc.</i> | 0,8 | 31,2 | 3,5 | 2,9 | | 10,3 | 22,2 | 6,7 |
| <i>Ilum. Fluorores.</i> | 2,1 | 5,3 | 43,1 | 30,2 | 48,1 | 3,5 | 14,2 | 33,9 |
| Calefação | | | 1,3 | | 0,01 | 0,2 | | 0,2 |
| Aquec. Água | 41,6 | | 6,1 | | 0,02 | 3,7 | 0,4 | 1,5 |
| Cocção Alimentos | | | | | 0,6 | 8,0 | 15,4 | 1,0 |
| Calor Direto | | 4,3 | | | | | | 0,6 |
| Conservação Alim. | 0,5 | 0,7 | 20,2 | 1,6 | 10,1 | 6,6 | 35,7 | 9,1 |
| Ar Condic. Ventilação | 0,6 | 0,6 | 14,6 | 16,7 | 12,5 | 22,1 | 5,5 | 12,4 |
| Bombeamento Água | 9,2 | 1,0 | 1,7 | 45,2 | 8,7 | 14,1 | 1,4 | 14,2 |
| Força Motriz. | | 56,5 | 5,2 | | 0,1 | 13,8 | | 9,9 |
| Equipam. Eletron. | 45,3 | 0,4 | 4,4 | 3,5 | 19,8 | 17,7 | 5,1 | 10,4 |
| TOTAL ktep | 0,24 | 9,02 | 11,51 | 13,28 | 24,08 | 3,46 | 1,28 | 62,87 |
| TOTAL GWh | 2,8 | 104,9 | 133,8 | 154,4 | 280,0 | 40,2 | 14,9 | 731,0 |

Fonte: BEC85, 90 (Ref. M-8)

Tint.: Tinturarias.

Ofic.: Oficinas de Mecânica.

C.MM.: Comércio de Maior Porte

C.MN.: Comércio de Menor Porte

Finan.: Financeiras

Hot.: Hotéis

Rest.: Restaurantes

A participação do consumo de eletricidade do SC no total nacional foi de 6,1%. Destaca-se o maior consumo das Financeiras com 38,3% e do Comércio de Menor Porte com 21,1% em relação ao total consumido do setor. Paralelamente, observa-se a maior participação do uso da Iluminação com 40,6% e especificamente Iluminação Fluorescente com 33,9%, em relação ao total consumido no setor.

Da tabela anterior, pode-se observar também que as atividades com maior consumo no uso da Iluminação são as Financeiras com 48,1% (134,4 GWh), o Comércio de Maior Porte com 43,1% (57,7 GWh) e o Comércio de Menor Porte com 30,2% (46,6 GWh), em relação aos totais consumidos por cada atividade.

Ante a indisponibilidade de dados específicos para Lima Metropolitana, neste trabalho, foi realizada uma estimativa para o consumo deste setor de 51,16 ktep (594,9 GWh) em função da participação no total nacional que o SC conserva sobre o volume de vendas (dado da empresa concessionária) destinadas ao comércio para Lima Metropolitana.

Assim, o total de energia consumida neste setor correspondente a Lima Metropolitana representa 81,3% do consumo nacional deste setor, e 5,0% do total consumido no país.

Se se conservar a mesma estrutura por usos, o consumo de energia elétrica para fins de iluminação em Lima Metropolitana seria de 241,5 GWh.

3.1.3 Setor Serviços (SS)

O BEC agrupa o SS nas seguintes atividades: Escolas; Hospitais; Água e Esgoto e Iluminação Pública.

No caso da Iluminação Pública, em 1990 teve-se um consumo de 38,87 ktep (452,0 GWh), o que representou 30,6% do conjunto Comercial-Serviços-Público (1.475,1 GWh), e 3,8% em relação ao total nacional consumido (11.923,0 GWh).

A estrutura de consumo de eletricidade para o total nacional por tipo de uso nas atividades restantes ao SS são apresentadas na Tabela 3.6.

Tabela 3.6: Participação do Consumo de Eletricidade no Setor Serviços para o Total Nacional-1990(%)

| Usos | Escolas | Hospitais | Água e Esgotos | TOTAL |
|-----------------------------|-------------|-------------|----------------|--------------|
| <i>Ilum. Incandescente</i> | 9,8 | 31,4 | | 5,8 |
| <i>Ilum. Fluorescente</i> | 62,9 | 8,5 | | 15,4 |
| Calefação | | 2,1 | | 0,2 |
| Aquecimento Água | 1,2 | | | 0,3 |
| Cocção Alimentos | 0,2 | 3,0 | | 0,4 |
| Calor Direto | | 19,6 | | 2,2 |
| Conservação Aliment. | 3,9 | 1,7 | | 1,1 |
| Ar Acondicionado/Ventilação | 3,8 | 7,5 | | 1,7 |
| Bombeamento de Água | 13,5 | 11,9 | | 4,5 |
| Força Motriz. | 0,8 | 2,9 | 100,0 | 66,1 |
| Equipamentos Eletron | 3,8 | 11,5 | | 2,2 |
| TOTAL ktep | 4,69 | 2,32 | 13,39 | 20,41 |
| TOTAL GWh | 54,6 | 27,0 | 155,7 | 237,3 |

Fonte: BEC85, 90 (Ref. M-8)

Assim, o total do SS (incluído iluminação pública) teve um consumo de 59,28 ktep (689,3 GWh), quantidade que representa 5,8% do consumo nacional de eletricidade.

Além disso, na tabela anterior (3.6) sobressai o consumo de eletricidade para Água e Esgotos no uso de força motriz que representa 22,6% do total SS.

Também se destaca o uso principal das Escolas e Hospitais em iluminação, com 72,7% e 39,9%, respectivamente, em relação ao subtotal de cada uma destas atividades.

Paralelamente, pode-se apreciar que uma importante quantidade de energia consumida em Hospitais é usada para fins de iluminação de tipo incandescente (31,4%).

No caso de Lima Metropolitana o consumo de eletricidade em Iluminação Pública para o ano 1990 foi de 20,17 ktep (234,5 GWh), quantidade que representa 5,3% em relação à quantidade de eletricidade consumida em Lima Metropolitana e 2,0% em relação ao consumo nacional eletricidade; sendo a discriminação do número de pontos luminosos instalados por tipo de lâmpada, aproximadamente o seguinte:

| | |
|-------------------------------|------------|
| Lâmpadas de Luz Mista: | 63% |
| Lâmpadas a Vapor de Mercúrio: | 31% |
| Lâmpadas a Vapor de Sódio: | 6% |
| | ----- |
| Total de pontos Luminosos | 285.295(*) |

Além disso, pode-se estimar, em função dos volumes de vendas de energia, a parte correspondente de energia consumida no SS para Lima Metropolitana, segundo detalha a Tabela 3.7.

Tabela 3.7: Participação do Consumo de Eletricidade no Setor Serviços para Lima Metropolitana-1990

| | Escolas | Hospitais | Água e Esgotos | TOTAL |
|-------------------|---------|-----------|----------------|-------|
| TOTAL ktep | 1,17 | 0,58 | 8,67 | 10,42 |
| TOTAL GWh | 13,6 | 6,7 | 100,8 | 121,1 |

Assumindo-se as mesmas estruturas de consumo do SS nacional para o caso de Lima Metropolitana, estima-se que são consumidos 0,85 ktep (9,9 GWh) e 0,23

(*) Dados correspondentes ao ano de 1991. Fonte: Electro Lima.

ktep (2,7 GWh) em iluminação nas atividades de Escolas e Hospitais, respectivamente. Sendo que o consumo de eletricidade em iluminação incandescente foi de 1,3 GWh e 2,1 GWh em Escolas e Hospitais, respectivamente; e 8,6 GWh e 0,6 GWh foram consumidos nestas atividades para o mesmo fim com iluminação fluorescente.

3.1.4 Setor Governo e Forças Armadas (SGFA)

Apesar de todas as restrições de informação que possam apresentar este setor, o BEC faz uma estimativa globalizada em relação aos desagregados fontes e usos. Assim, na Tabela 3.8 apresenta-se as participações de consumo de eletricidade por usos.

Tabela 3.7: Participação do Consumo de Eletricidade no Setor Governo e Forças Armadas para o Total Nacional-1990(%)

| Usos | Gob.+FF.AA. |
|---------------------------------|-------------|
| <i>Iluminação Incandescente</i> | <i>1,3</i> |
| <i>Iluminação Fluorescente</i> | <i>45,8</i> |
| Calefação | 9,8 |
| Ar Acondicionado / Ventilação | 8,8 |
| Bombeio de Água | |
| Força Motriz. | 3,5 |
| TOTAL ktep | 4,71 |
| TOTAL GWh | 54,8 |

Fonte: BEC85, 90 (Ref. M-8)

Este setor representa 3,7% sobre o conjunto Comercial-Serviços-Público e, 0,5% do consumo nacional de eletricidade.

Da Tabela anterior destaca-se o consumo em iluminação com 25,8 GWh e 47,1% com relação ao consumo total do setor.

No caso de Lima Metropolitana, foi estimado, em função dos volumes de vendas de energia, 39,6 GWh, que são consumidos neste setor, quantidade que representa 4,0% sobre o conjunto Comercial-Serviços-Público e 0,9% com relação ao consumo total de Lima Metropolitana.

3.2 As Normas de Iluminação

No caso do Peru, o sistema de iluminação apresenta duas normas que são diferenciadas pelo tipo de serviço. As mesmas correspondem ao ano de 1982 e foram elaboradas pela Direção Geral de Eletricidade do Ministério de Energia e Minas.

O conteúdo destas normas é bastante geral e equivalente às normas brasileiras NB-57 de Iluminância de interiores e NBR-5101 de Iluminação Pública.

3.2.1 Norma de Iluminação de Interiores (Ref. M-9)

O objetivo desta Norma é uniformizar os critérios na elaboração de projetos referentes à iluminação de interiores em geral e campos esportivos.

No referente à iluminação de interiores a norma aplica-se especificamente a: postos de trabalho, centros de ensino e capacitação, áreas de circulação em prédios, recintos para descanso, instalações sanitárias, recintos de assistência médica, postos de trabalho, áreas de circulação ao ar livre e unidades residenciais.

Os requerimentos de iluminação caracterizam-se em função dos seguintes critérios de engenharia:

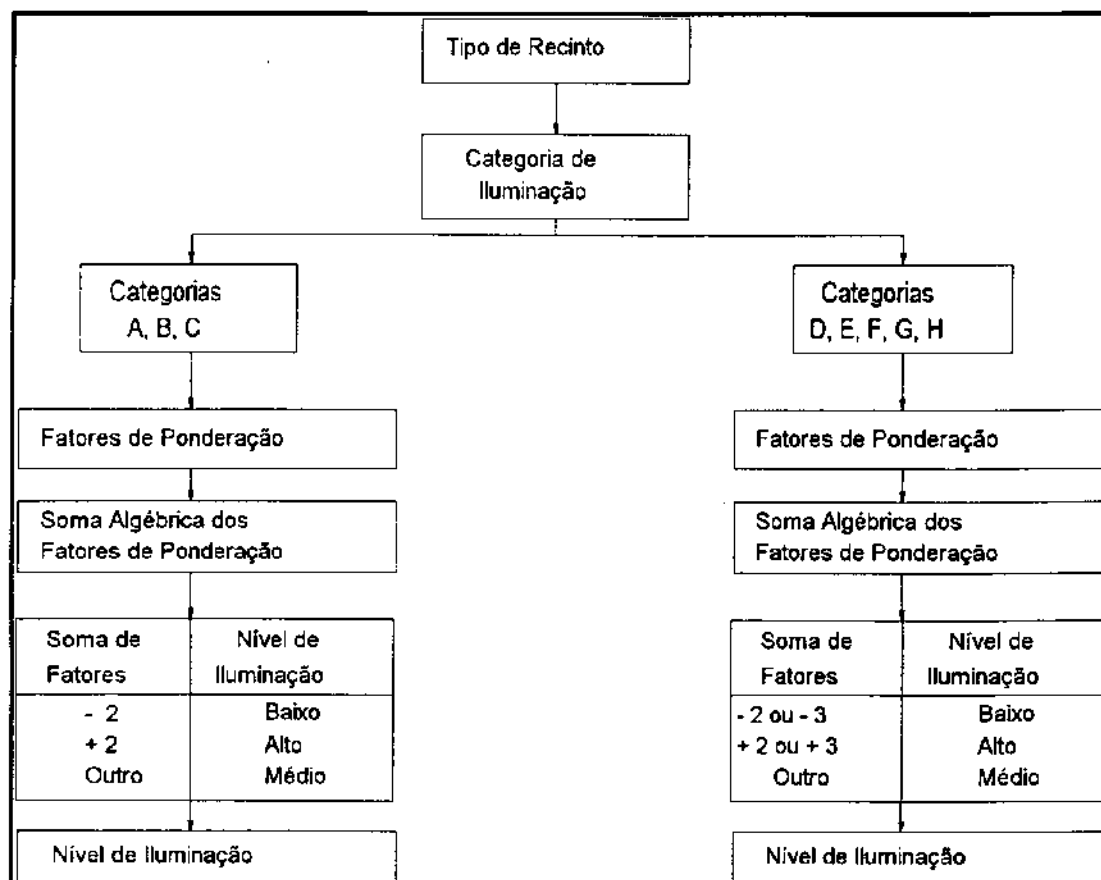
- nível de iluminação;
- distribuição da luminância;
- limitações do ofuscamento;
- direção da incidência da luz e o efeito sombra;
- cor da luz e reprodução da cor.

Paralelamente, as tarefas visuais são diferenciadas por:

- magnitude da iluminação, da luminância e a cor;
- magnitude dos principais elementos estruturais;
- velocidade com que os componentes possam ser percebidos;
- duração da tarefa visual;
- segurança de reconhecimento desejada.

A *iluminação nominal* destinada a um tipo particular de recinto ou a uma atividade particular, está baseada na dificuldade da tarefa visual. Assume-se que o efeito da iluminação sobre o rendimento visual não é afetado pelo ofuscamento direto e refletido, pela redução do contraste, nem pela reprodução da cor e, cor da luz inadequados. A iluminação nominal se relaciona segundo o fluxo da Figura 3.1.

Figura 3.1: Diagrama de Fluxo de Seleção da Iluminação Nominal



Fonte: Norma de Alumbrado de Interiores y Campos Deportivos, MEM (1982)

As Categorias de Iluminação, designadas desde a A até a H, cobrem níveis de Iluminação desde 20 a 10.000 lx. A Tabela C.2 apresentada no Anexo C, detalha as categorias de iluminação nominal para tipos genéricos de atividades de interiores.

O passo prévio, para a determinação da iluminação nominal, é estabelecer a categoria de iluminação adequada para a dificuldade visual apresentada pela tarefa e logo determinar o valor da iluminação nominal desta categoria, com base nas seguintes características: idade dos observadores; importância da velocidade e/ou precisão para o rendimento visual; e grau de reflexão do fundo sobre o qual se realizará a tarefa. A Tabela C.3 apresentada no Anexo C, resume os fatores de ponderação para a seleção específica da iluminação nominal.

A norma também considera o *ofuscamento* originado por lâmpadas ou luminárias (ofuscamento direto) ou por reflexão de uma luminância elevada sobre superfícies brilhantes (ofuscamento refletido).

Assim, recomenda-se que no caso de lâmpadas com elevada luminância estas devem fazer uso de refletores (ex. lâmpadas incandescentes e de descarga de alta pressão). Não obstante, para o caso de lâmpadas fluorescentes de radiação livre (sem refletor), podem ser usadas somente em casos específicos; seus efeitos de ofuscamento diminuem, se estas lâmpadas são colocadas em paralelo com a direção da visão. A Tabela C.4 do Anexo C dá maior informação em relação ao ângulo de visão e a qualidade de ofuscamento.

Paralelamente, a norma assinala que a iluminação deve ser projetada de modo a cumprir com os requisitos de qualidade estabelecidos pelo uso para o qual está designado o recinto e pelas atividades que lá se desenvolverão. Desta forma destaca-se os tipos de iluminação geral, localizada, o equilíbrio entre a luz diurna e artificial e, também, se faz recomendações para o projeto das instalações de iluminação. Neste último caso, os valores de iluminação nominal devem ser adaptados com fatores de manutenção com a finalidade de ter em conta a idade e o grau de contaminação da instalação. A Tabela C.5 do Anexo C apresenta valores de referência para os fatores de manutenção.

Também na Tabela C.6, são dados os valores mínimos a serem considerados numa instalação de Iluminação, referentes à categoria de iluminação, a cor da luz, grau de reprodução da cor e a classe de qualidade da limitação do ofuscamento direto correspondente ao tipo de recinto ou atividade.

Analogamente são consideradas a *direção da incidência da luz e efeito sombra*, para permitir um adequado reconhecimento dos objetivos e estruturas superficiais iluminadas. Assim, a norma recomenda que para evitar as sombras profundas é conveniente uma disposição apropriada de várias luminárias, com uma distribuição de intensidade luminosa não muito interrelacionada, ou pelo uso de luminárias de parede e de mobiliário.

Os requisitos de *reprodução da cor* podem ser cumpridos com uma adequada seleção do tipo de lâmpada. Na iluminação de interiores somente se permitem lâmpadas com um grau mínimo (de 3) de reprodução da cor.

No caso específico da *iluminação de locais de assistência médica*, está relacionada com o meio ambiente dos mesmos, pelo que deve-se prestar especial atenção ao projeto da iluminação e à cor das fontes de luz.

A iluminação de locais de assistência médica, além de assegurar um fácil e correto fornecimento da tarefa visual relacionada com o trabalho, deve cumprir com os variados requisitos dos pacientes. A função da iluminação deve dar tranquilidade, confiança e esperança. Para cumprir estes requisitos, a iluminação tem que se adaptar cuidadosamente aos principais propósitos da habitação e ao mesmo tempo manter o critério de qualidade.

Na Tabela C.7 do Anexo C apresentam-se os valores de iluminação nominal recomendada para locais de assistência médica em função do tipo de sala.

3.2.2 Norma de Iluminação de Vias Públicas (Ref. M-10)

O objetivo desta norma é uniformizar os critérios na elaboração de projetos e execução de obras referentes à iluminação pública.

A iluminação pública possibilita aos usuários de uma rua ou estrada, circular com segurança e comodidade. Para este fim, deve-se permitir aos automobilistas circular com a mesma velocidade, segurança e comodidade durante a noite, sem a ajuda dos faróis dos automóveis.

O escopo da norma trata de dar as prescrições e recomendações necessárias para uma adequada iluminação que permita uma visibilidade cômoda, rápida e segura durante a noite. É aplicável à iluminação de vias expressas, artérias principais, vias coletoras, ruas locais, cruzamentos, praças e passagens de nível.

A norma não inclui a iluminação de monumentos públicos, parques, jardins, nem túneis.

Além disso, existem outras normas e regulamentos que servem de consulta sobre este tema, sendo estes: a Norma de Postes de Madeira e Concreto para Redes de Distribuição; a Norma de Cabos de Energia em Redes de Distribuição Subterrânea; a Norma de Condutores Elétricos em Redes de Distribuição Aérea; a Norma de Controle e Recepção das Instalações Elétricas em Baixa Tensão; o Código Nacional de Eletricidade - Sistema de Distribuição: Iluminação Pública; o Regulamento Nacional de Construções - Seções de Vias e; o Plano de Desenvolvimento Metropolitano de Lima e Callao: Transporte e Sistema Vial Metropolitano.

O critério de *segurança* considera a visibilidade a uma distância de 100 m, de um obstáculo fixo ou em movimento constituído por uma superfície de 15 cm x 15cm e um fator de correção de 0,15.

Assim, admite-se que:

- a segurança dos pedestres depende da possibilidade de que estes possam observar o obstáculo a uma distância entre 0 e 10 m;
- a segurança dos automobilistas depende essencialmente da velocidade. A 60 km/h deve perceber o obstáculo a uma distância compreendida entre 60 a 100m.

A norma também especifica que a *comodidade* de uma instalação depende da uniformidade, do nível de iluminação, da ausência de ofuscamento, da disposição e da natureza das luminárias. Todos estes critérios serão escolhidos de maneira que se diminua ao mínimo a fadiga dos motoristas. A estas especificações agregam-se as noções de estética que completam a noção de comodidade.

Também, prevêm-se as *análises de fatores que influenciam na iluminação pública*, tais como: velocidade de circulação; tráfico veicular; tráfico pedestre e; reprodução de cores. Assim, a Tabela C.8 apresentada no Anexo C detalha cinco tipos de iluminação em função dos fatores antes descritos, e se não encontrar-se os fatores dados na tabela anterior, o tipo de iluminação poderá ser determinado de acordo com a característica de vida (Tabela C.9).

Paralelamente, apresenta-se um resumo das *caraterísticas fotométricas* referentes à iluminação pública: mecanismos da iluminação pública; níveis e uniformidade de luminância e iluminação; ofuscamento e; importância do revestimento. Assim, a Tabela B.10 do Anexo C, apresenta os níveis de luminâncias e iluminação recomendados. Também, nas Tabelas C.11 e C.12 do mesmo anexo, são apresentados os valores de uniformidade de luminância (ou de iluminação donde não se possa verificar a uniformidade de luminância) e os tipos de luminária de acordo ao tipo de iluminação.

Analogamente, a norma faz uma descrição dos *elementos da iluminação pública*: lâmpadas; luminárias; suportes de luminárias; condutores da rede de iluminação; equipes de manobra e proteção da rede, secção da luminária à rede de iluminação e; reactâncias e condensadores. Na Tabela C.13 são apresentada as

intensidades luminosas máximas admissíveis em cd/1000 lm por luminária colocada horizontalmente.

Também, se faz *disposições recomendáveis das unidades de iluminação*: luminárias em alinhamento; luminárias em curvas e descontinuidades na via e; disposições especiais. Assim, a Tabela C.14 apresenta as recomendações de luminárias em vias públicas em função do tipo de iluminação.

3.3 Conclusões

- O consumo de eletricidade da área de estudo durante 1990 representou 37% (4,4 TWh) do total nacional (11,9 TWh).
- A participação do consumo de eletricidade para fins de iluminação durante 1990 representou 15% (1,8 TWh) do consumo nacional de eletricidade.
- O consumo de eletricidade para 1990 para fins de iluminação correspondente ao total de setores estudados para Lima Metropolitana foi de 806 GWh, quantidade que representa 7% do consumo nacional de eletricidade.
- As normas de iluminação constituem um instrumento importante de ganhos de eficiência, sendo que estas devem estar acompanhadas de um adequado programa de atualização, divulgação e fiscalização.

Capítulo 4

Racionalização do Uso de Energia Para Iluminação: Oportunidades e Barreiras

A sociedade contemporânea e, principalmente, a urbana, vem alterando ou incorporando padrões de consumo de energia elétrica, principalmente, condicionados pelas inovações tecnológicas, condições econômicas, conforto e tradições culturais.

Os resultados apresentados no Capítulo 2, em relação ao estudo de evolução das elasticidades, como indicador de resposta às variações do preço, permitiram concluir uma evolução, de inelástica a elástica, no comportamento dos clientes.

Assim, sendo o cliente, o elemento indispensável a ser considerado no processo de melhoria da "eficiência", resulta conveniente o estudo do comportamento do consumidor, no sentido de identificar os fatores internos e externos que condicionam as respostas que o consumidor tem.

Além disso, a revisão de programas já implementados em outros países e das possibilidades de aplicação no Peru, induzirão quais serão as principais alternativas a ser avaliadas economicamente no seguinte capítulo.

4.1 O Comportamento do Consumidor

Pode-se inferir que o comportamento de consumo da sociedade vem se modernizando e se ampliando no sentido de incorporar maior quantidade de equipamentos.

A aquisição destes equipamentos muitas vezes vai contra uma racionalidade energética eficiente no espaço de uma disponibilidade de recursos escassa e com custos econômicos inerentes.

Paralelamente à introdução de uma determinada tecnologia no mercado, deve-se perguntar: quais são as referências que o consumidor tem na seleção de uma ou de

outra tecnologia? E qual é a influência que os meios de comunicação e o "marketing" podem fazer?

A resposta a estas interrogações está baseada na psicologia do consumidor e sobre estes aspectos tratam as subsecções seguintes.

4.1.1 As Decisões de Conservação

Deve-se reconhecer que um dos principais aspectos ligados à melhoria da eficiência no uso da iluminação é o referente à conservação da energia.

Entretanto, os indivíduos, espontaneamente, não adotam medidas auto-restritivas que beneficiem tal eficiência. Uma das explicações para isto é fornecida pelos estudos de "dilema social" ou dilema dos "commons". Estes estudos tratam do problema da dispersão da responsabilidade social. Esta dispersão ocorre quando existe um conflito entre os interesses do grupo e aqueles dos indivíduos. Este dilema surge quando "as demandas que um grupo fez são um conjunto de recursos comuns que excede à oferta, e a rapidez do consumo é suficientemente grande para ameaçar o funcionamento futuro desses recursos. Os consumidores se defrontam, então, com um dilema entre reduzir a velocidade de seu consumo, sacrificando seus desejos, liberdade de consumo e talvez até o bem estar pessoal, pelo futuro do grupo, ou continuar usando os recursos na mesma velocidade, colocando os recursos em risco" (EDENEY, 1980; CARDIA, 1986; Ref. E-1 e C-5;).

Portanto, a introdução de algum tipo de programa deve ser feita de maneira que os consumidores se sintam estimulados ou motivados. Assim, medidas adotadas em países industrializados incluem campanhas publicitárias, educacionais e de adoção de incentivos e desincentivos econômicos e incentivos sociais.

4.1.2 Os Tipos de Campanhas

as *campanhas publicitárias e educacionais*, têm a finalidade básica de promover uma ética de conservação, através do desenvolvimento de atitudes (avaliações que os indivíduos fazem a respeito de um tema ou objeto) pró-conservação, que deveriam resultar em comportamentos de conservação (CONSTANZO et al., 1986; CARDIA, 1986; Ref. C-6 e C-5). Sendo que a relação entre atitude e o comportamento não é direta, mas é medida por valores, crenças e normas sociais.

Inconvenientes deste tipo de campanhas são que estas ignoram que as pesquisas sobre atitudes pró-conservação coexistem com comportamentos de não conservação (CONSTANZO et al., 1986; OLSEN, 1981; Ref. C-6 e O-1)) e que existe no meio uma complexidade de processos tais como o processamento de informações (CONSTANZO et al., 1986; Ref. C-6).

O êxito destas campanhas é em função de: a) o papel da percepção, avaliação, memória e compreensão da informação; b) credibilidade da fonte; e, c) o veículo e forma pela qual a informação é divulgada.

As *campanhas de incentivos e desincentivos econômicos* se baseiam no modelo racional econômico. São medidas desta natureza a elevação de preços, inserção de impostos e financiamentos, entre outras.

Os pressupostos psicológicos deste modelo são que os produtores e consumidores tomem suas decisões após realizarem um levantamento de todas as alternativas disponíveis; coletam e ponderam de forma acurada todas as informações; calculam os custos e benefícios associados a cada estratégia potencial e fazem julgamentos probabilísticos sobre os riscos e incertezas associadas com a adoção de cada linha de ação; e selecionam as estratégias mais eficientes em termos de custos - aquelas que maximizam as utilidades positivas e minimizam os custos (CARDIA, 1986; Ref. C-5).

Este tipo de campanhas é criticado porque: (a) as penalidades ou desincentivos econômicos não são necessariamente justos e podem ir contra a melhoria da eficiência distributiva; (b) as soluções tecnológicas mais eficientes não são automaticamente aceitas ou difundidas, além de que estas geralmente apresentam preços altos de investimento; e, (c) muitas vezes as tomadas de decisão não são necessariamente racionais (tem-se presente experiências anteriores, expectativas, informações de outros consumidores, etc).

As pesquisas sobre o poder de decisão tem indicado, contrariamente ao modelo racional econômico, que as pessoas: a) agem para maximizar o status, renda, desempenho, segurança e conforto e que estes afetam o processo de decisão; e, b) não ponderam as informações de acordo com as leis econômicas mas fazem análises ingênuas de custos e benefícios (CARDIA, 1986; Ref. C-5).

4.1.3 As Mudanças de Hábitos e Adoção de Novas Tecnologias

As mudanças de hábitos na realidade estão vinculadas a mudanças no comportamento; sendo estas atingidas, em geral, com combinações de incentivos sociais, desincentivos econômicos e comunicações persuasivas.

Por outro lado, a adoção de equipamentos eficientes, geralmente de custos iniciais elevados, requer um comportamento não repetitivo, já que precisa ser realizado uma única vez.

O principal inconveniente, no caso da mudança de hábitos, está na vinculação com mudanças nos estilos de vida e que os mesmos requerem esforço contínuo. Entretanto, na adoção de equipamentos eficientes, é uma forte restrição o investimento de capital inicial devido à falta de experiência prévia, dúvidas sobre a sua eficácia funcional e econômica e tendência à inércia dos consumidores (postergação de eventos que saem da rotina).

Como proposta de solução a estes problemas sugere-se que a comunicação persuasiva é essencial, não só para alterar comportamentos ou facilitar a adoção de inovações tecnológicas, mas também na manutenção destes comportamentos. Neste caso trata-se do fornecimento de informações sobre as consequências de terem mudado o comportamento ou adotado a inovação - isto é, o fornecimento da "retroalimentação" como estratégia essencial para garantir a continuidade dos comportamentos e, portanto, dos benefícios (CARDIA, 1986; Ref. C-5).

Sobre os efeitos da "retroalimentação" tem se observado que: (a) quanto maior a frequência da "retroalimentação", maior a sua eficácia; (b) a "retroalimentação" que estabelece uma relação entre consumo e custo, é mais eficiente; (c) quando o consumidor observa o próprio consumo consegue melhores resultados do que quando a monitoração é feita por funcionários das empresas.

As contribuições sobre processamento das informações garantem que a forma (veículo) e o conteúdo das mensagens estarão adequadas ao objetivo que se pretende atingir, quando as mesmas assim se revelarem (CARDIA, 1986; Ref. C-5):

- as informações devem capturar a atenção do consumidor devendo ser verídicas, concretas e personalizadas, incluindo casos vividos por pessoas próximas, semelhantes ao receptor da informação;

- as informações têm que ser lembradas devendo ser claras, exatas e específicas, detalhando exatamente o que espera que o consumidor faça. A memória tende a favorecer a informação que é compatível com valores e atitudes pró-conservação;
- as medidas devem ser percebidas como justas;
- os indivíduos sofrem maior influência do perigo da perda do que pela promessa dos ganhos; e
- os apelos, que procuram gerar medo sobre as consequências de não se adotarem medidas de economia, têm que ser acompanhados de mensagens sobre as soluções que a população-alvo deve adotar. Caso contrário estes apelos geram angústia e ansiedade e não resultam no comportamento desejado.

4.1.4 A Implementação de Campanhas

O efeito de uma dada campanha depende das condições de sua implementação e para ser eficiente se faz necessário o estabelecimento de metas, materiais, corpo de coordenadores e um tema a ser desenvolvido. A formulação geral tem as seguintes etapas (MADDAUS, 1987; JANNUZZI et al., 1992; Ref. M-11 e J-1): (a) estabelecimento dos objetivos; (b) escolha apropriada de um tema; (c) estabelecimento do público alvo; (d) seleção dos membros de um comitê de conservação; (e) identificação dos padrões de comunicação, recursos humanos e materiais; (f) planejamento e implementação da campanha e (g) avaliação dos resultados obtidos.

No referente a objetivos, estes devem ser claros e persuasivos de maneira que o consumidor entenda porque a melhoria de eficiências é importante.

O tema da campanha deve ser escolhido após o estabelecimento dos objetivos, com imagens realistas e personagens semelhantes aos consumidores-alvo em termos de classe socio-econômica e estilo de vida.

O público, ao qual a campanha deve atingir, deve ser dividido em grupos distintos, apresentando homogeneidade dentro de um mesmo grupo e heterogeneidade entre grupos (BERRY & BROWN, 1988; Ref. B-1).

O comitê de conservação tem como funções principais receber o retorno dos consumidores envolvidos pela campanha, solucionar problemas específicos de implementação e gerenciar o material da campanha.

A seleção do meio de comunicação é importante e deve ser adequada ao público-alvo. Além disso, a campanha deve ser avaliada em várias etapas, de forma a se obter subsídios para o processo da "retroalimentação" e servir de base para o desenvolvimento e campanhas futuras.

4.2 Oportunidades e Barreiras

Os padrões de consumo de energia são função de um grande número de atores que atuam interativamente.

Assim, a implementação de melhoria de eficiência-energética envolve atores operando em vários níveis (REDDY A., 1991; Ref. R-1):

- consumidores de energia;
- fabricantes e fornecedores de equipamentos de uso final;
- geradores e distribuidores de energia elétrica;
- instituições financeiras nacionais e locais;
- entidades do governo; e
- agências de fundo ou ajuda de organizações internacionais e multilaterais.

Deve-se compreender que uma situação real envolve muitas barreiras operando simultaneamente e que se existe uma única barreira o dimensionamento da mesma pode não ser condição necessária para eliminá-la.

Depois de uma barreira ter sido definida, uma boa precaução é fazer as seguintes perguntas: (a) é a única barreira?; e, (b) é o correspondente dimensionamento da mesma uma condição necessária e suficiente para eliminá-la? (REDDY A., 1991; Ref. R-1).

Assim, nas seguintes seções se apresentará a tipologia das possíveis oportunidades e barreiras que poderiam encontrar-se na implementação de medidas de eficiência no uso da iluminação para Lima Metropolitana, a fim de explorar o origem das mesmas e sugerir medidas de solução.

4.2.1 Os Consumidores de Energia

A ignorância:

O nível de participação dos consumidores nos programas de eficiência depende do conhecimento, por parte destes, da tecnologia disponível, tendo consciência da melhoria de eficiência e dos custos e benefícios que estas opções apresentam. Não obstante, muitos consumidores e empresas são "ignorantes" sobre estas possibilidades de melhorias e tem desconhecimento da efetividade das medidas (REDDY A., 1991; Ref. R-1).

No caso do Peru, pode-se generalizar que o usuário comum tem pouco conhecimento sobre as tecnologias ofertadas, pior ainda num mercado onde existe uma grande variedade de produtos importados. Não obstante, pode-se diferenciar a Lima Metropolitana do resto do país, por existir nesta cidade uma maior difusão, especialmente através de jornal, das inovações existentes, ainda que isso seja insuficiente.

Neste caso, as medidas de difusão das melhoras tecnológicas devem contar com uma forte participação das entidades do governo, distribuidores dos produtos de uso final, e das concessionárias.

Os mecanismos para chegar aos usuários podem ser mediante jornais, rádio televisão; também, os programas em escolas podem ser importantes.

Não obstante, estudos empíricos têm demonstrado que a simples difusão, pode não ser suficiente, conforme foi visto anteriormente na parte do comportamento do consumidor. Assim, os incentivos podem ser mais importantes que a informação, ainda que os tipos de comunicação personalizada poderiam dar bons resultados (ex. chegar nas entidades sociais e influir nos líderes destas, a fim de que com a ajuda destes possa-se atingir um maior número de pessoas).

A pobreza e os custos de investimento:

O fato de que um consumidor esteja bastante informado acerca dos benefícios de um programa de melhoria da eficiência do uso da iluminação, não significa que este fará necessariamente o investimento no dispositivo energético ou equipamento associado. Uma das causas é que, geralmente, quanto maiores são os ganhos em eficiência, maiores serão os custos de investimento associados.

Assim, resulta natural perguntar para os consumidores: as alternativas de conservação e outros benefícios justificam o incremento dos investimentos em melhoria da eficiência?

A resposta à pergunta anterior depende se o consumidor está disposto a investir em recursos de capital agora a fim de colher benefícios regulares de menores faturas de energia no futuro. O consumidor minimizará o custo do ciclo de vida (CCV) em vez de minimizar seu investimento inicial?. Está o consumidor preparado para postergar um consumo corrente em consideração a futuros benefícios?. O índice desta disposição é a taxa de desconto do consumidor (TDC), que é aproximadamente igual ao retorno anual ou benefício esperado para um longo período (ex. 10 anos) sobre uma despesa inicial de US\$ 100. Por exemplo, se a TDC é 60%, significa que o consumidor estará preparado para fazer um investimento inicial de US\$ 100 somente se um benefício anual de pelo menos US\$ 60 pode ser obtido pelos próximos 10 anos (REDDY A., 1991; Ref. R-1).

Outras duas figuras de mérito são usadas para avaliar os benefícios de uma decisão de melhoria de eficiência. Trata-se do tempo de retorno simples (TRS), o qual é o tempo requerido para recuperar um investimento energético mediante economias na fatura de energia. Também, a taxa interna de retorno (TIR) de um investimento determinado, é o valor da taxa de interesse para que o CCV de todas as economias de energia devido a melhoria da eficiência seja igual ao custo inicial adicional incorrido por esta medida.

Assim, a TDC é um reflexo da disponibilidade de capital de um consumidor, principalmente; e, de forma secundária, incide a elasticidade preço da demanda, a mesma que deve ser considerada em forma inversa.

Ainda que a pobreza conduza a uma TDC elevada, não se pode concluir como única causa; não obstante, esta constitui um fator importante neste indicador.

Desta maneira, entre julho de 1985 - julho de 1986 a junho - julho de 1990 o nível de pobreza em Lima Metropolitana incrementou-se de 16,9% a 44,3%, respectivamente; todo isso como consequência da crise econômica (CUANTO, 1991; Ref. C-5).

Portanto, os mecanismos de inovação financeira são necessários neste caso a fim de superar esta barreira. Uma idéia poderia ser o fato de converter o investimento inicial em pagamentos menores ao longo do tempo que coincidam com

as economias feitas; neste caso, precisa-se de um ente financeiro do investimento inicial, que pode ser suprido pelas concessionárias ou pelo estado.

A indiferença

Esta atitude envolve os consumidores que tendo conhecimento sobre os benefícios dos programas e estando em capacidade de fazer frente aos gastos (de investimento dos mesmos), são indiferentes à melhoria da eficiência. Esta postura deve-se ao fato de que neste tipo de consumidores os gastos por consumo de energia não são o suficientemente representativos para eles em relação ao total de seus gastos, como para motivar o ingresso nos programas de eficiência (REDDY A., 1991; Ref. R-1).

Neste tipo de situações a participação do governo é imperativa. Além de uma promoção de "preços reais", medidas de caráter regulatório são necessárias sobre aquelas tecnologias com eficiências baixas.

Outra medida pode ser a geração de pressão sobre o mercado de produtos, para que os importadores/fabricantes possam exigir/adicionar "etiquetas de desempenho" dos aparelhos ofertados.

Neste contexto, o governo peruano preocupou-se muito pouco na implementação destas medidas, incorrendo assim em ineficiências estruturais. Além disso, ter-se-ia que implantar uma entidade com capacidade suficiente para testar os equipamentos e fazer o controle de qualidade a fim de que se ache capacitada para outorgar as respectivas etiquetas.

O Desamparo

Existem também aqueles consumidores que compreendem os benefícios das melhorias de eficiência, e que estão motivados para mudanças, mas são incapazes de encarar os problemas que devem ser enfrentados em identificação, procuração, instalações, operação e manutenção dos dispositivos e equipamentos associados (REDDY A., 1991; Ref. R-1).

Por exemplo, compara-se a dificuldade que tem o consumidor de obter um sistema de iluminação fluorescente eficiente composta por uma luminária espelhada, reator eletrônico e lâmpada de consumo reduzido, frente à obtenção de uma tradicional lâmpada incandescente e instalação simples. Portanto, neste caso existe uma brecha de implementação que se constitui numa barreira.

Para superar esta barreira é necessário que os usuários sejam instruídos acerca do uso/conhecimento dos equipamentos eficientes; assim como, deve-se proporcionar a ajuda especializada necessária, caso seja requerida.

Para o caso de Lima Metropolitana, o usuário tem este tipo de restrições quando, a exceção das tecnologias que tiveram modificações para que se adequem aos mecanismos tradicionais (ex. L.F.C.), os novos equipamentos são ofertados sem a informação técnica adequada.

A incerteza

Futuros custos e benefícios dependem muito dos preços atuais e futuros, do fornecimento de energia e tecnologias de iluminação. Sob estas condições de incerteza, adicionadas à instabilidade econômica, os consumidores tem tendência a postergar seus investimentos (REDDY A., 1991; Ref. R-1).

Sobre esta situação, a estabilidade dos preços e da economia apresentada nos últimos anos (1991-1994) possibilitam a superação desta barreira.

Outro tipo de incerteza que os consumidores tem é em relação às novas tecnologias de iluminação ofertadas, sobre o fornecimento do "mesmo" serviço comparativamente às tecnologias tradicionalmente usadas (resistência à troca).

Neste caso, novamente os programas de difusão personalizada contribuirão na superação desta barreira.

Os Herdeiros da Ineficiência

Este caso refere à existência de consumidores que encontram-se informados, motivados e economicamente capacitados para implementar medidas de melhoria da eficiência, mas que se encontram incapacitados para fazer melhorias nos dispositivos ou equipamentos, devido a não poderem tomar as decisões para estes fins (REDDY A., 1991; Ref. R-1).

Este é um exemplo comum no caso das pessoas que alugam casas ou prédios com características estruturais e iluminação ineficiente.

A origem deste tipo de situação deve-se à existência de divisão de encargos: os investimentos de capital são feitos pelos locadores e os pagamentos dos gastos de energia são pagos pelos locatários.

Uma das maneiras de superar este tipo de barreiras é implementando programas de etiquetagem de desempenho dos equipamentos e, portanto, proporcionando o conhecimento suficiente para os usuários possam exercer pressão na aquisição de equipamentos eficientes.

4.2.2 Os Fabricantes de Equipamento de Uso Final

Os Cegos para Eficiência

Já se falou que o custo inicial dos investimentos em tecnologias eficientes, em comparação com as tradicionais, constituem uma trava na aquisição das mesmas pelos consumidores.

Assim, os fabricantes deste tipo de tecnologias ao ver que os níveis de vendas são baixos, preferem manter uma maior quantidade ofertada daqueles produtos que representam um menor custo de investimento inicial (equipamentos menos eficientes); além disso, estratégias de marketing são destinadas a promover estes últimos (REDDY A., 1991; Ref. R-1).

Como resultado, apresentam-se ineficiências de parte dos consumidores que cegamente obedecem as decisões das forças do mercado. Desta forma, parte do problema é que nem os fabricantes nem os vendedores de produtos de uso final são obrigados nem pela pressão do mercado ou pelas leis para revelar o desempenho dos equipamentos.

Este tipo de barreira pode, parcialmente, ser superado pela intervenção do governo de maneira a forçar padrões de eficiência e a etiquetagem de dispositivos e equipamentos de uso final.

Neste aspecto, sendo no Peru a maioria dos equipamentos importados, os mecanismos legais deveriam possibilitar as compras de importados de maneira que se obrigue aos fornecedores internacionais destas tecnologias a etiquetar os produtos.

4.2.3 Os Provedores dos Equipamentos de Uso Final

O Custo Cego da Operação

Já se tinha mencionado que os provedores dos equipamentos de uso final, tratam de minimizar os custos iniciais dos investimentos, independentemente dos custos de operação.

Além de induzir o consumidor exercer pressão sobre as forças do mercado em favor das melhorias da eficiência, a intervenção do governo deve influenciar os provedores na utilização destes equipamentos. Por exemplo, no caso de edifícios, vantagens podem ser obtidas no fato de que os projetos de edificações envolvem um número de passos dos quais podem-se ter vantagens: (1) na aprovação dos planos de edifícios e (2) financiamento do seguro na forma de empréstimos (REDDY A., 1991; Ref. R-1).

4.2.4 Produtores e Distribuidores de Energia

O Fornecimento Obstinado

A obstinação no fornecimento e distribuição de energia elétrica pelas concessionárias de eletricidade, sem se importar como é que esta energia está sendo usada pelo cliente final, sobretudo no referente à eficiência de utilização, pode conduzir a ineficiências de caráter produtivo e alocativo.

Neste contexto, o pensamento das concessionárias é poder atingir maiores vendas já que estas representam maiores ganhos de rentabilidade. Em especial, esta situação apresenta-se em mercados de energia particularmente privados (segundo é a tendência das empresas elétricas peruanas).

No caso dos EUA, medidas de eficiência nos usos finais, foram tomadas pelas concessionárias, tendo presente as seguintes considerações (REDDY A., 1991; Ref. R-1):

- Os lucros por eletricidade se incrementam com cada kWh adicional vendido;
- Os lucros por eletricidade decrescem com cada kWh adicional conservado; e
- O único incentivo financeiro para perseguir custos efetivos de conservação é o risco de que reguladores insatisfeitos possam não admitir os custos.

Estas três assertivas mostraram uma barreira institucional das concessionárias americanas e que são extensivas às nacionais.

Também, o caso de Lima Metropolitana constitui um exemplo extremo onde a geração e a distribuição são propriedade de diferentes concessionárias. Neste caso, o gerador não estaria interessado na aplicação de medidas de eficiência no uso final, e o distribuidor aparentemente poderia ter somente perdas na energia não vendida.

Neste caso, existem outras soluções que permitem que benefícios cheguem às concessionárias por promover medidas de eficiência no uso final. Assim, poder-se-ia considerar conservações de energia em clientes com baixa tarifa e vender estas economias para clientes com tarifas maiores.

Portanto, as mudanças no comportamento das geradoras e distribuidoras de energia elétrica em relação à utilização final da mesma, contribui na superação deste tipo de barreiras.

A Falta de Recursos Econômicos

As repercussões da economia, má gestão, forte intervenção do governo e outros reguladores, fizeram que as empresas energéticas chegassem ao estado do colapso financeiro (caso peruano).

Esta falta de recursos econômicos influenciou no destino destes somente para necessidades prioritárias; impedindo que as concessionárias possam investir em programas de melhoria da eficiência na iluminação pública, o que representaria benefícios diretos para as empresas distribuidoras.

4.2.5 Instituições Financeiras Locais/Nacionais

O Preconceito do Fornecimento

Já se tinha manifestado que geradores e distribuidores de energia apresentam-se obcecados pelo fornecimento de energia. Este preconceito muitas vezes é também transmitido para as entidades financeiras.

A origem desta barreira é a convencional preferência das instituições financeiras na promoção de projetos ligados à geração elétrica. De acordo a este enfoque, o propósito do sistema energético é incrementar o consumo de energia, o que significa que a ênfase é incrementar o fornecimento de energia. A melhoria da eficiência chega a ser um item que é automaticamente ignorado, devido a não incrementar o fornecimento ou consumo (REDDY A., 1991; Ref. R-1).

A melhor maneira de superar este tipo de barreira é incluir melhoras da eficiência de uso final na lista de opções para o fornecimento de serviços e seguir sistemas de planejamento comparativo por mínimo custo.

As Injustiças

Refere-se ao fato de procurar iguais "regras de jogo" para cada opção que seja analisada no planejamento a mínimo custo.

A situação presente certamente não é justa. Particularmente as instituições financeiras tendem a favorecer projetos de crescimento energético centralizado em vez de daqueles que promovam as melhoras da eficiência de utilização.

A origem desta discriminação pode ser devida ao crescimento das práticas financeiras, tradicionalmente, em associação com o desenvolvimento do fornecimento energético centralizado (REDDY A., 1991; Ref. R-1).

Esta barreira deve ser superada na promoção de justiça competitiva entre projetos, através da eliminação de subsídios no fornecimento de energia, correta estrutura de preços, mesmos termos de crédito, benefícios, incentivos, etc.

A Atitude de Anti-inovação

As tecnologias para a melhoria da eficiência energética estão sendo desenvolvidas rapidamente, as mesmas que ainda não têm passado por toda a cadeia evolutiva.

Desafortunadamente, as tecnologias neste estado de desenvolvimento tendem a cair em duas situações: as agências de recurso e desenvolvimento não apoiam a produção destas por não serem consideradas recursos ou influírem no desenvolvimento; ou, as instituições financeiras evitam apoiar algo que não tenha sido provado e demonstrado. A atitude anti-inovadora das instituições financeiras é uma barreira contra o desenvolvimento destas tecnologias (REDDY A., 1991; Ref. R-1).

A alocação de um pequena percentagem de fundos, pelas instituições financeiras, como ajuda de capital de risco, para as tecnologias em desenvolvimento de melhoria da eficiência, pode contribuir para a superação desta barreira.

4.2.6 O Governo

O Desinteresse do Governo

Existe o preconceito por parte dos governos, especialmente dos países em desenvolvimento, de que as melhorias da eficiência são medidas exclusivas dos

países desenvolvidos e que trazem como consequências, diminuição no nível de conforto dos consumidores (REDDY A., 1991; Ref. R-1).

Neste sentido, a idéia básica dos países em desenvolvimento têm sido procurar incrementar o Produto Interno Bruto (PIB) via intensidades energéticas elevadas, tal como aconteceu com os países desenvolvidos durante o apogeu industrial.

Mas, se os países não desenvolvidos tentam atingir hoje o mesmo processo de industrialização passado, as necessidades materiais e energia demandada são menores (devido a melhorias tecnológicas e econômicas no decorrer do tempo).

O que é requerido é um balanço aproximado havendo uma integração holística, ou uma mescla de três tipos de estratégias energéticas: melhorias de eficiência energética, geração centralizada e geração proveniente de fontes descentralizadas. Os componentes dessa mescla não devem ser feitos de maneira "ad hoc". Um mecanismo é a utilização de curvas de mínimo custo (REDDY A., 1991; Ref. R-1).

Portanto, as vantagens econômicas produto da melhoria da eficiência energética, fazendo uso de ferramentas como o planejamento por mínimo custo, devem ser popularizadas e convertidas numa pressão pública a fim de superar a barreira de desinteresse do governo. É desejável que o governo adote uma clara política nacional de melhoria da eficiência energética transladada dentro de um pacote de medidas.

No caso peruano, provavelmente o melhor avanço neste sentido, seja o fato da criação do Centro de Conservação de Energia (CENERGIA), como entidade que promove o uso racional da energia e a melhoria da eficiência energética.

A Pouca Capacidade do Governo

Refere-se à falta de capacidade técnica e de gerenciamento do governo na formulação e implementação de programas de eficiência energética, especialmente nos países em desenvolvimento.

Este tipo de barreira pode ser superado com a implantação de programas de treinamento intensivos e extensivos.

No caso peruano, também contribui para esta barreira a instabilidade do pessoal qualificado do aparato estatal que por motivos econômicos ou políticos, vê-se obrigado a mudar de atividades ou cargos.

O Governo sem Adequadas Facilidades de Treinamento

Esta barreira refere-se à lentidão das instituições do governo para desenvolver recursos humanos e reter/sustentar pessoal de nível para treinar o pessoal necessário.

A superação desta barreira pode ser efetivada com a ajuda de entidades de financiamento de possam garantir a sustentação do pessoal qualificado e programas que desenvolvam facilidades de treinamento.

O Governo sem Acesso a Hardware e Software

Não obstante que as instituições do governo tenham pessoal técnica e gerencialmente capacitado, é necessário que também conte com os mecanismos de informação atualizados no referente a desenvolvimentos técnicos em "hardware", além de sucessos no campo político e institucional de outros programas.

Este processo não deve estar completamente destinado à recepção de informação, envolve também o conhecimento para alcançar o "know-how" da operação, manutenção, construção e desenho (REDDY A., 1991; Ref. R-1).

A barreira pode ser superada tendo acesso a sistemas de informação atualizados sobre tecnologias e programas e políticas que estejam sendo desenvolvidas no âmbito internacional. A aquisição do "uso/conhecimento" e absorção de tecnologia também é crucial. Também, pode ser superada mediante o desenvolvimento de sistemas de planejamento integrado de recursos.

No caso peruano este tipo de barreira é bastante marcada. Muitas vezes os sistemas de informação não encontram-se vinculados nem entre as diferentes unidades de uma mesma instituição. Assim, as ligações de comunicação com outras entidades no exterior é praticamente nula.

A Escassez de Capital do Governo e Pobre Infraestrutura do País

Provavelmente esta barreira é a que tem maior influência nas duas anteriores. Neste sentido, os governos, principalmente os sub-desenvolvidos, consideram primeiro a resolução de problemas básicos, os mesmos que muitas vezes não são nem resolvidos.

As crises econômicas, falta de capacidade gerencial e aproveitadores, contribuíram na alocação dos poucos capitais disponíveis de maneira ineficiente, permitindo, entre outras coisas, a falta de meios de comunicação eficientes e incapacidade de sustentar programas de melhor utilização dos recursos.

O acesso a ajuda internacional, que deverá ser gerenciada de maneira eficiente, pode contribuir na superação desta barreira. Incrementa-se um problema maior, quando o país é declarado não elegível para empréstimos ou ajudas, segundo caso peruano.

A Promoção de Vendas do Organismo Regulador

Na maioria dos países os preços e tarifas dos energéticos, são regulados pelo governo ou organismos autônomos. Assim, muitas vezes acontece que estes esquemas de vendas impedem a criação de programas de melhoria da eficiência na utilização energética (distorções na sinalização de preços e excesso de subsídios).

Nesta situação, os organismos reguladores jogam um papel central, na criação de estruturas e de mecanismos de financiamento dirigidos às empresas concessionárias, a fim de poder explorar as oportunidades de melhoria do custo efetivo para a eficiência energética.

No caso peruano, com um esquema das empresas energéticas privado, a participação dos entes reguladores se faz ainda mais importante, já que as empresas estão sempre à procura de melhorar suas rentabilidades sem importar a forma em que a energia é consumida pelo usuário final. Nos capítulos posteriores se apresentarão maiores alternativas sobre este particular.

A Falta de Poder das Agências de Eficiência Energética

Sempre que os governos estão interessados em melhorar a eficiência energética, tem que criar entidades separadas para isso.

Desafortunadamente, esta separação não é suficiente para garantir autonomia e poder sobre outras entidades, departamentos ou ministérios. Nestas condições, estas entidades devem ter responsabilidade pela melhoria da eficiência fora ou sobre o sistema energético e o Ministério de Energia; e, devem estar abaixo da mais alta autoridade política/financeira (REDDY A., 1991; Ref. R-1).

A Síndrome da Grandeza

Os "tomadores de decisão" têm tendência a dar maior importância aos projetos grandiosos, de tipo central, que influem em maiores consumos e, portanto, em uma maior produção energética, porque de uma ou outra forma contribuirá na formação de um bom impacto popular e político.

Neste sentido, projetos de tipo descentralizado e de melhor utilização dos recursos são pouco atrativos. Também, a necessidade de módulos descentralizados de gerenciamento, monitoriamento e política não incentivam estes programas.

A superação desta barreira é função da pressão nos aspectos de desenvolvimento dos projetos e exortando o consumidor em favor destes programas.

4.2.7 As Fundações de Ajuda e Agências Internacionais Multilaterais e Países Industrializados.

Os Exportadores de Tecnologia Ineficiente

Desde o choque do petróleo os países industrializados foram fortemente impulsionados na pesquisa e utilização de tecnologias eficientes. Esta mesma atitude não foi adotada em países em desenvolvimento, que em certa medida, como países importadores de tecnologia, mantiveram-se comprando equipamentos convencionais (REDDY A., 1991; Ref. R-1).

Basicamente, esta atitude dos países em desenvolvimento, devia-se à pouca demanda que tinham estes equipamentos; já que o custo inicial representava fortes investimentos para as sociedades em crise.

No caso específico dos equipamentos elétricos na sociedade peruana, não foram adotadas atitudes eficientes pela existência de subsídios à principal geração ser de tipo hídrica.

A superação desta barreira pode ser dada mediante a assistência em favor das tecnologias eficientes dentro dos programas de ajuda.

O Preconceito do Fornecimento

Já que as geradoras e distribuidoras de energia, e instituições locais/nacionais tem obsessão com o aspecto do fornecimento/expansão do sistema energético; os organismos multilaterais internacionais e agências dos países industrializados que

provêm fundos de ajuda, também são "contagiadas" deste preconceito (REDDY A., 1991; Ref. R-1).

Esta barreira pode ser atacada não somente sobre a base da magnitude do consumo, mas também os programas devem ser medidos pelo nível de serviços. Ainda que, ante a existência de várias opções de melhoria do serviço energético, estas devem ser comparadas entre si.

Assim, a utilização de técnicas de mínimo custo e a instalação de opções de melhoria da eficiência, nos programas de fornecimento/consumo de energia, podem ser meios para superar esta barreira.

A Atitude Anti-inovação

Analogamente ao caso das entidades financeiras locais e nacionais, os organismos internacionais tem a atitude anti-inovadora contra as tecnologias novas.

Uma maneira de superar a atitude anti-inovadora das entidades financeiras internacionais é reservando um pequena percentagem de fundos como suporte de capital de risco.

4.3 Experiências Anteriores

Entre os EUA e o Canadá, aproximadamente 200 programas de energia elétrica foram implementados (LRI, 1991; Ref. L-1) historicamente, os programas de iluminação para consumidores comerciais e industriais receberam maior atenção, embora em anos recentes programas para o setor residencial tornaram-se proeminentes.

Na Europa, cerca de 50 programas foram desenvolvidos entre 1987 e 1990, a maioria voltados para ao setor residencial (MILLS, 1990; Ref. M-12). Os principais países que implementaram essas medidas foram Áustria, Dinamarca, Finlândia, Alemanha, Holanda, Suécia, Itália e Irlanda.

A maioria destes programas foram do tipo de conservação e referem-se à introdução de lâmpadas fluorescentes compactas (LFC) em substituição de lâmpadas incandescentes.

São também conhecidos alguns programas similares aos dos casos norte-americano e europeu no Brasil, especificamente numa cidade de São Paulo; e, no México.

Sobre estes programas, existem em geral cinco tipos (JANNUZZI et al., 1992; Ref. J-1):

a. Desconto Promocional:

Programas que oferecem descontos para a compra ou reposição de lâmpadas mais eficientes. Estão associados a campanhas promocionais, envolvendo companhias de eletricidade, vendedores de varejo, supermercados, entidades filantrópicas e fabricantes de lâmpadas.

Os mecanismos específicos envolvem a distribuição de brochuras com medidas de eficiência, e informações sobre lâmpadas e valores de incentivos. Também, aos consumidores são fornecidos cupões que dão direito a determinados descontos na compra da lâmpada mais eficiente.

b. Instalação Direta:

Compreende a distribuição e instalação gratuita de equipamentos de iluminação aos consumidores, podendo ser aplicado isoladamente ou em conjunto com auditorias e campanhas informativas.

Apresentam, basicamente, duas categorias: instalação somente de lâmpadas fluorescentes e inclusão de reatores eletrônicos e luminárias reflexivas, luminárias de descarga de alta intensidade e sensores de presença.

c. Empréstimo e Leasing:

Consiste no pagamento mensal de uma pequena quantia junto com a conta de eletricidade, equivalente ao financiamento ou aluguel do equipamento.

No caso de "empréstimo", a companhia elétrica financia os investimentos feitos pelo consumidor.

No caso de "leasing" os equipamentos são alugados, incluindo ou não opção de compra, e os custos dos equipamentos ressarcidos à companhia num período de tempo (aprox. 5 anos).

Uma variante destes mecanismos está no modo de pagamento das tecnologias financiadas pelo tipo de programa de "empréstimo". Assim, considera-se a média de consumo de um período de tempo antes das melhoras realizadas, mantendo-se este até que o empréstimo, pela tecnologia fornecida, seja pago.

d. Ordem Postal e Bazar de Caridade:

Mediante este mecanismo viabiliza-se, para os consumidores, a compra direta das tecnologias eficientes do fabricante, eliminando intermediários.

No caso da modalidade de "bazar de caridade", a companhia adquire em grandes quantidades a preços reduzidos e doa às entidades filantrópicas, que os repassam aos consumidores nos seus eventos.

e. Programas de Informação:

Geralmente compreendem postagens de brochuras com a finalidade de influir no comportamento e decisão dos consumidores para optar por medidas de melhoria da eficiência no uso da iluminação.

Estas campanhas de informação e marketing agem como meio de divulgação inicial e de manutenção de outros tipos de programas.

No caso específico dos programas de iluminação pública, existem muitos exemplos nas empresas elétricas que empreenderam programas de melhoria da eficiência, o que teve como resultado benefícios para as empresas e a sociedade. A aplicação destes programas são fundamentalmente sustentados pelo planejamento a mínimo custo a ser desenvolvido nos seguintes capítulos.

4.3.1 A Experiência dos E.U.A.

No caso dos E.U.A., um programa que tem boa repercussão é o chamado "Green Lights Program" que é gerenciado pelo Departamento de Proteção Ambiental (Environmental Protection Agency), entidade do governo, e que também reúne concessionárias de energia elétrica, fabricantes, grandes indústrias, consultores em iluminação e empresas especializadas em instalação e manutenção de iluminação, oferecendo todo suporte técnico e operacional, com assessoria em projetos e até recursos privados para financiamento a médio prazo.

Os programas empreendidos têm sido conduzidos com dinamismo e inovação, revelando transparência entre o fabricante e o cliente, o que vem promover um grande e desejado mercado para produtos de eficiência.

Assim, empresas como a General Electric, Cooper Lighting, Motorola, Thomas Lighting, Gentyle Group e outras, lançam produtos de última geração e luminárias com refletores em alumínio de elevada pureza e espelhados.

O esforço técnico e mercadológico está voltado para uma ação conhecida como "Retrofit", que promove a substituição de um sistema pouco eficiente por um moderno e atualizado.

Conseqüentemente, com um montante de vendas de 1,8 bilhões de dólares (28% das vendas do setor iluminação) (dado de outubro/91), equipamentos eletro-eletrônicos que tornaram-se importantes são (BARROS T., 1991; Ref. B-2):

- Sensores de Ocupação: fabricados com tecnologia em ultra-som e infravermelho, estes sensores são capazes de sentir a presença de atividade e movimento, comandando o acendimento ou desligamento automático da iluminação no local de sua instalação;
- Unidades Centralizadas de "Dimmers": utilizadas para controle de intensidade luminosa e operação dos diversos pontos de luz, garantindo conforto, economia e segurança;
- "Dimmers" Eletrônicos: sensíveis a um leve toque e programáveis em tempo e intensidade luminosa, os "dimmers" eletrônicos garantem flexibilidade e comodidade ao usuário;
- Reatores: com características de redução de sua potência nominal, estes reatores podem diminuir o nível de iluminação em ambientes especiais, sem afetar o desempenho da lâmpada;
- Reatores Eletrônicos: próprios para lâmpadas fluorescentes, funcionam numa frequência de 20.000 a 60.000 Hertz, chegando a economizar até 43% de energia, gerando maior eficiência das lâmpadas. Desde abril de 1991 uma lei federal (NAECA 88) proibiu a utilização de antigos reatores, estabelecendo para os fabricantes padrões rígidos de eficiência para a linha de produtos, exigência que vai gerar uma economia de energia ao país, até o ano 2000, estimada em 10 bilhões de dólares. Outra vantagem importante destes reatores é a eliminação do efeito "flicker" nos ambientes onde são utilizados;
- Ignitores: próprios para lâmpadas a vapor de sódio de alta pressão, eles apresentam novo "design", número reduzido de componentes e maior tempo de vida útil. Existem também, ignitores especiais para reacendimento instantâneo das lâmpadas de vapor de sódio.

No caso das luminárias, estas também tiveram inovações tecnológicas que garantem a aceitação do produto, especialmente em fabricantes de destaque no mercado (42% de participação). Desta forma, tem-se uma linha completa de equipamentos como (BARROS T., 1991; Ref. B-2):

- Luminárias com sistema de filtro: seladas (fechadas) com filtros de carvão ativado, o que impede a depreciação dos refletores internos;
- Refletores com revestimento vitrificado: cria uma micro-camada protetora no alumínio, que garante a eficiência luminosa do aparelho mesmo após anos de uso;
- Refletores multifacetados e prismáticos: estes, pelo seu "design" aumentam o rendimento do refletor, orientando o máximo de energia luminosa para o exterior, garantindo um bom desempenho, ao reduzir o retorno do fluxo luminoso sobre o tubo de descarga (caso ocorresse retorno em radiação sobre o tubo de descarga, sua tensão elétrica subiria, promovendo uma redução na vida útil da lâmpada, especialmente em lâmpadas a vapor de sódio);
- Acessórios para fixação: Identificação e componentes padronizados que facilitam a instalação, garantindo uma rápida reposição dentro das normas de proteção e segurança para equipamentos elétricos;
- Luminárias tipo "Low Mounting": são luminárias localizadas a baixa altura de montagem para uso em áreas comerciais como halls, acessos, segurança externa, etc. Utilizam-se lâmpadas de alta intensidade de descarga, porém em baixas potências, dos tipos: vapor de sódio em 35, 50, 70, 100, e 150W ou vapor metálico de 32, 100 e 175W. Como exemplo, a utilização de lâmpadas de vapor de sódio em lugar de fluorescentes, em estacionamentos cobertos pode promover economias de até 50% em energia.
- Luminárias Compactas para Fluorescentes: apresentam refletores internos em alumínio, em diferentes formas e índices de reflexão com elevada eficiência, que garantem flexibilidade em cálculos luminotécnicos; além da vantagem de se obter baixos níveis de ofuscamento, o que gera maior conforto visual para o usuário;

No caso da iluminação interna ofertam-se sistemas de monitoramento da iluminação com uso de lâmpadas halógenas de baixa voltagem (dicróicas); lâmpada refletoras PAR (alta eficiência); mini fluorescentes compactas (BLAX 18, 27, 39W);

e, lâmpadas fluorescentes com longa vida útil. Outro grande sucesso de aplicação é a família das novas lâmpadas a vapor de sódio de luz branca (White Lucalox).

A aplicação de medidas de melhoria de eficiência no sistema de iluminação, especificamente de caráter conservativo, é aquele em que participaram empresas líderes de energia elétrica nos E.U.A., através da implantação de programas denominados "rebates" (devolução de dinheiro ao usuário ou uma espécie de incentivo promocional).

Assim, a Pacific Gas&Energy, da Califórnia, entregou "rebates" de 20 US\$ a usuários por ponto de luz mista trocada por LFC (dado/91). Incluem-se neste programa, lâmpadas de 5, 7, 9, 13W; lâmpadas fluorescentes de maior eficiência luminosa; reatores eletrônicos; refletores ópticos em luminárias fluorescentes; redutores de potência em lâmpadas fluorescentes e sinalização de emergência (BARROS T., 1991; Ref. B-2).

Semelhante atitude foi adotada no caso de lâmpadas de maior potência, especialmente, de utilização no setor industrial.

Outro exemplo aconteceu em Pittsburgh, Estado da Pensylvania, onde a municipalidade conjuntamente com a concessionária local - Duquesne Light Company, no início de 1990, efetivou a substituição em 1.500 km de ruas e avenidas que usavam lâmpadas a vapor de mercúrio de 175 e 400W, por 31.500 lâmpadas "cut-off" (anti-ofuscante) tipo integrada, com vapor de sódio de 100 a 200W.

O resultado deste programa teve uma economia de energia elétrica da ordem de 12 GWh e 1,3 milhões de dólares por ano (a 0,08 US\$/kWh), com retorno do investimento em 5 anos e com elevação em 40% do nível médio de iluminação (BARROS T., 1991; Ref. B-2).

No Anexo D.1 apresenta-se um conjunto de alternativas de substituição que formam parte do programa "Green Light" nos E.U.A.

4.3.2 A Experiência do Brasil

No caso do Brasil, não obstante manter na América do Sul uma posição de inovações tecnológicas avançadas e de tendências no comportamento eficiente de seus sistemas, manteve no campo iluminotécnico e eficiência no uso da iluminação, uma atitude passiva.

Contribuíram para este quadro os problemas econômicos e recessivos que afetaram a indústria da iluminação e a falta de interesse para a aplicação de medidas de eficiência, com um mercado e governo desinteressados, em meio a um sistema de subsídios inadequado para fornecimento elétrico e um sistema de planejamento obscuro.

Não obstante, um programa de implementação e avaliação de substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes de tipo circular com reatores eletrônicos em consumidores residenciais (instalação direta), foi implementado na cidade de Cosmópolis-São Paulo. Participaram no programa um total de 380 consumidores e foi substituída uma lâmpada incandescente da cozinha (local com maior utilização coincidente com o período de pico do sistema).

Dentre os resultados, estima-se que o custo de evitar a demanda de 1 kW para a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) (fornecedora de eletricidade), durante o período de pico, são de 368 US\$/kW por ano, no caso da substituição de 100 W incandescente por 32 W fluorescente, e de 660 US\$/kW, no caso da substituição de lâmpadas de 60 W por 22 W (JANNUZZI et al., 1992; Ref. J-1).

4.3.3 A Experiência do México

No caso do México o principal projeto desenvolvido (Ilumex) foi desenhado para promover uma forte penetração de LFCs no setor residencial em duas cidades mexicanas: Monterrey e Guadalajara.

Para estes fins, foi desenvolvido um projeto piloto que envolveu aproximadamente 500 clientes da "Comisión Federal de Electricidad" (CFE) (fornecedora de eletricidade), mediante o tipo de instalação direta.

Considerando-se que a demanda de eletricidade para fins de iluminação representa a maior componente no pico do diagrama de carga mexicana, e se lograsse-se disseminar 1,5 milhões de LFCs em um período de 2 anos e particularmente entre clientes que usam menos de 200 kWh/mês, os quais têm os mais elevados subsídios e baixas rendas, que impedem a compra das novas tecnologias, esperar-se-ia uma capacidade economizada de 78 MW e uma geração de eletricidade evitada de 135 GWh/ano.

Também, seriam economizados um total de 265.000 barris de óleo equivalente e o valor presente líquido, com uma taxa de desconto de 10%, seria de

US\$ 38,3/lâmpada (US\$ 57,5 milhões para 1,5 milhões de lâmpadas); além de uma taxa interna de retorno de 1300%, já que o fluxo de caixa é levemente negativo somente durante o primeiro ano (SATHAYE et al., 1994; Ref. S-2).

4.4 Os Prédios Inteligentes

A idéia de prédio inteligente não encontra-se limitada ao aproveitamento eficiente das vantagens da luz natural, ao planejamento de uma sistema eficiente de instalações luminosas, conforto visual das pessoas, ou a mecanismos que permitam a conservação de energia, entre outros.

Assim, este conceito abarca a integração/sistematização das diversas funções que devem cumprir as edificações, favorecendo de maneira eficiente as diversas atividades que possam ser realizadas nestas.

Um "edifício inteligente" representa a integração de áreas funcionais, como sistema de controle ambiental, o sistema de elaboração de dados, e o sistema de telecomunicações. Esta integração compara benefícios como a compatibilidade, a modularidade, capacidade de expansão, a disponibilidade e a facilidade de uso (MORAES A., 1993; Ref. M- 13).

A integração de todos estes sistemas representam custos de investimento, que dependendo do tipo de usuário não podem ser realizados.

Além disso, outras restrições na construção destes prédios são a insensibilidade com as medidas de eficiência e o desconhecimento da sua funcionalidade.

4.4.1 O Aproveitamento da Luz Natural

Provavelmente a mais simples descrição da luz é a frase "energia radiante visualmente percebida". O que faz a luz única entre as formas de energia radiante (fenômenos vibratórios) é que o olho humano é sensível a esta forma de energia e responde a ela.

Para o estudo da iluminação, é especialmente importante o grupo de radiações compreendidas entre os comprimentos de onda de 380 a 760 nm, pois elas são capazes de estimular a retina do olho humano produzindo a sensação luminosa (MOREIRA, V.A., 1993; Ref. M-14).

A quantidade e qualidade da iluminação de um local deverão ser baseados, entre outros requisitos, no desempenho visual.

Desempenho visual é o termo usado para descrever tanto a velocidade com que os olhos funcionam, como a precisão com que uma tarefa visual poderá ser executada. O grau de desempenho visual para a percepção de um objeto cresce até um certo nível com o aumento da iluminância (nível de iluminação) ou até um certo grau de luminância (luz refletida pelo objeto observado nos olhos do observador). Outros fatores que influenciam o desempenho visual são principalmente a distância até o olho, os contrastes de cor e luminância e a idade das pessoas (ABILUX et al, 1992; Ref. A-1).

Chama-se luz natural à proveniente do sol, seja em forma direta, através dos raios solares, ou indireta devida à reflexão da atmosfera, com ou sem nuvens (luz difusa), da vegetação, dos edifícios ou outros objetos existentes na superfície da terra (luz refletida).

A luz natural aquela distinguida como por sua única variação espectral e de distribuições. A utilização da luz diurna, é função dos seguintes fatores (IESNA, 1993; Ref. I-1):

- fatores humanos, incluindo psicologia, percepção, preferências e comportamento;
- efeitos da iluminação diurna sobre os materiais, incluindo móveis, objetos de decoração e plantas;
- admissão controlada da iluminação direta do sol;
- admissão controlada da iluminação difusa;
- efeitos do terreno do local, paisagem e edifícios próximos da iluminação disponível;
- integração de sistemas de edificações, incluindo a iluminação elétrica, disposição das janelas, geometria interior e acabamento, controle manual e automático de sistemas e sistemas de controle de atividade climática.

Os movimentos diários do sol e as estações, em relação a uma localização geográfica particular produzem um padrão predizível de quantidade e direção de potencialidade disponível da luz natural.

Do total de energia solar recebida na superfície da terra, 40% é radiação visível; o resto é invisível com comprimentos de onda menores (ultravioleta) e maiores (infravermelho). A quantidade de energia visível utilizável no espectro solar varia com a camada e condição da atmosfera com a qual a luz atravessa.

Devido à mudança da distribuição espectral da luz natural continuamente com a posição do sol e condições do céu, a "Commission Internationales de l'Éclairage" (CIE) têm padronizado três distribuições de energia radiante espectral: 1) o sol como uma fonte de luz; 2) o céu como fonte de luz; e 3) a terra como fonte de luz (IESNA, 1993; Ref. I-1).

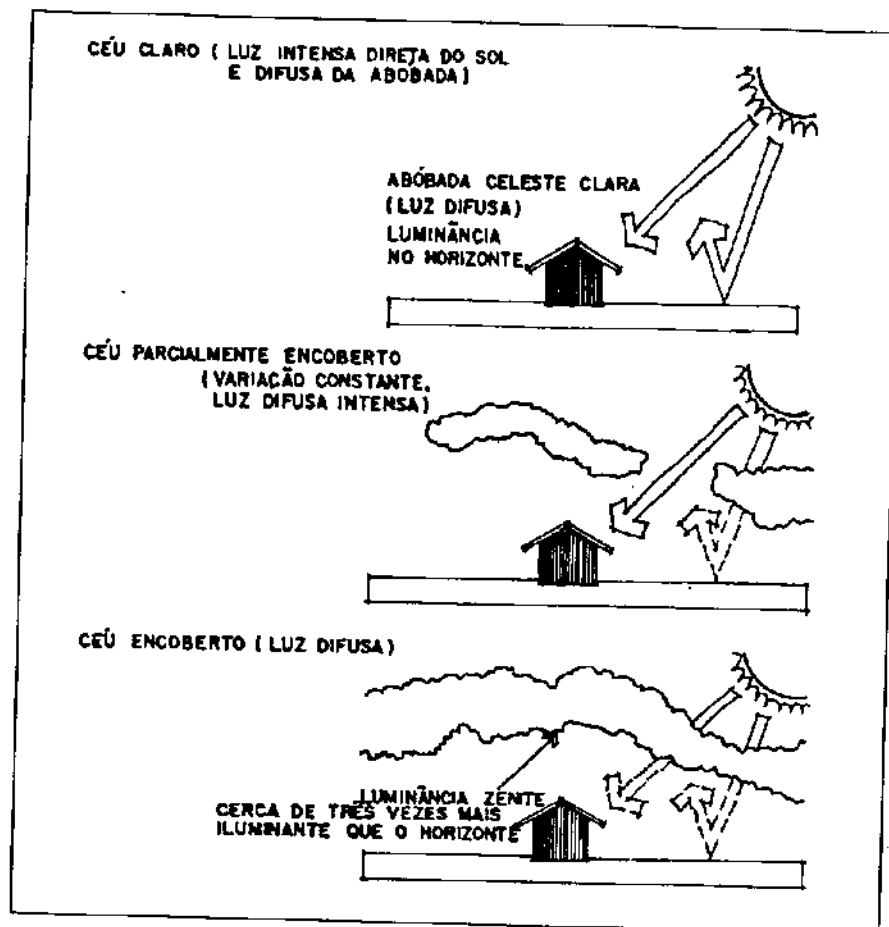
Do ponto de vista da iluminação natural, a fonte de luz diurna considerada é a abóbada celeste, excluída da luz solar direta sobre os locais de trabalho, devido a sua capacidade luminosa e calorífera, nos climas temperados ou tropicais, e por sua ocasionalidade nos climas frios (MASCARÓ L., 1985; Ref. M-15).

Existem três tipos de abóbadas padronizadas: (1) o céu claro, onde a nuvem é ocasional; (2) o céu parcialmente encoberto (1/3 ou 2/3 do total) e; (3) o céu encoberto, onde o sol não é visível (ver Figura 4.1; ABILUX, 1992; Ref. A-1).

Além disso, influenciam na luminosidade da abóbada celeste a trajetória solar de cada latitude, características locais de nebulosidade e fenômenos meteorológicos. Comparada com o sol (fonte pontual), a abóbada celeste tem grande área visível e, relativamente, pouca iluminância (fonte superficial).

O cálculo da iluminação recebida de uma "fonte" é mais complexo para o caso da iluminação natural do que para o caso de fontes elétricas. Na determinação de iluminância incidente sobre janelas e clarabóias deve levar-se em conta as características de variação do tempo do céu e sol, incluindo a variação da relação espacial entre o sol e a abertura da luz natural

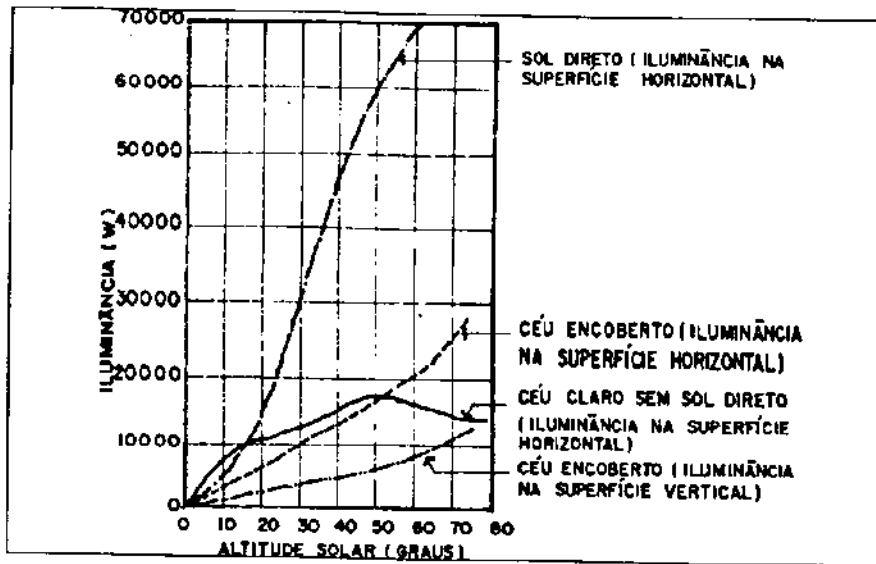
Figura 4.1: Tipos de Abóbada Celeste



Fonte: ABILUX et al., 1992; Ref. A-1

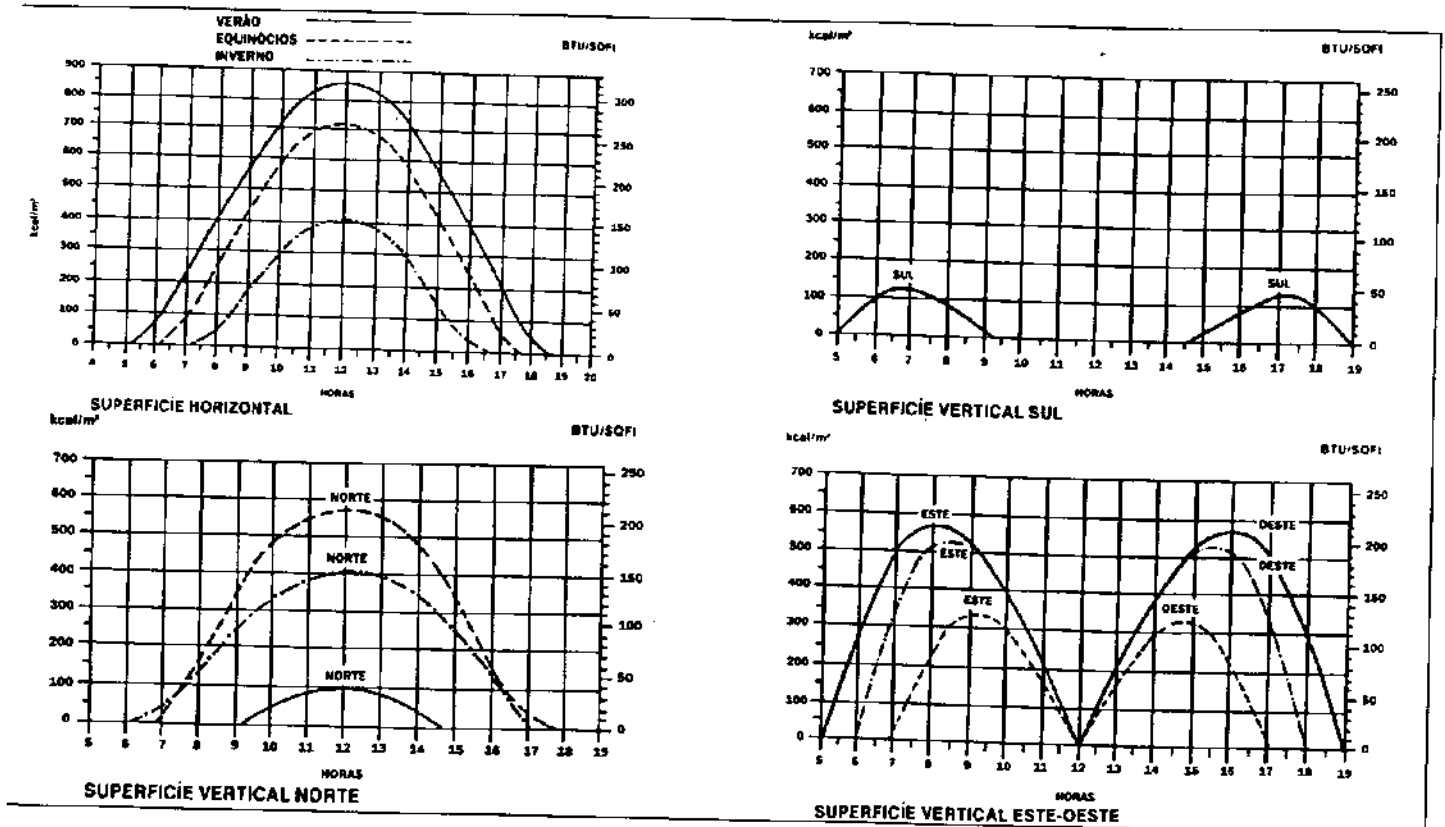
A distribuição das tarefas visuais nos locais indicará se é necessário prever uma iluminância alta em toda a superfície ou apenas em algumas partes do local. Assim, as tarefas com maior exigência visual nos ambientes próximos das janelas, onde a iluminação natural é maior, trará uma otimização do uso da luz natural (ver Figura 4.2). Deve ser complementada com o controle da luminância da janela e incidência da radiação solar direta (ver Figura 4.3). Esta estratégia pode significar uma redução de até 50% no consumo de energia (ABILUX et al, 1992; Ref. A-1).

Figura 4.2: Iluminância da Luz do Dia em Diferentes Condições



Fonte: ABILUX et al., 1992; Ref. A-1

Figura 4.3: Calor Recebido por Diferentes Superfícies em kcal/m²



Fonte: ABILUX et al., 1992; Ref. A-1

Existem, basicamente, dois sistemas de iluminação natural: (1) a iluminação lateral e; (2) a iluminação zenital.

Iluminação Zenital

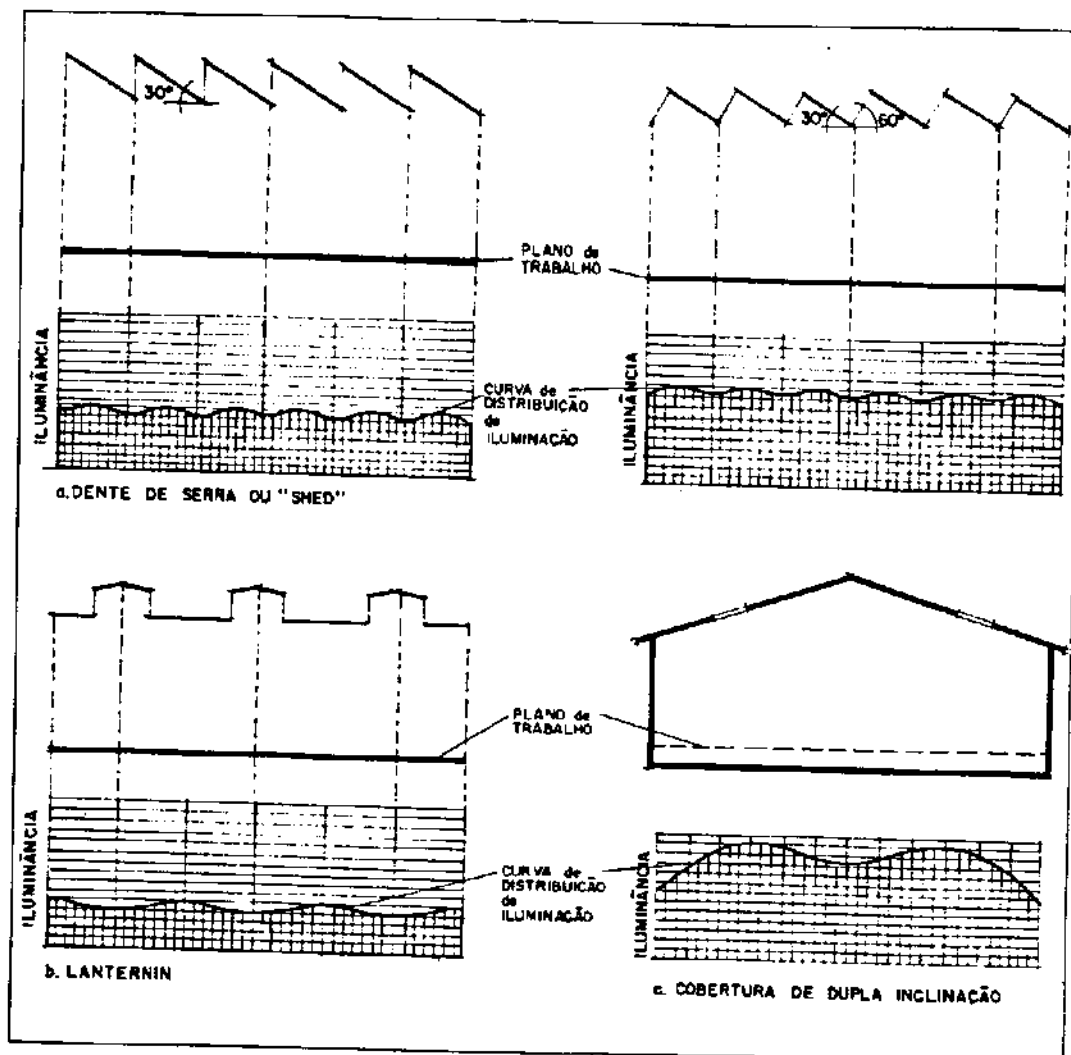
Oferece maior uniformidade e iluminação média sobre a área de trabalho do que uma superfície lateral equivalente. Não obstante, o custo inicial é , geralmente, mais alto e apresenta maiores dificuldades para a limpeza e para a localização dos elementos de controle, proteção solar e ventilação. É adequada para locais profundos e grandes espaços contínuos (MASCARÓ L., 1991; Ref. M-15).

Quando se utiliza a luz diurna zenitalmente, especialmente em locais grandes, pode-se adotar valores médios de iluminância ao invés de mínimos, em consequência de uma maior uniformidade oferecida sobre o plano de trabalho.

A Figura 4.4 ilustra os elementos zenitais mais usados e informa sua eficiência luminosa. Os elementos tipo "dente de serra", "lanternim" e as coberturas de dupla inclinação com superfícies iluminantes são os mais usados em indústrias. O "domo" é usado em lugares onde a carga térmica transmitida por ele é desejada ou não é um problema, como por exemplo em piscinas térmicas (ABILUX et al, 1992; Ref. A-1).

O elemento zenital tipo "dente de serra" orientado para o sul, fornece iluminação difusa e não precisa de fatores de sombra. Sua eficiência luminosa é 30% de uma superfície iluminante horizontal (Figura 4.4a). O elemento zenital tipo "lanternim" (Figura 4.4b) fornece iluminação bidirecional a qual , dependendo da orientação pode ser simétrica através do dia (L-O) ou assimétrica (N-S). Sua eficiência luminosa varia entre 50% e 75% de uma superfície iluminante horizontal. A cobertura de dupla inclinação (Figura 4.4c) que contém superfícies luminantes possui quase a mesma eficiência luminosa de uma cobertura horizontal tipo "domo", por exemplo, de quase 90%. Como a radiação é termoluminosa, a eficiência luminosa pode ser associada à carga térmica recebida (ABILUX et al, 1992; Ref. A-1).

Figura 4.4: Sistemas de Iluminação Zenital



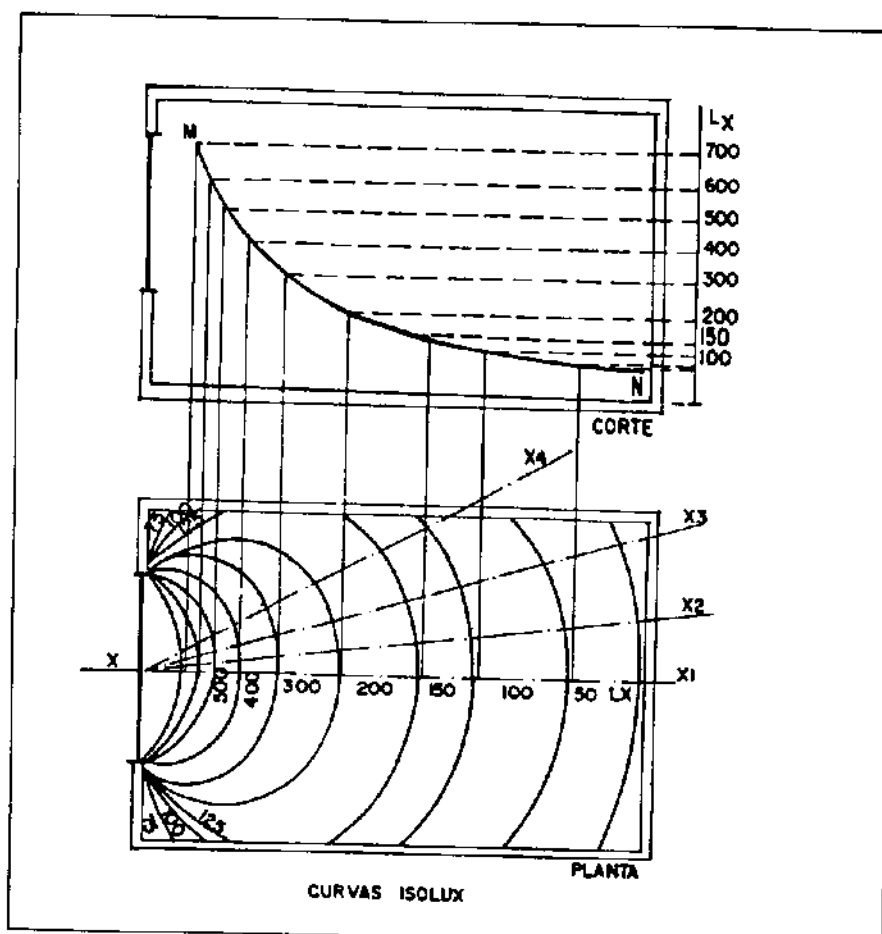
Fonte: Mascaró L., 1991; Ref. M-15

Iluminação Lateral

A *iluminação lateral* é adequada para zonas próximas às janelas, onde é possível obter iluminâncias recomendadas para as tarefas visuais a ser realizadas, diminuindo rapidamente na medida em que se encaminha para o interior do local (ver Figura 4.5) (MASCARÓ L., 1991; Ref. M-15).

Devido à rápida diminuição do nível de iluminância com o aumento da distância à janela e, proporcionalmente, com o tamanho da mesma, fixam-se valores mínimos para a iluminância diurna, em pontos ou zonas determinadas sobre o plano útil.

Figura 4.5: Iluminação Lateral - Curvas Isolux

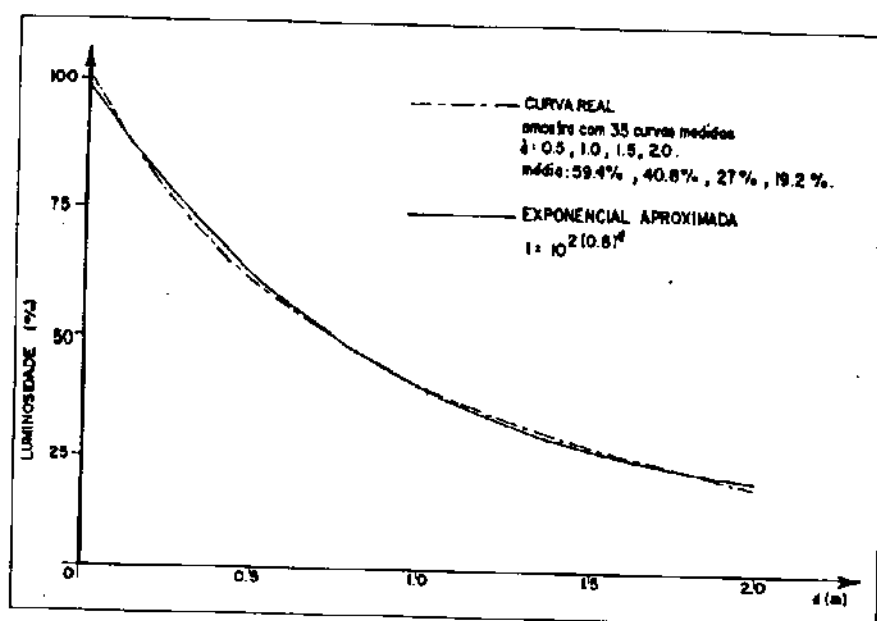


Fonte: Mascaró L., 1991; Ref. M-15

Acredita-se que quanto maior é a área iluminante maior é a iluminância do local. Isto acontece dentro de certos limites (ver Figura 4.6). Ao passo que um local com janelas médias e superfícies interiores claras, de alta refletância, terá uma combinação adequada de luz direta e luz refletida, permitindo maior economia do ponto de vista energético (MASCARÓ L., 1991; Ref. M-15).

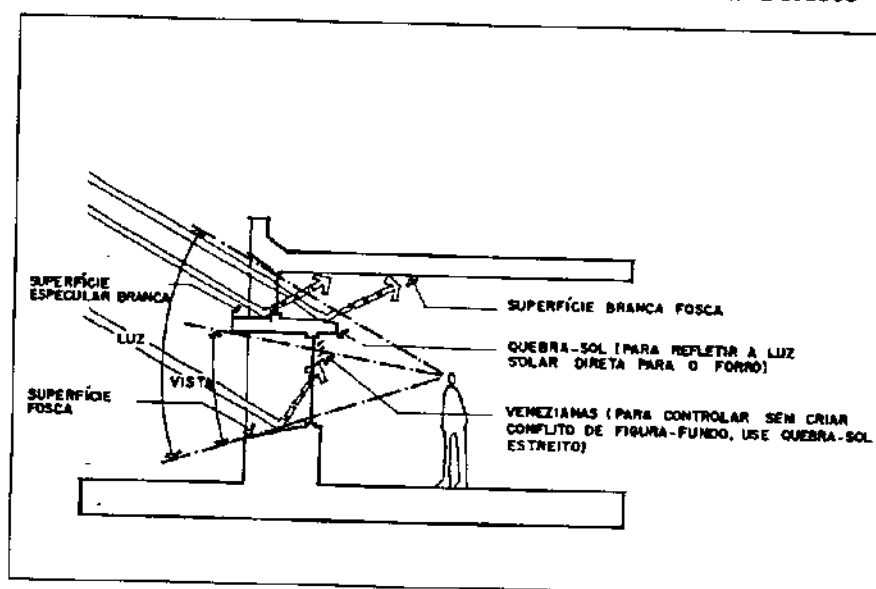
Janelas altas e contínuas horizontalmente, recuadas em relação ao plano de fachada (ver Figura 4.7), usadas como complemento às janelas localizadas no nível inferior, permitem reduzir a área visível da abóbada celeste (que pode provocar ofuscamento), com redução insignificante da iluminância no centro do local. Esta solução permite reduzir a carga térmica recebida através da janela (ABILUX et al, 1992; Ref. A-1).

Figura 4.6: Curva de Amortecimento da Densidade Luminosa para uma Relação Área Janela/Área Parede Variável de 35% a 100%



Fonte: Macaró L., 1991; Ref. M-15

Figura 4.7: Exemplo de Combinação de Elementos de Controle da Luz Solar Direta e da Luminância da Abóbada Celeste



Fonte: ABILUX et al., 1992; Ref. A-1

O uso de fatores de sombra trata de eliminar a luminância excessiva proveniente da abóbada celeste e do sol, como o calor por este emitido. Assim, os fatores sombra colocados exteriormente na abertura fornecem proteção

termoluminosa e os colocados interiormente só controlam a luz que entra no local. Seu desempenho depende de seu fator de reflexão (cor) e de seu estado de manutenção.

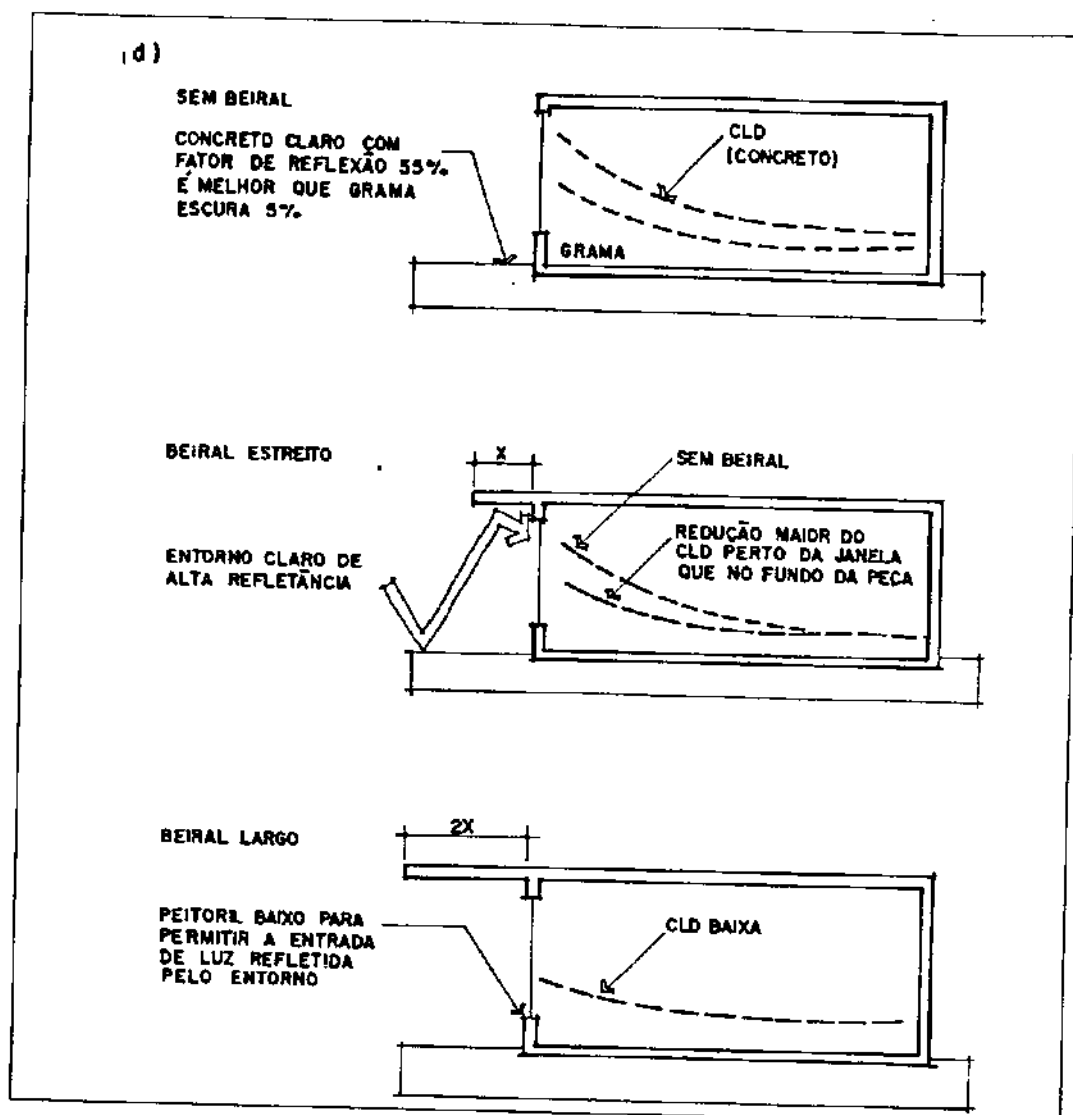
O controle da luminância das superfícies iluminantes é fundamental para se obter uma boa iluminação. A iluminância da janela e sua forma influem mais no ofuscamento que o tamanho da abertura. Chanfrando a borda superior da abertura e pintando-a de cor clara, obtém-se uma área de luminância média entre a abóbada celeste e o interior do local. As venezianas e persianas podem ter fator de reflexão alto e estar inclinadas de forma de refletir a luz para o forro. Beirais reduzem a iluminância à medida que sua largura aumenta (Figura 4.8), tanto nas proximidades da janela como no fundo do local, sendo a iluminação interior mais uniforme e menos eficiente. Seu controle térmico é eficiente (ABILUX et al, 1992; Ref. A-1).

Colocando-se "brises" externos nos elementos zenitais, obtém-se controle termoluminoso da superfície iluminante (ver Figura 4.9a) de alta eficiência energética permitindo o uso da iluminação zenital sem ganhos térmicos significativos. Difusores prismáticos melhoram o desempenho luminoso do zenital (ver Figura 4.9b) mas não o térmico. O chanfrado de base zenital aumenta a eficiência luminosa e sua distribuição de luz (ver Figura 4.6). Pintar as superfícies interiores próximas às superfícies iluminantes com cores claras diminuirá os contrastes e, conseqüentemente, as possibilidades de ofuscamento; e, aumentará a eficiência através de maior refletância.

Já tinha-se mencionado a relação iluminância e calor como outro fator a considerar nos prédios. Assim, a carga termoluminosa recebida por uma janela com orientação lateral é menor que a recebida por um zenital. Entretanto, não é desprezível.

Além disso, o uso de fatores de sombra, para economia de energia usada em iluminação, necessariamente não significa reduções inadmissíveis de iluminância natural quando mantidos em condições de uso (limpos e com sua reflectância conservada). Eles deixam entrar mais luz refletida que calor, não contribuindo significativamente para o aumento da carga térmica, e diminuindo o consumo de energia com climatização artificial.

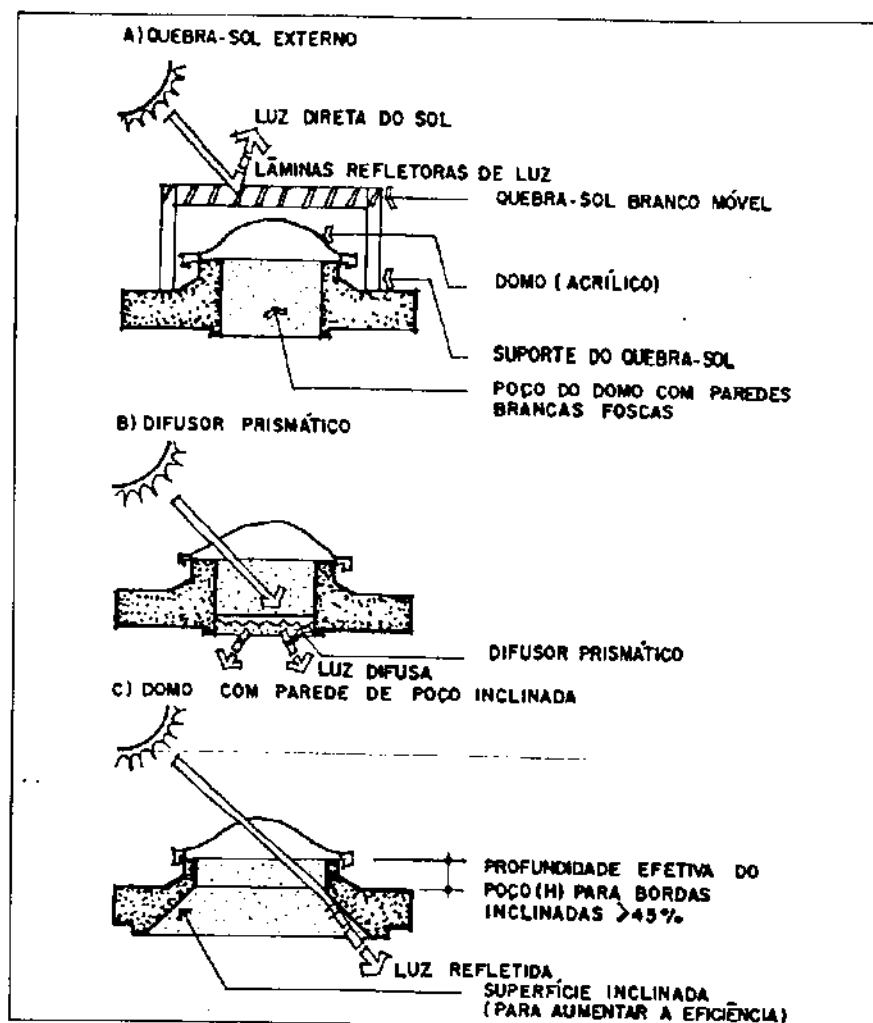
Figura 4.8: Formas de Controle da Luminância da Janela



Fonte: ABILUX et al., 1992; Ref. A-1

Entretanto, para o caso de janelas com orientação zenital, a carga termoluminosa recebida pelas superfícies horizontais é maior do que a recebida pelas verticais. Assim, o uso dos elementos zenitais deve estar associado ao dimensionamento correto e à proteção contra a radiação solar, situação que poder-se-ia acentuar nos meses de verão em Lima.

Figura 4.9: Controle de Luz Solar Direta e da Luminância em Domos



Fonte: ABILUX et al., 1992; Ref. A-1

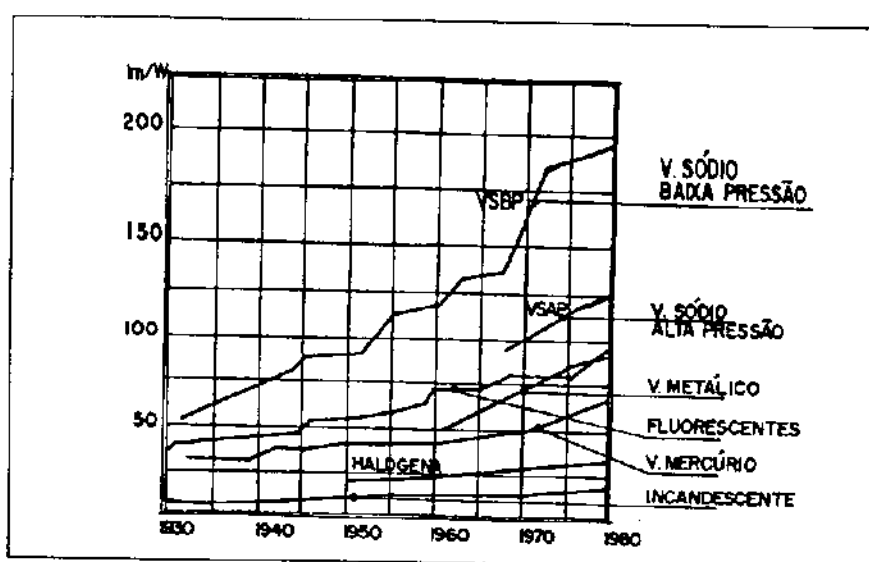
No Anexo D.2 apresentam-se um conjunto de recomendações que são dadas pela Associação Brasileira de Iluminação (ABILUX), destinadas a melhorar a eficiência luminosa em prédios, fazendo uso da iluminação natural.

4.4.2 O Sistema de Iluminação Artificial

Compõem o Sistema de Iluminação Artificial: as lâmpadas, luminárias e outros dispositivos usados para viabilizar a função de iluminação.

As lâmpadas elétricas atuais podem ser agrupadas em dois tipos principais: incandescente e de descarga. Pesquisa e desenvolvimento contínuos foram responsáveis pelo aumento da eficiência verificados nestes grupos (ver Figura 4.10).

Figura 4.10: Evolução da Eficiência das Lâmpadas



Fonte: ABILUX et al., 1992; Ref. A-1

Um dos fatores que influenciam na eficiência/vida-útil das lâmpadas de iluminação são as variações de tensão da rede que pode afetar o consumo de energia em duas maneiras:

- se a variação for acima da nominal, o consumo de energia será maior com a emissão de mais luz, encurtando a vida das lâmpadas e, conseqüentemente, aumentando o estoque de reposição e os custos de manutenção.
- se a variação for menor que a nominal, a potência desenvolvida será menor, perdendo luz e gerando a necessidade de aumentar o número de pontos instalados para recuperar esta perda o que aumentará o consumo de energia elétrica.

As Lâmpadas Incandescentes

A lâmpada incandescente produz luz pelo aquecimento elétrico (efeito Joule) de um filamento, a uma temperatura capaz de produzir uma radiação na parte visível do espectro.

Tanto a vida da lâmpada como seu fluxo luminoso são determinados pela temperatura do filamento. Assim, quanto maior a temperatura deste filamento maior a eficiência da lâmpada (lumens/Watt) e menor sua vida.

Lâmpadas incandescentes comuns embutidas no teto ou em luminárias tipo "spot" sem refletor constituem uma péssima solução, pois a eficiência do conjunto é reduzida, além de provocar um aquecimento excessivo que pode causar a falha prematura do conjunto (ABILUX et al, 1992; Ref. A-1).

Embora estas lâmpadas sejam as mais comuns, são também as menos eficientes encontradas atualmente. Entretanto, elas vem sendo melhoradas, incorporando maior vida média útil e maior eficiência luminosa.

Dentro deste tipo de lâmpadas encontram-se as lâmpadas refletoras, as mesmas que possuem fontes de luz compactas, eficientes e versáteis que, possuindo seu próprio refletor interno, proporcionam luz dirigida. Uma fina camada de alumínio espelhado de altíssima refletância é aplicada no interior do bulbo, por vácuo-metalização, servindo como refletor.

As lâmpadas incandescentes de bulbo leitoso (fosco) foram criadas para minimizar o efeito ofuscante das incandescentes claras e apresentam uma luz suave e difusa. Portanto, não é conveniente usar estas lâmpadas dentro de globos translúcidos, pois estes absorvem de 30% a 40% do fluxo luminoso.

Já as lâmpadas incandescentes halógenas caracterizam-se por conter interiormente elementos halógenos (iodo, fluor, bromo) em sua atmosfera interna, que ao serem aquecidos iniciam o ciclo regenerativo do halógeno. Este ciclo é composto das seguintes etapas (ABILUX et al, 1992; Ref. A-1):

- o filamento, que opera em alta temperatura, vai evaporando e depositando partículas de tungstênio na parede interna da ampola.
- a ampola se aquece e o elemento halógeno se evapora, combinando quimicamente com as partículas de tungstênio evaporado, fazendo então a limpeza da ampola.
- devido às correntes de convecção dentro da ampola, a combinação halógeno + tungstênio toca no filamento que está em alta temperatura e é decomposta. O tungstênio retorna para o filamento e o elemento halógeno é liberado, para repetir o ciclo.

Graças a este ciclo as lâmpadas halógenas possuem:

- maior eficiência que as incandescentes comuns com mesma potência e vida.
- maior temperatura de cor, proporcionando uma luz "mais branca" e uma melhor reprodução de cores.
- menor depreciação do fluxo luminoso, já que o ciclo regenerativo evita o enegrecimento do bulbo que ocorre nas lâmpadas comuns.

As lâmpadas incandescentes halógenas com refletor dicróico apresentam as características das halógeneas e mais as vantagens de um refletor multifacetado recoberto com uma película dicróica. Esta película, formada por um filtro químico (dicróico), permite a reflexão da luz visível e a transmissão para a parte de trás da lâmpada de cerca de 60% da radiação infravermelha (calor). Por isso, o fecho refletido é mais frio do que o obtido com as refletoras comuns. Além disso, são compactas, com longa vida e fechos precisamente orientados, que permitem sensível economia no custo da iluminação e com excelente reprodução de cores (ABILUX et al, 1992; Ref. A-1).

As Lâmpadas de Descarga

Nestas lâmpadas a luz é produzida pela passagem de corrente elétrica (descarga elétrica) em um gás ou vapor ionizado. Esta descarga permite que os elétrons da última camada do gás absorvam energia passando a níveis de energia mais elevados.

Entretanto, esta última configuração não é estável e os elétrons tendem a voltar à sua configuração original nos níveis anteriores de energia. Neste "retorno" os elétrons emitem radiação visível e ultravioleta invisível, sendo esta última absorvida pelo pó fluorescente do tubo e reemitida na faixa visível (SAUER I. et al, 1994; Ref. S-2).

As lâmpadas fluorescentes são de descarga de baixa pressão. A luz é predominantemente produzida pelo pó fluorescente (cristais de fósforo) ativado pela radiação ultravioleta da descarga elétrica.

O bulbo tubular contém um eletrodo em cada extremidade e vapor de mercúrio a baixa pressão com uma pequena quantidade de gás inerte para facilitar a partida. O pó fluorescente é que determina a qualidade e quantidade da luz emitida pela lâmpada (ABILUX et al, 1992; Ref. A-1).

Em comparação com as lâmpadas incandescentes, as fluorescentes tem vida média muito mais longa.

Durante o período inicial de uso (100 horas) a depreciação do fluxo luminoso emitido pela lâmpada pode ser de até 10%, sendo menor durante o resto da vida útil, a mesma que é proporcional aos períodos de funcionamento (quanto mais longos, maior vida).

A produção de luz na lâmpada fluorescente varia consideravelmente com a temperatura da parede do bulbo. Como as mudanças na temperatura ambiente são acompanhadas por mudanças similares na temperatura da parede do bulbo, a produção de luz é afetada por variações da temperatura ambiente. Instalações com equipamentos que removem o calor gerado no interior da luminária melhoram a emissão de luz. Entretanto, as lâmpadas em luminárias expostas ao frio excessivo podem ter seu fluxo luminoso reduzido. A temperatura na qual ocorre o pico de rendimento de emissão de luz depende da lâmpada, do projeto da luminária e da velocidade do vento (ABILUX et al, 1992; Ref. A-1).

As lâmpadas fluorescentes necessitam, para o seu funcionamento, de dois equipamentos auxiliares (SAUER I. et al, 1994; Ref. S-2):

- reator, para produzir a sobretensão necessária ao início da descarga e para limitar a corrente. Existem dois tipos: o convencional e o de partida rápida (não necessita de starter);
- starter, para ligar e desligar os eletrodos (em casos de reatores de partida convencional).

Também, existe à disposição dos consumidores vários tipos de lâmpadas fluorescentes econômicas, tais como as de potência de 16 e 32 watts, de 26 mm de diâmetro, que substituem as convencionais, de 20 e 40 watts, respectivamente e de 38 mm de diâmetro, com as seguintes vantagens:

- potência 20% menor, para produzir o mesmo nível de iluminância;
- melhor reprodução de cores;
- menor obstáculo à reflexão das luminárias.

No caso da lâmpada fluorescente compacta, de pequenas dimensões, o comprimento varia de 104 mm a 234 mm, e tem uma base especial onde se encontram o starter e o capacitor. Ela fornece o mesmo fluxo luminoso de uma

incandescente e uma boa reprodução de cores, entretanto consome 80% menos energia e tem uma vida útil de aproximadamente 8000 horas (SAUER I. et al, 1994; Ref. S-2).

Esta lâmpada possui baixas potências, variando de 9 a 25 watts (mercado peruano), ainda menores que as fluorescentes normais.

As lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão contém no interior de seu bulbo (semelhante ao das incandescentes) eletrodos (principal e auxiliar) que no momento da ligação produzem uma luminescência, provocando assim a formação de ions e elétrons suficientes para iniciar a descarga. A descarga em alta pressão de mercúrio produz radiação visível e ultravioleta invisível, sendo esta última convertida em luz pelo pó fluorescente que recobre internamente o bulbo, aumentando assim a eficiência interna da lâmpada. A luminescência é limitada por um resistor, e o bulbo externo contém um gás que mantém a temperatura da lâmpada constante (ABILUX et al, 1992; Ref. A-1).

Esta lâmpada tem a característica de possuir uma grande emissão de luz. A eficiência inicial (a 100 horas de trabalho) varia entre 30 e 60 lm/W, conforme a potência e a cor da lâmpada. Outra característica desta lâmpada é sua longa vida. Isso porém depende das condições de operação, sendo maior se permanecer acesa constantemente.

A lâmpada mista, apesar ser de descarga não usa reator, podendo ser ligada diretamente à rede. É composta de um tubo de descarga a vapor de mercúrio, conectado em série com um filamento de tungstênio, ambos encapsulados por um bulbo ovóide recoberto internamente com uma camada de ítrio. O filamento atua como fonte de luz de cor quente e como limitador de corrente em lugar do reator (ABILUX et al, 1992; Ref. A-1).

Estas lâmpadas podem ser alojadas em luminárias próprias para incandescentes e, quando comparadas com elas têm aproximadamente duas vezes sua eficiência e cinco vezes sua vida útil, sem o custo adicional de reatores, fiação ou luminárias. Entretanto, é preciso ter presente que as lâmpadas de luz mista são muito menos eficientes que as de vapor de mercúrio (menos da metade da eficiência) e que as de vapor de sódio de alta pressão (menos da quarta parte da eficiência).

As lâmpadas multivapor metálico são lâmpadas de mercúrio a alta pressão em que a radiação é proporcionada por iodeto de índio, tálio e sódio adicionados ao

mercúrio (aditivos metálicos para melhorar a eficácia e reprodução de cor). Emitem luz branca-prateada e maior eficiência luminosa. Necessitam para o seu funcionamento de um reator e um ignitor (SAUER, I. et al, 1994, S-2).

As lâmpadas de sódio de alta pressão consistem de um tubo de descarga de óxido de alumínio sinterizado, contendo sódio a alta pressão, encapsulado por um bulbo tubular ou ovóide recoberto por uma camada de pó difusor. Depende de sistema externo de ignição, embora para simplificar o seu emprego em substituição às lâmpadas de vapor de mercúrio, alguns modelos dispensem o ignitor. Têm longa vida, sendo prolongada quando seu uso é contínuo, e altíssima eficiência luminosa, sendo a maior entre fonte luminosa policromática para uso generalizado (SAUER, I. et al, 1994, S-2).

As lâmpadas de sódio de baixa pressão são lâmpadas muito eficientes produzindo até 200 lm/W. Entretanto, têm uma curva de distribuição espectral monocromática na cor amarela, distorcendo totalmente as outras cores. Portanto, é usada em locais onde a reprodução de cor não é importante e onde o reconhecimento por contraste é predominante (ABILUX et al, 1992; Ref. A-1).

Reatores

As lâmpadas fluorescentes, a vapor de mercúrio e a vapor de sódio necessitam, para o seu funcionamento, da instalação de reatores. Estes atuam de forma a limitar a corrente da lâmpada e apresentam perdas por aquecimento e magnetização. Nos reatores de boa qualidade essas perdas são reduzidas, consumindo menos energia para o seu funcionamento. Já nos de qualidade inferior essas perdas podem chegar a 60% do consumo final da instalação (SAUER I. et al, 1994; Ref. S-2).

Muitas vezes, a potência efetiva do reator é bem inferior ao seu valor nominal, reduzindo em mais de 15% o fluxo luminoso e comprometendo a vida útil da lâmpada. Assim, os reatores com alto fator de potência são preferíveis pois evitam desperdícios de energia. Segundo normas brasileiras, os reatores devem apresentar vida útil superior a 10 anos, mas isto só se observa nos de melhor qualidade (SAUER I. et al, 1994; Ref. S-2).

As Tabelas 4.1 e 4.2 apresentam a potência média das perdas dos reatores das lâmpadas fluorescentes, vapor de mercúrio e vapor de sódio.

Tabela 4.1: Potência Média e Perdas nos Reatores

| Lâmpada | Potência (W) | Perdas do Reator (W) |
|-------------------|--------------|----------------------|
| Vapor de Mercúrio | 80 | 13 |
| | 125 | 14 |
| | 250 | 21 |
| | 400 | 23 |
| Vapor de Sódio | 50 | 13 |
| | 70 | 13 |
| | 150 | 21 |
| | 250 | 32 |
| | 400 | 40 |

Fonte: ABILUX et. al, 1992 (Ref. A-1)

Tabela 4.2: Reatores e Tipos de Lâmpadas

| Tipo de Lâmpada | Lâmpadas (quantidade x Watts) | Tipo convencional com starter (perdas em Watts) | Tipo partida rápida (perdas em Watts) |
|-----------------|-------------------------------|---|---------------------------------------|
| Simples | 1 x 20 | 7 | 12 |
| | 1 x 40 | 13 | 15 |
| Duplo | 2 x 20 | 14 | 24 |
| | 2 x 40 | 20 | 22 |
| Simples | 1 x 16 (a) | | 15 |
| | 1 x 32 | | 13 |
| Duplo | 2 x 16 | | 17 |
| | 2 x 32 | | 21 |
| Simples | 1 x 60 | | 26 |
| | 1 x 110 | | 32 |
| Duplo | 2 x 60 | | 32 |
| | 2 x 110 | | 48 |

Fonte: ABILUX et. al, 1992 (Ref. A-1)

- (a) Observe-se que, no caso da lâmpada fluorescente especial de 16 Watts, o seu uso só será mais econômico do que a de 20 Watts, quando usadas com o reator duplo (2 x 16Watts), onde as perdas deles são menores que os de 20 W.

Luminárias e Difusores

As luminárias e difusores são aparelhos capazes de distribuir, filtrar e controlar a luz gerada por uma ou mais lâmpadas. Existe uma grande diversidade de luminárias, provocada pelo número e potência das lâmpadas utilizadas, pelos modos de instalação e montagem, mas principalmente pela forma de controle da luz.

Assim, a Figura 4.11 apresenta a classificação de luminárias, segundo a Comissão Internacional de Energia (CIE), baseada na percentagem do fluxo luminoso total dirigido para cima ou para baixo de um plano horizontal de referência conforme mostra a Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Classificação da CIE de Luminárias para Iluminação Geral de Acordo com o Fluxo Luminoso

| Classificação da Luminária | Fluxo Luminoso em Relação à Horizontal (%) | |
|----------------------------|--|------------|
| | Para Cima | Para Baixo |
| Direta | 0-10 | 90-100 |
| Semi-direta | 10-40 | 60-90 |
| Geral-difusa | 40-60 | 40-60 |
| Direta-indireta | 40-60 | 40-60 |
| Semi-indireta | 60-90 | 10-40 |
| Indireta | 90-100 | 0-10 |

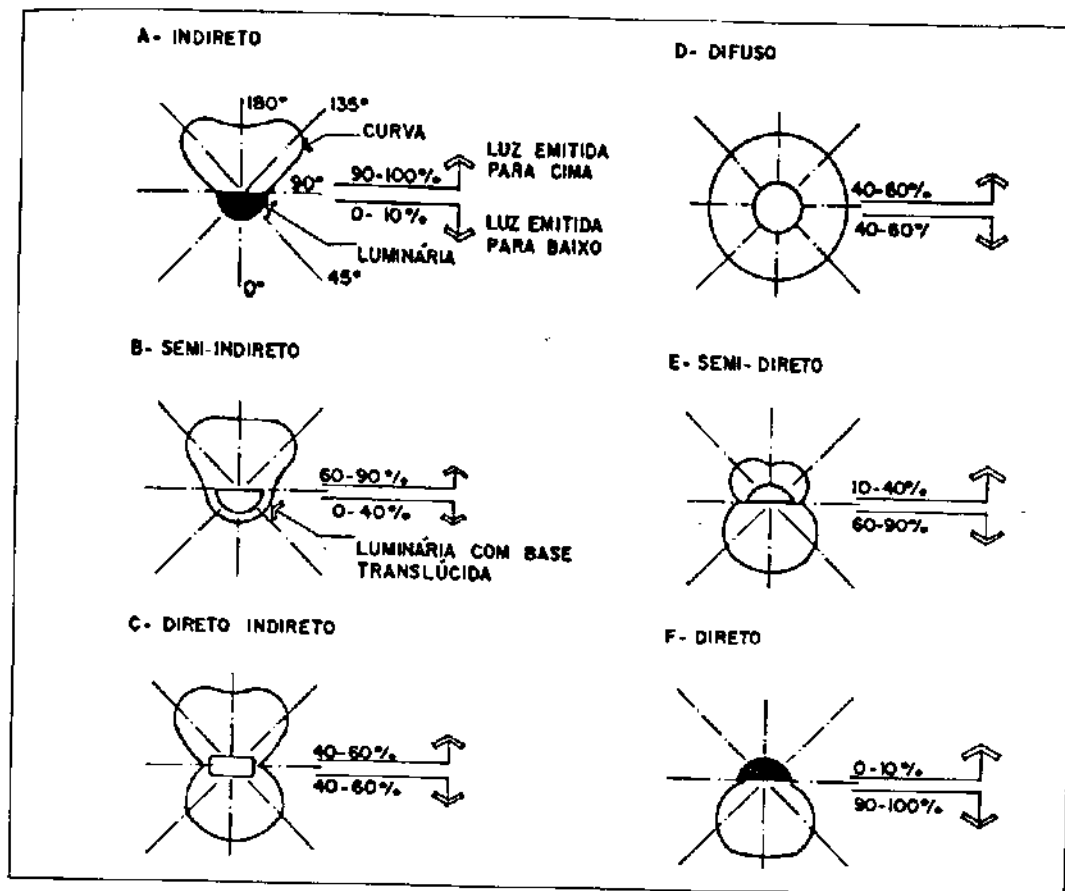
Fonte: ABILUX et. al; 1992 (Ref.A-1).

O rendimento de uma luminária é definido como a razão entre o fluxo luminoso fornecido pela luminária (direto e indireto) e o fluxo luminoso total emitido pelas lâmpadas contidas na mesma (ABILUX et al, 1992; Ref. A-1).

A definição anterior não permite diferenciar com clareza entre o comportamento de duas ou mais luminárias, sendo necessário conhecer outras características, ou seja, curva de distribuição luminosa e fator de utilização.

As curvas de distribuição luminosa apresentam as direções e as respectivas intensidades luminosas proporcionadas pela luminária. Normalmente são apresentadas em curvas polares (ver Figura 4.12).

Figura 4.11: Classificação das Luminárias Conforme a CIE

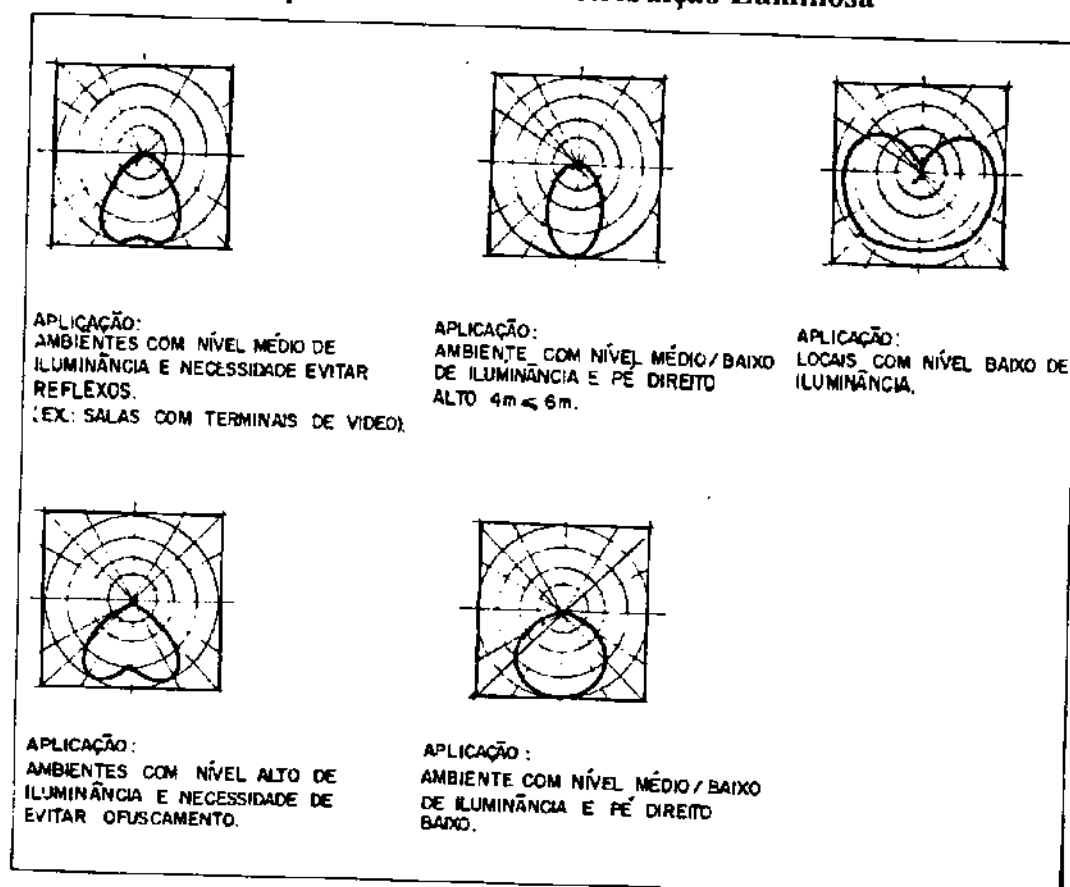


Fonte: ABILUX et al., 1992; Ref.A-1

O conjunto formado por lâmpada-luminária-difusor é que define realmente a eficiência luminosa do equipamento de iluminação. Portanto, deve-se avaliar o desempenho das luminárias e difusores tanto quanto o das lâmpadas. Uma luminária deve possuir os seguintes requisitos :

- alto rendimento inicial, conseguindo transferir ao ambiente o máximo do fluxo luminoso que a lâmpada emite;
- correta distribuição luminosa, isto é, orientação adequada do fluxo luminoso sobre o plano de trabalho;
- facilidade de manutenção;
- boa conservação do fluxo luminoso no decorrer do uso; e
- pouca interferência com a lâmpada.

Figura 4.12: Exemplo de Curvas de Distribuição Luminosa



Fonte: ABILUX et al., 1992; Ref.A-1

As superfícies refletoras devem ser mantidas nas condições de melhor nível de reflexão possível. As luminárias espelhadas para lâmpadas fluorescentes são de altíssima eficiência possibilitando uma redução de até 70% do número de lâmpadas.

Os difusores costumam se tornar opacos com o uso. Um difusor opaco pode provocar uma redução do fluxo luminoso de até 50%, enquanto nos difusores de acrílico, que possuem boas propriedades contra a opacidade, essa redução é da ordem de 10%. Entretanto, os difusores podem ser removidos e essa remoção é acompanhada de um aumento no nível de ofuscamento e de iluminamento. Na iluminação com lâmpadas fluorescentes ou incandescentes até 100 watts, o ofuscamento é desprezível (SAUER I. et al, 1994; Ref. S-2).

No Anexo D.3 são apresentadas um resumo de idéias de melhoria da utilização de sistemas de iluminação artificial, dadas pela Associação Brasileira de Iluminação (ABILUX). Também, são apresentados no mesmo Anexo alguns elementos que determinam os projetos de iluminação em comércios.

4.4.3 O "System Integrator"(MORAES A., 1993; Ref. M-13)

A integração de áreas funcionais em prédios tem benefícios como a compatibilidade, a modularidade, capacidade de expansão, a disponibilidade e a facilidade de usos.

Desde 1950, o controle centralizado das instalações de condicionamento de ar e de distribuição de energia se tornaram um meio de melhorar a gestão de edifícios. No início dos anos setenta, a crise energética impulsionou o desenvolvimento de novos sistemas para a produção e distribuição de energia. Estes sistemas mais complexos requeriam centros de supervisão sempre mais aperfeiçoados, como por exemplo os sistemas de controle baseados sobre técnicas DDC-"Digital Direct Control" (Controle Direto Digital).

Existem três níveis fundamentais de inteligência: o nível mais simples gerencia somente alguns serviços, como condicionamento de ar, sistemas de segurança e instalação elétrica. O segundo nível inclui serviços coletivos de telefone e sistemas mais sofisticados. O terceiro nível de inteligência compreende sistemas que, além de cumprir todas as funções acima, coligam as redes de comunicação internas com o exterior e oferecem serviços especiais como a tele-conferência.

As tecnologias modernas colocam à disposição um edifício inteligente chamado "System Integrator", que oferece uma vasta gama de instalações capazes de realizar serviços extremamente sofisticados, que podem ser reagrupados em quatro áreas.

- Sistemas de Controle: pré-dispositivos de vigilância/segurança do edifício (vídeo de controle, anti-intrusão, anti-furto, anti-incêndio, controle de acessos, garagem, etc.);
- Sistemas de gestão: promovem a realização de uma situação ambiental ideal, gerenciando as diversas fontes energéticas (climatização, iluminação, gerência energética, elevadores, etc.);
- Sistemas informatizados: permitem uma gerência rápida e eficiente da grande quantidade de documentos e informações que são tratados no âmbito dos trabalhos (redes locais, automação, arquivo etc.); e

- **Sistemas de comunicação:** tornam possíveis a comunicação à distância através da voz, dados ou imagens ao interior/exterior do edifício (telefone, fax, telex, secretária eletrônica, procura de pessoas, TV a cabo, audio-conferência, etc.).

Um dos principais responsáveis usos de energia elétrica num edifício é a iluminação. A gerência automática deste uso serve para evitar ações repetitivas ou passíveis de esquecimento, possibilitando uma otimização de uso. Isto possibilita de realizar uma relevante economia de energia seja pela automação da gestão (acionamento e desligamento automático), seja por uma oportuna escolha dos componentes a serem empregados (rendimento cromático, ajustabilidade de fluxo, sem ruídos, e baixo consumo).

A introdução deste tipo de edifícios é dificultada pelos custos de investimento necessários para a construção deste tipo de prédios (ainda mais num país em desenvolvimento). Não obstante, entidades com recursos econômicos como as do sistema financeiro, podem ter condições de dispor deles para financiar sua construção uma vez que o custo do ciclo de vida do edifício se reduz com emprego desses sistemas.

4.5 Conclusões

- Os consumidores não adotam espontaneamente medidas de conservação auto-restritiva, sendo necessárias estimulações/motivações.
- As mudanças de hábitos requerem esforço constante, sendo a "comunicação persuasiva e personalizada" essencial. Portanto, as mensagens devem ser claras, justas, que captem a atenção do consumidor e que façam incidência nas conseqüências de não se adotarem as medidas.
- O dimensionamento das barreiras, e as inter-relações entre estas devem ser analisadas a fim de buscar as soluções que possam superá-las.
- No caso do Peru, algumas barreiras apresentam-se com maior força contra a melhoria da eficiência. Para o caso do consumidor: a ignorância; relação pobreza e custos de investimento e a ineficiência hereditária. No caso das concessionárias: fornecimento obcecado e a falta de recursos econômicos. Para o caso do governo: desinteresse, pouca capacidade, escassez de capital e pobre infraestrutura do país. Nas entidades de ajuda internacional: preconceito do fornecimento e exportadores da ineficiência.

- Êxitos de outros países no empreendimento de programas de melhoria da eficiência, servem de motivação para a aplicação de medidas similares em Lima Metropolitana.
- Numa sociedade de desenvolvimento, com fortes problemas de distribuição da renda, como é o caso de Lima Metropolitana, a introdução de prédios inteligentes do tipo "System Integrator", parecem não factíveis. Não obstante, medidas como o adequado aproveitamento da luz natural com a complementação de um correto sistema de iluminação artificial, poderão melhorar notoriamente a eficiência no uso da iluminação. Neste sentido, a assignação de medidas via normas pode ajudar.
- Os mecanismos de análise de mínimo custo, na implementação de programas de substituição que tendam à melhoria da eficiência no uso da iluminação, serão indispensáveis, com a idéia de apresentar as vantagens para os clientes participantes/não participantes, concessionárias e sociedade como um todo.

Capítulo 5

Avaliação Econômica-Financeira dos Programas de Racionalização

O uso da energia elétrica para iluminação no Peru atinge 15% do consumo total de eletricidade^(*). Particularmente, na Região Metropolitana de Lima este uso alcança 18% do consumo de eletricidade desta cidade.

Numa sociedade com recursos escassos, custos crescentes de expansão dos sistemas elétricos, dificuldades financeiras de investimentos em conservação; resulta extremamente importante esclarecer os benefícios aliados à introdução de programas de melhoria da eficiência, para os clientes participantes ou não participantes, para as concessionárias, e para a sociedade como um todo. Neste sentido, as técnicas de análises de uso-final, cuja preocupação é examinar como a energia está sendo usada pelo consumidor final, considerando tecnologias de uso final em seus aspectos técnicos e econômicos, constitui uma ferramenta indispensável de identificação de perdas e benefícios para cada um dos atores mencionados.

Especificamente, técnicas como o Planejamento Integrado de Recursos (Integrated Resources Planing) e Planejamento a Mínimo Custo (Least-Cost Plannig), servirão como elemento de comparação com o planejamento tradicional, a fim de promover a competição de programas de uso-final versus programas que o planejamento tradicional proporciona; também, para apresentar as vantagens particulares nestes.

Para os fins deste estudo assumiu-se as mesmas estruturas de consumo setorial do BEC ao ano base de estudo (1992). Não obstante a grande amplitude de abertura setorial apresentada no BEC, não foi possível trabalhar todos os setores devido à inexistência de correlação de abertura setorial entre os dados do BEC e o

(*) O dado corresponde a 1990 e assume-se que a estrutura de consumo deste uso não modificou-se em 1993.

cadastro de vendas da empresa concessionária. Portanto, o estudo limitou-se somente aos grupos: residencial; comercial e iluminação pública; ainda que, neste capítulo foram também analisados os centros de instrução pública e bibliotecas; instituições de assistência social e hospitais e; governo central e municípios.

5.1 Caracterização das Tecnologias de Iluminação

O Peru é caracterizado por ter um mercado típico de importações de tecnologias de iluminação. Assim, com exceção de algumas luminárias, reatores e utensílios menores, o resto de tecnologias são, principalmente, importadas dos Estados Unidos, Europa, Chile, Equador e Brasil.

Neste sentido, as avaliações econômicas deverão considerar os padrões técnicos internacionais e preços de importação destas tecnologias.

5.1.1 Distribuição

As informações sobre vendas de tecnologias de iluminação no Peru não apresentam um cadastro estatístico confiável e tem sido afetadas, principalmente, pela falta de continuidade. Não obstante existem alguns dados isolados sobre vendas que podem servir de maneira referencial, ainda que correspondam às declarações dos ofertantes principais.

A Tabela 5.1 apresenta alguns dados sobre vendas de lâmpadas fluorescentes e incandescentes. A partir destes dados, pode-se presumir uma possível substituição das lâmpadas fluorescentes durante o ano 1988. A afirmação anterior; parece ser confirmada pela tendência de vendas de reatores, apresentados na Tabela 5.2. Paralelamente, algumas informações sobre vendas de luminárias de interior e iluminação pública são apresentadas na Tabela 5.3.

Tabela 5.1: Venda de Lâmpadas Incandescentes e Fluorescentes no Mercado Nacional

| Produto | Ano | Quantidade |
|-------------------------|------|------------|
| Lâmpadas Fluorescentes | 1987 | 699.779 |
| | 1988 | 1.201.949 |
| Lâmpadas Incandescentes | 1987 | 13.657.601 |
| | 1988 | 8.068.043 |

Fonte: MICTI (Ref. M-16)

Nota: Empresas informantes: Nisan D.R. Ltda., Philips Peruana S.A.

Tabela 5.2: Venda de Reatores no Mercado Nacional

| Ano | Quantidade |
|------|------------|
| 1985 | 456.345 |
| 1986 | 760.215 |
| 1987 | 774.327 |

Fonte: MICTI (Ref. M-16)

Notas:

Empresas informantes:

Manufaturas Metálicas Jofel S.A.; Ticino del Peru S.A.

Andina Electrónica S.R. Ltda.; Elko Peruana S.A.

Electro Andina S.A.

Tabela 5.3: Venda de Luminárias no Mercado Nacional

| Produto | Ano | Quantidade |
|----------------------------------|------|------------|
| Luminárias de Interior | 1986 | 61.481 |
| | 1987 | 19.858 |
| | 1988 | 38.133 |
| Luminárias de Iluminação Pública | 1988 | 56.205 |
| | 1989 | 28.625 |
| | 1990 | 20.098 |
| | 1991 | 65.508 |

Fonte: MICTI (Ref. M-16).

Nota: Empresas informantes: Nisan D.R. Ltda., Philips Peruana S.A.

A não existência de dados do número de lâmpadas para cada setor constitui uma dificuldade para propor as ordens de penetração de tecnologias eficientes. A Tabela 5.4 apresenta uma estimativa feita em função das potências médias de lâmpadas, número médio de horas de utilização por setor e consumo de energia para fins de iluminação^(*).

Assim, as potências de lâmpadas de tipo incandescente são de 50W e 100W. Considera-se, portanto, uma potência média de 75W para o caso do setor residencial e de 100W para o resto dos grupos.

No referente a iluminação fluorescente, se usa principalmente, uma potência de 40W em todos os setores.

(*) Os dados de consumo de energia e participação dos tipos de iluminação foram estimadas em função ao BEC.

Tabela 5.4: Estimativa do Número de Lâmpadas Instaladas em Lima Metropolitana para 1992

| | Energia (GWh) | Clientes | Tipo de Iluminação | Participação (%) | Lâmpadas por cliente | Num. Tot. de Lâmp. |
|--------------------|---------------|----------|--------------------|------------------|----------------------|--------------------|
| S.Res. | 358,2 | 866.318 | Ilum. Incand. | 90,0% | 14 | 12.128.452 |
| | | | Ilumin. Fluoresc. | 10,0% | 2 | 1.732.636 |
| S. Com. | 103 | 66.432 | Ilum. Incand. | 16,6% | 1 | 66.432 |
| | | | Ilumin. Fluoresc. | 83,4% | 9 | 398.592 |
| C. Instr. Pub. | 14,4 | 1.730 | Ilum. Incand. | 13,5% | 8 | 13.840 |
| | | | Ilumin. Fluoresc. | 86,5% | 82 | 102.070 |
| Inst. Assist. Soc. | 12,2 | 291 | Ilum. Incand. | 78,7% | 90 | 26.190 |
| | | | Ilumin. Fluoresc. | 21,3% | 61 | 12.804 |
| Gov. e Municipal. | 16,4 | 2.857 | Ilum. Incand. | 2,8% | 4 | 11.428 |
| | | | Ilumin. Fluoresc. | 97,2% | 48 | 97.138 |

Notas:

1. Pode-se concluir que o total estimado de pontos de lâmpadas incandescentes para 1992 em Lima Metropolitana foi de 12.246.342.
2. A estimativa de lâmpadas fluorescentes instaladas foi de 2.343.240.
3. Provavelmente o número de lâmpadas por cliente mais questionado poderia ser o referente à iluminação incandescente do setor residencial (14 lâmp./cliente). Este número se explica pela existência de mais de uma família usando um mesmo medidor. Esta situação é bastante difundida no caso de Lima Metropolitana.
4. Estes elementos embora aproximados, ilustram no fundo a necessidade de uma importante capacidade elétrica instalada para fins de iluminação.

Para o caso da Iluminação Pública, tendo como base o ativo fixo sobre lâmpadas de Electro Lima, apresenta-se o número de pontos luminosos em Lima Metropolitana para o ano 1991 na Tabela 5.5.

Tabela 5.5: Quantidade de Lâmpadas de Iluminação Pública Instaladas em Lima Metropolitana para 1991

| Tipo de Lâmpada | Potência (W) | Quantidade | Estrutura | Potência Instalada (MW) |
|------------------------|--------------|----------------|-------------|-------------------------|
| Luz Mista | 250 | 164.534 | 58% | 41,1 |
| | 500 | 14.414 | 5% | 7,2 |
| Vapor de Mercúrio | 125 | 63.500 | 22% | 7,9 |
| | 250 | 16.586 | 6% | 4,1 |
| | 400 | 7.279 | 3% | 2,9 |
| Vapor de Sódio | 150 | 8.344 | 3% | 1,3 |
| | 250 | 7.191 | 2% | 1,8 |
| | 400 | 3.447 | 1% | 1,4 |
| Total de pontos | | 285.295 | 100% | 67,7 |

Fonte: Electrolima

5.1.2 Preços

Tendo em conta um conjunto de componentes e equipamentos necessários para a instalação de uma lâmpada, fez-se uma pesquisa em dez estabelecimentos especializados em materiais elétricos de iluminação, no lapso de duas semanas durante os meses de dezembro/93 e janeiro/94.

Paralelamente, consequência do Programa de Garantia Tarifária (PGT) realizado no marco da nova Lei de Concessões Elétricas, foi feita uma pesquisa, no final de 1992 até meados de 1993, para calcular o custo de oportunidade do sistema de distribuição para Lima Metropolitana. Dentro deste programa foram avaliados os preços dos componentes de iluminação que tem embutido proporções de economia de escala.

O resumo dos resultados de preços são apresentados na Tabela 5.6, comparando alguns dados do mercado brasileiro (São Paulo).

Tabela 5.6: Preços de Lâmpadas, Componentes e Equipamentos

| Item | Preço em loja (US\$) | Preços do PGT (US\$)(*) | Preços Brasil (US\$) |
|---|----------------------|-------------------------|----------------------|
| Lâmpada incandescente 50W | 0,47 | | 0,49(a) |
| Lâmpada incandescente 100W | 0,47 | | |
| Lâmpada fluorescente compacta 9W | 8,37 | | 7,55 |
| Lâmpada fluorescente compacta 18W(b) | 16,28 | | |
| Lâmpada fluorescente compacta 15W(c) | 34,88 | | |
| Lâmpada fluorescente compacta 20W(c) | 34,88 | | |
| Lâmpada fluorescente compacta 9W(d) | 23,26 | | |
| Lâmpada fluorescente compacta 15W(d) | 23,26 | | |
| Lâmpada fluorescente compacta 20W(d) | 28,84 | | |
| Lâmpada fluorescente compacta 25W(e) | 17,67 | | |
| Lâmpada fluorescente 20W | 1,67 | | |
| Lâmpada fluorescente 40W | 1,86 | | 2,34 |
| Lâmpada fluorescente trifósforo 18W | | | 5,47 |
| Lâmpada fluorescente trifósforo 36W | | | 5,47 |
| Lâmpada fluorescente circular 22W | 3,72 | | |
| Lâmpada fluorescente circular 32W | 3,95 | | |
| Lâmpada mista 250W | | 8,50 | |
| Lâmpada vapor de mercúrio 125W | | 2,30 | 7,70 |
| Lâmpada vapor de mercúrio 250W | 14,00 | 6,00 | 14,96 |
| Lâmpada vapor de mercúrio 400W | 43,00 | | 22,66 |
| Lâmpada vapor de sódio 150W | | 12,60 | 34,87 |
| Lâmpada vapor de sódio 250W | 33,00 | 13,90 | 33,00 |
| Lâmpada vapor de sódio 210W | | | 46,86 |
| Lâmpada vapor de sódio 350 | | | 48,78 |
| Lâmpada multi-vapor metálico 400W | | | 38,06 |
| Reator p/ lâmpada fluorescente compacta 9W | 9,30 | | 4,48 |
| Reator p/ lâmpada fluorescente 40W | 3,07 | | 5,42 |
| Reator p/ lâmpada vapor de mercúrio (400W) | | | 21,54 |
| Reator p/ lâmpada vapor de sódio (250W) | | | 47,19 |
| Reator p/ lâmpada multi vapor metálico | | | 55,22 |
| Ignitor p/ lâmpada vapor de mercúrio | | | 14,94 |
| Ignitor p/ lâmpada vapor de sódio | | | 17,91 |
| Ignitor p/ lâmpada multi vapor metálico | | | 14,94 |
| Luminária+reator+condens.+ignitor mista 125W | | 32,10 | |
| Luminária+reator+condens.+ignitor Hg125W | | 39,40 | |
| Luminária+reator+condens.+ignitor Hg250W | | 84,70 | |
| Luminária+reator+condens.+ignitor Na150W | | 94,70 | |
| Luminária+reator+condens.+ignitor Na250W | | 102,50 | |
| Relê para Ilu. Pub. (lâmpadas diversas) | | | 9,48 |
| Relê para Ilu. Pub. (lâmpadas a vapor de sódio) | | | 11,61 |
| Starter para lâmpada fluorescente 40W | 0,33 | | 0,51 |

Fonte: Pesquisa própria; Ref. (B-3); Ref.(B-4)

(*) Não inclui imposto de venda (18%)

Notas: (a) Preço correspondente à lâmpada incandescente de 60W; (b) Inclui reator;

(c) Decorativa; (d) Eletrônica; (e) Prismática.

5.1.3 Caracterização Técnica Nominal e de Laboratório

As empresas fabricantes de tecnologias de iluminação tentam atender padrões de normalização internacionais nos seus produtos, informação que encontra-se disponível em catálogos e manuais.

A Tabela a seguir apresenta uma seleção de informações técnicas dos tipos e potências nominais de lâmpadas que serviram de análise para o estudo, segundo catálogos.

Tabela 5.7: Informações Técnicas Segundo Catálogos

| Tipo de Lâmpada | Potência (W) | Vida (h) | Fluxo (lm) | Rendimento (lm/W) |
|-----------------------------------|--------------|----------|------------|-------------------|
| Incandescente clara | 100 | 1.000 | 1.380 | 13,8 |
| Comp. Fluores Prismática | 25 | | 1.400 | 56,0 |
| Comp. Fluores Eletrônica | 20 | | 1.200 | 60,0 |
| Comp. Fluo. Decorativa Eletr. | 20 | | 1.200 | 60,0 |
| Fluorescente reta (luz dia) | 40 | 7.500 | 2.440 | 61,0 |
| Fluorescente circular (luz dia) | 32 | 7.500 | 1.568 | 49,0 |
| Fluorescente trifósforo (luz dia) | 18 | 7.500 | 1.300 | 72,2 |
| Fluorescente trifósforo (luz dia) | 36 | 7.500 | 3.250 | 90,3 |
| Luz Mista | 250 | 6.000 | 5.500 | 22,0 |
| Luz Mista | 500 | 6.000 | 14.000 | 28,0 |
| Vapor de Mercúrio | 125 | 15.000 | 6.300 | 50,4 |
| Vapor de Mercúrio | 250 | 15.000 | 13.500 | 54,0 |
| Vapor de Mercúrio | 400 | 15.000 | 23.000 | 57,5 |
| Vapor de Sódio | 150 | 24.000 | 14.500 | 96,7 |
| Vapor de Sódio | 250 | 24.000 | 27.500 | 110 |
| Vapor de Sódio | 400 | 24.000 | 48.000 | 120 |
| Vapor de Sódio(a) | 210 | 24.000 | 18.000 | 85,7 |
| Vapor de Sódio(a) | 350 | 24.000 | 34.000 | 97,1 |

Fonte: Ref. B-3; Ref. B-4; Ref. P-2; Ref. O-2; Ref. S-4

(a) Não necessitam de ignitor para seu funcionamento e podem ser utilizadas no mesmo reator de vapor de mercúrio de 250W e 400W.

Os padrões especificados anteriormente não necessariamente obedecem à realidade, existindo diferenças, as vezes, suficientes para distorcer as avaliações técnico-econômicas.

Neste sentido, resultaria necessária a realização de testes de laboratório, para a verificação dos índices técnicos com que as tecnologias são fabricadas e condicioná-las com as características do sistema de distribuição elétrico, possibilitando uma maior veracidade nos resultados.

De fato a idéia seria válida ante a possibilidade de poder contar com os recursos econômicos suficientes para poder atingir o tamanho da amostra adequado e o total de tipos tecnológicos para ser analisados; situação que não foi possível de cobrir em 100%.

A determinação do tamanho da amostra constitui um dos passos iniciais na determinação das características de operação de tecnologias mediante testes de laboratório. Apesar desta consideração, devido as restrições econômicas, foi necessário inverter o processo. Assim, primeiramente foram comparadas algumas tecnologias que serviriam de base nas pesquisas fotométricas e a seguinte etapa seria a determinação da representatividade desta.

As Tabelas 5.8 a 5.11 a seguir, apresentam as amostras coletadas no mercado limenho:

Tabela 5.8: Amostra de Lâmpadas Incandescentes

| Marca | Quantidade | Potência (W) | Vida Nominal (h) | Norma | Procedencia |
|---------|------------|--------------|------------------|----------|-------------|
| OSRAM | 5 | 50 | 1000 | | Equador |
| OSRAM | 5 | 100 | 1000 | INEN 329 | Equador |
| PHILIPS | 6 | 50 | 1000 | | Chile |
| PHILIPS | 4 | 100 | 1000 | | Chile |

Tabela 5.9: Amostra de Lâmpadas Fluorescentes Compactas

| Marca | Quantidade | Potência (W) | Vida nominal (h) | Procedencia | Modelo | Potência Equival. (W) |
|-------------|------------|--------------|------------------|-------------|-------------------------------|-----------------------|
| PHILIPS | 1 | 25 | 8000 | Holanda | Energy Saver SL*prismatic | 100 |
| PHILIPS | 1 | 15 | 8000 | Holanda | PLC*Electronic | 75 |
| OSRAM | 1 | 9 | 8000 | USA | OSRAM DULUX*S | 60 |
| s.CROWN (a) | 1 | 18 | 6000 | Japão | Electronic Energy-Saving Lamp | 100 |

(a) LFC para 220V e 50 Hz.

Tabela 5.10: Amostra de Adaptadores

| Marca | Quantidade | Potência (W) | Tensão (V) | Freq. (Hz) | Procedencia |
|---------------------|------------|--------------|------------|------------|-------------|
| Josfel-Alphalux (b) | 1 | 7-9-11 W | 220 | 60 | Peru |

(b) Adaptador da lâmpada fluorescente compacta OSRAM

Tabela 5.11: Amostra de Reatores

| Marca | Quantidade | Potência (W) | Tensão (V) | Frequênc. (Hz) | Procedencia |
|------------|------------|--------------|------------|----------------|-------------|
| ALPHA | 1 | 40 | 220 | 60 | Peru |
| ELT | 1 | 40 | 220 | 60 | Espanha |
| SCHLESWING | 1 | 40 | 220 | 60 | Alemanha |

Um dos casos que serve de caráter didático é o caso das lâmpadas incandescentes. A determinação do tamanho da amostra pode ser calculado mediante:

$$n = \frac{Z^2 \cdot dp^2 \cdot N}{d^2 \cdot (N - 1) + (Z^2 \cdot dp^2)} \quad (\text{Eq. 5.1})$$

onde:

- n : tamanho da amostra
- Z : abscissa da curva normal padrão, fixado um nível de confiança determinado.
- dp : desvio padrão da população.
- d : erro tolerável entre a média populacional e a média amostral.

Para o caso, já que o tamanho da amostra está dado, é necessário conhecer qual é o erro tolerável (d) da anterior equação.

Assim, pode-se estimar, para a quantidade de amostras incandescentes selecionadas, 22% de erro tolerável com 50 h de desvio padrão e um universo de 12.246.342 mil lâmpadas^(*). O erro tolerável varia muito pouco, se se faz sensibilidade com o desvio padrão e o tamanho do universo, devido a que este último é muito grande.

Os testes das tecnologias do mercado peruano, foram realizados no Laboratório de Fotometria do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo.

Estes testes estão baseados nas normas que estabelece a Associação Brasileira de Normas Técnicas (Normas NBR 5121, NBR 5387, NBR 5114 e NBR 5172) (Ref. A-2) sobre métodos de ensaio e especificações de lâmpadas incandescentes; além do método de ensaio para reatores da Lei Americana - "Public Law 100-357" de junho de 1988.

Assim, no caso das lâmpadas incandescentes, foi medida a elevação da temperatura da base, dimensões, base, solda, corrente, potência, tensão, fluxo luminoso e depreciação, eficiência e vida útil.

Analogamente, para o caso das lâmpadas fluorescentes compactas (LFC), foram medidas, para as posições horizontal e vertical, a corrente, potência, tensão, fluxo luminoso, eficiência e fator de potência. Também foi medida a distorção harmônica deste tipo de lâmpadas.

No caso dos reatores foi calculado o fator de eficácia para 90, 100 e 110% da tensão nominal do reator, além de medições de elevação de temperatura.

As Tabelas 5.12 a 5.14, apresentam um resumo do resultado dos testes realizados.

(*) Dado estimado para 1992.

Tabela 5.12: Resultados Médios do Ensaio das Lâmpadas Incandescentes

| Lâmpada | Corrente (mA) | Potência (W) | Fluxo (lm) | Eficiência (lm/W) | Depreciaç. de fluxo | Depreciaç. de eficiênc. (|
|--------------------|---------------|--------------|--------------|-------------------|---------------------|---------------------------|
| OSRAM 50W | | | | | | |
| 0 horas | 215,7 | 47,5 | 502 | 12,9 | | |
| 750 horas | 216,9 | 47,7 | 489 | 10,3 | 97,5% | 97,0% |
| 1535 horas | 221,0 | 48,6 | 461 | 9,5 | 92,7% | 90,6% |
| PHILIPS 50W | | | | | | |
| 0 horas | 226,4 | 49,8 | 576 | 11,6 | | |
| 750 horas | 223,0 | 49,1 | 536 | 10,9 | 93,1% | 94,5% |
| 1535 horas | 219,0 | 48,2 | 487 | 10,1 | 86,2% | 89,0% |
| <i>Média 50W</i> | <i>220,3</i> | <i>48,5</i> | <i>509</i> | <i>10,5</i> | <i>92,4%</i> | <i>92,8%</i> |
| OSRAM 100W | | | | | | |
| 0 horas | 462,6 | 101,8 | 1.316 | 12,9 | | |
| 750 horas | 459,5 | 101,0 | 1.272 | 12,6 | 96,7% | 97,3% |
| PHILIPS 100W | | | | | | |
| 0 horas | 458,5 | 100,8 | 1.388 | 13,8 | | |
| 750 horas | 451,3 | 99,3 | 1.302 | 13,1 | 93,8% | 95,3% |
| <i>Média 100W</i> | <i>458,0</i> | <i>100,7</i> | <i>1.320</i> | <i>13,1</i> | <i>93,8%</i> | <i>96,3%</i> |
| VIDA MEDIA | | | | | | |
| OSRAM 50W | 1.722 | | | | | |
| PHILIPS 50W | 1.397 | | | | | |
| <i>Média 50 W</i> | <i>1.560</i> | | | | | |
| OSRAM 100W | 1.423 | | | | | |
| PHILIPS 100W | 1.308 | | | | | |
| <i>Média 100 W</i> | <i>1.366</i> | | | | | |

Notas:

1. Não foram consideradas as medições das lâmpadas de 100W a 1.535 h. devido a que a representatividade era muito pequena ao esgotar a sua vida útil.
2. Pode-se observar que, em termos de luminosidade as lâmpadas PHILIPS são melhores que as OSRAM.
3. Em termos de vida útil as lâmpadas OSRAM tem maior média que as PHILIPS.

Tabela 5.13: Resultados Médios do Ensaio das LFC

| Lâmpada | Corrente (mA) | Potência (W) | Fluxo (lm) | Eficiência (lm/W) | Tensão (V) | Fator de Potência |
|-------------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------------|------------|-------------------|
| OSRAM 9W | 167,4 | 13,8 | 474 | 34,6 | 220,7 | 37,4% |
| PHILIPS 15W | 107,0 | 14,6 | 850 | 58,6 | 220,8 | 63,2% |
| PHILIPS 25W | 159,0 | 21,0 | 1080 | 51,0 | 224,0 | 59,6% |
| sCROWN 18W | 125,1 | 13,7 | 544 | 40,3 | 220,8 | 49,7% |
| Distorção Harmônica (a) | DHT 1ra mediç. | DHT 2da. mediç | 3 harmón. 1ra mediç. | 3 harmón. 2da mediç. | | |
| OSRAM 9W | 5,5 | 5,5 | 5,0 | 5,5 | | |
| PHILIPS 15W | 100 | 95 | 75 | 75 | | |
| PHILIPS 25W | 100 | 100 | 95 | 95 | | |
| sCROWN 18W | 15 | 15 | 14 | 14 | | |

(a). As medições de distorção harmônica foram realizadas cada 11 min.

Notas:

1. Em termos de distorção harmônica resultam ser mais recomendáveis as lâmpadas OSRAM de 9W e PHILIPS de 25W.
2. Em termos de fator de potência são recomendáveis as lâmpadas PHILIPS, porém estes valores não sejam muito eficientes.

Tabela 5.14: Resultado Médio do Ensaio de Reatores

| Lâmpada | Reator ELT | | | Reator Alpha | | | Reator Schleswing | | |
|--|------------|------|------|--------------|------|------|-------------------|------|------|
| | 40W | 36W | 34W | 40W | 36W | 34W | 40W | 36W | 34W |
| Fator de Eficácia | | | | | | | | | |
| 90 %/W | 2,36 | 2,55 | -- | 2,48 | 2,65 | -- | 2,47 | 2,62 | -- |
| 100 %/W | 1,98 | 2,11 | 2,17 | 2,06 | 2,18 | 2,79 | 2,08 | 2,22 | 2,31 |
| 110 %/W | 1,69 | 1,80 | | 1,70 | 1,81 | -- | 1,78 | 1,90 | -- |
| Potência. na descarga (W) | 40,3 | 36,8 | -- | 39,0 | 36,8 | 32,5 | 40,0 | 38,1 | 32,4 |
| Elevação de Temperatura T° do enrolamento °C | | 98 | | | 134 | | | 85 | |
| Elevação da T° do enrolamento °C | | 58 | | | 92 | | | 45 | |
| T° ambiente °C | | 41 | | | 41 | | | 41 | |
| T° externa do involúcro °C | | 85 | | | 85 | | | 73 | |

Notas:

1. Segundo os dados de temperatura o reator Schleswing resulta mais recomendável.

Paralelamente, a fins de comparação, é apresentado na Tabela 5.15 um resumo de dados técnicos para lâmpadas incandescentes para uma tensão nominal de 220V, resultado de experiências no Laboratório de Fotometria do IEE/USP durante 16 anos (BURINI JUNIOR, 1993; Ref. B-3).

Tabela 5.15: Informações Técnicas Anexas de Lâmpadas Incandescentes

| Potência Nominal | Potência (W) | Fluxo (lm) | Eficiência (lm/W) |
|------------------|--------------|------------|-------------------|
| 25W | 25,3 | 206 | 8,1 |
| 40W | 39,9 | 403 | 10,1 |
| 60W | 59,6 | 721 | 12,1 |
| 100W | 100,1 | 1372 | 13,7 |

Fonte: Resumo de experiências no Lab. de Fotometria do IEE/USP (Ref. B-3).

Também são apresentados, na Tabela 5.16, os resultados das provas e ensaios sobre fluxo luminoso do "Estúdio de Renovación y Modernización del Sistema de Alumbrado Público del Area Metropolitana de Lima" (Ref. E-3; E-4), realizados no Laboratório do Serviço de Iluminação Pública de Paris a fins de 1988 e inícios de 1989; o mesmo que teve como finalidade obter informações técnicas reais sobre a qualidade dos materiais utilizados em iluminação. Ainda que este estudo tem aproximadamente cinco anos de ter sido finalizado, os resultados técnicos podem servir para o fim de análise de sensibilidade. Paralelamente são apresentados na mesma Tabela, para fins de comparação, um resumo de dados técnicos de laboratório correspondentes ao Brasil, fruto de experiências anteriores, em lâmpadas de iluminação pública.

Tabela 5.16: Outras Informações de Lâmpadas de Iluminação Pública

| Lâmpada | Potência Nominal (W) | Vida (BR) (h) | Fluxo (BR) (lm) | Perdas no Reator(BR) (W) | Fluxo (PE) (lm) | Fluxo(PE) (lm) (a) |
|-------------------|----------------------|---------------|-----------------|--------------------------|-----------------|--------------------|
| Vapor de Mercúrio | 125 | 12.000 | 6.000 | 15 | 4.892 | 6.250 |
| Vapor de Mercúrio | 250 | 12.000 | 12.500 | 21 | 12.253 | 13.500 |
| Vapor de Mercúrio | 400 | 12.000 | 22.000 | 24 | | |
| Vapor de Sódio | 150 | 6.500 | 12.000 | 20 | 13.287 | 14.000 |
| Vapor de Sódio | 250 | 6.500 | 24.000 | 25 | 27.688 | 25.000 |
| Vapor de Sódio | 400 | 6.500 | 46.000 | 50 | 40.655 | 46.800 |

Fonte: Electro Lima (Ref. E-4); Burini Junior E.et al. (Ref. B-4)

(a) Nível de fluxo luminoso recomendado pela Electro Lima.

(BR) Dados correspondentes a experiências no Brasil.

(PE) Dado de tecnologias usadas no Peru e testadas na França.

5.2 As Avaliações Econômico-Financeiras

A manutenção dos níveis de iluminação é um dos principais critérios tidos em consideração no processo de substituição de tecnologias pouco eficientes. Neste sentido teve-se em conta as características do sistema de iluminação atual segundo os agrupamentos estudados, além de ter presente as experiências de outros países e algumas barreiras de tipo cultural, principalmente.

Para este fim foram utilizadas técnicas de avaliação financeira tradicionais assim como outras inovações metodológicas relacionadas como o uso da iluminação.

5.2.1 Resumo Metodológico

As avaliações financeiras foram realizadas a partir das ferramentas tradicionais que da a engenharia econômica para o "valor do dinheiro" no decorrer do tempo.

Estes mecanismos se traduzem em figuras de mérito que avaliam os investimentos realizados e suas conseqüências no tempo.

A figura de mérito mais simples é o "Simple Payback" (tempo de retorno simples). Este tipo de avaliação não considera o valor temporal do dinheiro e é válida para períodos curtos, porém pode conduzir a enganos. Não obstante, no estudo é considerada por ser esta figura muito utilizada nos processos de avaliação.

$$SP = \frac{I}{G} \quad (\text{Eq. 5.2})$$

onde:

I: Investimento inicial

G: Ganhos anuais (redução nos custos operacionais)

O Custo de Ciclo de Vida (CCV) é a figura de mérito que considera todos os custos e benefícios ao longo do tempo associado à vida de um investimento.

$$CCV = I_c + \sum_{n=1}^N E_n P_n (1+i)^{-n} + \sum_{n=1}^N NEC_n (1+i)^{-n} \quad (\text{Eq. 5.3})$$

onde:

I_c : Capital inicial

E_n : Energia consumida no período

P_n : Preço da energia no período

NEC_n : Custos não energético no período

i : Taxa de desconto

N : Vida esperada do equipamento

Também, a rentabilidade de investimentos é avaliada em função da Taxa Interna de Retorno (TIR). Esta é taxa de desconto que torna o CCV zero. As empresa em geral tem uma TIR mínima (10% - 15%), sendo os projetos priorizados por este parâmetro. Não obstante, alguns especialistas, para o caso peruano, consideram que esta taxa deve ser maior (15% - 20%) na medida que o mercado limenho considera-se de risco por instabilidade econômica, e política.

O Custo de Energia Economizada (CEE) serve para comparar projetos de conservação com projetos de geração, especificamente com os níveis tarifários correspondentes. Assim, este parâmetro identifica os investimentos mais eficientes do ponto de vista da sociedade. Os custos dos projetos de suprimento são calculados como custos unitários nivelados ao longo da vida do investimento; sendo então, o CEE calculado como o valor anualizado do CCV dos investimentos em eficiência, divididos pela energia conservada.

Analogamente é utilizado o Custo da Capacidade Economizada (CCE) a fim de comparar os custos unitários de geração e o custo de conservação de uma unidade de potência pelo uso de uma lâmpada eficiente para uma unidade de geração. Este cálculo pressupõe que as horas de utilização da tecnologia eficiente coincide com o pico do diagrama de carga do sistema.

Também, a análise econômica fundamenta-se na introdução dos custos em referência a níveis de visão. Para isto calcula-se o custo do lúmen-hora, onde o custo da luz é definido como a relação entre os custos anualizados da instalação de um sistema de iluminação e o seu número de lúmen-hora gerados no mesmo intervalo de tempo. Neste conceito entende-se que o investimento realizado tem finalidade específica produzir luz (BURINI JUNIOR et. al., 1993; Ref. B-3).

Assim, considera-se que os custos envolvidos compreendem a aquisição da lâmpada, os custos de componentes e equipamentos acessórios, a mão de obra empregada para a instalação, e, segundo a sua operação, os gastos com a energia elétrica, podendo-se resumir da seguinte forma:

$$CT = CI + CE + CMO \quad (\text{Eq. 5.4})$$

onde:

CT: Custo total (de produção do mega-lumens-hora).

CI: Custos de investimento.

CE: Custos de energia e demanda de potência.

CMO: Custo de mão-de-obra empregada.

O CI considera o Fator de Recuperação do Capital (FRC), o mesmo que está referido ao período referencial correspondente à vida útil da lâmpada e às horas de utilização. Assim, o custo unitário devido a cada um dos investimentos j será dado por:

$$CI = \frac{(\sum I_j \times FRC_j)}{Mlm.h} \quad (\text{Eq. 5.5})$$

Sendo por sua vez, a quantidade de Mega-lúmen-hora produzida no ano:

$$Mlm.h = \frac{PI \times EfN \times FDf \times hu \times 365}{10^6} \quad (\text{Eq. 5.6})$$

onde:

- PI: Potência da lâmpada utilizada.
- EfN: Eficiência nominal da lâmpada.
- FPF: Fator de depreciação do fluxo luminoso.
- CMO: Custo de mão-de-obra empregada.
- hu: Horas diárias de utilização da lâmpada.

O Custo de Energia (CE), considera, além do consumo de energia, os dispêndios com a demanda de potência da lâmpada, e as perdas nos reatores e equipamentos auxiliares quando for o caso, e as tarifas de energia:

$$CE = \frac{(\$e + \$d)}{Mlm.h} \quad (\text{Eq. 5.7})$$

onde:

- \$e: Valor do consumo faturado em energia.
- \$d: Faturamento da demanda de potência correspondente.

O valor da mão de obra empregada (CMO), por sua vez considera:

$$CMO = \frac{(\sum \$H_j \times D_j \times F_j)}{Mlm.h} \quad (\text{Eq. 5.8})$$

onde:

- \$H: valor do serviço em US\$/hora;
- D: Tempo de duração da atividade;
- F: Frequência anual da atividade;
- j: Refere-se as várias modalidades de atividade.

Não foram avaliados os efeitos do rendimento da luminária nem as depreciações inerentes ao uso. O rendimento tem um significado restrito, pois informa apenas a fração do fluxo luminoso (total da lâmpada) disponível e não na forma como este fluxo está distribuído ou qual é a energia luminosa efetivamente aplicada na superfície de interesse.

5.2.2 Resultados da Avaliação Econômica

Independentemente do setor em que forem utilizadas as tecnologias de iluminação, as avaliações financeiras são aproximadamente iguais sob a premissa de mesma duração de utilização e preservação dos níveis de iluminação. Nas seções seguintes se aborda a avaliação da substituição de tecnologias de iluminação deficiente, fazendo referência ao setor ou grupo setorial em que estas foram utilizadas. Neste contexto foram avaliadas duas alternativas. Na primeira, foram considerados exclusivamente dados de catálogo (dados nominais) das tecnologias. Na segunda alternativa foram introduzidos todos os parâmetros resultantes de testes.

Com exceção das alternativas de substituição no setor de iluminação pública, as Tabelas 5.17 e 5.18 apresentam os dados e as premissas das avaliações dos outros agrupamentos, segundo a seguinte descrição:

| | |
|--------|---|
| LI: | Lâmpada incandescente; |
| LFCp: | Lâmpada fluorescente prismática; |
| LFc: | Lâmpada fluorescente circular; |
| LFT18: | Lâmpada fluorescente trifósforo de 18W; |
| LF: | Lâmpada fluorescente comum; |
| LFT36: | Lâmpada fluorescente trifósforo de 36W. |

**Tabela 5.17: Dados e Premissas de Avaliação
de Investimentos (Alternativa 1A)**

| Tipo de Iluminação | LI | LFCp | LFc | LFT18 | LF(a) | LFT36(b) |
|---------------------------|-------|-------|--------|---------------------|--------------|---------------------|
| Dados da Lâmpada | | | | | | |
| Eficiência (lm/W) | 13,8 | 56,0 | 49,0 | 72,2 | 52,9 | 69,1 |
| Serviço luminoso (lm) | 1.380 | 1.400 | 1.568 | 1.300 | 13.500 | 13.000 |
| Potência da lâmpada (W) | 100 | 25 | 32 | 18 | 255 | 188 |
| Preço da lâmpada (US\$) | 0,47 | 17,67 | 3,72 | 4,33 | 9,3 | 17,32 |
| Vida Esperada (h) | 1.000 | 8.000 | 7.500 | 7.500 | 7.500 | 7.500 |
| Dados do Reator | | | | | | |
| Potência do reator (W) | | | 40 | 40 | (incl. lâmp) | (incl. lâmp) |
| Preço do reator (US\$) | | | 3,07 | 3,07 | 6,14 | 6,14 |
| Vida esperada (h) | | | 20.000 | 20.000 | 20.000 | 20.000 |
| Dados da Luminária | | | | | | |
| Investimento (US\$) | | | 1,4 | 25(35) | 25 | 28,75(35) |
| Vida esperada (h) | | | 24.000 | 50.000 (12 anos) | 50.000 | 50.000 (12 anos) |
| Premissas | | | | | | |
| Taxa d desconto (%ao ano) | 12% | | | | | |
| Período de análise (anos) | 12 | | | | | |

Fonte: Catálogos e manuais de iluminação (Ref. P-2, O-2, S-4).

(a). Sistema de 5 unidades de lâmpadas.

(b). Sistema de 4 unidades de lâmpadas.

Notas:

- Os preços das tecnologias correspondem a dados do mercado limenho. Portanto, no caso de uma penetração massiva destas tecnologias deve-se considerar reduções por economia de escala.
- A taxa de desconto utilizada corresponde à mesma taxa que é considerada na nova Lei de Concessões Elétricas (12% a.a.).
- Os dados referentes a luminárias apresentados entre parênteses correspondem a luminárias espelhadas eficientes. Estes valores servirá para análise de sensibilidade.
- No referente a luminárias para fluorescentes, existe uma ampla gama em tipos e preços. Para fins dos cálculos financeiros foram utilizados os preços médios de luminárias brancas de boa geometria.
- Os preço das LFT e luminárias espelhadas correspondem ao mercado brasileiro, por não estar difundido este tipo de tecnologias no mercado peruano.
- O critério de seleção das tarifas de eletricidade é particular de cada sector.
- Para os fins deste capítulo, ante a inexistência de uma informação mais exata, foi adotado 40% de perda nos reatores da LFc e LFT18.

**Tabela 5.18: Dados e Premissas de Avaliação
de Investimentos (Alternativa 2A)**

| Tipo de Iluminação | LI | LFCp | LFc | LFT18 | LF | LFT36 |
|----------------------------|-------|-------|--------|---------------------|--------|---------------------|
| Dados da Lâmpada | | | | | | |
| Eficiência (lm/W) | 13,1 | 51,0 | 49,0 | 72,2 | 61,0 | 90,3 |
| Serviço luminoso (lm) | 1.320 | 1.080 | 1.568 | 1.300 | 2.440 | 3.250 |
| Potência da lâmpada (W) | 100,7 | 21 | 32 | 18 | 40 | 36 |
| Preço da lâmpada (US\$) | 0,47 | 12,34 | 3,72 | 3,03 | 1,86 | 3,03 |
| Vida Esperada (h) | 1.366 | 8.000 | 7.500 | 7.500 | 7.500 | 7.500 |
| Dados do Reator | | | | | | |
| Potência do reator (W) | | | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Preço do reator (US\$) | | | 3,07 | 3,07 | 3,07 | 3,07 |
| Vida esperada (h) | | | 20.000 | 20.000 | 20.000 | 20.000 |
| Dados da Luminária | | | | | | |
| Investimento (US\$) | | | 5,0 | 25(35/53) | 25 | 25(35/53) |
| Vida esperada (h) | | | 24.000 | 50.000 (12 anos) | 50.000 | 50.000 (12 anos) |
| Premissas | | | | | | |
| Taxa d desconto (% ao ano) | 12% | | | | | |
| Período de análise (anos) | 12 | | | | | |

Fonte: Relatório de laborat. IEE/USP e catálogos e manuais de fabricantes (Ref. P-2, O-2 e S-4)
Notas:

1. Foram introduzidos dados resultado de testes para os casos das LI e LFCp.
2. Foi considerada uma diminuição do custo da lâmpada fluorescente compacta prismática (LFCp) em virtude de economias de escala e promoções na venda das mesmas.
3. Conserva-se a utilização da taxa de desconto e o período de análise da alternativa anterior.
4. No referente a luminárias para fluorescentes, existe uma ampla gama em tipos e preços. Para os fins dos cálculos financeiros foram utilizados os preços médios de luminárias brancas de boa geometria.
5. Os dados de luminárias apresentados entre parênteses correspondem a luminárias espelhadas eficientes. Estes valores servirão para análise de sensibilidade.
6. Os preços das LFT e luminárias espelhadas correspondem ao mercado brasileiro, por não estar difundido este tipo de tecnologias no mercado peruano.

O estudo das possibilidades de penetração das luminárias espelhadas se fundamenta na maior eficiência das mesmas, sendo que estes níveis variam entre 1,6 a 2 vezes; isto é, para luminárias brancas novas, uma luminária espelhada pode substituir 1,6 das tradicionais (brancas). Para luminárias brancas usadas e de má geometria, a substituição pode ser por 2 destas.

A vida útil das luminárias espelhadas é considerada em 10/12 anos, segundo dado dos fabricantes do filme plástico de que são feitas este tipo de luminárias.

Provavelmente, a maior barreira para a introdução deste tipo de luminárias seja o preço. Ainda que se fabricar em Lima, estes custos poderiam se reduzir ao considerar o menor nível de impostos de importação de que seria afetado o filme plástico. Para os fins deste trabalho utilizou-se os preços correspondentes ao Brasil (São Paulo).

No caso exclusivo do setor de iluminação pública, apresentam-se também duas alternativas. A alternativa 2B é usada exclusivamente na avaliação do custo do lúmem-hora fornecido.

A alternativa 2B considera níveis de fluxo luminoso e potências resultantes de testes de laboratório realizados pela Electro Lima na França e são utilizados na avaliação do custo do lúmem-hora fornecido em iluminação pública (ver Tabela 5.20). Adicionalmente, foi realizada uma série de simulações para avaliar possíveis distorções e variantes de cada alternativa.

Tabela 5.19: Dados e Premissas de Avaliação de

Investimentos para Iluminação Pública (Alternativa 1B)

| Tipo de Iluminação | LM250 | LM500 | VHg125 | VHg250 | VHg400 | VNa150 | VNa250 | VNa210 | VNa350 |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Dados da Lâmpada | | | | | | | | | |
| Eficiência (lm/W) | 22 | 28 | 50 | 54 | 58 | 97 | 110 | 86 | 97 |
| Serviço luminoso (lm) | 5.500 | 14.000 | 6.300 | 13.500 | 23.000 | 14.500 | 27.500 | 18.000 | 34.000 |
| Potência da lâmpada (W) | 250 | 500 | 125 | 250 | 400 | 150 | 250 | 210 | 350 |
| Preço da lâmpada (US\$) | 8,5 | 17,0 | 2,3 | 6,0 | 9,0 | 12,6 | 13,9 | 16,7 | 19,9 |
| Vida Esperada (h) | 6.000 | 6.000 | 15.000 | 15.000 | 15.000 | 24.000 | 24.000 | 24.000 | 24.000 |
| Reator/Ignitor | | | | | | | | | |
| Preço (US\$) | | | 6,0 | 14,0 | 16,0 | 30,0 | 30,0 | 46,0 | 68,0 |
| Instalação (US\$) | | | 4,4 | 5,9 | 5,9 | 4,4 | 5,9 | 5,9 | 5,9 |
| Manutenção (US\$/ano) | | | 0,09 | 0,12 | 0,12 | 0,09 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Vida esperada (anos) | | | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 |
| Luminária | | | | | | | | | |
| Preço (US\$) | 32,1 | 32,1 | 33,4 | 70,7 | 80,8 | 64,7 | 72,5 | 70,7 | 80,8 |
| Instalação (US\$) | 7,0 | 7,0 | 8,8 | 11,8 | 11,8 | 8,8 | 11,8 | 11,8 | 11,8 |
| Manutenção (US\$/ano) | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,25 | 0,25 | 0,18 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Vida esperada (anos) | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Premissas | | | | | | | | | |
| Tarifa (US\$/kWh) | 0,0808 | | | | | | | | |
| Taxa desconto (%ao ano) | 12% | | | | | | | | |
| Período de análise (anos) | 12 | | | | | | | | |

Fonte: Catálogos e manuais de fabricantes (Ref. P-2, O-2 e S-4); Resultados do PGT (Ref. C-2).

Notas:

1. Os níveis de preços de lâmpadas correspondem aos utilizados no Programa de Garantia Tarifária (PGT)-Custos de Distribuição, e que serviram de base ao novo esquema tarifário da Lei de Concessões Elétricas (não consideram imposto de venda-18%).
2. Preços de luminárias e reatores-ignitores foram estimados, também, em função dos valores do PGT.
3. Considera-se para os cálculos a Tarifa Objetivo Marginal para Iluminação Pública BT4AP.
4. Considera-se a taxa de desconto da Nova Lei de Concessões Elétricas (12% a.a.).

Tabela 5.20: Dados e Premissas de Avaliação de Investimentos para Iluminação Pública (Alternativa 2B)

| Tipo de Iluminação | LM250 | LM500 | VHg125 | VHg250 | VHg400 | VNa150 | VNa250 | VNa210 | VNa350 |
|-------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | (a) | (a) | | | (a) | | | (a) | (a) |
| Dados da Lâmpada | | | | | | | | | |
| Eficiência (lm/W) | 22 | 28 | 39 | 48 | 58 | 98 | 110 | 86 | 97 |
| Serviço luminoso (lm) | 5.500 | 14.000 | 4.892 | 12.253 | 23.000 | 13.287 | 27.688 | 18.000 | 34.000 |
| Potência da lâmpada (W) | 250 | 500 | 125 | 255 | 400 | 136 | 251 | 210 | 350 |

Fonte: Electro Lima (Ref. E-4).

(a) Considera somente dados de catálogo.

Nota:

1. O valores necessários restantes para a avaliação econômica foram obtidos de catálogos (ver Tabela 5.7).

Substituição de Lâmpadas Incandescentes (LI) de 100W

Foi avaliada a substituição de lâmpadas incandescentes (LI) de 100W (1.380 lm) por lâmpadas fluorescentes compactas prismáticas (LFCp) de 25W (1.400 lm), fluorescentes circulares (LFC) de 32W (1.568 lm) ou lâmpadas fluorescentes trifósforo de 18W (1.300 lm).

A medida se fundamenta na substituição de uma lâmpada de pouca eficiência (13,8 lm/W) com outras de maior eficiência (56, 49 e 72 lm/W).

O uso da LI no *setor residencial (SR)* resulta bastante representativo, na medida da preferência dos consumidores por estas, devido ao mesmo preço entre as potências de 50 e 100W e a preferência cultural das segundas devido ao maior fluxo. No caso particular do setor residencial avaliou-se a penetração da LFCp de 25W ou LFC 32 W em substituição das LI de 100W.

A adoção da penetração das LFC é feita em virtude da aceitação que este tipo de lâmpada vem tendo nos últimos anos pelo consumidor residencial (de utilização em especial na cozinha).

No caso do SR foi adotado 3 horas de utilização média diária. O critério, ainda que conservador, foi adotada como consequência de uma pesquisa do autor em dez lares liminhos considerados como "tipicamente poupadores de energia". Assim, assumiu-se que este valor corresponde ao mínimo de horas ligadas da habitação com maior uso de luz artificial neste setor.

A tabela 5.21 apresenta os resultados das avaliações econômicas consideradas na *Alternativa 1A*, com 3h. de utilização média diária e tarifa de 0,0788 US\$/kWh (tarifa marginal objetivo BT5 do Programa de Garantia Tarifária-PGT correspondente ao SR).

Tabela 5.21: Residências - Resultados da Avaliação de Investimentos (Alternativa 1A)

| Tipo de Iluminação | LI | LFCp | LFc |
|---|------|-------|-------|
| Tempo de Retorno Simples -TRS (anos) | | 2,66 | 1,41 |
| Custo do Ciclo de Vida Anualizado - CCVA (US\$/ano) | 9,40 | 6,19 | 6,27 |
| Custo da Energia Economizada - CEE (US\$/kWh) | | 0,040 | 0,024 |
| Taxa Interna de Retorno - TIR (%) | | 37% | 42% |
| Conta mensal (emprest.+eletric.)(US\$/kWh) | 0,72 | 0,50 | 0,57 |

Nota:

1. Esta alternativa considera 3h de uso diário na ponta do diagrama de carga.

Os resultados indicam a vantagem do investimento na LFc, pelo critério do TSR, CEE e TIR; ainda que, as barreiras de tipo cultural que se apresentam para a introdução deste tipo de iluminação em relação às LFCp, sejam maiores.

Desta forma, a diferença no Custo de Ciclo de Vida Anualizado (CCVA) entre a LI e a LFC apresenta uma diferença de 34%; mentras que com a LFc a diferença equivalente é de 33%.

Paralelamente, o Custo de Energia Economizada (CEE), considerando que as 3 horas de utilização cobrem as horas de pico do sistema, permite grande flexibilidade no limite tarifário; podendo-se fazer investimentos nos limites marginais de 0,040 e 0,024 US\$/kWh, respectivamente para os sistemas de iluminação com LFCp e LFc, estando em condição para competir com tarifas, mesmo, subsidiadas.

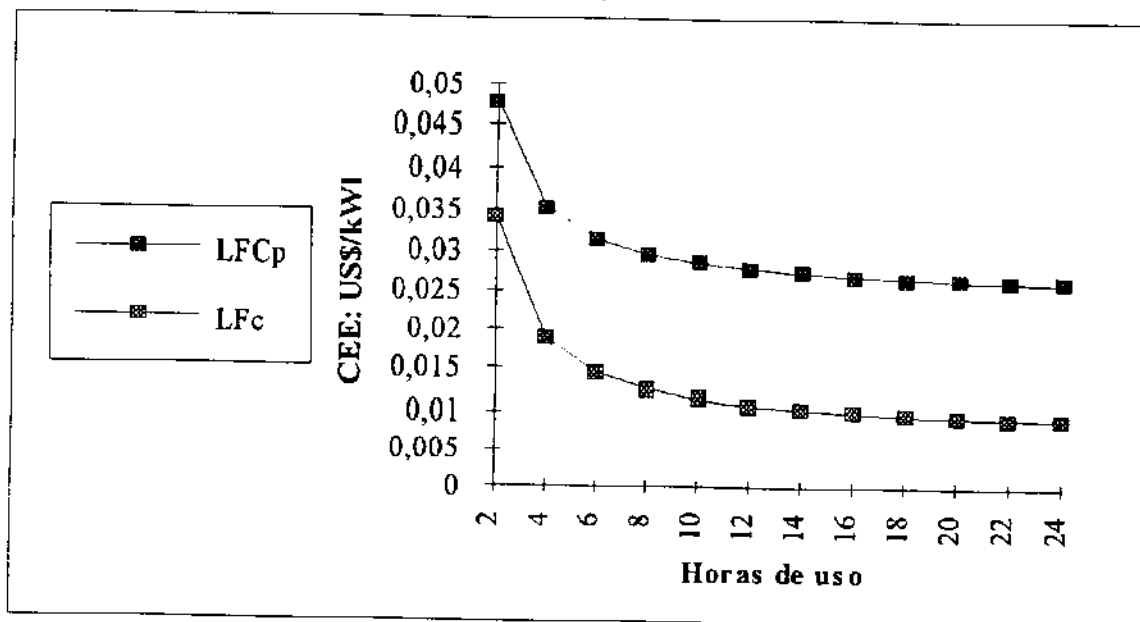
Adicionalmente, pelo critério do CCVA, a opção de penetração de LFCp resulta a mais interessante das medidas propostas. Os resultados apresentam esta forma, devido a que o CCVA leva em conta os pagamentos pela energia.

Outras simulações para o SR são visualizadas nas Figuras 5.1 a 5.2.

Assim a Figura 5.1 apresenta as variações do CEE em função das horas de utilização, para 3 horas de uso diário e uma tarifa de 0,0788 US\$/kWh.

Figura 5.1: Custo da Energia Economizada (CEE)

(Tarifa= 0,0788 US\$/kWh; $i=12\%$) - Alternativa 1A



Nota:

1. Pode-se observar que uma melhoria deste parâmetro têm relação direta com as horas de utilização da tecnologia.

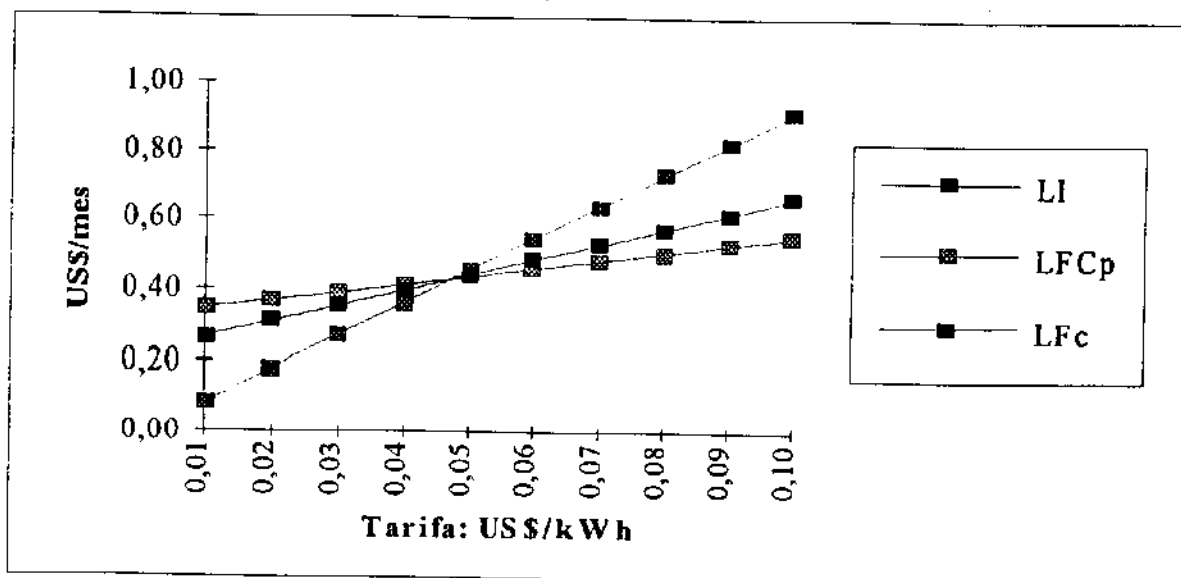
A Figura 5.2 ilustra a variação da conta de eletricidade, para fins de iluminação, supondo que a empresa distribuidora resolve financiar o investimento dos consumidores em LFCp ou LFc fazendo um empréstimo que deverá ser pago parceladamente junto com a conta de eletricidade (pressuposto que "transforma" o custo inicial em um custo "operacional" mais aceitável para o consumidor), assumindo uma taxa de juros de 15%^(*) ao ano (1,17% ao mes), e um período de amortização equivalente à vida da LFCp ou LFc.

O resultado da proposta permite visualizar que para que a conta por consumo de eletricidade para fins de iluminação das alternativas penetrantes (LFCp e LFc), seja menor que a conta respectiva da LI, a tarifa mínima devere ser ao redor de 0,05 US\$/kWh.

A *avaliação econômica* de racionalidade subjacente às decisões dos consumidores através do custo do lúmen-hora é também analisada para a Alternativa 1A de substituição de tecnologias (ver Figura 5.3).

(*) Assumiu-se uma taxa de juros de 15% como consequência de ser esta a taxa aproximada de empréstimos no mercado financeiro peruano (este tipo de empréstimos geralmente são considerados como capital de risco).

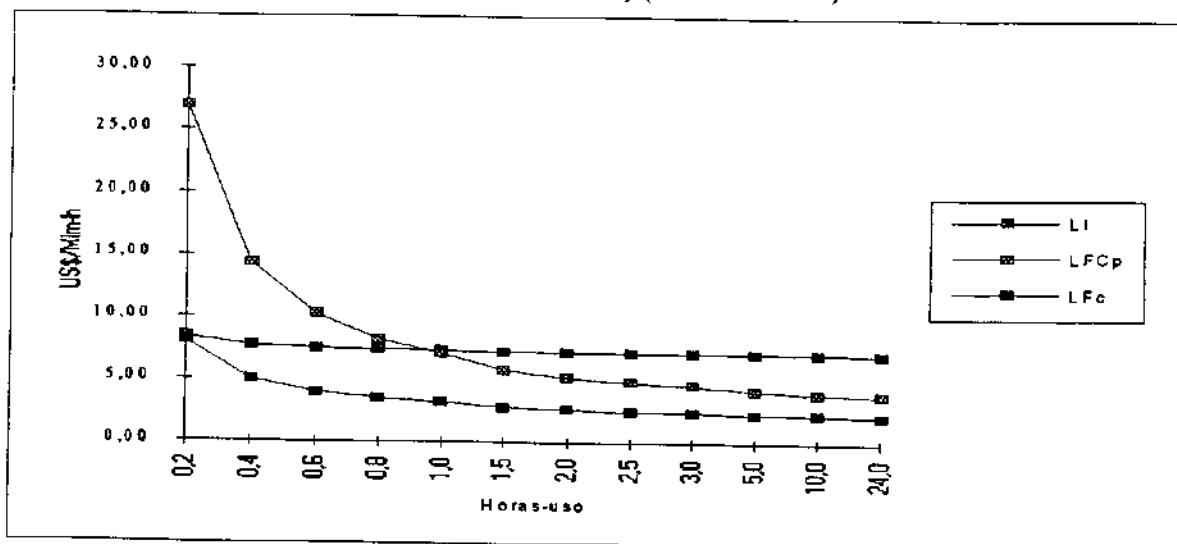
Figura 5.2: Conta Mensal de Eletricidade p/Iluminação
(Tx juros=15% ano; 3h/dia) - Alternativa 1A



1. Observa-se, sob as condições da Alternativa 1A, que no ponto de confluência (0,048 US\$/kWh aprox.) em relação ao nível tarifário, a eleição do tipo de iluminação é indiferente se se considerar como critério de escolha a alternativa com menor cargo na conta de eletricidade.

Figura 5.3: Variação do Custo do Lúmen-hora

(Tarifa: 0,0788 US\$/kWh; $i=12\%$) (Alternativa 1A)



1. Para regime permanente (24 h/dia) verifica-se que a tecnologia fluorescente circular ocupa o menor custo do Mega-lúmen-hora (2,17 US\$/Mlm-h), cuja diferença representa 42% e 70% do custo do correspondente à LFCp e LI, respectivamente.
2. Para regimes inferiores a 12 min. a LI é a mais indicada, visto que nesta condição o custo do Mega-lúmen-hora é inferior às lâmpadas em concorrência.
3. Para o tempo de utilização inferior a 1h/dia, a LFc é a mais atrativa, ainda que a LFCp ganhe atratividade diante da LI.

Os resultados equivalentes correspondentes à avaliação da *Alternativa 2A* para o setor residencial, são apresentados na Tabela 5.22 sob as bases da mesma tarifa e horas de uso que na alternativa anterior (0,0788 US\$/kWh; 3 h de uso médio diário).

Esta alternativa (2A), aparentemente consideraria uma perda no nível de iluminação da LFCp em relação à LI; embora, deve observar-se, que com o decorrer do tempo existe um fator constante depreciação do fluxo, constante até 8.000 h, de aproximadamente 90% para a LFCp, comparável com uma sucessão de intervalos de 1.366 h. com fator de depreciação do fluxo de 93%. Neste sentido, assume-se que ambas tecnologias são comparáveis no tempo.

Tabela 5.22: Residências - Resultados da Avaliação de Investimentos (Alternativa 2A)

| Tipo de Iluminação | LI | LFCp | LFC |
|---|------|-------|-------|
| Tempo de Retorno Simples -TRS (anos) | | 1,73 | 1,39 |
| Custo do Ciclo de Vida Anualizado - CCVA (US\$/ano) | 9,28 | 4,69 | 6,27 |
| Custo da Energia Economizada - CEE (US\$/kWh) | | 0,026 | 0,026 |
| Taxa Interna de Retorno - TIR (%) | | 59% | 41% |
| Conta mensal (emprest.+eletric.)(US\$/kWh) | 0,72 | 0,38 | 0,57 |

Nota:

1. Esta alternativa considera 3 h de uso médio diário, redução no custo das LFC (-30%), potências de laboratório para as LI e LFC e vida média estimada com dados laboratório para a LI.

Com a base nos critérios adotados na Alternativa 2A pode-se perceber que o investimento em LFCp resulta mais atrativo que o apresentado na Alternativa 1A.

Desta forma, a diferença no CCVA entre a LI e a LFCp atinge 49%; enquanto que com a iluminação fluorescente circular este indicador é de 32%.

Também, o CEE permite grande flexibilidade no limite tarifário. Assim, o CEE resulta competitivo com tarifas de 0,026 US\$/kWh para qualquer dos investimentos mais eficientes.

Os investimentos avaliados permitem obter uma melhor rentabilidade para a LFCp (59%), representando uma diferença de 22% em relação à alternativa 1A, e uma diminuição da rentabilidade no caso do investimento em LF (41%), representando 1% de diferença em relação à Alternativa 1A.

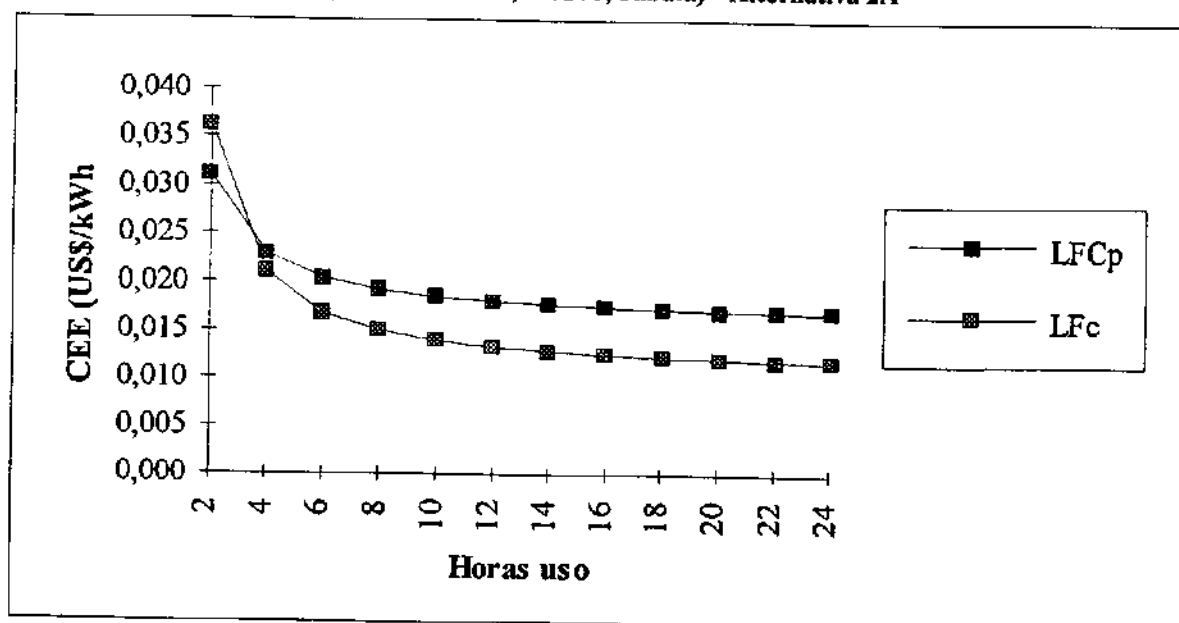
Outras simulações do CEE da Alternativa 2A, em função à tarifa, horas de uso e taxa de desconto, são apresentadas nas Figuras 5.4 e 5.5.

A Figura 5.5 apresenta o resultado da sensibilidade da variação da conta de eletricidade, para fins de iluminação, sob as mesmas premissas que no caso da alternativa anterior. Isso equivale à empresa distribuidora financiar o investimento dos consumidores em LFCp ou LFc fazendo um empréstimo que deverá ser pago parceladamente junto com a conta de eletricidade.

A avaliação da racionalidade subjacente às decisões dos consumidores a através do custo do lúmen-hora para a Alternativa 2A é ilustrada na Figura 5.6.

Figura 5.4: Custo da Energia Economizada (CEE)

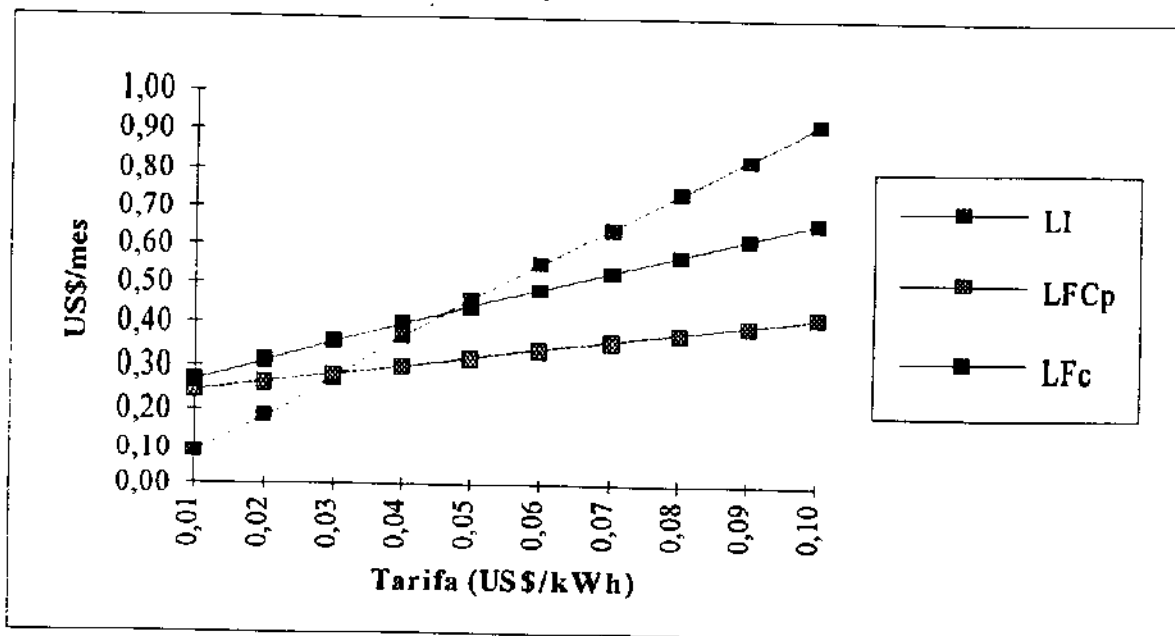
(Tarifa= 0,0788 US\$/kWh; $i=12\%$; 3h./dia) - Alternativa 2A



Nota:

1. Ilustra-se que a partir de 3,6 h. de uso o investimento em LFCp resulta mais competitivo com a tarifa de energia que o equivalente em LFc.

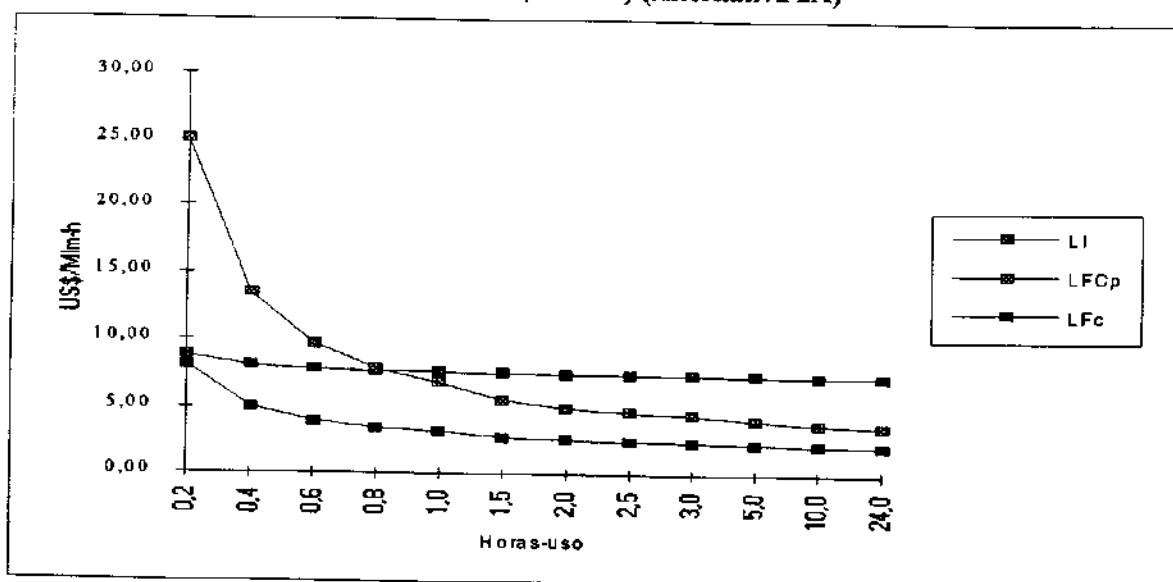
Figura 5.5: Conta Mensal de Eletricidade p/Iluminação
(Tx juros=15% ano; 3h/dia) - Alternativa 2A



Nota:

- O resultado da proposta evidencia que o investimento em LFCp tem como consequência um menor gasto nas contas mensais de eletricidade a partir da tarifa de 0,03 US\$/kWh.

Figura 5.6: Variação do Custo do Lúmen-hora Fornecido
(Tarifa: 0,0788 US\$/kWh; i=12%) (Alternativa 2A)



Nota:

- A curva correspondente à LFc somente considera dados de catálogo.
- Verifica-se que para um tempo de utilização maior que 49 minutos, o investimento em LFCp tem maior atratividade pelo menor custo do Mega-lúmen-hora (3,69 US\$/kWh) em relação à LI.

Para o caso do *setor comercial*, a diversa possibilidade de usos particulares da LI impede fazer uma eleição correta do tipo de lâmpada de substituição e que represente uma melhoria da eficiência de seu uso. Assim, a utilização de LI no comércio pode ter o objetivo da iluminação de salas com pouco tempo de uso (banheiros, depósitos, etc) até a utilização indevida em sistemas de iluminação de destaque, onde seria muito melhor a utilização de algum tipo de lâmpada halógena, ou pior ainda quando esta é usada em forma permanente durante as 8 h. de trabalho e sem ter estas inconvenientes de substituição por outro tipo.

Ainda que as estruturas de consumo tenham particularidades para cada tipo de atividade, as avaliações podem diferir em menor quantidade se se parte do conceito que os tipos e horas de iluminação utilizadas são, predominantemente, iguais.

Para os fins deste estudo, se avaliou a possibilidade do uso da LI de 100W durante 8 h., como por exemplo em lugares que não tenham muito espaço e que seja necessária a utilização destas lâmpadas durante o horário de atendimento do comércio.

Se o período de utilização das LI fosse somente durante a noite, as avaliações financeiras das duas alternativas do setor residencial seriam válidas, na medida que a tarifa marginal objetivo dada no PGT considera o mesmo tipo de tarifa para ambos setores (0,0788 US\$/kWh).

Assim, para este setor avaliou-se a alternativa de substituição de LI de 100W por LFCp de 25W ou Lâmpadas Fluorescentes Trifósforo de 18W (LFT18).

Portanto, a avaliação, pelo lado do consumidor, dos investimentos de melhoria de eficiência, analisados sob os parâmetros da Alternativa 1A, são apresentados na Tabela 5.23.

Os resultados apresentam que o CCVA do investimento em LFCp, apresenta uma diferença de 44% em relação à LI. Paralelamente, o mesmo parâmetro, referente ao investimento em LFT18, é de 41%. O CEE permite uma grande competitividade com o limite tarifário; podendo-se fazer investimentos nos limites marginais de 0,030 e 0,026 US\$/kWh, respectivamente para os sistemas de iluminação com LFCp e LFT18.

**Tabela 5.23: Comércio - Resultados da Avaliação
de Investimentos (Alternativa 1A)**

| Tipo de Iluminação | LI | LFCp | LFT18 |
|---|-----------|-------------|--------------|
| Tempo de Retorno Simples -TRS (anos) | | 1,00 | 0,46 |
| Custo do Ciclo de Vida Anualizado - CCVA (US\$/ano) | 24,68 | 13,92 | 14,65 |
| Custo da Energia Economizada - CEE (US\$/kWh) | | 0,030 | 0,026 |
| Taxa Interna de Retorno - TIR (%) | | 92% | 48% |
| Conta mensal (emprest.+eletric.)(US\$/kWh) | 1,92 | 1,13 | 1,90 |

Nota:

I. Esta alternativa considera 8 h de uso médio diário.

Também, verifica-se, para o consumidor, uma rentabilidade bastante atrativa em ambos investimentos (92% e 48%); além de uma diferença na conta de eletricidade, considerando o empréstimo feito pela concessionária, de 41% e 1% para o investimento em LFCp e LFT18, respectivamente.

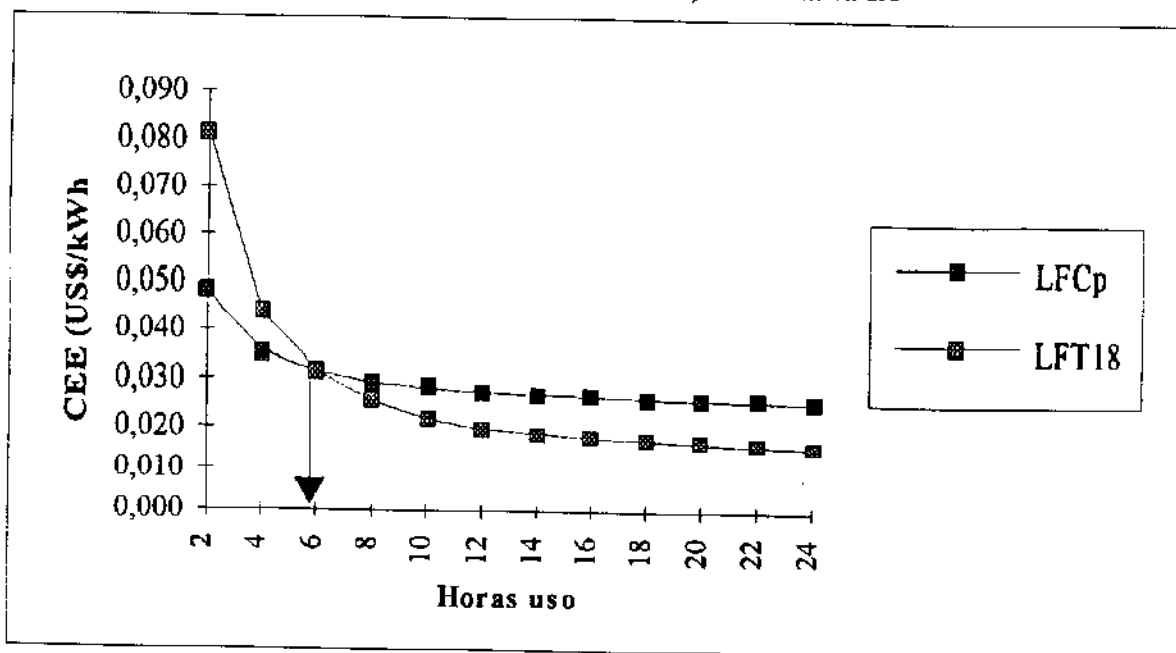
A desvantagem do investimento da LFT18 é devido, principalmente, ao alto custo de investimento desta tecnologia. Por não contar com dados exatos do preço desta tecnologia, por não ter sido introduzida no mercado peruano, considerou-se o preço do mercado brasileiro. Não obstante, a tendência de que o preço seja menor apresenta possibilidades já que este tipo de lâmpadas é também importada no Brasil e as margens de importação peruanas são menores.

Na Figura 5.7 se visualiza a sensibilidade do CEE em função das horas de utilização para 8 h de utilização diária.

Na Figura 5.8 se apresenta a sensibilidade da variação da conta mensal de eletricidade para o caso dos investimentos realizados, incluído o pagamento 15% de juros pelo empréstimo.

Figura 5.7: Custo da Energia Economizada (CEE)

(Tarifa= 0,0788 US\$/kWh; $i=12\%$; 8h./dia) - Alternativa 1A

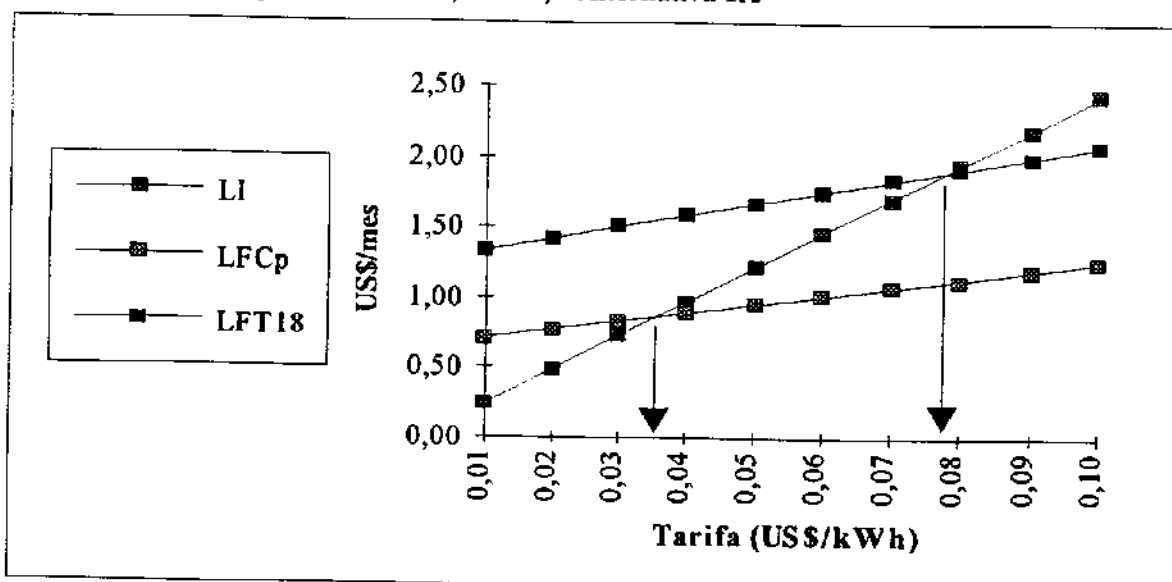


Nota:

1. Conclue-se que a partir das 5,9 h de utilização, o investimento em LFCp resulta mais competitivo com tarifas baixas.

Figura 5.8: Conta Mensal de Eletricidade p/Iluminação

(Tx juros=15% ano; 8h./dia) - Alternativa 1A

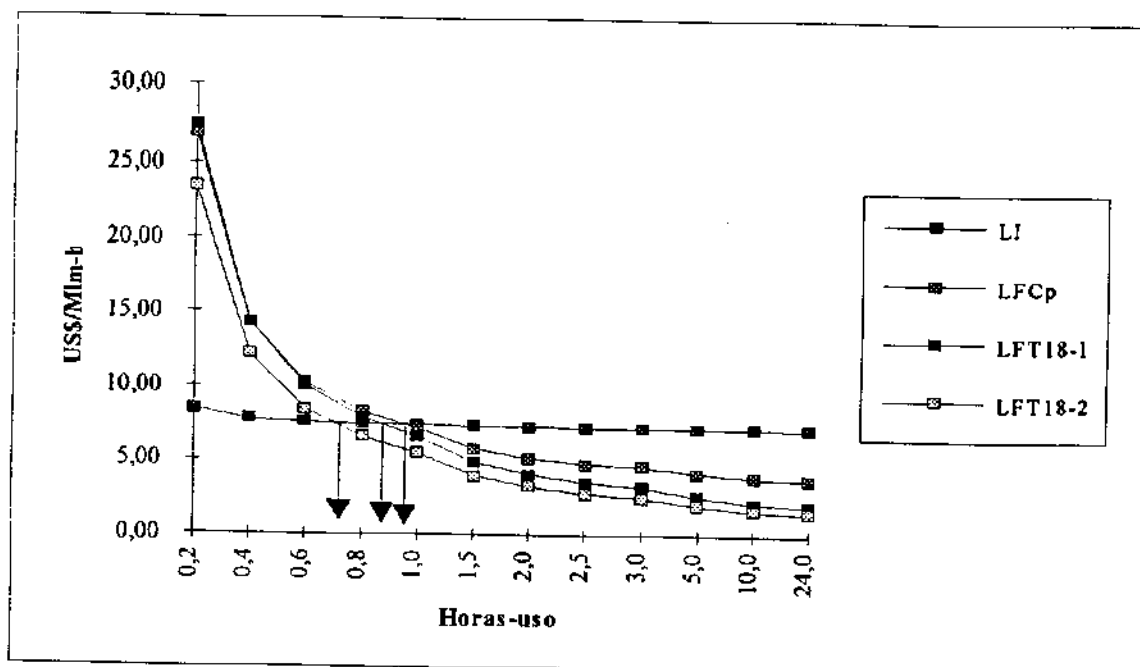


Nota:

1. A figura anterior permite concluir, em referência ao investimento em LFCp, que para tarifas maiores a 0,036 US\$/kWh o consumidor terá menores pagamentos pelo consumo elétrico para fins de iluminação, em comparação com o investimento em LI e LFT18. Esta última somente compete com a LI para tarifas superiores a 0,078 US\$/kWh.

A avaliação econômica subjacente das decisões dos consumidores através do custo do lúmen-hora para a Alternativa 1A, do setor comercial é ilustrado na Figura 5.9.

Figura 5.9: Variação do Custo do Lúmen-hora
(Tarifa: 0,0788 US\$/kWh; $i=15\%$) (Alternativa 1A)



LFT18-1: Lâmpada Fluorescente Trifósforo com luminária simples.

LFT18-2: Lâmpada Fluorescente Trifósforo com luminária espelhada. Neste caso considera-se um fluxo maior em 50%.

Nota:

1. Conclui-se que para uma utilização superior a 41 minutos, o custo do Mega-lúmen fornecido resulta menor e decrescente com maiores horas de utilização para a alternativa de investimento em LFT18 com luminária espelhada.
2. A mesma avaliação para a LFT18 com luminária simples visualiza que o limite se apresenta a partir dos 52 minutos de utilização.
3. O investimento em LFCp resulta menos vantajoso que as outras avaliações, porém sua aplicação, em relação à LI, resulta interessante a partir dos 57 minutos de utilização.

Os resultados equivalentes para a *Alternativa 2A*, do setor comercial, são apresentados na Tabela 5.24 para uma tarifa de 0,0788 US\$/kWh e 8 h. de uso diário, além dos dados e premissas da Tabela 5.9.

Esta alternativa considera os resultados de laboratório para as LI e LFCp (exceção de vida útil para esta última tecnologia) e dados de catálogo para a LFT18,

além de uma diminuição no preço por economia de escala e outros possíveis incentivos como redução de impostos.

Tabela 5.24: Comércio - Resultados da Avaliação de Investimentos (Alternativa 2A)

| Tipo de Iluminação | LI | LFCp | LFT18 |
|---|-------|-------|-------|
| Tempo de Retorno Simples -TRS (anos) | | 0,65 | 0,37 |
| Custo do Ciclo de Vida Anualizado - CCVA (US\$/ano) | 24,46 | 10,59 | 13,83 |
| Custo da Energia Economizada - CEE (US\$/kWh) | | 0,019 | 0,024 |
| Taxa Interna de Retorno - TIR (%) | | 152% | 51% |
| Conta mensal (emprest.+eletric.)(US\$/kWh) | 1,93 | 0,86 | 1,85 |

Nota:

1. Esta alternativa considera 8 h de uso médio diário, redução no custo das LFC e LFT (-30%), potências de laboratório para as LI e LFC e vida média estimada com dados laboratório para a LI.

O resultado do CCVA apresenta uma diferença de 57% e 43%, para o investimento na LFCp e a LFT18, em relação à LI. Segundo este resultado é favorável a introdução de LFCp. O menor impacto da LFT18 se deve ao investimento não somente na lâmpada, se não também ao investimento no reator e luminária.

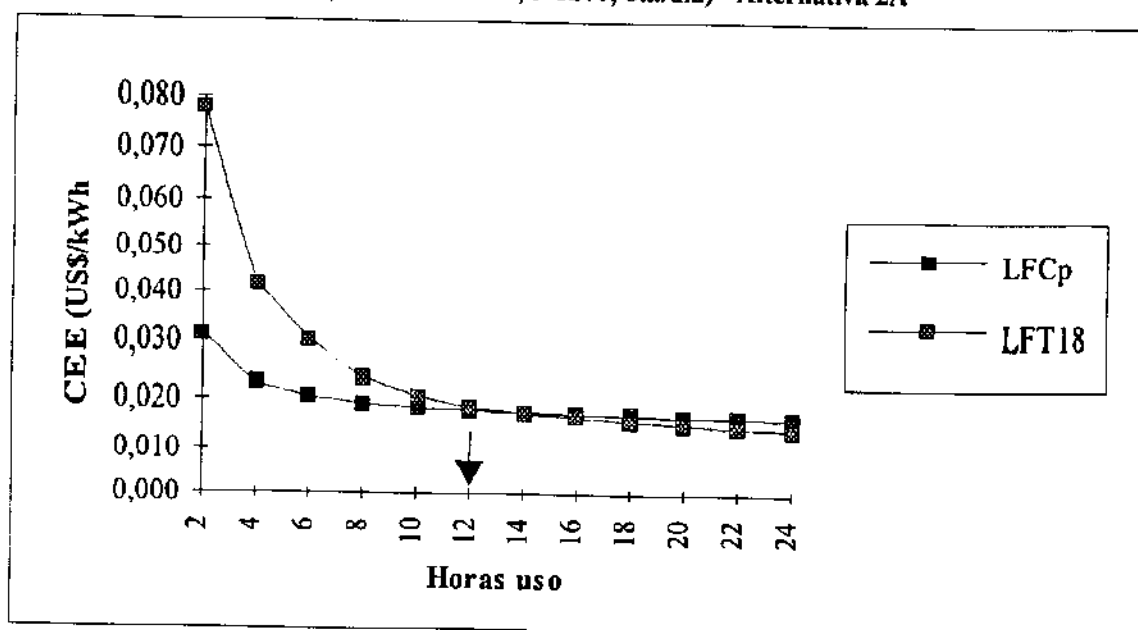
Pelo CEE pode-se perceber que a introdução de LFCp resulta mais favorável ao poder competir com tarifas superiores a 0,019 US\$/kWh; enquanto que o investimento em LFT18, resulta competitivo a partir dos 0,024 US\$/kWh.

Também, pode-se observar que a TIR sobe consideravelmente em relação à Alternativa 1A. Assim, para a Alternativa 2A, os investimentos avaliados permitem obter uma rentabilidade de 152% e 51% para o investimento na LFCp e a LFT18, respectivamente, representando uma diferença de 60% e 3% a mais, sobre a Alternativa 1A.

A sensibilidade do CEE em relação as horas de utilização é apresentado na Figura 5.10. Paralelamente, a Figura 5.11 apresenta o resultado da sensibilidade da a variação da conta de eletricidade, para fins de iluminação, sob a premissas da realização de um empréstimo aos clientes que deverá ser pago parceladamente junto com a conta de eletricidade sob uma taxa de juros de 15%.

Figura 5.10: Custo da Energia Economizada (CEE)

(Tarifa= 0,0788 US\$/kWh; $i=12\%$; 8h./dia) - Alternativa 2A

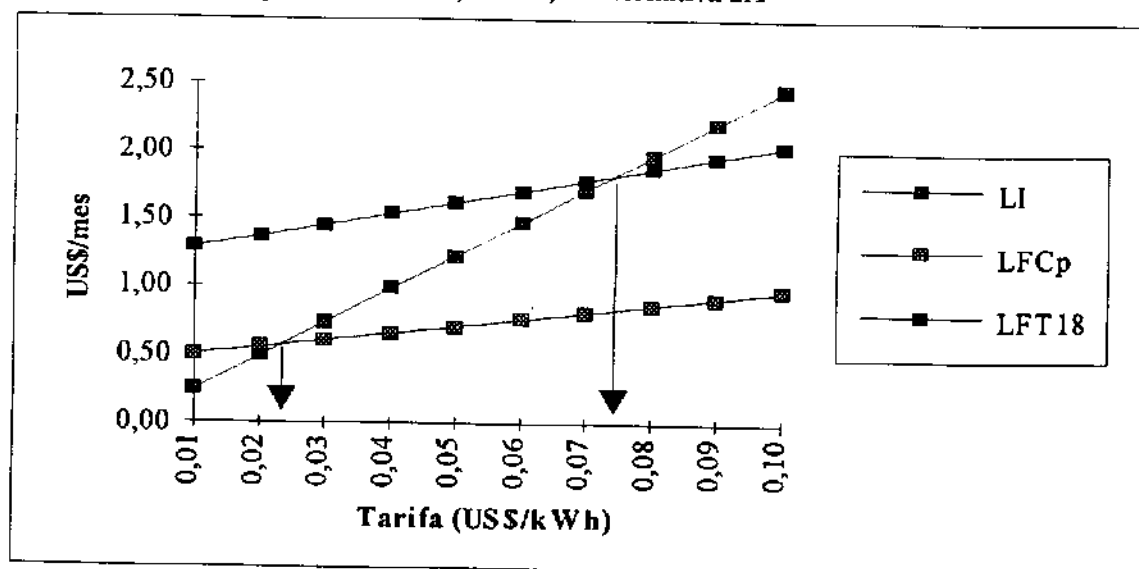


Nota:

1. A interseção das duas curvas é dada às 12 h de utilização, sendo este o limite a partir do qual, e em relação crescente com as horas de utilização, que o investimento na LFCp se faz mais atrativo que o investimento na LFT18.

Figura 5.11: Conta Mensal de Eletricidade p/Iluminação

(Tx juros=15% ano; 8h./dia) - Alternativa 2A



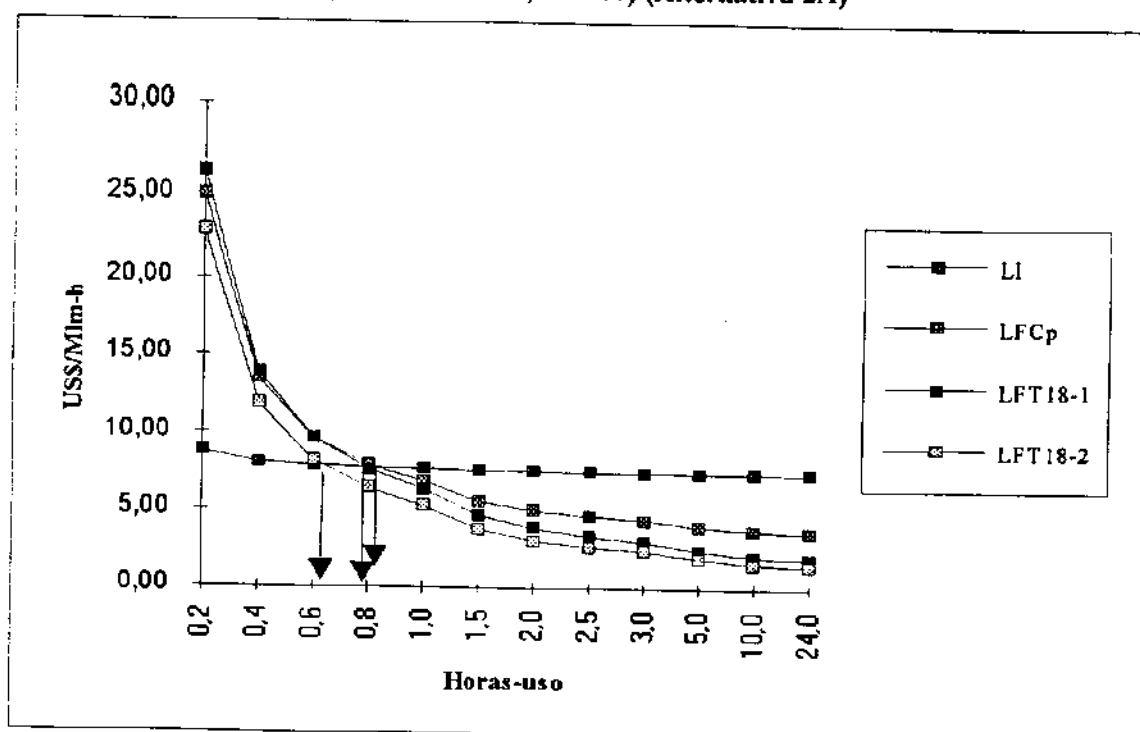
Nota:

1. O resultado da proposta evidencia que o investimento em LFCp tem como consequência um menor gasto nas contas mensais de eletricidade a partir da tarifa de 0,0234 US\$/kWh.
2. O investimento na LFT18, somente resulta competitivo, na conta de eletricidade, frente a LI, desde 0,0741 US\$/kWh.

A avaliação da racionalidade subjacente das decisões dos consumidores a través do custo do lúmen-hora é, para a Alternativa 2A, ilustrado na Figura 5.12.

Figura 5.12: Variação do Custo do Lúmen-hora

(Tarifa: 0,0788 US\$/kWh; $i=15\%$) (Alternativa 2A)



LFT18-1: Lâmpada Fluorescente Trifósforo com luminária simples.

LFT18-2: Lâmpada Fluorescente Trifósforo com luminária espelhada. Neste caso considera-se um fluxo maior em 50%.

Notas:

1. As curvas correspondentes às LFTs18 somente consideram dados de catálogo.
2. Pode-se verificar que para um tempo de utilização maior que 38 minutos, o investimento em LFT18-2 com luminária espelhada apresenta maior atratividade pelo menor custo do Mega-lúmen-hora fornecido, sobre o total das alternativas em investimentos, sob os dados e premissas correspondentes.
3. Outros limites de vantagens do custo do Mega-lúmen fornecido frente à LI resultam em 0,0784 e 0,825US\$/kWh, para a LFT18-1 e LFCp, respectivamente.

Substituição de Lâmpadas Fluorescentes Comuns (LF) de 40W

A nova geração inovadora de lâmpadas fluorescentes eficientes pode servir como instrumento de melhoria da eficiência sobre dos sistemas tradicionais de iluminação fluorescente. Estas novas tecnologias com camada de pó fluorescente trifósforo proporciona mais luz por Watt consumido, além de funcionar ligados a

reatores convencionais simples ou duplos, de partida com starter (principal sistema instalado no Peru).

Neste sentido, foi avaliada a substituição de lâmpadas fluorescentes comuns (LF) de 40 W (2.700 lm) por lâmpadas fluorescentes trifósforo (LFT) de 36W (3.250 lm).

Uma vez que as LFT emitem luz mais intensa, a redução do consumo de energia se dá não somente em cada lâmpada, mas também pela possibilidade de diminuição de pontos de luz. Assim, uma análise individual de penetração das LFT daria valores pouco atrativos para o processo de substituição, quando não se considera o nível de iluminação produzida.

Neste sentido, a fim de poder fazer equivalente os sistemas em análise, preferiu-se fazer a comparação para um sistema de uma luminária de 5 unidades de LF de 40W (13.500 lm) & uma luminária com 4 unidades de LFT de 36W (13.000 lm). Além disso, considerou-se uma sobrecarga de 15% no valor da luminária ao considerar uma mais eficiente a fim de poder obter melhor refletância e ter presente os 500 lm faltantes para ser comparáveis.

Adicionalmente, foi estudada a alternativa de introdução de luminárias espelhadas (possibilidade que já foi avaliada para a introdução de LFT de 18W em substituição da LI de 100W). Esta opção possibilita ganhos na luminosidade em relação aos sistemas tradicionais, dependendo do tipo de luminária e número de unidades por luminária que se deseje substituir.

A medida pode ser dirigida ao Setor Comercial, Governo e Municipalidades, Centros de Instrução Pública-Bibliotecas e Serviços de Assistência Social. Neste sentido, supondo níveis equivalentes de iluminação desejada nas distintas atividades, a adoção particular de algum determinado setor é função do número de horas utilizadas.

Assim foram feitas análises para 3, 8, e 24 horas de utilização. Para cada caso, ao contar somente com dados dos fabricantes, foi considerada uma única alternativa (1A).

Neste sentido, a Tabela 5.25 apresenta os resultados da avaliação da substituição de lâmpadas fluorescentes comuns de 40W (LF) (5 pontos luminosos) por lâmpadas fluorescentes trifósforo de 36W (LFT36) (4 pontos luminosos). A análise foi feita com a mesma tarifa correspondente ao setor residencial (0,0788

US\$/kWh), já que segundo os resultados do PGT, esta é a tarifa correspondente, além do SR, ao Setor Comercial de Menor Porte, Governo-Municipalidades e Centros de Instrução Pública-Bibliotecas.

**Tabela 5.25: Resultados da Avaliação de Investimentos
(3 horas de uso) (Alternativa 1A)**

| Tipo de Iluminação | LF | LFT36 |
|---|-------|-------|
| Tempo de Retorno Simples -TRS (anos) | | 2,45 |
| Custo do Ciclo de Vida Anualizado - CCVA (US\$/ano) | 28,42 | 24,93 |
| Custo da Energia Economizada - CEE (US\$/kWh) | | 0,031 |
| Taxa Interna de Retorno - TIR (%) | | 47% |
| Conta mensal (emprest.+eletric.)(US\$/kWh) | 2,60 | 2,34 |

Nota:

1. Considera a introdução de 4 LFT de 36W que substituem 5 LF de 40W.

Segundo os resultados do CCVA pode-se perceber uma atratividade maior na introdução da LFT36. Assim, a diferença do CCVA é de 12% em relação ao sistema de LF convencional.

Paralelamente, a decisão da inversão em melhoria da eficiência do sistema de iluminação pode chegar a competir com tarifas até de 0,031 US\$/kWh.

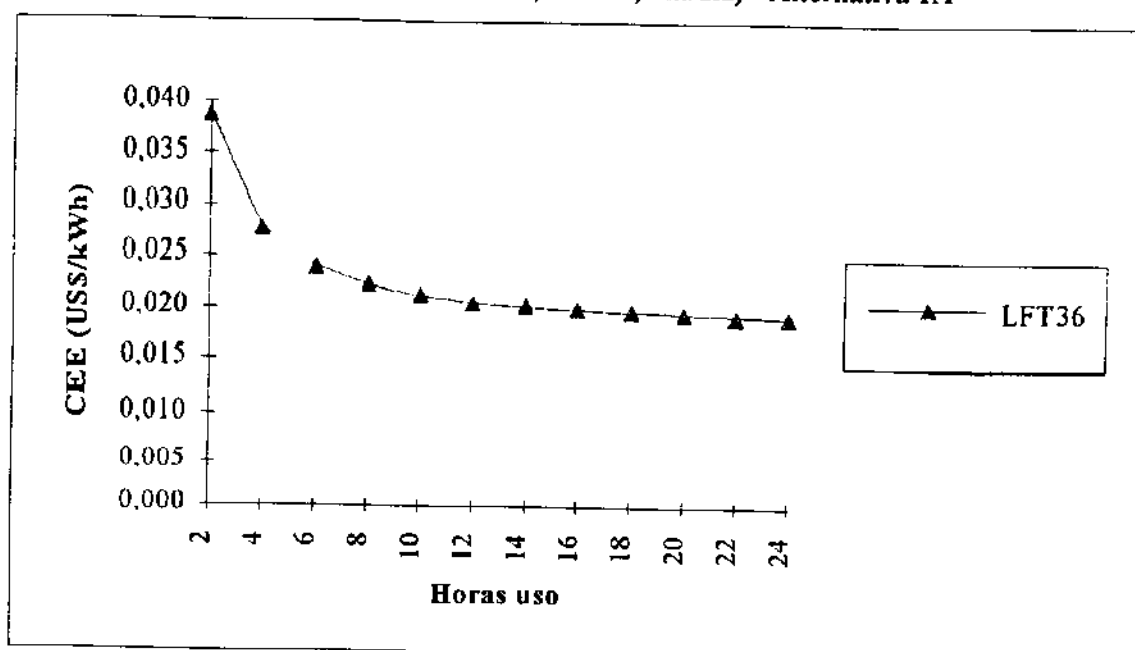
A Figura 5.13 apresenta a variação do CEE em função das horas de utilização para o sistema de LFT36.

A Figura 5.14 ilustra o resultado da sensibilidade da variação da conta de eletricidade, para fins de iluminação, sob a premissas da realização de um empréstimo aos clientes que deverá ser pago parceladamente junto com a conta de eletricidade sob uma taxa de juros de 15%.

Adicionalmente, a avaliação do potencial da racionalidade econômica subjacente às decisões do consumidor em função do custo do lúmem-hora é visualizado na Figura 5.16.

Figura 5.14: Custo da Energia Economizada (CEE)

(Tarifa= 0,0788 US\$/kWh; $i=12\%$; 3h./dia) - Alternativa 1A

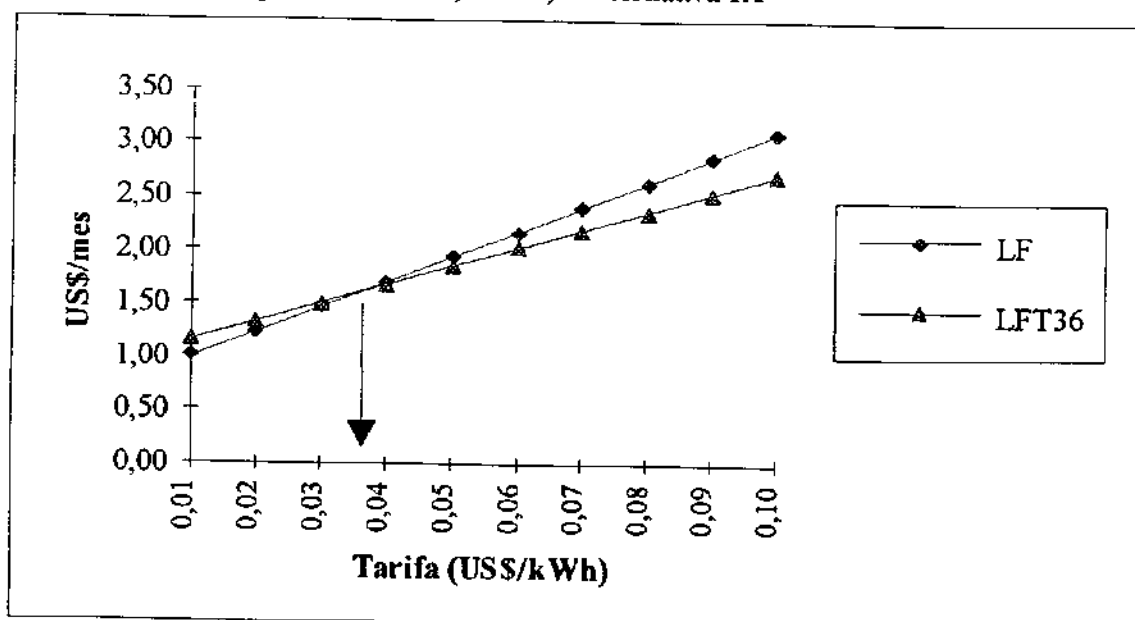


Nota:

1. Observa-se que o CEE diminui bruscamente até aproximadamente 6 h. e tendendo a permanecer constante para maiores horas de uso.

Figura 5.15: Conta Mensal de Eletricidade p/Iluminação

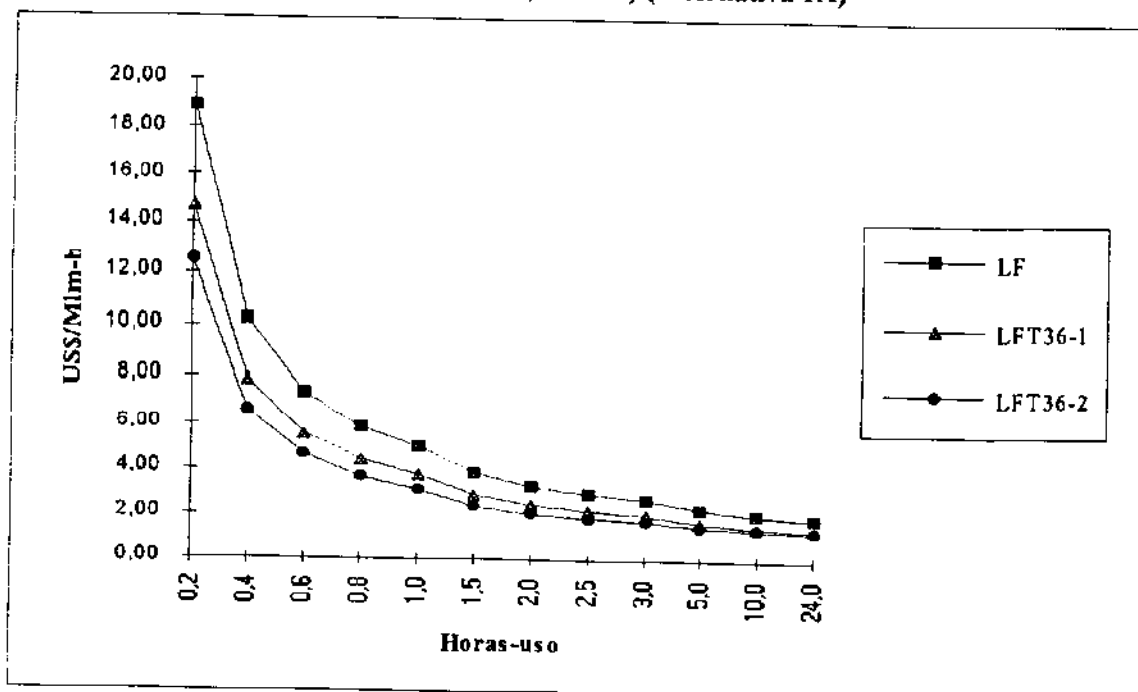
(Tx juros=15% ano; 3h./dia) - Alternativa 1A



Nota:

1. Conclui-se que para tarifas superiores a 0,0364 US\$/kWh, a opção de iluminação mediante o sistema com LFT36 torna-se mais atrativo em relação ao sistema tradicional.

Figura 5.16: Variação do Custo do Lúmen-hora Fornecido
 (Tarifa: 0,0788 US\$/kWh; $i=12\%$) (Alternativa 1A)



LFT36-1: Lâmpada fluorescente trifósforo de 36W com luminária comum.

LFT36-2: Lâmpada fluorescente trifósforo de 36W com luminária espelhada.

Nota:

1. Observa-se que o custo do Mega-lúmen-hora é decrescente com as horas de utilização e que a melhor opção é o sistema LFT36 com luminária espelhada; porém, existe a tendência a que o custo dos três sistemas se igualem na utilização em regime permanente. Assim, a opção mais eficiente (LFT36-2) apresenta um delta de 6% e 31%, para regime permanente, em relação as opções de LFT36 sem luminária espelhada e LF (convencional); ainda que, para um regime de 3 horas de utilização, a mesma relação equivalente é de 14% e 36%.

A análise para 8 horas de utilização diária, pode ser designada ao *setor comercial*. Neste sentido, a Tabela 5.26 apresenta os resultados da avaliação financeira para este setor sob os dados e premissas da Tabela 5.8 e com uma tarifa de 0,07005 US\$/kWh, correspondente à média da tarifa marginal objetivo BT4 e BT5, comercial de menor e maior porte, respectivamente. Os resultados podem ser considerados também em outros setores que tenham a mesma tarifa e horas de utilização (todos com exceção dos Serviços de Assistência Social-tarifa BT4).

**Tabela 5.26: Comércio - Resultados da Avaliação
de Investimentos (Alternativa 1A)**

| Tipo de Iluminação | LF | LFT36 |
|---|-------|-------|
| Tempo de Retorno Simples -TRS (anos) | | 1,03 |
| Custo do Ciclo de Vida Anualizado - CCVA (US\$/ano) | 61,85 | 52,52 |
| Custo da Energia Economizada - CEE (US\$/kWh) | | 0,022 |
| Taxa Interna de Retorno - TIR (%) | | 107% |
| Conta mensal (emprest.+eletric.)(US\$/kWh) | 5,91 | 5,22 |

Nota:

1. Esta alternativa considera 8 h de uso médio diário e tarifa de 0,07005 US\$/MWh.

Segundo o CCVA o investimento em LFT36 resulta benefício. Assim, o investimento em este tipo de lâmpadas apresenta uma diferença de 15% menor em relação ao CCVA das LF.

Também, pelo CEE o investimento em LFT36 pode ser competitivo com tarifas até de 0,022 US\$/kWh. Além disso, a opção apresenta uma TIR bastante atrativa (107%).

Paralelamente, as conta de eletricidade apresenta um benefício para o consumidor ao ter-se um delta de diferença de 12% em relação à pior opção (LF).

O CCE não foi avaliado neste capítulo, como consequência a que este parâmetro apresenta dificuldades no cálculo, em virtude à incerteza para a atribuição de horas economizadas no sistema. Este aspecto, será tratado no capítulo seguinte.

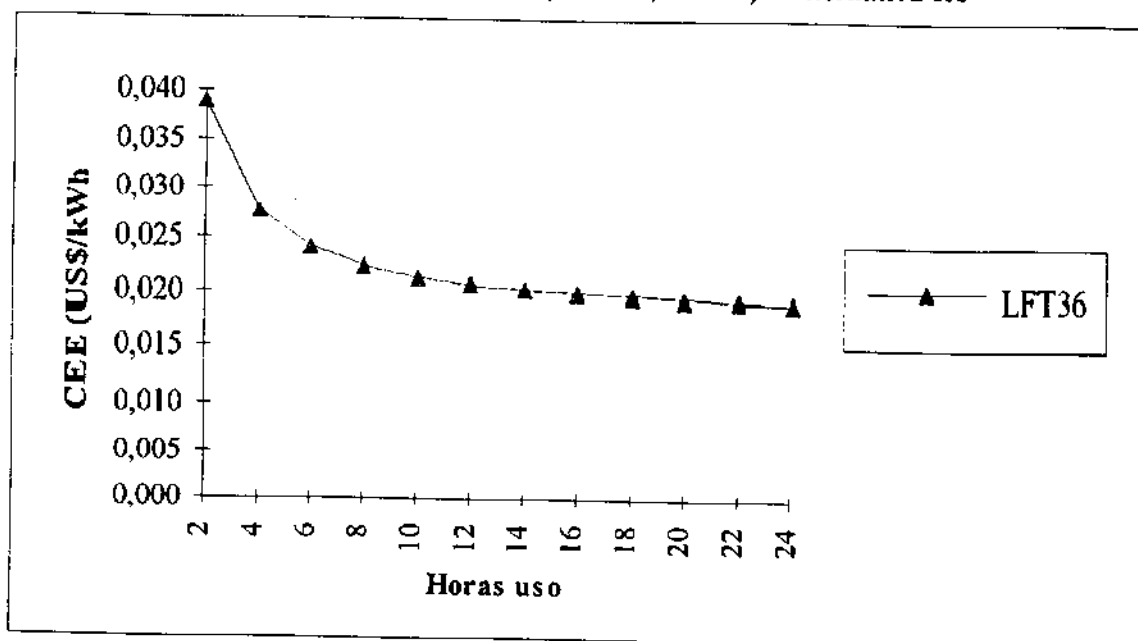
A Figura 5.17 ilustra a sensibilidade para o CEE com variação no número de horas de utilização.

Assim mesmo, a Figura 5.18 ilustra a variação da conta de eletricidade para fins de iluminação, incluída a taxa de juros pelo empréstimo para os investimentos, em relação às variações da tarifa.

A sensibilidade da avaliação da exploração da racionalidade econômica subjacente às decisões do consumidor em função do custo do lúmem-hora é visualizado na Figura 5.19.

Figura 5.17: Comércio -Custo da Energia Economizada (CEE)

(Tarifa= 0,07005 US\$/kWh; $i=12\%$; 8h./dia) - Alternativa 1A

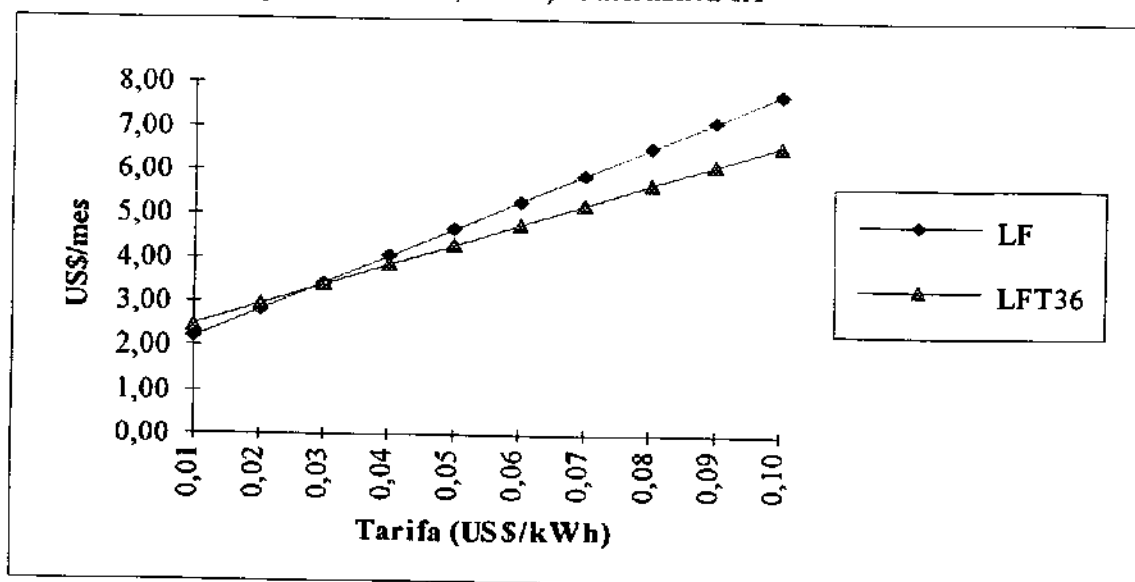


Nota:

1. Observa-se uma forte diminuição do CEE até 6h de utilização (aprox.) e com tendência mínima de diminuição a partir desta hora, além de uma pequena variação em comparação com a curva para uma tarifa de 0,0788 US\$/kWh.

Figura 5.18: Comércio - Conta Mensal de Eletricidade p/Iluminação

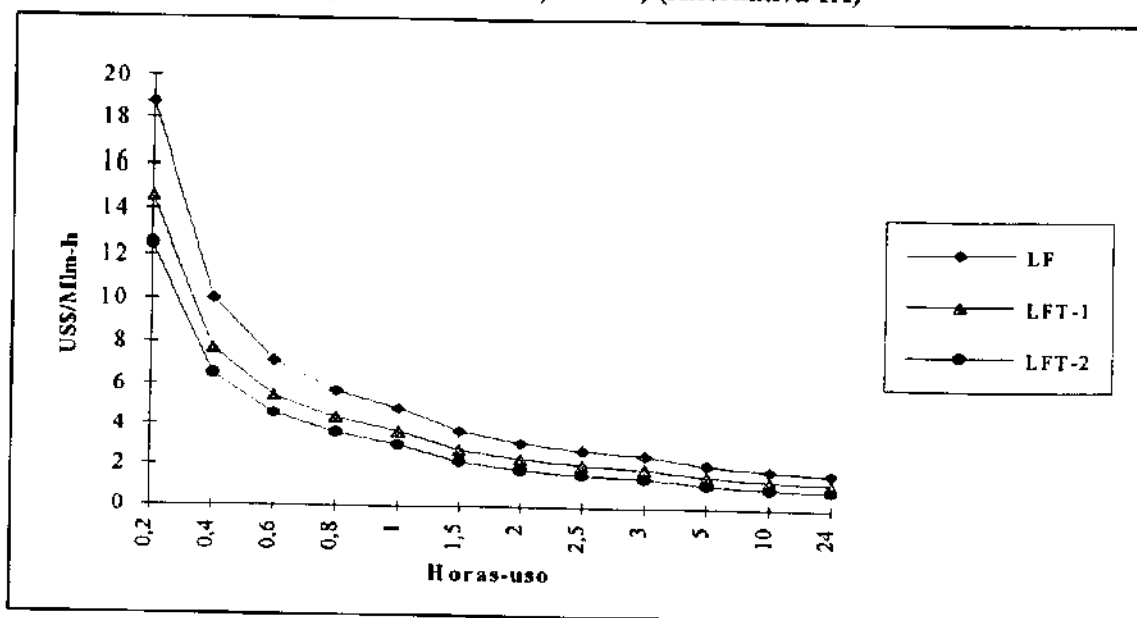
(Tx juros=15% ano; 8h/dia) - Alternativa 1A



Nota:

1. Observa-se que para tarifas superiores a 0,0279 US\$/kWh é benéfico para o consumidor o investimento na LFT36W.

Figura 5.19: Comércio - Variação do Custo do Lúmen-hora
(Tarifa: 0,07005 US\$/kWh; i=12%) (Alternativa 1A)



Nota:

1. A melhor alternativa do custo do Mega-lúmen-hora fornecido é dado com a LFT36 com luminária espelhada.

A análise para 24 horas de utilização diária, pode ser assignado a *Instituições de Assistência Social (IAS)*. A Tabela 5.27 apresenta os resultados da avaliação financeira para este setor sob os dados e premissas da Tabela 5.8 e com uma tarifa de 0,0613 US\$/kWh, a mesma que corresponde à tarifa marginal objetivo BT4.

Analogamente que nos casos anteriores foi feita a avaliação da introdução de LFT em função a sistemas de 5 ou 4 unidades de lâmpadas, segundo seja o caso das LF ou LFT36, respectivamente.

Tabela 5.27: IAS - Resultados da Avaliação Financeira
de Investimentos (Alternativa 1A)

| Tipo de Iluminação | LF | LFT36 |
|---|--------|--------|
| Tempo de Retorno Simples -TRS (anos) | | 0,39 |
| Custo do Ciclo de Vida Anualizado - CCVA (US\$/ano) | 158,68 | 134,06 |
| Custo da Energia Economizada - CEE (US\$/kWh) | | 0,019 |
| Taxa Interna de Retorno - TIR (%) | | 237% |
| Conta mensal (emprest.+eletric.)(US\$/kWh) | 15,35 | 13,50 |

Nota:

1. Considera 4 h de uso médio diário.

Pelo critério do CCVA tem maior atrativo o investimento em LFT36. Desta forma, existe uma diferença de 15% a mais entre ambos investimentos, em relação ao investimento em LF comuns.

Paralelamente, pode-se perceber que a decisão da substituição avaliada, pode ser competitiva com tarifas até de 0,019 US\$/kWh, valor que corresponde a 31% da tarifa objetivo marginal do PGT.

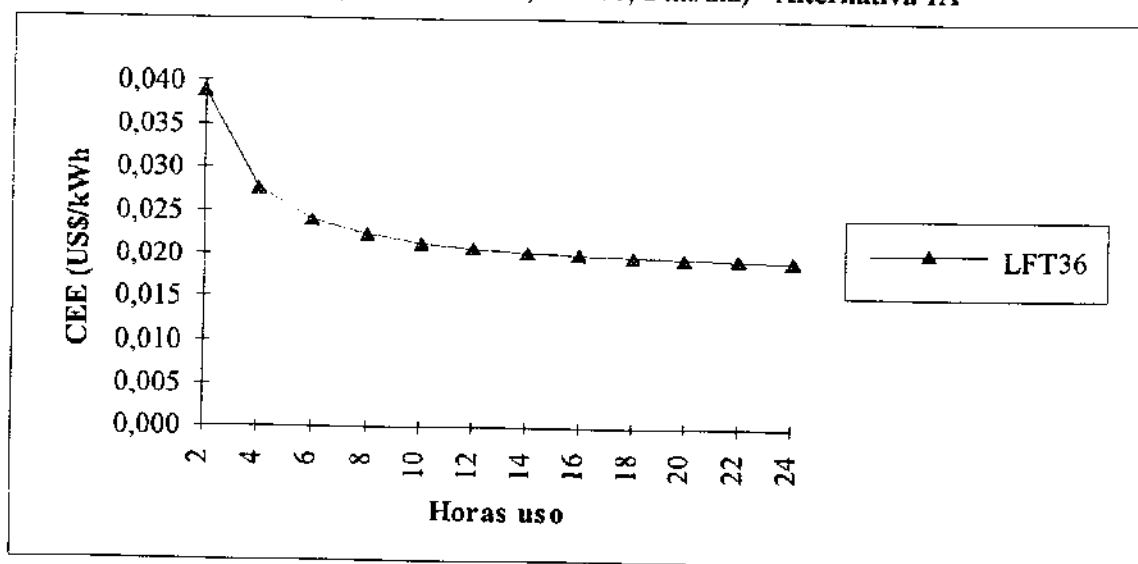
Além disso, para um período de 12 anos, a decisão apresenta uma atrativa TIR (237%) para o investimento.

Adicionalmente, observa-se um menor pagamento pela conta de eletricidade, a mesma que considera juros de empréstimo, por parte do investimento em LFT36 (diferença de 12%).

A Figura 5.20 ilustra a sensibilidade para o CEE com variação no número de horas de utilização.

Figura 5.20: IAS -Custo da Energia Economizada (CEE)

(Tarifa= 0,0613US\$/kWh; $i=12\%$; 24h./dia) - Alternativa 1A



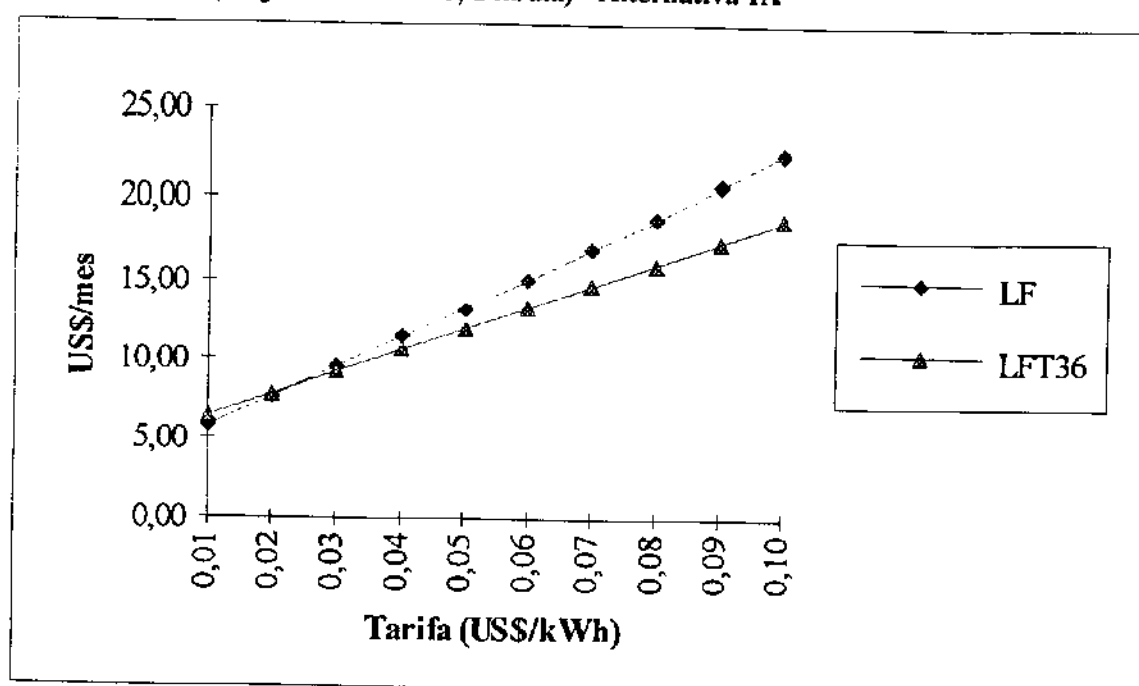
Nota:

Observa-se uma forte diminuição do CEE até 5h de utilização, aproximadamente, e com tendência mínima de diminuição para maiores horas de utilização. Os resultados são competitivos ainda para tarifas baixas.

A Figura 5.21 ilustra a variação da conta de eletricidade para fins de iluminação, incluída a taxa de juros pelo empréstimo para os investimentos, em relação às variações da tarifa.

Figura 5.21: IAS - Conta Mensal de Eletricidade p/Iluminação

(Tx juros=15% ano; 24h/dia) - Alternativa 1A



Nota:

1. Observa-se que para tarifas superiores a 0,0234 US\$/kWh, é benéfica para o consumidor com hábitos de uso de 24h, investir em LFT36W.

Em razão da pouca diferença tarifária, a variação do custo do lúmem-hora fornecido apresenta pouca diferença em relação ao caso anterior (tarifa de 0,07005 US\$/kWh).

Substituições no Setor de Iluminação Pública (IP)

O processo de substituição de tecnologias no setor da *Iluminação Pública (IP)*, apresenta maiores dificuldades que nos casos anteriores.

Em princípio, a tipologia da rede de distribuição, os níveis de queda de tensão, organização do sistema de iluminação pública segundo tipo de via pública (postes, cruzetas, fluxo veicular, etc), requerimentos culturais dos pedestres, e, imposições municipais, entre outras considerações, fazem que o estudo de substituições tecnológicas eficientes veja-se dificultado.

Nestas condições, para o presente estudo, foram feitas algumas simplificações a fim de dar uma apreciação geral das vantagens do processo de "eficientização" do uso da iluminação do setor. Assim, consideram-se as seguintes premissas:

- Considera-se que as modificações feitas no sistema de iluminação não pressupõe modificações na topologia da rede de distribuição, se não, contrariamente a médio e longo prazo pode possibilitar melhorias deste sistema na redução de custos;
- Se supõe que o sistema de iluminação a substituir apresenta, nas condições atuais, níveis de iluminação adequados;
- Que as trocas tecnológicas não requerem modificações de distribuição de postes e características dos mesmos;
- As avaliações do processo de substituição não considera parâmetros do índice de reprodução de cores, entendendo-se que as trocas propostas não podem ser consideradas, no caso da penetração das lâmpadas de vapor de sódio, nos lugares em que se deseje um bom índice de reprodução da cor. Favoravelmente, para o processo de trocas sob estas condições, os requerimentos são poucos;
- Supõe também, para os fins de todas as avaliações, que as tecnologias substituídas não apresentam valor residual no momento das trocas, condição que pode ser favorável para a concessionária.

Sobre a base dos anteriores pressupostos, foi feita a avaliação financeira do setor de Iluminação Pública (IP) considerando uma única alternativa (Alternativa 1B) que tem presente dados dos fabricantes (ver Tabela 5.19), além de uma opção de com preços equivalentes usados nas empresas equatorianas..

No processo de eleições tecnológicas teve-se presente os resultados do "Estudio sobre la Renovación y Modernización del Alumbrado Público del Area Metropolitana de Lima". Sugere-se neste estudo a substituição das lâmpadas de luz mista por lâmpadas de vapor de mercúrio e a não substituição das lâmpadas de vapor de mercúrio pelas lâmpadas de vapor de sódio em razão ao envelhecimento do sistema de distribuição; além da consideração da troca de postes e cruzetas.

Não obstante as conclusões do estudo anterior, deve-se assinalar, que a maioria de conclusões do mesmo não foram realizadas como consequência da falta

de recursos econômicos ao não terem sido aprovados os financiamentos. Porém, Electro Lima (ELL), depois de finalizado o estudo (julho de 1989) preocupou-se em tentar fazer uma implementação lenta das medidas propostas; prejudicada também pelas ineficiências no setor de IP e pelo fato das avaliações financeiras terem sido realizadas na época de grave instabilidade econômica-financeira do país, com a conseguinte distorção de preços.

Neste sentido, foram avaliadas as substituições das lâmpadas de Luz Mista de 250 e 500W, e Vapor de Mercúrio de 250 e 400 W. Contrariamente às recomendações do estudo feito pela ELL, neste estudo avalia-se a substituição das lâmpadas de mercúrio em razão à consideração de melhorias na rede de IP entre 1989 (data de finalização do estudo da ELL) e 1994.

Assim, sob o critério do mesmo nível de substituição luminosa, foram avaliadas diferentes opções de penetração a fim de poder identificar as melhores opções financeiras, do ponto de vista do consumidor, que neste caso é representado pela municipalidade.

As Tabelas 5.28 a 5.31 apresentam o resumo de resultados da avaliação financeira para cada processo de substituição.

**Tabela 5.28: IP - Resultados da Avaliação
de Investimentos - Substituição de LM250**

| Tipo de Iluminação | LM250 | VHg125 | VNa70 |
|---|--------|--------------------|------------------|
| Tempo de Retorno Simples -TRS (anos) | | 0,02 (0,09) | 0,82 (0,90) |
| Custo do Ciclo de Vida Anualizado-CCVA (US\$/ano) | 105,66 | 55,63 (56,72) | 47,80 (49,02) |
| Custo da Energia Economizada - CEE (US\$/kWh) | | -0,011 (-0,009) | 0,007 (0,009) |
| Taxa Interna de Retorno - TIR (%) | | 4.001% (1112%) | 109% (100%) |

Nota:

- Os resultados entre parênteses correspondem a simulações em função de preços de tecnologias equivalentes do setor elétrico equatoriano.

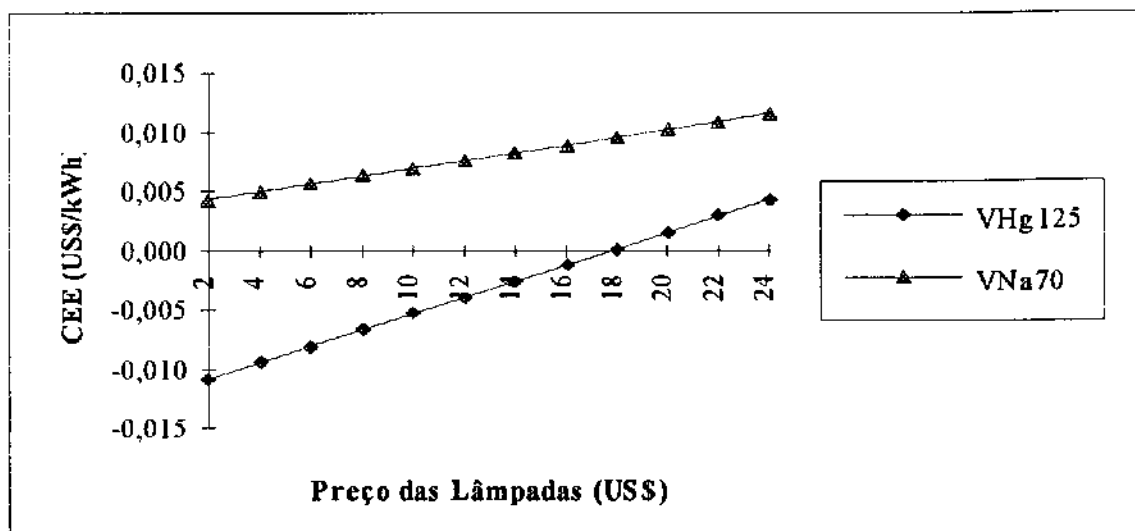
Pelos resultados apresentados pode-se concluir ótimas oportunidades de melhoria da eficiência na substituição das LM250.

Neste sentido, da tabela anterior, pode-se observar que a substituição apresenta um retorno em pouco tempo e com diferenças de 47% e 55% no CCVA para as opções com VHg125 e VNa70, respectivamente.

Outro ponto a ser observado é que o CEE resulta ser negativo, em razão a que os investimentos em melhoria da eficiência (VHg125), resulta mais barato que o sistema a substituir (LM250). Além disso, o investimento apresenta rentabilidades bastante altas.

A Figura 5.22 apresenta a sensibilidade da variação do CEE com modificação no preço das lâmpadas.

Figura 5.22: IP - Custo de Energia Economizada (CEE)-Substituição LM250
(Tarifa=0,0808 US\$/kWh; i=12%; 12h/dia) - Alternativa 1B



Nota:

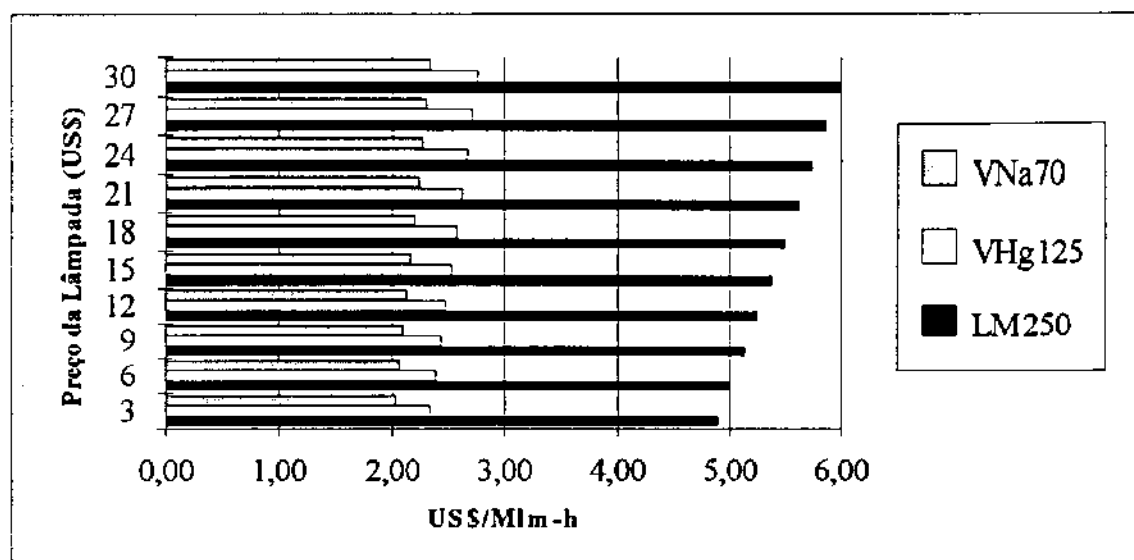
1. Define-se claramente que segundo modificações no preço das lâmpadas, o menor CEE corresponde a VHg125. No caso limite, se a opção em VNa70 custam 2 US\$ e a VHg125 24 US\$, a primeira opção (VNa70) poderia ter menor CEE. Não obstante todos os resultados apresentados são capazes de competir com tarifas baixas.
2. Valores negativos devem-se às opções com custo de investimento menor que a opção trocada.

Como consequência do período de uso médio de 12 horas (aprox.) para este setor, preferiu-se realizar a sensibilidade do custo do lúmem-hora fornecido em

função à variação do preço da tecnologia. Neste sentido, a Figura 5.23 ilustra a comparação deste parâmetro com as mudanças no preço da lâmpada.

Figura 5.23: Variação do Custo do Lúmen-hora

(Tarifa: 0,0808 US\$/kWh; i=12%) (Alternativa 1B)



Nota:

1. Observa-se que pode ter-se situações de conflito da escolha da alternativa mais eficiente (VHg125 x VNa70) nos casos em que se tenha preços extremos e opostos.

Tabela 5.29: IP - Resultados da Avaliação

de Investimentos - Substituição de LM500

| Tipo de Iluminação | LM500 | VHg25 0 | VHg400 | VNa150 | VNa210 |
|---|--------|----------------------|---------------------|------------------|--------------------|
| Tempo de Retorno Simples -TRS (anos) | | 0,47 (0,57) | 1,60 (1,90) | 0,47 (0,51) | 0,49 (0,55) |
| Custo do Ciclo de Vida Anualizado-CCVA (US\$/ano) | 202,24 | 109,67 (113,11) | 166,90 (170,87) | 78,52 (79,93) | 96,47 (98,12) |
| Custo da Energia Economizada - CEE (US\$/kWh) | | -0,0038 (-0,0068) | -0,00009 (0,009) | 0,003 (0,001) | -0,003 (-0,001) |
| Taxa Interna de Retorno - TIR (%) | | 217% (176%) | 57% (46%) | 210% (192%) | 209% (185%) |

Nota:

1. Os resultados entre parênteses correspondem a soluções em função de preços de tecnologias equivalentes do setor elétrico equatoriano.

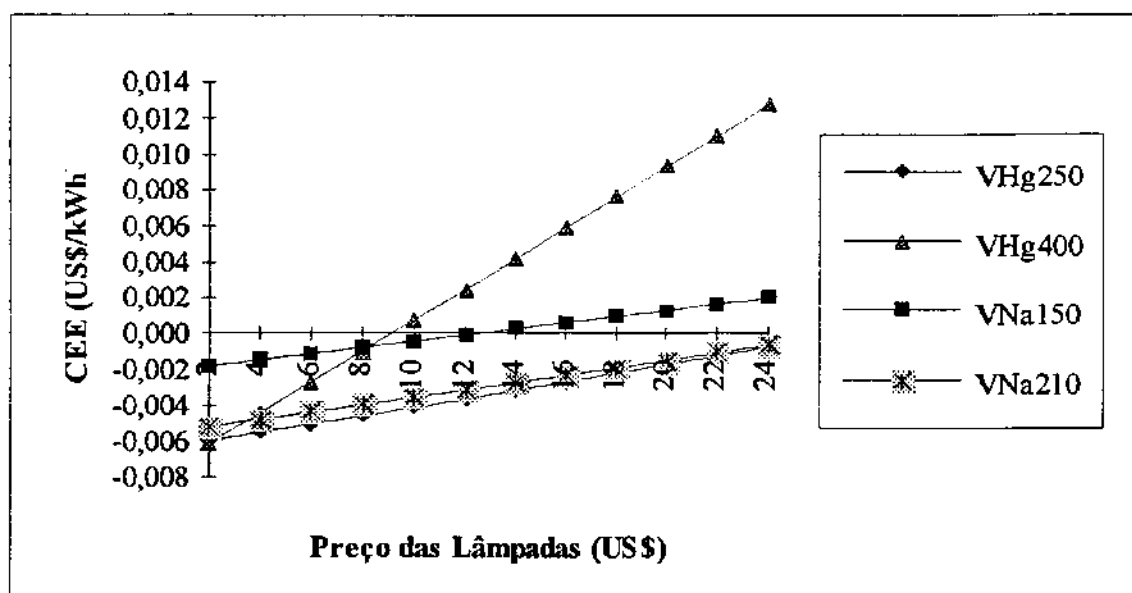
Os resultados apresentam oportunidades interessantes de melhoria da eficiência com tempos de retorno curtos. Assim, por este critério o investimento em VNa150 representaria a melhor opção de substituição da LM500.

Pelo critério do CCVA a VNa150, também, resultaria a melhor opção de substituição ao apresentar menor valor neste parâmetro. Não obstante, pelo critério da TIR a melhor opção passaria a ser a penetração de VHg250, embora que considerando os dados usados no setor elétrico equatoriano, como sensibilidade, confirma-se como a melhor opção a VNa150.

Em relação ao CEE, todas as opções apresentam possibilidades de competitividade mesmo com tarifas baixas.

A Figura 5.24 apresenta a sensibilidade do CEE em função da variação do preço das tecnologias.

Figura 5.24: IP - Custo de Energia Economizada (CEE)-Substituição LM500
(Tarifa=0,0808 US\$/kWh; i=12%; 12h/dia) - Alternativa 1B



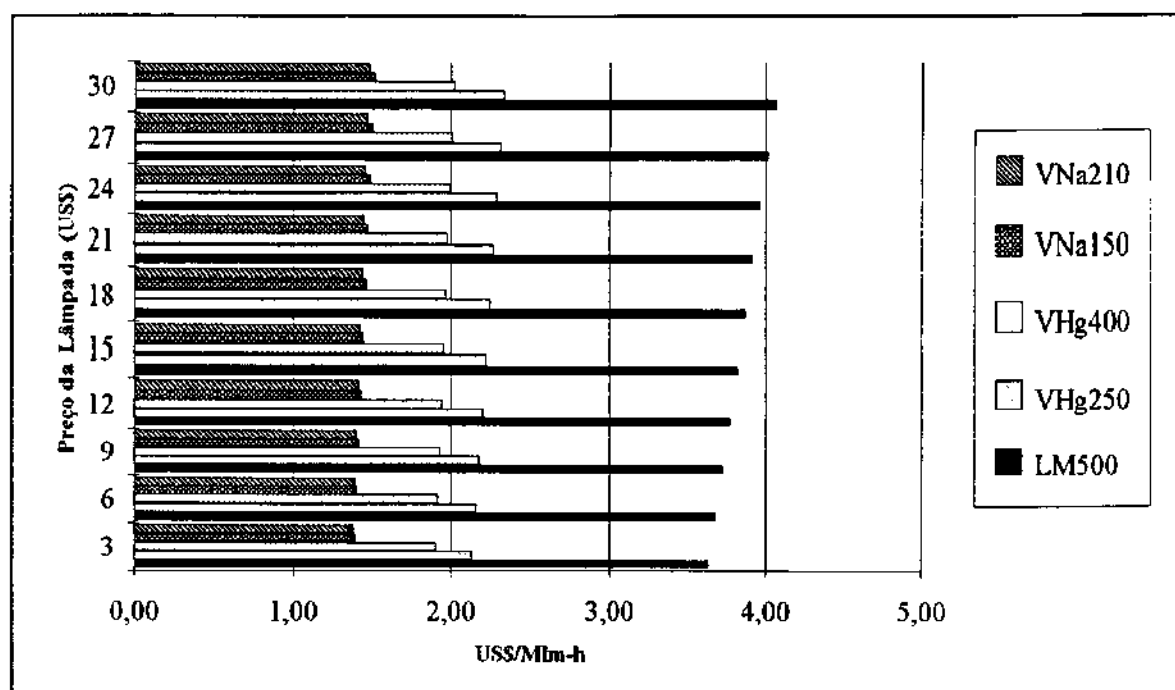
Nota:

1. Todas as opções apresentam, pelo critério do CEE, resultados competitivos com tarifas baixas. Embora, as opções de VNa210 e VHg150, representem as melhores alternativas.

Também, é apresentada a comparação do custo do lúmen-hora emitido segundo tipo de lâmpada na Figura 5.25.

Figura 5.25: Variação do Custo do Lúmen-hora

(Tarifa: 0,0808 US\$/kWh; $i=12\%$) (Alternativa 1B)



Nota:

1. Conclui-se que as melhores opções correspondem a VNa150 e VNa210, sendo sua eleição de preferência conflitiva no extremo de variação de seus preços.

Os resultados de outra opção de substituição é apresentada na Tabela 5.30. Trata-se da troca da VHg250 por VNa150 ou VNa210.

Assim, ambas opções apresentam atratividade na substituição da VHg250 com tempos de retorno inferior ao ano.

Assim, pelo critério do CCVA resultaria favorável a penetração da lâmpada VNa150 ao ter menor CCVA que a opção por VNa210. Eleição que se vê confirmada pela rentabilidade. Quanto aos resultados da TIR para dados referentes as empresas equatorianas em relação à tecnologia VNa210, admite-se uma provável distorção na estimação dos preços como consequência da inexistência deste equipamento no mercado interno equatoriano.

Observa-se, também, pelos resultados do CEE, que as opções de substituição são competitivas mesmo com tarifas baixas.

**Tabela 5.30: IP - Resultados da Avaliação
de Investimentos - Substituição de VHg250**

| Tipo de Iluminação | VHg250 | VNa150 | VNa210 |
|--|--------------------|-------------------|---------------------|
| Tempo de Retorno Simples -TRS (anos) | | 0,47 (0,36) | 0,61 (0,41) |
| Custo do Ciclo de Vida Anualizado-CCVA (US\$/ano) | 109,67 (113,11) | 78,52 (79,93) | 96,48 (98,12) |
| Custo da Energia Economizada - CEE (US\$/kWh) | | 0,0097 (0,005) | 0,0055 (-0,0048) |
| Taxa Interna de Retorno - TIR (%) | | 195% (253%) | 171% (259%) |

Nota:

- I. Os resultados entre parênteses correspondem a simulações em função de preços de tecnologias equivalentes do setor elétrico equatoriano.

A Figura 5.26 ilustra a variação do CEE em função à variação do preço das diferentes opções tecnológicas de melhoria. Paralelamente, também é apresentada a variação do Custo do Lúmen-hora fornecido na Figura 5.27.

**Figura 5.26: IP - Custo de Energia Economizada (CEE)-Substituição VHg250
(Tarifa=0,0808 US\$/kWh; i=12%; 12h/dia) - Alternativa 1B**

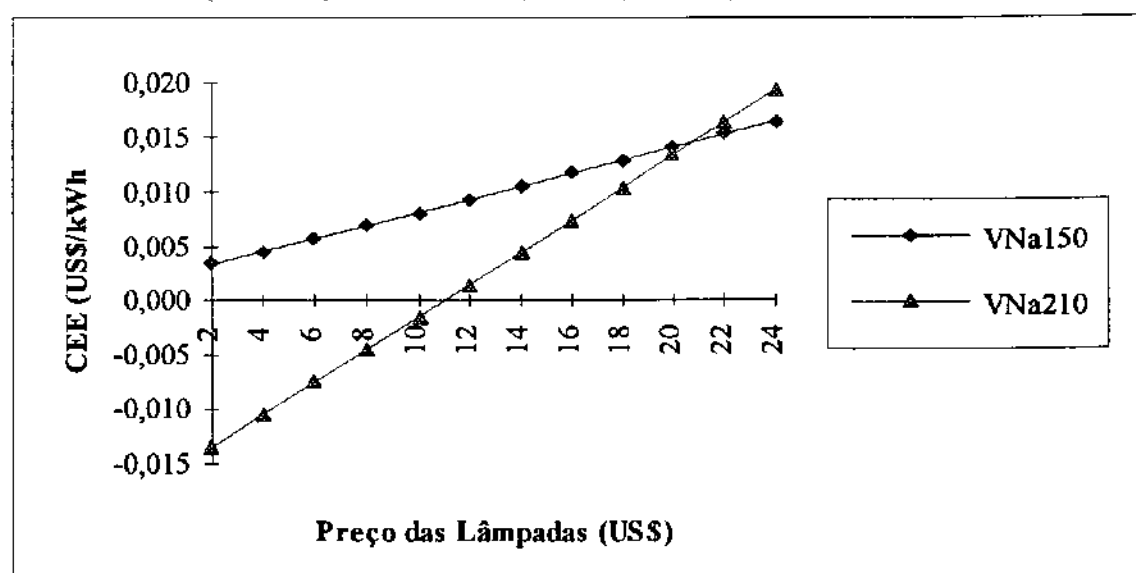
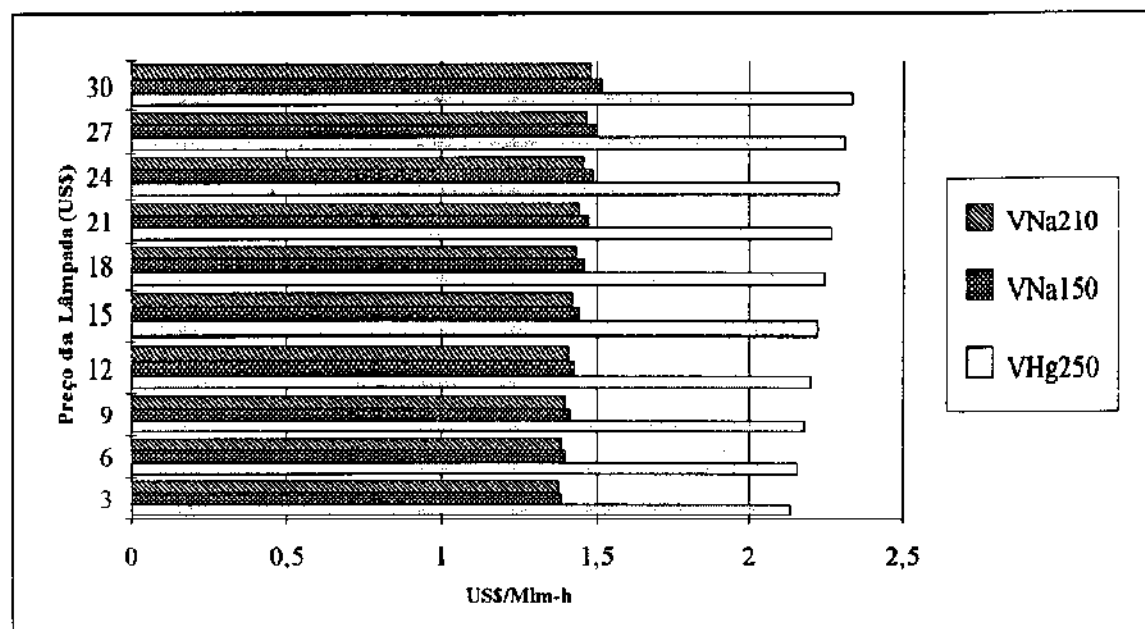


Figura 5.27: Variação do Custo do Lúmen-hora

(Tarifa: 0,0808 US\$/kWh; $i=12\%$) (Alternativa 1B)



Nota:

1. Observa-se que as opções VNa150 e VNa210, segundo o custo do lúmen-hora fornecido, são equivalentes, mesmo quando se tem preços extremos destas duas tecnologias.

O resultados da avaliação da substituição da VHg400 são apresentados na Tabela 5.31.

**Tabela 5.31: IP - Resultados da Avaliação
de Investimentos - Substituição de VHg400**

| Tipo de Iluminação | VHg400 | VNa150 | VNa210 |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|
| Tempo de Retorno Simples -TRS (anos) | | 0,20 (0,11) | 0,43 (0,32) |
| Custo do Ciclo de Vida Anualizado-CCVA (US\$/ano) | 166,90 (170,87) | 115,50 (117,10) | 149,41 (151,69) |
| Custo da Energia Economizada - CEE (US\$/kWh) | | 0,0032 (0,0026) | 0,0095 (0,001) |
| Taxa Interna de Retorno - TIR (%) | | 608% (1.292%) | 244% (327%) |

Nota:

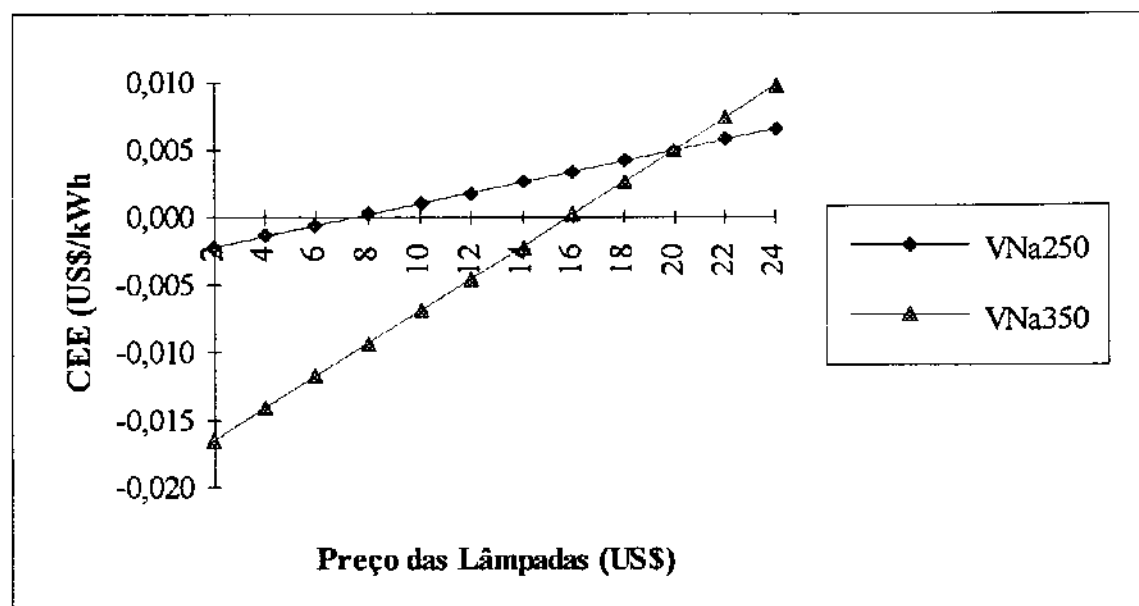
1. Os resultados entre parênteses correspondem a soluções em função de preços de tecnologias equivalentes do setor elétrico equatoriano.

As duas opções de substituição apresentam tempos de retorno favoráveis. Além disso pelo critério do CCVA a introdução de VNa150 resulta mais atrativa em relação à VNa210. Assim, a diferença do CCVA da melhor alternativa é de 30% em relação à tecnologia substituída, sendo de 10% para a outra alternativa opcional.

Também, a VNa150 é reafirmada como a melhor opção de substituição pelo critério da TIR.

A variação do CEE em função da variação do preço das tecnologias é visualizado na Figura 5.29

Figura 5.29: IP - Custo de Energia Economizada (CEE)-Substituição VHg400
(Tarifa=0,0808 US\$/kWh; i=12%; 12h/dia) - Alternativa 1B



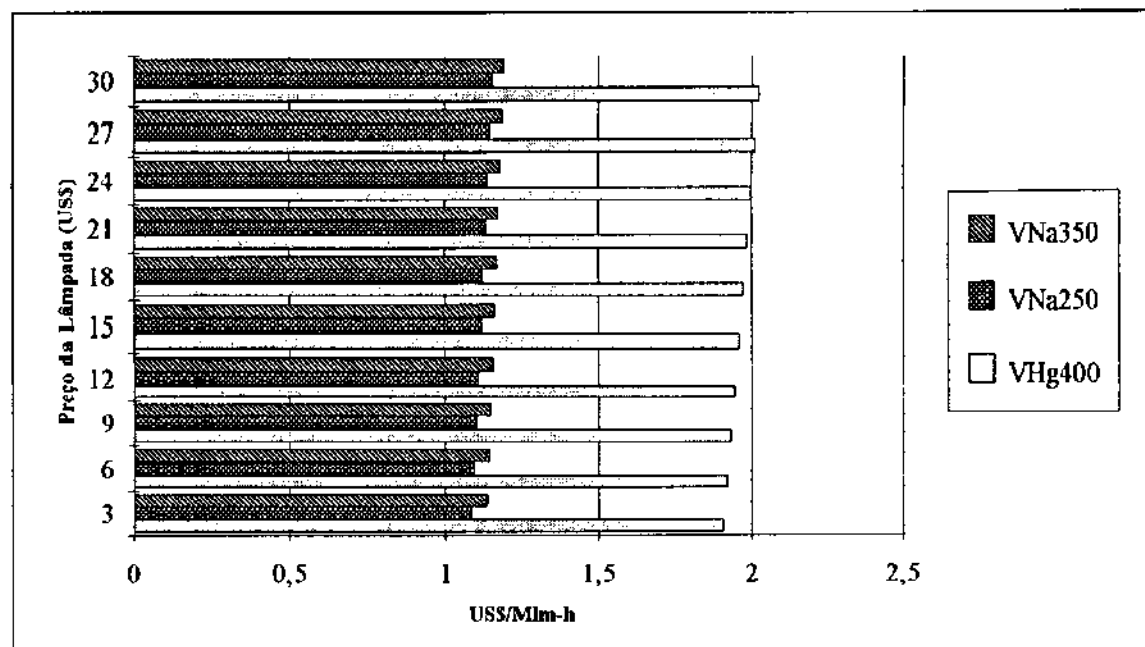
Nota:

1. A opção VNa350, para preços inferiores a 17,93US\$, resulta ser a alternativa com menor CEE, embora ambas opções apresentem valores competitivos com tarifas de eletricidade baixas.

A Figura 5.30, apresenta as variações do custo do lúmen-hora fornecido segundo variações do preço da lâmpada.

Figura 5.30: Variação do Custo do Lúmen-hora Fornecido

(Tarifa: 0,0808 US\$/kWh; i=12%) (Alternativa 1B)



Nota:

- Da figura se observa que as duas opções propostas apresentam oportunidades bastante próximas. Portanto, para opções opostas de preços a eleição da melhor opção por este critério é conflitiva.

Os valores do custo do lúmen-hora fornecido são apresentados na Tabela 5.32, segundo as Alternativas 1B e 2B para cada possível introdução tecnológica.

Adicionalmente, uma amostra das planilhas que serviram de base de cálculo para as avaliações financeiras é apresentada no Anexo E (Planilhas E.1, E.2, E.3).

Tabela 5.32: IP - Custo do Lúmen-hora Fornecido - Substituição de LM250

| Tipo de Iluminação | Alternativa 1B (US\$/lm-h) | Alternativa 2B (US\$/lm-h) |
|--------------------|----------------------------|----------------------------|
| LM250 | 5,11(-) | 5,11(-) |
| LM500 | 3,86(2,38) | 3,86(-) |
| VHg125 | 2,33(2,38) | 3,00(3,06) |
| VHg250 | 2,16(2,42) | 2,42(2,50) |
| VHg400 | 1,93(1,93) | 1,93(1,98) |
| VNa70 | 2,13(-) | - |
| VNa150 | 1,44(1,47) | 1,47(-) |
| VNa250 | 1,12(1,13) | 1,11(1,13) |
| VNa210 | 5,11 | 2,13 |
| VNa350 | 1,17(-) | - |

5.3 Conclusões

- Um mercado típico de importações é característica do sistema de fornecimento de tecnologias de iluminação no Peru.
- Na atualidade não existe uma entidade encarregada de fazer o controle de qualidade das tecnologias de iluminação.
- Pelos resultados de laboratório das LI de 100W, encontra-se que o fluxo luminoso médio destas lâmpadas é inferior em 4% em relação aos dados de catálogo. Porém, os resultados de vida útil apresentam 32% acima dos dados de catálogo.
- Também, pelos resultados de laboratório, a LFC de 25W apresenta-se como a mais recomendável, pelo fator de potência e distorção harmônica, para substituir às LI de 100W.
- Dos três reatores testados, pelo ensaio de elevação de temperatura, resulta ser mais eficiente o reator "Schleswing". Este mesmo reator é recomendável, pelo nível de potência na descarga, para LF de 40W; mas, num processo de introdução de LFT de 36W, parece mais conveniente a utilização dos reatores ELT.
- Os resultados do processo de substituição da LI, segundo as avaliações econômicas feitas com dados de catálogo (Alternativa 1A) e dados de laboratório com diminuição no preço de algumas tecnologias (Alternativa 2A); além das substituições de LF comuns (40W), mas as oportunidades de racionalização na IP, são resumidas nas Figuras 5.31 a 5.34.

Figura 5.31: Comparação das Oportunidades de Racionalização pelo TRS

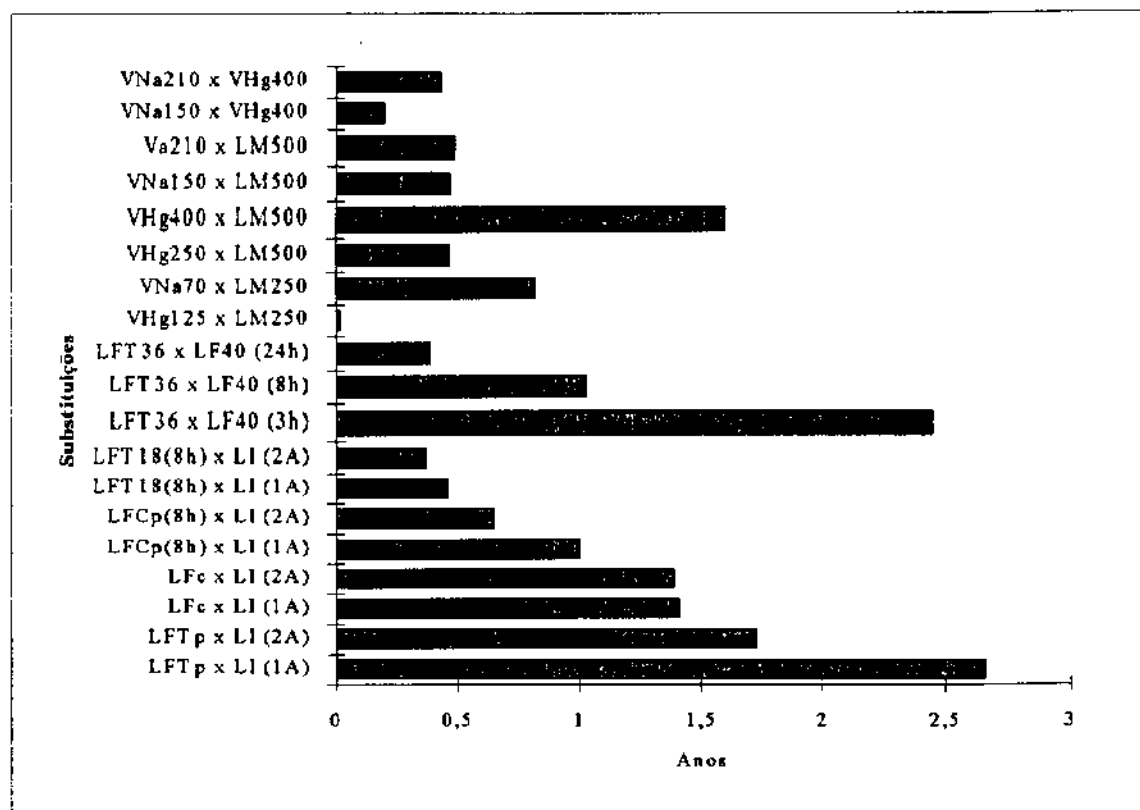


Figura 5.32: Comparação das Oportunidades de Racionalização pelo CEE

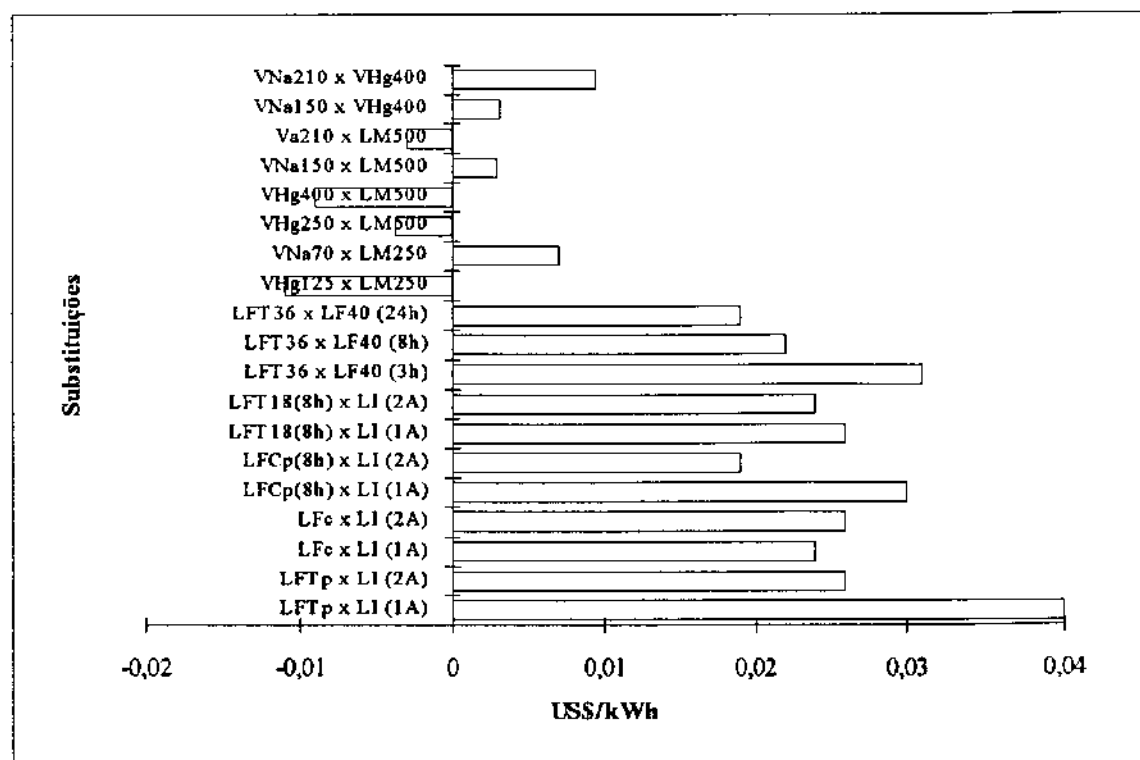


Figura 5.33: Comparação das Oportunidades de Racionalização pela TIR

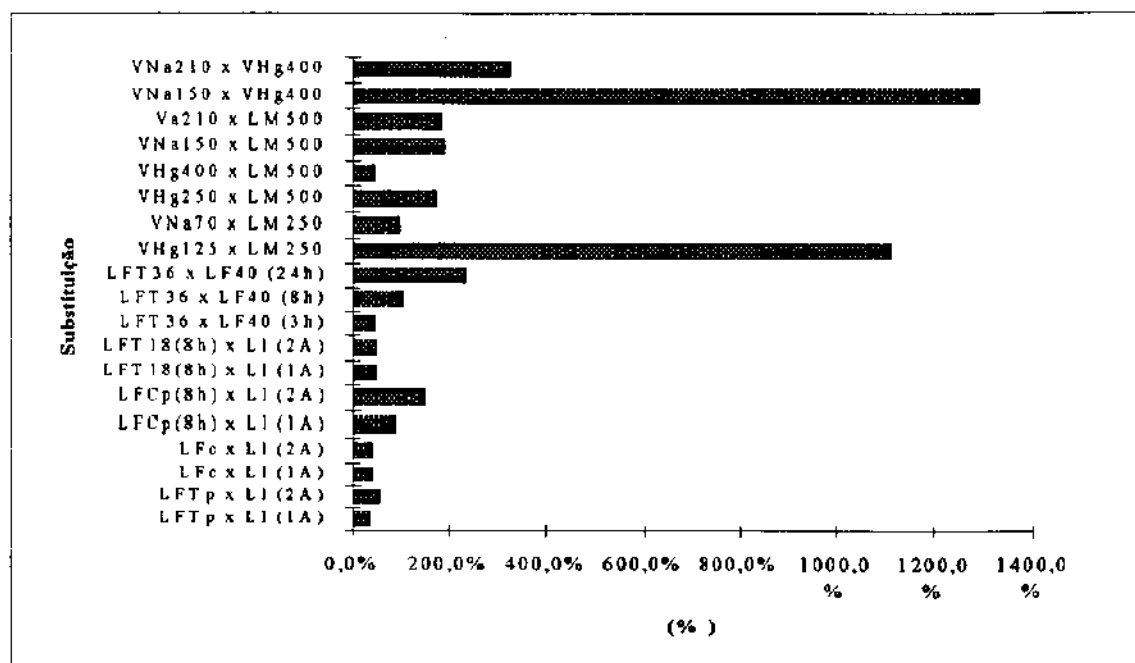
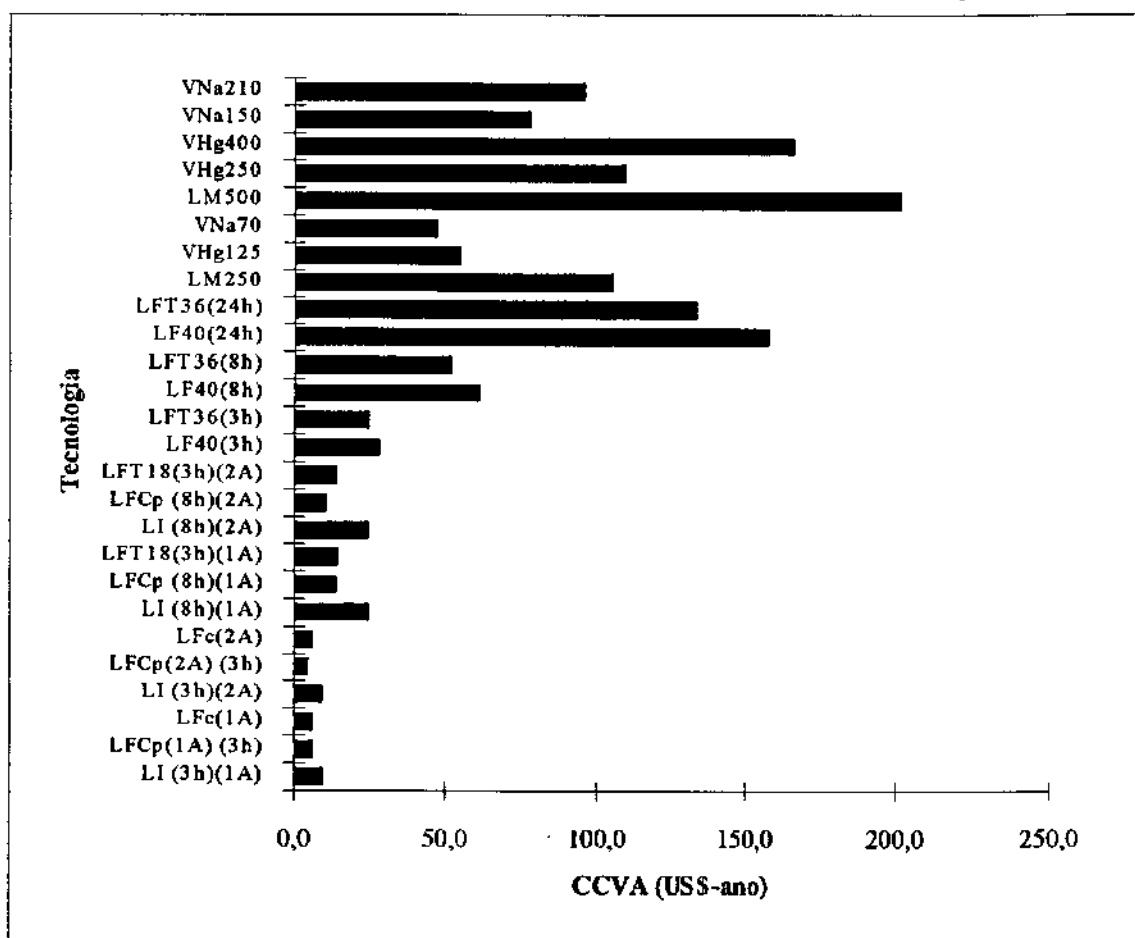


Figura 5.34: Comparação das Oportunidades de Racionalização pelo CCVA



Capítulo 6

Avaliação Integrada das Alternativas de Oferta e de Racionalização do Uso de Energia

O conhecimento dos requerimentos futuros de bens têm sido preocupação constante do homem para o atendimento das necessidades de subsistência, ante uma situação de recursos cada vez mais escassos.

No decorrer do tempo, as variações na disponibilidade de bens trouxeram consigo o surgimento de novas necessidades, como o conforto, que induziram à "procura" de novos níveis de satisfação. Conseqüentemente, a energia elétrica e sua utilização constituem uma grande preocupação no mundo dinâmico atual.

Particularmente, a previsão de requerimentos futuros de energia para iluminação constitui parte importante que o sistema de fornecimento deve levar em consideração nos seus esquemas de planejamento. Tradicionalmente estes mecanismos de planejamento do lado da oferta tem considerado evoluções históricas que carregam as ineficiências do sistema no decorrer do tempo. Contrariamente, a visão atual procura incidir nos mecanismos em que a energia é consumida e agir sobre estes na perspectiva de poder obter racionalidade no fornecimento e na demanda.

Neste sentido, o objetivo deste capítulo é estudar as oportunidades de racionalização do uso de energia para iluminação, suas relações particulares, os impactos no sistema de fornecimento e avaliar as perspectivas futuras de seu comportamento. Assim, para o cumprimento destas metas usam-se ferramentas de engenharia econômica, planejamento integrado de recursos e o sistema de projeções mediante a técnica de cenários.

O estudo considera a avaliação da: iluminação residencial, comercial e pública, sendo que o consumo de eletricidade destes setores representa em conjunto

30% do total nacional consumido no Serviço Público e 49% em relação ao total do fornecimento de ELL^(*). Adicionalmente, o consumo exclusivo para fins de iluminação é 14% do consumo desta última empresa de eletricidade.

6.1 Discriminação da Curva Integrada de Recursos

Muitas das tecnologias de conservação de eletricidade que são introduzidas para o uso final, são menos caras que o custo médio de fornecimento de eletricidade; além disso, há grandes diferenças no custo de fornecimento de eletricidade de diferentes tipos de usinas. Com a finalidade de obter o ótimo global ou a via do mínimo-custo para satisfazer os usos finais de eletricidade, necessita-se de uma metodologia que permita uma comparação de muitos fornecimentos diferentes e alternativas de eficiência (GAUTAM S.D., 1992; Ref. G-1).

A Curva de Custo de Energia Economizada compara diferentes opções de geração com relação aos seus custos de capital e de operação, auxiliando a identificação da combinação destas opções para atender a demanda com menor custo. Assim, leva em consideração a natureza da demanda de eletricidade para uma região na determinação da combinação ótima. Tal combinação é dada por tecnologias com baixos custos de capital e altos custos de operação no atendimento da demanda de pico, e o contrário (tecnologias com altos custos de capital e baixos custos de operação) no atendimento da demanda de base. Uma consequência desta escolha é que o custo do kWh para atender a demanda de pico é maior do que o custo para atender a demanda na base. Portanto, em geral deve-se ficar mais sensibilizados com uma medida de conservação que economiza eletricidade no pico do que uma que economiza eletricidade na base (SAUER et al., 1994; Ref. S-2).

Neste sentido fez-se uma avaliação inicial do programa expansão de geração elétrica para os próximos anos, tendo como ano horizonte o ano 2007. O objetivo principal foi avaliar o comportamento de cada uma das usinas de geração que estariam ingressando no decorrer do tempo em relação ao fator de carga de operação das mesmas.

Desta forma, no caso do Sistema Interligado Centro Norte (SICN), o plano de expansão de mínimo custo considera a introdução de seis equipamentos termoelétricos e três equipamentos hidroelétricos segundo o resumo da Tabela 6.1.

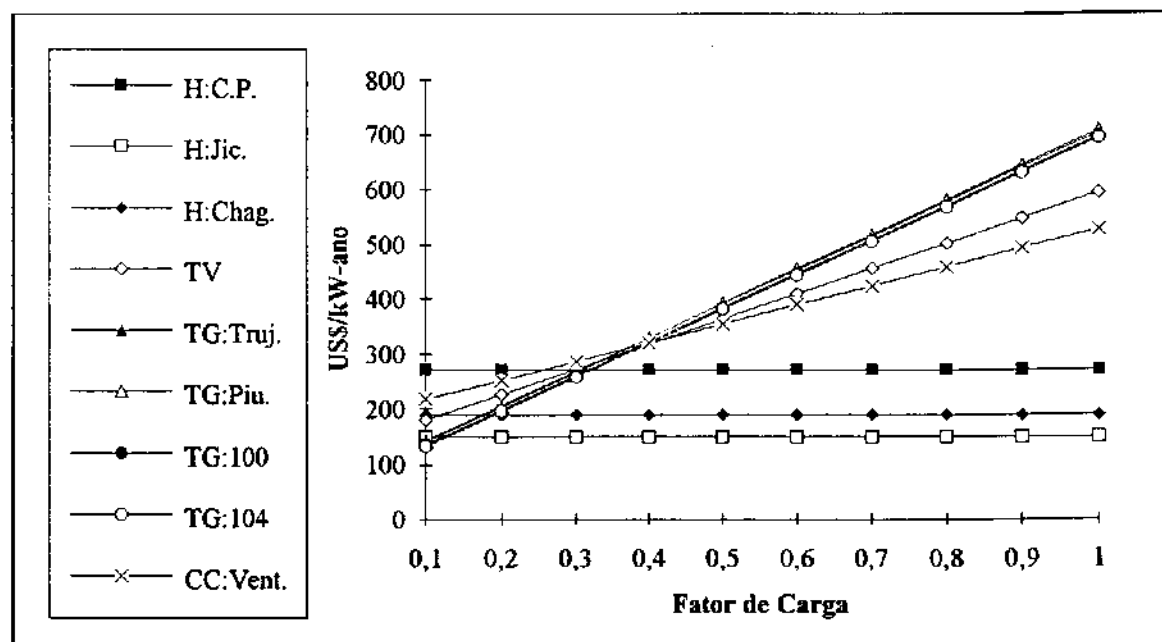
(*) Estrutura segundo dados da CTE para 1991.

Tabela 6.1: Opções de Geração de Eletricidade no SICN até o ano 2007

| | Ano de Ingresso | Potência (MW) | Custo (US\$/kW) |
|---------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|
| Hidro: Ampliação Cañon del Pato | 1999 | 60 | 2.187 |
| Hidro: Jicamarca | 2000 | 104 | 1.203 |
| Hidro: Chaglla | 2003 | 440 | 1.525 |
| Turbo Vapor (TV) - Lima | 2002 | 150 | 1.000 |
| Turbina Gás (TG) - Trujillo | 1995 | 30 | 606 |
| Turbina Gás (TG) - Piura | 1996 | 30 | 584 |
| Turbina Gás (TG) - Lima | 2001 | 100 | 550 |
| Turbina Gás (TG) | 2007 | 104 | 529 |
| Ciclo Combinado (CC) - Lima | 1998 | 100 | 1.362 |

Fonte: "Plan Referencial de Electricidad 1993", Ref. M-3.

Figura 6.1: Variação dos Custos Totais de Potência segundo o Fator de Carga (Programa de Equipamento até 2007)



Nota:

1. A Figura permite observar como alternativa de menor custo de operação as usinas hídricas, sendo a usina de Jicamarca a que apresenta maior competitividade com as usinas térmicas para fatores de carga maiores que 0,15 (aproximadamente).
2. As Turbinas a Gás apresentam maior competitividade para níveis de baixo fator de carga, sendo que a Turbina a Gás de 104MW, cujo ingresso está previsto para 2007 é a que tem menor custo.

Considerando o nível de eficiência destas usinas, vida útil e custos de combustível, foi possível estabelecer, para diferentes fatores de carga de operação, os custos de operação anualizados, segundo a potência de cada usina de geração. A partir destes resultados foi possível construir a Figura 6.1 que resume o comportamento das mesmas. Os resultados específicos destas primeiras avaliações são apresentados no Anexo F.1.

Seguidamente, foram avaliadas as oportunidades de substituição tecnológica em iluminação para os setores analisados sobre a base dos resultados apresentados no capítulo anterior.

Desta forma, no SR, foi comparada a introdução de Lâmpadas Fluorescentes Compactas Prismáticas (LFCp) e Lâmpadas Fluorescentes Circulares (LFC) por Lâmpadas Incandescentes (LI) de 100W.

No caso do SC foi avaliada a introdução de LFCp e Lâmpadas Fluorescentes Trifósforo de 18W (LFT18) por LI de 100W, além da introdução de Lâmpadas Fluorescentes Trifósforo de 36W (LFT36) por Lâmpadas Fluorescentes convencionais de 40W.

Para IP foi proposta a introdução de Lâmpadas de Vapor de Mercúrio de 125W(VHg125) (6.300lm) por Lâmpadas de Luz Mista de 250W (LM250) (5.500lm); Lâmpadas de Vapor de Mercúrio de 250W e 400W (VHg250, VHg400) (13.500, 23.000 lm) e Vapor de Sódio 150W (VNa150) (14.500lm) por Lâmpadas de Luz Mista de 500W (LM500)(14.000lm); VNa150W (14.500lm) e VNa210 (18.000lm) por VHg250 (13.500lm); VNa250 (27.500lm) e VNa350 (34.000 lm) por VHg400 (23.000lm).

Considerando que as medidas de promoção apresentadas na Alternativa 2A, podem ser viáveis de serem obtidas, foram considerados prioritariamente estes critérios para a avaliação conjunta de oportunidades. Portanto, a análise considera, preços reduzidos em 30% das tecnologias LFCp e LFT (retirado 18% de imposto sobre as vendas, 4% de gastos de alfândega e, 8% de descontos por economia de escala e eliminação de intermediários), dados de laboratório que foram obtidos como parte dos testes realizados no laboratório do IEE, além dos resultados das pesquisas que, sobre tecnologias de iluminação pública, realizada pela ELL em laboratórios da França.

Neste contexto, e considerando os parâmetros de potência, horas de uso, vida útil, preços, custos de mão de obra, manutenção e as estruturas de utilização de LI e LF pelo cliente típico residencial, em função de estudos realizados pela ELL (Tabela 6.2), foram avaliados os custos anualizados das tecnologias (fazendo estas comparáveis entre si), os custos de energia economizada, as reduções de demanda (média e de ponta), custo anual da potência economizada e o fator de efetividade do custo. O resumo de resultados da análise é apresentada na Tabela 6.3. O detalhamento destes cálculos é apresentado no Anexo F.1.

Tabela 6.2: Proporção de Utilização de Lâmpadas no SR

| Lapso horário | | LI | LF | Ponderado |
|----------------|----|--------|--------|-----------|
| 0 | 6 | 11,18% | 3,58% | 10,42% |
| 6 | 9 | 15,25% | 15,37% | 15,26% |
| 9 | 12 | 2,87% | 6,50% | 3,23% |
| 12 | 18 | 9,74% | 12,15% | 9,98% |
| 18 | 22 | 85,18% | 66,35% | 83,30% |
| 22 | 24 | 46,31% | 26,72% | 44,35% |
| Ponderado >>>> | | 25,55% | 19,95% | 24,99% |

Fonte : Electro Lima.

Ante a existência de incertezas nas informações de custos de manutenção e mão-de-obra, à diferença do Capítulo 5 em que se consideraram algumas informações informais (pouco interesse por parte da empresa distribuidora para fornecer este tipo de informação), se fez uma estimativa destes custos em função da comparação de informações com dados do Brasil e do Equador.

Segundo os resultados da Tabela 6.3, designam-se ordens de prioridade para cada opção avaliada. Este ordenamento é dado pela magnitude do custo de energia economizada e pelo fator de efetividade de custo, segundo ordem crescente. Os custos de energia economizada correspondem às economias em potência durante o tempo de utilização das tecnologias. O Fator de Efetividade do Custo representa a participação do custo anualizado de potência economizada da tecnologia de iluminação introduzida em relação ao custo anual de operação da usina equivalente, segundo critério do fator de conservação de carga.

Tabela 6.3: Resumo de Resultados Econômico-Energéticos dos Programas de Racionalização

| | Substituição | Custos Evitados (US\$/ano) | Custo Total Anual (US\$/ano) | Energia Economizada (kWh/ano) | Custo da Energia Economizada (US\$/MWh) | Redução da Demanda de Pico (W) | Redução da Demanda Média (W) | Custo Anual p/kW Economizado (US\$/kW-ano) | Fator de Efetividade do Custo |
|----|---------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--|-----------------------------------|---------------------------------|---|-------------------------------|
| SR | LFCp x LI | 0,47 | 2,17 | 87,27 | 24,9 | 67,9 | 20,4 | 65,34 | 0,44 |
| SR | LFC x LI | 0,47 | 1,01 | 58,8 | 17,1 | 45,7 | 13,7 | 45,05 | 0,30 |
| SC | LFCp x LI | 1,20 | 4,37 | 232,72 | 18,8 | 79,7 | 27,0 | 54,82 | 0,37 |
| SC | LFT18 x LI | 1,20 | 2,00 | 216,25 | 9,2 | 74,1 | 25,0 | 26,96 | 0,18 |
| SC | LFT36 x LF | 10,10 | 0,67 | 221,92 | 3,0 | 76,0 | 25,0 | 8,79 | 0,06 |
| IP | VHg125xLM250 | 16,91 | -4,52 | 547,5 | -8,3 | 125,0 | 63 | -36,2 | -0,24 |
| IP | VHg250xLM500 | 24,67 | -1,99 | 1.073,1 | -1,9 | 245,0 | 123 | -8,1 | -0,05 |
| IP | VHg400xLM500 | 24,67 | 1,91 | 438,0 | 4,4 | 100,0 | 50 | 19,1 | 0,13 |
| IP | VNa150xLM500 | 24,67 | 1,84 | 1.594,3 | 1,2 | 364,0 | 182 | 5,1 | 0,03 |
| IP | VNa210xLM500 | 24,67 | -0,88 | 1.270,2 | -0,7 | 290,0 | 145 | -3,0 | -0,02 |
| IP | VNa150xVHg250 | 22,68 | 3,83 | 521,2 | 7,3 | 119,0 | 60 | 32,2 | 0,22 |
| IP | VNa210xVHg250 | 22,68 | 1,11 | 197,1 | 5,6 | 45,0 | 23 | 24,7 | 0,17 |
| IP | VNa250xVHg400 | 26,58 | 2,05 | 652,62 | 3,1 | 149,0 | 75 | 13,8 | 0,09 |
| IP | VNa350xVHg400 | 26,58 | 0,39 | 219,0 | 1,8 | 50,0 | 25 | 7,8 | 0,05 |

Nota:

1. Considera um Fator de Carga de Conservação de 0,3 para o SR, 0,33 para o SC e 0,5 para IP.
2. Os Custos Evitados correspondem aos custos de capital anualizados da tecnologia substituída.
3. O Custo Total Anual é a diferença de custos de capital anualizados entre a tecnologia introduzida e a tecnologia substituída.
4. Os Custos de Energia economizada correspondem às economias em potência durante o tempo de utilização das mesmas.
5. A Redução de Demandas no Pico do diagrama de carga corresponde às potências economizadas em função do Fator de Carga de Conservação o mesmo que é função da coincidência de uso num período determinado, designado no diagrama de carga.
6. A Redução de Demanda Média corresponde ao total de energia economizada no ano pelo total de horas do ano.
7. O Custo Anual por kW Economizado corresponde à média anual do Custo de Energia Economizada segundo o fator de conservação de carga respectivo.
8. O Fator de Efetividade do Custo representa a relação do Custo Anual por kW Economizado e a opção de geração elétrica de competição correspondente, segundo o fator de carga de conservação de cada substituição. Este critério permite obter um ordenamento de prioridades de substituição segundo a ordem crescente deste fator de efetividade de custo.
9. No caso exclusivo da IP os custos de capital não consideram o imposto sobre vendas (18%).

Foram analisados os potenciais de conservação para a Região Metropolitana de Lima. Estas análises foram realizadas para o ano base e para o ano horizonte. Assim, considerando dados setoriais do ano base foram estimados, tendencialmente, o consumo elétrico para fins de iluminação. Esta avaliação teve que ter em conta os resultados do método de projeção de cenários que são abordados na seguinte secção.

Adicionalmente, foi desenvolvido o estudo do potencial de energia para fins de iluminação que esteja sujeito a conservação. A estratégia de análise considera, para o caso do SR a introdução de 3 LFCp por cliente, substituindo similar quantidade de LI. A adoção desta medida surge como consequência dos resultados da avaliação econômica, apresentados no capítulo anterior, e às barreiras e o pouco sentido prático que apresentam as LFC neste tipo de substituição (pouca aceitação desta tecnologia em outro lugar que não seja a cozinha ou sala de jantar).

No caso do SC de maior porte, a medida prevê a penetração de grupos de 4 lâmpadas de LFT36 substituindo grupos de 5 lâmpadas LF de 40W por luminária, considerandose este esquema de substituição como o mais conveniente. No SC se menor porte, foi promovida a introdução de uma LFCp de 25 W, por cliente, em troca de uma LI de 100W.

Para a IP tentou-se promover uma substituição de tipo unitária, sobre as condições de conservação dos níveis de iluminância, admissão de uma margem de lâmpadas que precisem conservar o índice de reprodução da cor e, adicionalmente, foi necessário fazer uma estimação em relação ao número de pontos luminosos que não estariam participando no programa como consequência da existência de postes deteriorados ou com insuficiências de resistência mecânica ante uma possível troca da lâmpada com maior peso. Portanto, com estas considerações, estimou-se que 60%, 70%, 80% e 90% dos pontos luminosos de lâmpadas LM250W, LM500W, VHg250W, e VHg400W, respectivamente, encontram-se aptas para admitir processos substitutivos.

Neste contexto foi necessário realizar as projeções do número de clientes a fim de que estes resultados possam servir como variável explicativa para a realização das introduções tecnológicas, situação que foi resolvida em função da análise econométrica dos valores históricos de clientes e à relação com o nível de crescimento da população de Lima.

Com base nas anteriores premissas foram calculadas as parcelas de consumo de energia elétrica para cada opção tecnológica para o ano base e o ano horizonte, sendo estes resultados resumidos na Tabela 6.4. Adicionalmente, a Figura 6.2 ilustra os resultados numéricos das opções de substituição por tipo de tecnologia apresentados na Tabela 6.4.

Tabela 6.4: Parcela de Consumo de Energia segundo os Programas Propostos

| | Tecnologia Antiga | Tecnologia Nova | Consumo 1995 (GWh) | | Consumo 2007 (GWh) | | |
|------------|-------------------|-----------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|-------|
| | | | Convencional | Eficiente | Convencional | Eficiente | nGWh |
| S.Res. | Inc.100W | LFCp25W | 307,5 | 64,1 | 370,4 | 77,2 | 293,1 |
| S.Com. | Inc.100W | LFCp25W | 20,1 | 4,2 | 23,0 | 4,8 | 18,2 |
| | Fluor.40W | LFT36W | 12,8 | 9,0 | 14,6 | 10,2 | 4,4 |
| S.Ilu.Pub. | LM.250W | VHg125W | 108,1 | 54,0 | 167,7 | 83,9 | 83,9 |
| | LM.500W | VHG250W | 22,1 | 11,0 | 34,3 | 17,5 | 16,8 |
| | LM.500W | VNa210 | 22,1 | 9,3 | 34,3 | 14,4 | 19,9 |
| | LM.500W | VNa150 | 22,1 | 6,6 | 34,3 | 10,3 | 24,0 |
| | VHg.250W | VNa150 | 14,5 | 8,7 | 23,0 | 12,3 | 10,7 |
| | VHg.250W | VNa210 | 14,5 | 12,2 | 23,0 | 18,9 | 4,1 |
| | VHg.400W | VNa250 | 11,5 | 7,2 | 17,8 | 11,2 | 6,6 |
| | VHg.400W | VNa350 | 11,5 | 10,0 | 17,8 | 15,6 | 2,2 |

Notas:

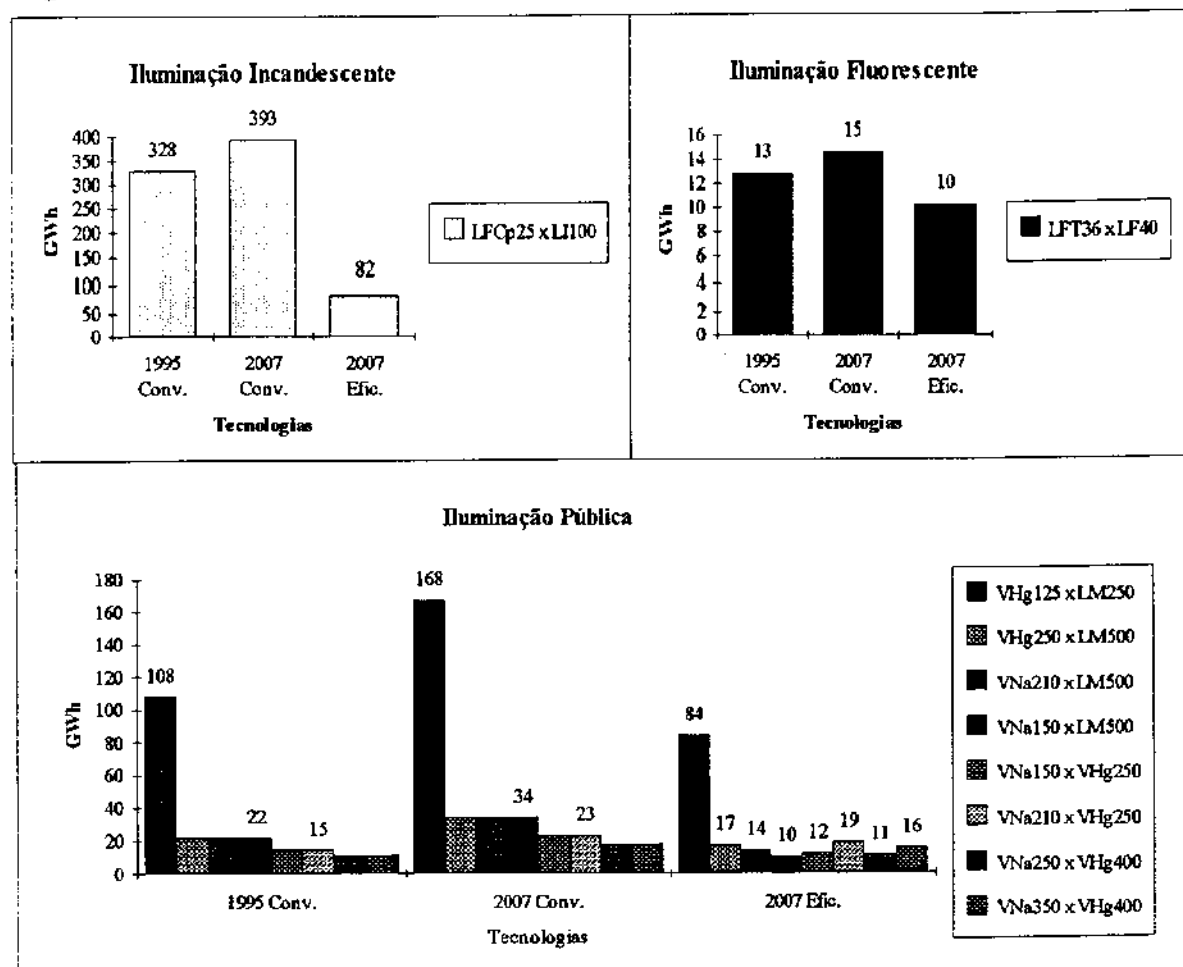
1. No caso das projeções da IP, não foram considerados níveis de perdas por setores devido à grande variação das mesmas, ainda que admitam-se médias, segundo a prática, de 15%.
2. nGWh = "nega GWh" correspondente à energia economizada.
3. Observa-se que as opções que mais energia permitem conservar é a introdução de LFCp por LI no SR e VHg250 por LM500 na IP.

Assim, em função dos resultados apresentados nas Tabelas 6.3, e 6.4 pode-se definir o ordenamento respectivo para cada substituição avaliada. Com exceção da introdução de LFCp no SR e SC, em que foram promovidas estas tecnologias por razões culturais, no caso da existência de várias possibilidades de substituição de uma mesma tecnologia optou-se por selecionar aquela que apresentasse o mínimo custo da energia conservada. Uma outra alternativa seria, a seleção da opção que apresentasse a maior quantidade de energia economizada.

Pelos resultados do custo de energia economizada e do fator de efetividade do custo para a IP, deduz-se que resulta mais conveniente a permanência da lâmpada de

VHg250 e somente possibilitar a introdução desta em substituição à lâmpada LM500W.

Figura 6.2: Projeção do Consumo de Energia Segundo Opção Tecnológica

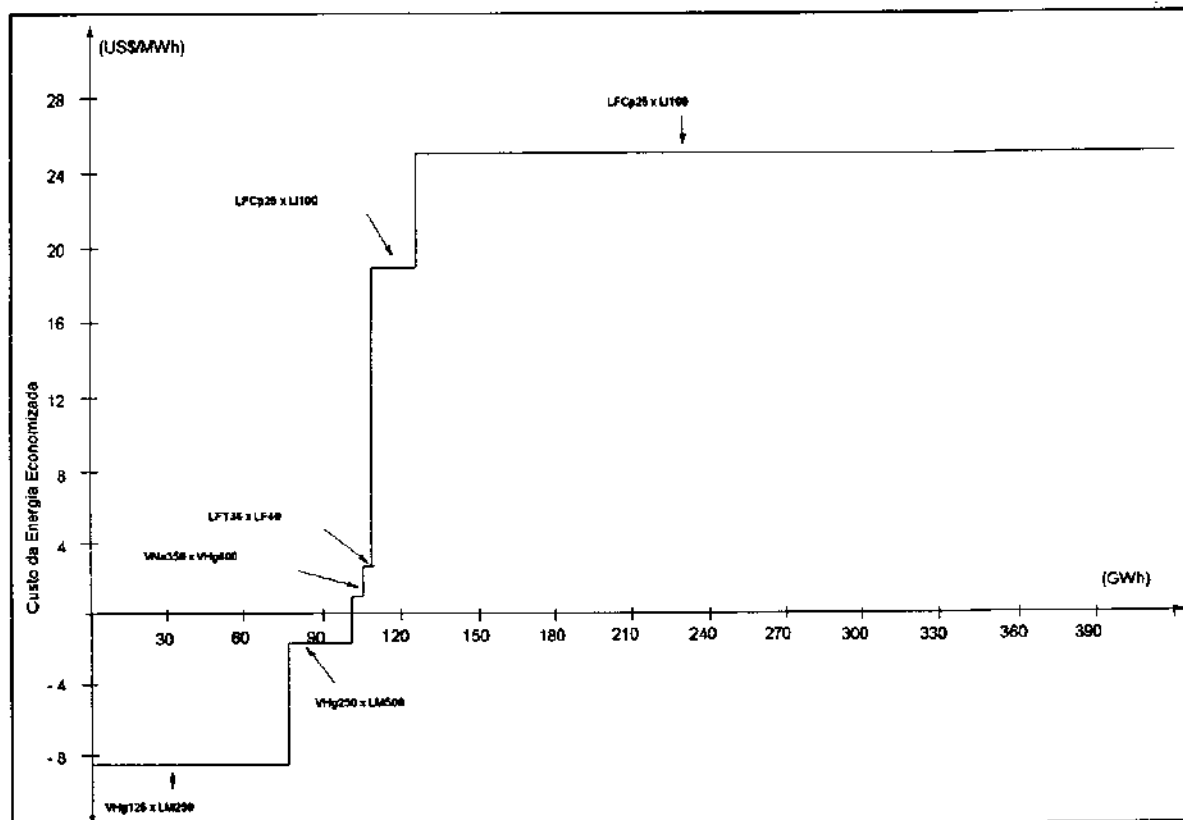


Notas:

1. A figura permite observar uma importante diminuição no consumo provável de 79% para o ano 2007, se se tomar medidas substitutórias em LI.
2. Também, pode-se observar uma diminuição de 31% no consumo de eletricidade para 2007 se se reemplazar LF comuns com LFT.
3. Em medidas de conservação, a opção de troca de VNa150 por LM500 permite poupar 50% da energia consumida por esta tecnologia no 2007.

A comparação de cada opção de racionalização e sua prioridade segundo o custo mínimo de energia economizada é ilustrada na Figura 6.3 (segundo a Alternativa 2A).

Figura 6.3: Priorização do Custo de Energia Economizada Segundo Opção de Substituição Tecnológica.

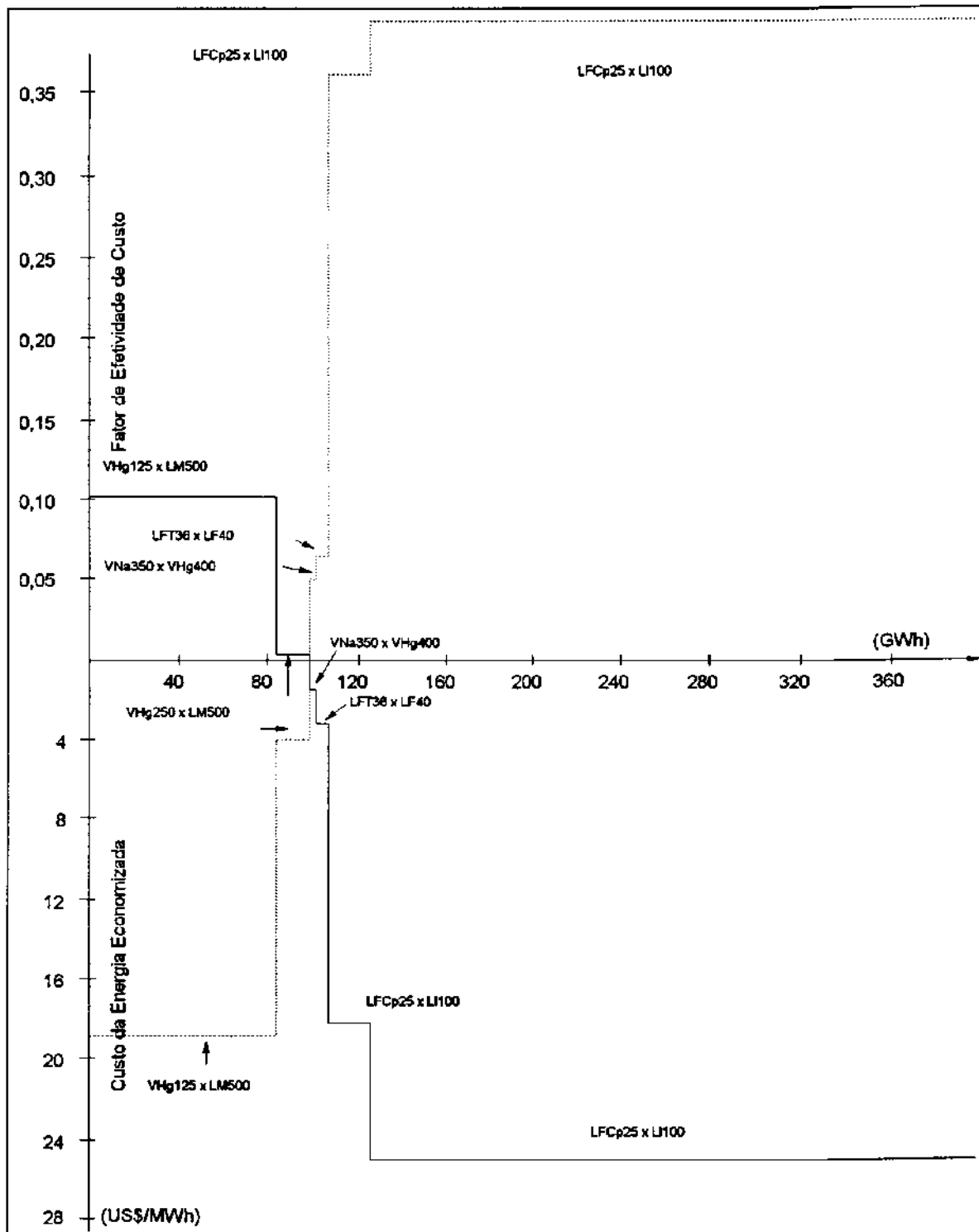


Nota:

1. Observa-se que não obstante o maior CEE a opção de substituição de LI100 x LFCp no SR apresenta maior intervalo de energia economizada (293 GWh).
2. Outra alternativa bastante atrativa resulta ser a substituição de LM250 x VH125, tanto por seu baixo CEE quanto pela magnitude da energia economizada (84 GWh).
3. Os valores negativos do CEE correspondem a tecnologias eficientes com menor custo de capital que as tecnologias substituídas.
4. A diferença das áreas positiva e negativa demarcada pela curva de CEE representa o total de capital adicional necessário para realizar todas as medidas de racionalização por ano. Neste caso o investimento anual é de US\$ 6.764 milhões, para um total economizado de 419 GWh e uma potência economizada de 115 MW, considerando um fator de carga de 0,41, no ano horizonte.
5. A potência de conservação estimada é comparável com o investimento da usina TG de 100 MW para Lima com um programa de inversão de 30 milhões de dólares prevista para o ano 2000.

Adicionalmente, o Diagrama de Recursos Cumulativos apresentado na Figura 6.4, ilustra a aplicabilidade do Fator de Efetividade de Custo (FEC) que denota a relação de economias com as curvas de fornecimento das diferentes usinas que ingressem no decorrer do tempo, para um total de energia liberada ou poupada de 419 GWh.

Figura 6.4: Diagrama Cumulativo de Recursos de Oferta e Demanda segundo o Fator de Efetividade de Custo.



Notas:

1. - - - - Fator de Efetividade do Custo
2. _____ Custo de Energia Economizada (conservada)

Tabela 6.5 Resumo de Resultados da Avaliação Integrada de Alternativas ao ano Horizonte

| Tecnolog. Eficientes | LFCp | LFc | LFCp | LFT18 | LFT36 | VHg25 | VHg250 | VHg400 | VNa150 | VNa150 | VNa250 | VNa210 | VNa210 | VNa350 |
|---|-----------|-----------|----------|----------|---------|----------|----------|---------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|
| Parâmetros | | | | | | | | | | | | | | |
| Custo não Energético (US\$/ano) | 2,6 | 1,5 | 5,6 | 3,2 | 10,8 | 12,4 | 22,7 | 26,6 | 26,5 | 26,5 | 28,6 | 23,8 | 23,8 | 27,0 |
| No de lâmpadas | 3.358.752 | 3.358.752 | 78.069 | 78.069 | 78.800 | 153.167 | 15.653 | 10.164 | 20.586 | 20.586 | 10.164 | 20.586 | 20.586 | 10.164 |
| Total Custo de Capital (10 ³ US\$/ano) | 8.866,1 | 4.963,6 | 434,7 | 249,5 | 848,1 | 1.897,0 | 355,0 | 270,1 | 545,8 | 545,8 | 291,0 | 489,7 | 489,7 | 274,1 |
| Consumo de Energia (GWh/ano) | 77,2 | 172,9 | 4,8 | 6,1 | 10,2 | 83,9 | 17,5 | 17,8 | 12,3 | 12,3 | 11,2 | 18,9 | 18,9 | 15,6 |
| Faturamento (10 ³ US\$/ano) | 6.086,1 | 13.621,2 | 377,2 | 478,5 | 717,3 | 6.775,8 | 1.412,6 | 1.438,8 | 990,8 | 990,8 | 902,9 | 1.529,9 | 1.529,9 | 1.259,0 |
| Total gastos anuais (10 ³ US\$/ano) | 14.952,2 | 18.584,8 | 812,0 | 728,0 | 1.565,4 | 8.672,8 | 1.767,7 | 1.709,0 | 1.536,6 | 1.536,6 | 1.193,8 | 2.019,7 | 2.019,7 | 1.533,1 |
| Tecnolog. Antiga | LI | LI | LI | LI | LF | L.Mista | L.Mista | L.Mista | L.Mista | VHg250 | VHg400 | L.Mista | VHg250 | VHg400 |
| Custo não Energético (US\$/ano) | 0,5 | 0,5 | 1,2 | 1,2 | 10,1 | 16,9 | 24,7 | 24,7 | 24,7 | 22,7 | 26,6 | 24,7 | 22,7 | 26,6 |
| No de lâmpadas | 3.358.752 | 3.358.752 | 78.069 | 78.069 | 98.500 | 153.167 | 15.653 | 10.164 | 20.586 | 20.586 | 10.164 | 20.586 | 20.586 | 10.164 |
| Total Custo de Capital (10 ³ US\$/ano) | 1.577,5 | 1.577,5 | 93,6 | 93,6 | 994,4 | 2.589,5 | 386,1 | 250,7 | 507,8 | 466,9 | 270,1 | 507,8 | 466,9 | 270,1 |
| Consumo de Energia (GWh/ano) | 370,4 | 370,4 | 23,0 | 23,0 | 14,6 | 167,7 | 34,3 | 22,3 | 45,1 | 23,0 | 17,8 | 45,1 | 23,0 | 17,8 |
| Faturamento (10 ³ US\$/ano) | 29.184,2 | 29.184,2 | 1.808,9 | 1.808,9 | 1.023,5 | 13.551,6 | 2.769,9 | 1.798,5 | 3.642,7 | 1.857,8 | 1.438,8 | 3.642,7 | 1.857,8 | 1.438,8 |
| Total gastos anuais (10 ³ US\$/ano) | 30.761,7 | 30.761,7 | 1.902,5 | 1.902,5 | 2.017,9 | 16.141,1 | 3.156,0 | 2.049,3 | 4.150,5 | 2.324,7 | 1.709,0 | 4.150,5 | 2.324,7 | 1.709,0 |
| Matriz de Diferencias | | | | | | | | | | | | | | |
| Total Custo não Energ. (10 ³ US\$/ano) | 7.288,6 | 3.386,1 | 341,1 | 155,9 | -146,3 | -692,5 | -31,1 | 19,4 | 38,0 | 78,8 | 20,8 | -18,0 | 22,8 | 4,0 |
| Consumo de Energia (GWh/ano) | -293,1 | -197,5 | -18,2 | -16,9 | -4,4 | -83,9 | -16,8 | -4,5 | -32,8 | -10,7 | -6,6 | -26,1 | -4,1 | -2,2 |
| Faturamento (10 ³ US\$/ano) | -23.098,1 | -15.563,0 | -1.431,7 | -1.330,4 | -306,2 | -6.775,8 | -1.357,2 | -359,7 | -2.651,9 | -867,0 | -536,0 | -2.112,8 | -327,8 | -179,9 |
| Total gastos anuais (10 ³ US\$/ano) | -15.809,5 | -12.176,9 | -1.090,6 | -1.174,5 | -452,5 | -7.468,3 | -1.388,3 | -340,3 | -2.613,9 | -788,1 | -515,1 | -2.130,8 | -305,0 | -175,9 |

Nota: Os custos de capital anulizados para a IP não incluem IGV // Considera uma taxa de crescimento de tecnologias semelhante à taxa de crescimento da oferta de energia

Tarifa Marginal

| | |
|----------------------------|-----------------|
| Tarifa residencial: | 0,0788 US\$/kWh |
| Tarifa Com. Menor Porte: | 0,0788 US\$/kWh |
| Tarifa Com. Maior Porte: | 0,0701 US\$/kWh |
| Tarifa de Iluminação Púb.: | 0,0808 US\$/kWh |

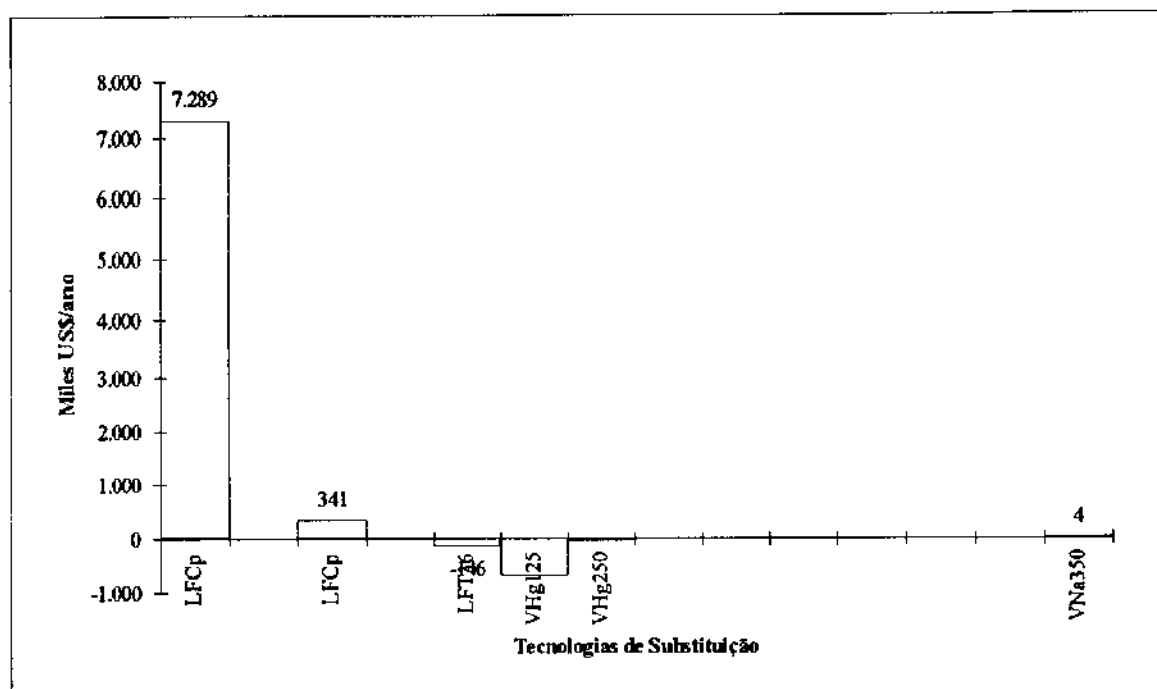
Resumo de Oportunidades de Racionalização ao ano Horizonte

| Tecnologia substituinte >>> | LFCp | LFc | LFCp | LFT18 | LFT36 | VHg25 | VHg250 | VHg400 | VNa150 | VNa150 | VNa250 | VNa210 | VNa210 | VNa350 | TOTAIS | | | | |
|--|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|----------|--------|
| Tecnologia substituída >>> | LI100 | LI100 | LI100 | LI100 | LF40 | LM250 | LM500 | LM500 | LM500 | VHg250 | VHg400 | LM1500 | VHg250 | VHg400 | Res. | Com. | LP. | T. Setor | |
| Total Custo não Energ. (10 ³ US\$/ano) | 7.289 | | 341 | | -146 | -693 | -31 | | | | | | | | 4 | 7.289 | 195 | -720 | 6.764 |
| Redução no Consumo de Energia (GWh/ano) | 293 | | 18 | | 4 | 84 | 17 | | | | | | | | 2 | 293 | 23 | 103 | 419 |
| Reduq. no Faturamento (10 ³ US\$/ano) | 23.098 | | 1.432 | | 306 | 6.776 | 1.357 | | | | | | | | 180 | 23.098 | 1.738 | 8.313 | 33.149 |
| Total reduq. de gastos anuais (10 ³ US\$/ano) | 15.810 | | 1.091 | | 453 | 7.468 | 1.388 | | | | | | | | 176 | 15.810 | 1.543 | 9.032 | 26.385 |
| Prioridade pelo CEE >>> | 14 | 12 | 13 | 11 | 6 | 1 | 2 | 8 | 4 | 10 | 7 | 3 | 9 | 5 | | | | | |
| Prioridade pelo FCC >>> | 14 | 12 | 13 | 10 | 6 | 1 | 2 | 8 | 4 | 11 | 7 | 3 | 9 | 5 | | | | | |

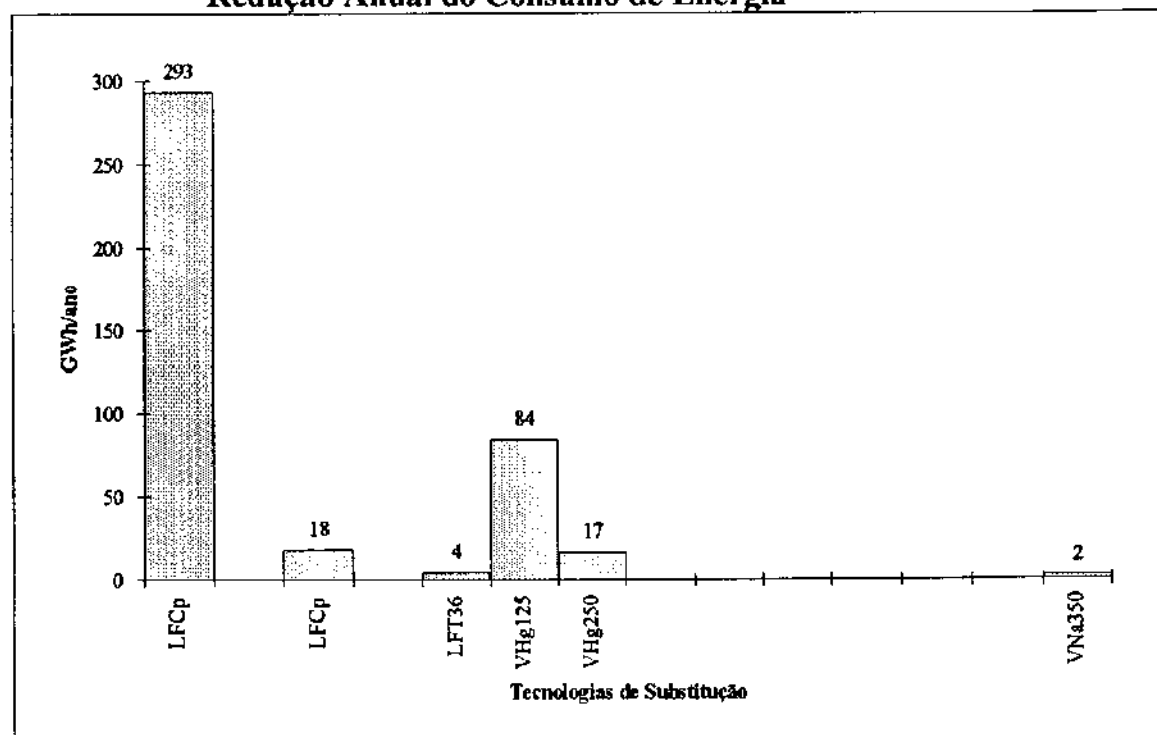
Nota: Considera Tarifa Marginal

| | |
|------------------------|--------|
| Economias em Potência: | 115 MW |
| FC: | 0,41 |

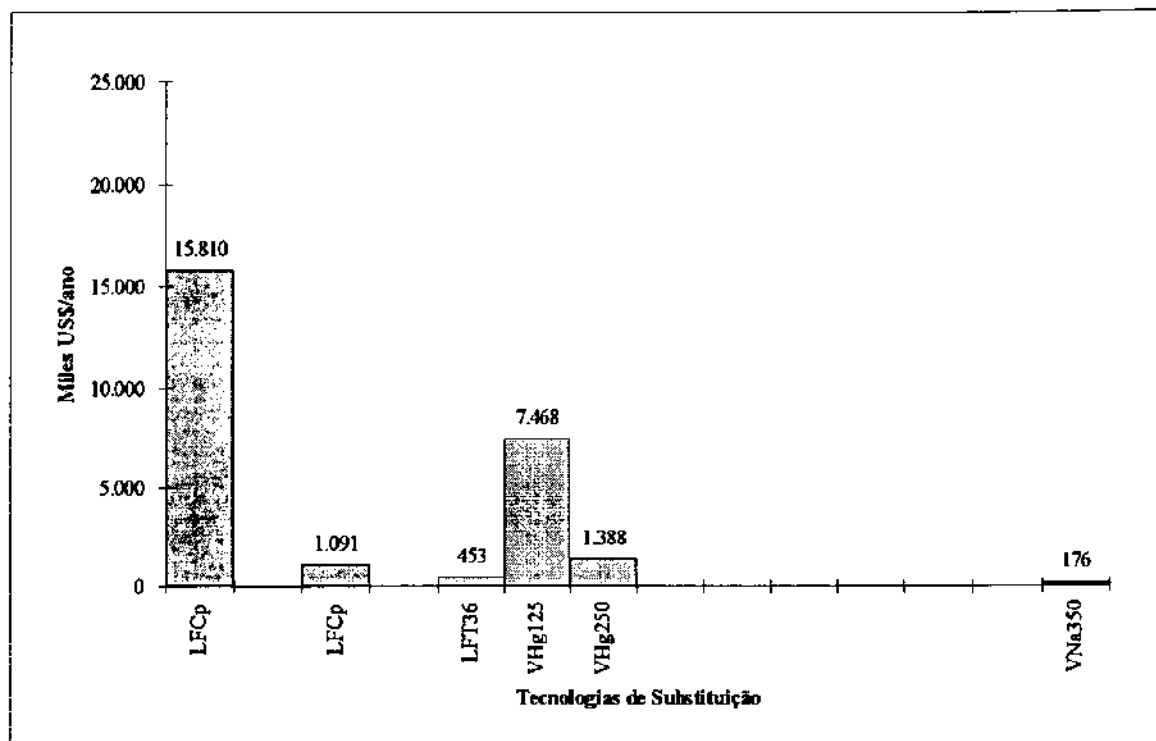
**Figura 6.5: Programa de Substituições:
Diferença Anual nos Custos não Energéticos**



**Figura 6.6: Programa de Substituições:
Redução Anual do Consumo de Energia**



**Figura 6.7: Programa de Substituições:
Total de Economias Anuais**



O resumo de resultados da avaliação integrada de alternativas para o esquema tarifário marginal para o ano horizonte é apresentado na Tabela 6.5. Também, as Figuras 6.5, 6.6 e 6.7 ilustram os benefícios que poderiam ser obtidos de se viabilizar os programas propostos.

Por outro lado, ao se promover a penetração de lâmpadas de tipo fluorescente deve-se ter presente a penetração de uma quantidade correspondente de poluente no ambiente. Assim, as lâmpadas fluorescentes, enquanto intactas, não oferecem riscos para o manuseio; mas quebradas, liberam um conteúdo tóxico de metais pesados, especialmente o mercúrio. A substância contamina o solo e chega a rios e reservatórios de água, que pode ser empregada na irrigação ou como água potável, levando, dessa forma o mercúrio até os animais e ao próprio homem, podendo afetar o sistema nervoso central e provocando problemas genéticos.

Estima-se que a contribuição média de lâmpadas fluorescentes descartadas é de 15 mg de mercúrio por lâmpada (MOGAMI S., 1993; Ref. M-16), para uma

promoção aproximada de 70 mil LFT e 3 milhões de LFC que se estão tentando penetrar.

Não só as lâmpadas fluorescentes contêm mercúrio, mas todas as lâmpadas de descarga, como as halógenas, vapor de sódio de alta pressão, mistas e as de vapor de mercúrio.

A opção da reciclagem ajuda a reduzir a quantidade do resíduo no ecossistema e diminui a necessidade de extração de matéria-prima. A reciclagem do mercúrio das LFs é uma medida temporária até que sejam inventadas alternativas livres da substância e com baixo consumo de energia. Neste sentido, provavelmente, deva-se incrementar aos custos de capital uma percentagem adicional por reciclagem das tecnologias. Alguns custos de reciclagem de LFs nos E.U.A. vão desde 0,34 US\$ até 0,83 US\$, para lâmpadas de até 1,20 m. Outro dado, corresponde ao caso brasileiro de 0,68 US\$ por tubo de 1,20 m, permitindo a recuperação do vidro e o mercúrio, ou seja, cerca de 30% do preço de uma lâmpada nova (MOGAMI S., 1993; Ref. M-16).

6.2 Cenários de Projeção

As representações da realidade, num sentido amplo, estão vinculadas à modelização de sistemas.

Estes sistemas foram tradicionalmente projetados do lado da oferta mediante esquemas econométricos que traduziam comportamentos históricos muitas vezes carregados de ineficiências.

Os modelos de usos finais são utilizados na projeção do consumo de energia sob hipóteses de evolução de seus requerimentos energéticos ligados à socio-economia, de modificações tecnológicas e do contexto de oferta das diversas fontes (DE ARAUJO J.L., 1988; Ref. A-1).

Assim, um cenário é uma projeção condicional da evolução de um sistema e seu pressuposto de base é que existem vários futuros viáveis e qualitativamente distintos, segundo opções políticas do decisor e segundo fatores que escapam a seu controle. Em resumo, um estudo de cenários procura organizar a incerteza, investigando alternativas e políticas e/ou avaliar estratégias em contexto incerto (DE ARAUJO J.L., 1988; Ref. A-1).

Neste sentido, procurou-se optar por uma metodologia que escapará no possível de representatividades passadas e que considerara outras opções como o "desejo" das quantidades consumidas, a possível evolução tecnológica com base na informação mais recente.

A filosofia da metodologia proposta considera que existe, ao ano base, uma quantidade determinada de lúmens (Glm/ano) que são aproveitados pelos consumidores, quantidade que se considera, como premissa, cumpre com o conforto necessário pelas pessoas. Considerando uma evolução futura da sociedade para o ano horizonte e que durante tal período não mudaram as eficácias médias de luminosidade (cenário de eficiência congelada), existe uma nova quantidade luminosa para o ano horizonte que são utilizados, a mesma que permanece constante para cada cenário, mudando somente os níveis de eficácia segundo o tipo de projeção e a quantidade de energia utilizada.

Sobre esta base, serviram para as quantificações, as informações correspondentes ao consumo elétrico de Lima para ao ano 1991, evolução do número de clientes, quantidade e tipo de lâmpadas que são usadas para a IP, informação da estrutura de participação da iluminação que apresenta o Balanço Energético Consolidado (BEC) e informação tecnológica atualizada.

Os dados sobre consumo energético correspondentes ao ano base 1995, foram estimados em função ao crescimento da oferta que considera o Plano Referencial de Eletricidade. A medida considera que a curto prazo as mudanças no crescimento elétrico para fins de iluminação experimenta poucas modificações.

Paralelamente, o ano 2007 foi considerado como ano horizonte de projeção na medida que este ano é considerado de referência limite nos programas de expansão da geração e transmissão do sistema elétrico de curto e médio prazo.

Para os fins deste capítulo foram avaliados exclusivamente setores: iluminação residencial, comércio e pública; não sendo possível uma maior abertura de avaliação como consequência de distorções na estrutura de dados estatísticos das empresas de serviço público e na estrutura de uso final BEC, além da falta de informação do comportamento de uso final da iluminação no diagrama de carga que possa trazer maiores luzes sobre a simultaneidade de uso dos clientes.

6.2.1 Cenário de Eficiência Congelada

O cenário de eficiência congelada considera os mesmos padrões de comportamento do sistema no ano base para o futuro. Isto é, não há ganhos de eficiência e os consumos específicos se mantêm iguais ao ano base.

Segundo foi assinalado na anterior seção, este cenário considera a manutenção do nível de eficácia luminosa média por cliente até o ano horizonte. Paralelamente, foi necessário realizar a projeção dos clientes da empresa elétrica segundo setor (SR e SC), tendo-se presente para isto, um análises econométrico condicionado à evolução da população de Lima.

A partir destes critérios foi elaborada a Tabela 6.6 que apresenta os requerimentos de energia elétrica para o uso iluminação segundo um congelamento das eficácias luminosas para o ano horizonte.

Tabela 6.6: Projeção dos Requerimentos de Energia Elétrica para Iluminação: Cenário de Eficiência Congelada.

| | Consumo | | Fator de Penetração | | Consumo por Tecnol. | | Luminosidade (Glm-h/ano) | | Total | Eficácia |
|--|------------------|--|---------------------|-------------|---------------------|---------------|--------------------------|----------|----------------------|--------------|
| | Iluminação (GWh) | | Incand (%) | Fluores (%) | Incand (GWh) | Fluores (GWh) | Incand | Fluores | Luminosidade (Glm-h) | Media (lm/W) |
| SR | 400,1 | | 0,9 | 0,1 | 360,1 | 40,0 | 4.609,2 | 2.440,6 | 7050 | 17,6 |
| SC | 131,8 | | 0,166 | 0,834 | 21,9 | 109,9 | 280,0 | 6.705,2 | 6985 | 53,0 |
| IP | 294,2 | | | | | | | | 10878 | 37,0 |
| Resultados Ano Horizonte (2007) | | | | | | | | | | |
| SR | 618,7 | | 0,9 | 0,1 | 556,9 | 61,9 | 7.128,0 | 3.774,4 | 10902 | 17,6 |
| SC | 203,8 | | 0,166 | 0,834 | 33,8 | 170,0 | 433,1 | 10.369,5 | 10803 | 53,0 |
| IP | 455,0 | | | | | | | | 16823 | 37,0 |

6.2.2 Cenário Tendencial

Este cenário assume um aumento da eficácia natural e de uma evolução tecnológica dentro das expectativas. Assim, o aumento da eficiência é considerado natural, decorrente de uma evolução tecnológica natural dos equipamentos colocados no mercado. O aumento na penetração das tecnologias mais eficientes é devido à troca de equipamentos no fim da vida útil deles e ao crescimento vegetativo

do número de ligações em cada estrato. Programas ou incentivos de conservação de energia são inexistentes.

Sobre a evolução tecnológica média, tem-se oportunidades bastante alentadoras a nível mundial. Assim, no caso das lâmpadas incandescentes (LI), a introdução de lâmpadas a gás de criptônio no médio prazo poderá incrementar a eficácia desta tecnologia em +7%. No caso das lâmpadas fluorescentes (LF), no mundo tem-se perspectivas para poder introduzir LF com halofosfato de fósforo com 75 lm/W, quantidade que representa uma melhoria de 19% em relação às atuais LF. Paralelamente, em relação à IP, segundo parece, o melhoramento cada vez maior das lâmpadas a vapor de mercúrio terá de acontecer no seguintes anos.

No caso peruano, historicamente tem-se comprovado que os níveis de eficiência média da eficiência luminosa tem evoluído muito. Neste sentido foram estimados melhoramentos da mesma, em relação aos níveis apresentados no cenário de eficiência congelada, em ordens de 2%, 4% e 9%, respectivamente para o SR, SC e IP.

Conseqüentemente, pôde-se estimar o consumo elétrico necessário por cada setor para fins de Iluminação. Desta forma, os resultados da projeção para este cenário são apresentados na Tabela 6.7

Tabela 6.7: Projeção dos Requerimentos de Energia Elétrica para Iluminação: Cenário Tendencial.

| | Consumo Iluminação (GWh) | Fator de Penetração | | Consumo por Tecnolog. | | Luminosidade (Glm-h-ano) | | Total Luminosidade (Glm-h) | Eficácia Media (lm/W) |
|----|--------------------------------|---------------------|----------------|-----------------------|------------------|--------------------------|----------|----------------------------------|-----------------------------|
| | | Incand (%) | Fluores (%) | Incand (GWh) | Fluores (GWh) | Incand | Fluores | | |
| SR | 606,6 | 0,85 | 0,15 | 515,6 | 91,0 | 7.128,0 | 3.774,4 | 10902 | 18,0 |
| SC | 196,0 | 0,14 | 0,86 | 27,4 | 168,5 | 433,1 | 10.369,5 | 10803 | 55,1 |
| IP | 413,6 | | | | | | | 16823 | 40,7 |

6.2.3 Cenário Eficiente ou "Potencial Técnico"

Este cenário considera o uso dos equipamentos mais eficientes disponíveis em cada ano para substituição dos obsoletos e para satisfazer o crescimento vegetativo.

Como premissas, no caso das LI conhece-se, melhoria da eficácia máxima desta tecnologia pela introdução de lâmpadas gás de criptônio com +20% de eficiência. Adicionalmente, sabe-se que as LF com halofosfato de fósforo no longo prazo poderiam penetrar nos setores correspondentes com níveis de 80 lm/W, quantidade que representa um melhoramento de 24% em relação às atuais LF. No referente a IP, valores de eficiência referentes máximos são considerados pela "Illuminating Engineering Society of North America" (IES) correspondentes ao mercado norteamericano.

Com estas considerações, para o caso peruano adotou-se melhorias máximas na eficácia média das tecnologias no ordem de atingimento de 14%, 17% e 32%, respectivamente para o SR, SC e IP.

A Tabela 6.8 apresenta os requerimentos de energia elétrica para o uso iluminação segundo a melhoria máxima da eficiência das tecnologias comprometidas no ano horizonte.

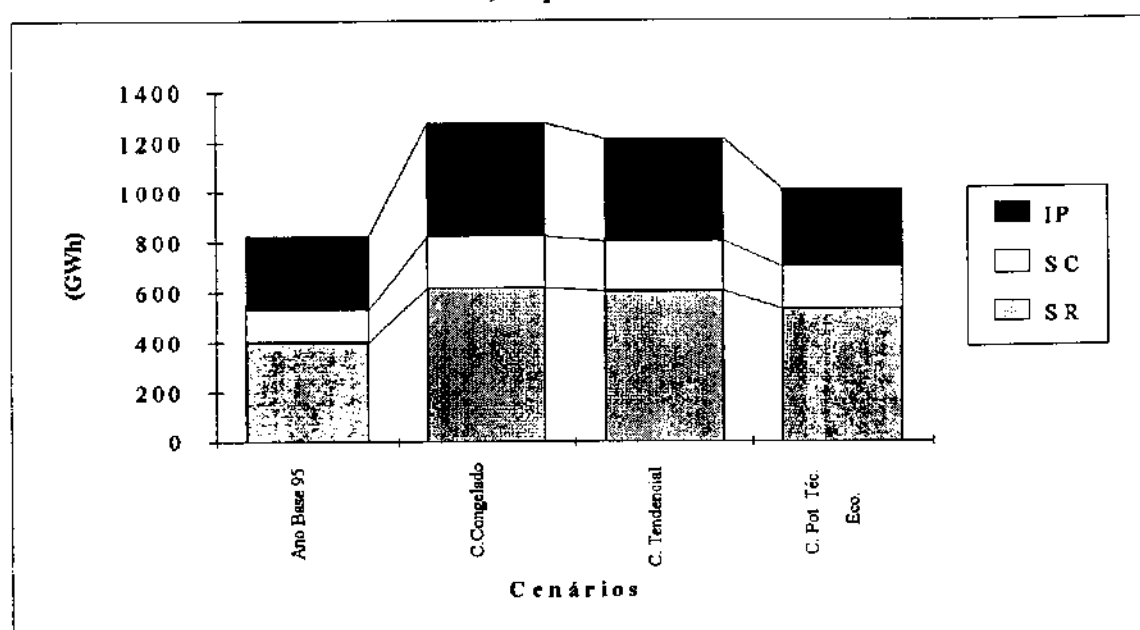
Tabela 6.8: Projeção dos Requerimentos de Energia Elétrica para Iluminação: Cenário Eficiente ou "Potencial Técnico".

| | Consumo Iluminação (GWh) | Fator de Penetração | | Consumo por Tecnol. | | Luminosidade (Glm-h-ano) | | Total Luminosidade (Glm-h) | Eficácia Media (lm/W) |
|----|--------------------------|---------------------|-------------|---------------------|---------------|--------------------------|----------|----------------------------|-----------------------|
| | | Incand (%) | Fluores (%) | Incand (GWh) | Fluores (GWh) | Incand. | Fluores. | | |
| | | | | | | | | | |
| SR | 531,8 | 0,85 | 0,15 | 452,0 | 79,8 | 7.128,0 | 3.774,4 | 10902 | 20,5 |
| SC | 169,3 | 0,14 | 0,86 | 23,7 | 145,6 | 433,1 | 10.369,5 | 10803 | 63,8 |
| IP | 310,5 | | | | | | | 16823 | 54,2 |

Os resultados destes cenários apresentam, de maneira geral, os limites de evolução do comportamento do uso da iluminação na Região Metropolitana de Lima para o SR, SC e IP.

Observa-se que o consumo total para fins de iluminação no cenário tendencial apresenta 5% a menos que o cenário de eficiência congelada. Paralelamente, esta mesma relação considerando o cenário técnico econômico é de 21% a menos que o cenário congelado. A Figura 6.8, esquematiza o crescimento do consumo elétrico para fins de iluminação nos três setores.

**Figura 6.8: Evolução do Consumo de Eletricidade para fins de Iluminação:
Cenários de Avaliação para 2007**



6.3 Conclusões

- As previsões de expansão da oferta de geração elétrica no médio prazo são principalmente de tipo térmico com a conseqüente diminuição de custos por potência instalada e maiores níveis tarifários.
- Observa-se que o total de alternativas de substituição propostas evidenciam custos de energia conservada baixos e que permitem competir com níveis tarifários até de tipo de geração hídrica.
- A substituição de lâmpadas de LM de 250W com VHg de 125W, sobre o total de medidas estudadas, constitui a alternativa mais atrativa, sem necessidade de investimentos permitindo a liberação de 84 GWh de energia em relação ao ano horizonte.

- A segunda medida em importância, pela não necessidade de investimentos, representa a substituição de lâmpadas de LM de 500W com VHg de 250W, permitindo a liberação de 16 GWh em energia em relação ao ano horizonte.
- Uma terceira alternativa, atrativa pelos níveis de energia liberada (293 GWh ao ano), é a substituição de LI de 100W por LFC de 25W par o SR, não obstante o forte nível de investimento anual de US\$ 5,6 milhões.
- Se se promover o total de opções selecionadas, é dizer, substituição de LI com LFCp no SR e SC, LF40 com LFT36 no SC; além de, LM250 com VHg125, LM500 com VHg250 e VNa350 com VHg400, obtese-ia economias no sistema de 419 GWh (equivalentes a 115MW de potência instalada no 2007), com um custo anual em não energéticos de US\$ 5,0 milhões (descontando os investimentos negativos da IP) e economias anuais por compra de energia e de investimento de US\$ 28,1 milhões, considerando tarifas marginais, ou US\$ 18,3 milhões anuais, considerando a tarifa média de 1993.
- Atualmente, existe uma restrição para a realização de projetos de melhoria da eficiência do uso da iluminação na IP como consequência da aplicação da nova Lei de Concessões Elétricas. A barreira que se fundamenta na propriedade da rede de distribuição da IP corresponde às empresas concessionárias e os pagamentos pela energia corresponde aos municípios. Ante esta situação e sendo o "negócio" das concessionárias de vender eletricidade, existiriam poucas iniciativas por parte das mesmas na procura da racionalização deste tipo de uso. Como resposta a CTE, na qualidade de regulador, tentou promover a eficiência no uso da IP, limitando a faturação permissível em 5% sobre o total de vendas da concessionária. Neste sentido, o mais provável, é que as concessionárias de distribuição tenham a tendência a atingir esta percentagem, sendo indiferente para maiores melhorias.
- Seriam aconselhadas análises de sensibilidade relativas aos dados assumidos; especialmente com relação ao Fator de Conservação de Carga (FCC) devido a precariedade dos dados das curvas de carga e participação da iluminação no SR e SC. Também, é aconselhável ter maior certeza sobre os custos de instalação e manutenção das tecnologias, especialmente no referente à IP.

- A projeção do consumo de energia para 2007 no uso iluminação para a Região Metropolitana de Lima e para o SR, SC e IP, tem como limite máximo 1.278 GWh (cenário congelado) e como limite mínimo 1.012 GWh (cenário potencial econômico), intervalo que representa uma diferença de 21%.
- A estimativa de "crescimento natural da eficiência" (cenário tendencial) considera um crescimento intermediário das necessidades de energia para iluminação de 1.216 GWh para o ano 2007, quantidade que representa uma diferença de 5% em relação ao cenário congelado.
- Se se aplicar todas as medidas de racionalização consideradas na avaliação integrada de alternativas de substituição para cada setor, estas representariam economias totais de 48%, 12% e 25%, respectivamente para o SR, SC e IP, durante o ano 2007, e em relação ao cenário tendencial.

Capítulo 7

Conclusões e Recomendações

Do Marco Introdutório

Durante os últimos anos, foram tomadas importantes decisões que mudaram o panorama macroeconômico do Peru, como resposta à crise pela qual atravessou o país. O Setor Energético e particularmente o Subsetor Elétrico, foram também atingidos, na procura de "eficiências" de tipo produtiva e de dotação de recursos, principalmente.

Uma das medidas inovadoras no Subsetor Elétrico foi a nova Lei de Concessões Elétricas, que possibilita uma forte participação privada e um novo esquema tarifário capaz de favorecer a introdução de programas de melhoria da eficiência de nos usos elétricos, como consequência de aplicação de "custos reais" no processo tarifário.

Dentro do panorama nacional, a Região Metropolitana de Lima representa uma parte significativa do país. Esta zona concentra 33% da população nacional e produz 49% do PIB nacional. Além disso, o consumo de energia elétrica, que faz parte das vendas de Electro Lima, fornecedora de energia para esta zona, representa 61% do total correspondente às empresas de Eletricidade (SP). Também, o Sistema Regional de Electro Lima (SREL) representa 30% da potência total instalada no país (dado a fins de 1993).

Paralelamente, o consumo de energia elétrica para o uso iluminação, representa 15% do consumo nacional de eletricidade. No caso da Região Metropolitana de Lima, similar percentagem (14%) corresponde aos Setores Iluminação Residencial, Comercial e Pública, sobre o total de vendas de Electro Lima.

Além disso, os sistemas de iluminação, via de regra, apresentam um significativo potencial de racionalização elétrica sem prejuízo aos níveis de iluminância desejada nas diferentes atividades desenvolvidas.

Por outro lado, as respostas do consumidor às mudanças tarifárias, historicamente analisadas em função ao estudo de elasticidade preço da demanda, apresentam tendências dinâmicas, variando de inelásticas a elásticas, conseqüência das "bondades" do preço num primeiro instante e à posterior tendência de estabilização dos preços a custos reais.

Do Comportamento do Consumidor

Da análise do comportamento do consumidor conclui-se que estes não adotam espontaneamente medidas de conservação como medida auto-restritiva, sendo necessárias estímulos e/ou motivações.

Neste sentido, recomenda-se um esforço constante na implementação de programas de racionalização, sendo a "comunicação persuasiva e personalizada" essencial. Portanto, as mensagens devem ser claras, justas, capazes de captarem a atenção do consumidor e incidir nas conseqüências de não se adotar as medidas racionalizadoras.

Das Barreiras

Paralelamente, no caso peruano, apresenta-se outras barreiras contra melhoria da eficiência no uso da iluminação, cujas principais são: (a) do lado do consumidor: ignorância, relação pobreza e custos de investimento, e a ineficiência hereditária; (b) nas concessionárias: conduta viciada pela oferta e a falta de recursos econômicos; (c) do lado do governo: desinteresse, pouca capacidade, escassez de capital e pobre infraestrutura do país; e, (d) nas entidades de ajuda internacional: preconceito do fornecimento e exportadores da ineficiência.

O dimensionamento das barreiras e as inter-relações entre estas devem ser analisadas a fim de buscar as soluções que possam supera-las.

Assim, as soluções das barreiras do lado do consumidor devem ser dadas como parte dos programas de estabilização nacional na conclusão de medidas que incentivem a "eficiência alocativa de ingressos" e na consecução de campanhas e normas que eliminem este tipo de barreiras.

Do lado das concessionárias, o problema dos seus recursos econômicos parece estar sendo resolvido; mas, o novo esquema privado poderia favorecer obsessão no fornecimento, sendo preciso que as entidades reguladoras intervenham afim de superar tais barreiras.

No caso do governo, a eliminação de barreiras de falta de capacidade ou desinteresse é resultado, em parte, do panorama econômico do país; sendo preciso o destino de fundos para capacitação de pessoal ou de promoção de empresas dedicadas à racionalização energética; além da preocupação em legislação e normas que atuem sobre as empresas fabricantes de tecnologias.

Na solução de barreiras de tipo internacional, é preciso convencer às entidades de financiamento sobre os benefícios dos programas de racionalização, via comparações custo-benefício dos programas de financiamento "convencionais" com programas do lado da demanda, como é o caso da racionalização energética do uso da iluminação, ou na promoção de programas de planejamento integrado de recursos. Além disso, é preciso incidir sobre os outros benefícios conseqüentes para os consumidores participantes ou não, para as empresas fornecimento, para o sistema energético e para a sociedade como um todo.

Das Experiências Anteriores

Os êxitos de outros países no empreendimento de programas de melhoria da eficiência, servem de motivação para a aplicação de medidas similares em Lima Metropolitana. É o caso de programas de tipo substitutório de tecnologias convencionais por outras eficientes, na introdução de prédios inteligentes que otimizem o aproveitamento da luz natural com a complementação de um correto sistema de iluminação artificial, ou na penetração de tecnologias inovadoras não usadas tradicionalmente, como é o caso de interruptores de ligação automática.

Do Mercado de Tecnologias e Testes de Laboratório

Um mercado típico de importações é característica do sistema de fornecimento de tecnologias de iluminação no Peru e não existe, na atualidade, uma entidade encarregada de fazer o controle de qualidade das tecnologias de iluminação.

Segundo os resultados de laboratório das lâmpadas incandescentes de 100W, encontra-se que o fluxo luminoso médio destas lâmpadas é inferior em 4% em relação aos dados de catálogo. Porém, os resultados de vida útil são 32% acima dos dados de catálogo.

Também, pelos resultados de laboratório, as lâmpadas fluorescentes compactas prismáticas de 25W mostram-se as mais recomendáveis, pelo fator de potência e distorção harmônica, para substituir às lâmpadas incandescentes de 100W.

Adicionalmente, dos três reatores testados, pelo ensaio de elevação de temperatura, resulta ser mais eficiente o reator "Schleswing". Este mesmo reator é recomendável, pelo nível de potência na descarga, para lâmpadas fluorescentes de 40W; mas, num processo de introdução de lâmpadas fluorescentes trifósforo de 36W, resulta mais conveniente a utilização dos reatores ELT, pelo nível de potência de descarga.

Das Análises Econômicas

Os resultados da análise econômica do processo de substituições tem como resultado, pelo critério do Tempo de Retorno Simples, como medida preferencial, na Iluminação Pública, a substituição de lâmpadas de luz mista de 250W por lâmpadas de vapor de mercúrio de 125W com tempo de retorno inferior a um mês. Já no caso do Setor Comercial, apresenta-se como medida mais atrativa a substituição de lâmpadas incandescentes de 100W com lâmpadas fluorescentes de 18W (com redução do preço da tecnologia da tecnologia em 30%), com tempo de retorno de aprox. 4 meses; ainda que esta medida possa apresentar barreiras culturais, em cujo caso resulta conveniente a introdução de lâmpadas fluorescentes compactas de 25W por lâmpadas incandescentes de 100W, medida que apresenta tempo de retorno aprox. 8 meses. Para o caso do Setor Residencial, resulta conveniente a substituição de lâmpadas incandescentes de 100W por lâmpadas fluorescentes compactas de 25 W (com redução do preço da tecnologia da tecnologia em 30%), situação que apresenta tempo de retorno de aproximadamente 17 meses.

Com relação ao resultados da avaliação econômica pelo critério do *Custo do Ciclo de Vida Anualizado*, no Setor Residencial e Comercial a lâmpada fluorescente compacta de 25W apresenta os menores custos com 5 e 11 dólares anuais. Neste último setor, deve-se ressaltar que é benéfica a introdução de

conjuntos de 4 lâmpadas fluorescentes trifósforo de 36 W por conjuntos de 5 lâmpadas fluorescentes de 40W, representando economias de US\$ 9 anuais. Na Iluminação Pública, as lâmpadas de vapor de sódio de 70W apresentam o menor custo anualizado (US\$ 48); ainda que esta medida tenha pouca aceitação das concessionárias; uma opção alternativa são as lâmpadas de vapor de mercúrio de 125W com custos de US\$ 56 anuais.

Pelo critério do *Custo de Energia Economizada*, na Iluminação Pública, a substituição de lâmpadas de luz mista de 250W com lâmpadas de vapor de mercúrio de 125W pode ser realizada sem investimento. No caso do Setor Comercial, a substituição de lâmpadas fluorescentes compactas de 25W pelas lâmpadas incandescentes de 100W apresenta o menor custo com 19 US\$/MWh. Paralelamente, no Setor Residencial, a substituição de lâmpadas incandescentes de 100W com lâmpadas fluorescentes compactas de 25W resulta preferencial com 25 US\$/MWh. Nestes casos, as alternativas apresentadas resultam totalmente competitivas com tarifas baixas.

Pelo critério da *Taxa interna de Retorno* e a análise para 12 anos, observa-se que todos os programas avaliados apresentam taxas muito altas, correspondendo os mais especiais à Iluminação Pública, sendo singulares opções às substituições das lâmpadas de vapor de mercúrio de 400W e luz mista de 500W com lâmpadas de vapor de sódio de 150W e vapor de mercúrio de 125W, respectivamente.

Como conclusão dos programas avaliados, segundo o critério dos índices antes apresentados, resulta conveniente a promoção do uso de lâmpadas fluorescentes compactas de 25W e conjuntos de lâmpadas fluorescentes trifósforo de 36W nos setores residenciais e comerciais. Neste caso, deve-se mencionar a necessidade de promoção das mesmas com reduções nos seus preços. Para o caso da Iluminação Pública resulta interessante a introdução de lâmpadas de vapor de mercúrio de 125 W por lâmpadas de luz mista de 500W.

De outro lado, as previsões de expansão da oferta de geração elétrica no médio prazo são principalmente de tipo térmico com a conseqüente diminuição de custos por potência instalada e maiores níveis tarifários

Do Potencial de Racionalização

Dentro da avaliação de racionalização agregada de oportunidades, observa-se que o total de alternativas de substituição propostas evidenciam custos baixos

de energia conservada que permitem competir com níveis tarifários até de tipo de geração hídrica.

Neste contexto, eliminando algumas barreiras, permite-se priorizar oportunidades de racionalização, com impacto favorável no sistema de fornecimento, com o seguinte ordem:

1. Lâmpadas de vapor de mercúrio de 125W por lâmpadas de luz mista de 250W.
2. Lâmpadas de vapor de mercúrio de 250W por lâmpadas de luz mista de 500W
3. Lâmpadas de vapor de sódio de 350W por vapor de mercúrio de 400W.
4. Lâmpadas fluorescentes trifósforo de 36W por Lâmpadas fluorescentes de 40W.
5. Lâmpadas fluorescentes compactas de 25W por lâmpadas incandescentes de 100W (SC).
6. Lâmpadas fluorescentes compactas de 25W por lâmpadas incandescentes de 100W (SR).

Tendo presente os resultados anteriores, foi proposta a penetração de 3 lâmpadas fluorescentes compactas no Setor Residencial. Também foi proposta a introdução de 1 lâmpada fluorescente compacta no Setor Comercial de Menor Porte e 100 lâmpadas fluorescentes trifósforo, em conjuntos de 4 lâmpadas por luminária, no Setor Comercial de Maior Porte. Além disso, na Iluminação Pública foram avaliadas todas as alternativas já mencionadas.

Sobre estas propostas, deve-se ressaltar que existem oportunidades de racionalização de energia ao ano horizonte totais de 419 GWh anuais, equivalentes a 115MW de potência instalada, a mesma que pode competir com a introdução da Turbina a Gás de 104 MW com um custo aproximado de 55 milhões de dólares para o ano horizonte. Além disso, o conjunto de propostas apresenta um custo de capital de US\$ 6,8 milhões anuais, produzindo economias segundo tarifação marginal de US\$ 26,4 milhões anuais (em investimentos de tecnologias e energia consumida por estas), ou de US\$ 16,6 milhões anuais, segundo tarifa média de 1995.

Particularmente, a proposta de introdução de lâmpadas fluorescentes compactas de 25W por lâmpadas incandescentes de 100W no Setor Residencial apresenta para o ano horizonte um total de 293 GWh economizados. Também, esta proposta apresenta um custo de capital de US\$ 7,3 milhões anuais (medida que não é beneficiada por programas com investimento negativo), produzindo economias de US\$ 15,8 milhões anuais (em investimentos de tecnologia e energia

consumida por esta), com tarifa marginal, ou de US\$ 8,1 milhões anuais, considerando a tarifa média de 1993.

No caso do Setor Comercial, somente a substituição de lâmpadas fluorescentes convencionais (40W) por lâmpadas fluorescentes trifósforo, proporciona economias de energia de 4 GWh anuais sem investimento, produzindo economias de US\$ 0,5 milhões anuais, com tarifa marginal, ou US\$ 0,4 milhões, com tarifa média de 1993 (em investimentos de tecnologia e energia consumida por esta).

O pacote de investimentos de substituição em Iluminação Pública permite a realização de alguns programas sem investimento. O conjunto de propostas permite economias de 103 GWh sem investimento.

Recomenda-se, realizar análises de sensibilidade com relação ao preço das tecnologias propostas para substituição na IP. Também sobre este mesmo setor, é preciso ter maior certeza com relação aos custos de mão-de-obra e manutenção; além da análise precisa sobre o número de postes que estariam capazes de suportar opções de substituição por outro tipo de tecnologia.

Com relação aos cenários projetados, o conjunto de economias em energia das propostas analisadas para os três setores, representam 42%, 44%, 53% do total projetado para fins de iluminação para o Cenário de Eficiência Congelada, Cenário Tendencial e Cenário Potencial Técnico Económico, respectivamente.

Particularmente, a introdução de lâmpadas fluorescentes compactas no Setor Residencial representa 61%, 62% e 71%, do consumo setorial elétrico projetado para fins de iluminação com relação ao Cenário de Eficiência Congelada, Cenário Tendencial e Cenário Potencial Técnico Económico, respectivamente.

Adicionalmente, a penetração exclusiva de lâmpadas fluorescentes trifósforo no Setor Comercial, representa 11%, 12% e 14% do consumo setorial de projeção segundo o consumo deste setor nos Cenários de Eficiência Congelada, Tendencial e Técnico Económico, respectivamente.

Analogamente, no caso da Iluminação Pública, a penetração do conjunto de propostas para este sector apresenta estruturas de participação em relação aos Cenários de Eficiência Congelada, Tendencial e Técnico Económico, de 25%, 28% e 37% respectivamente.

Sobre o empreendimento específico de programas, é preciso que se realizem estudos mais detalhados (pesquisas de campo) para a determinação do fator de conservação de carga do uso iluminação para cada um dos setores avaliados e para o tipo de tecnologia correspondente, ou é aconselhável a realização de análises de sensibilidade.

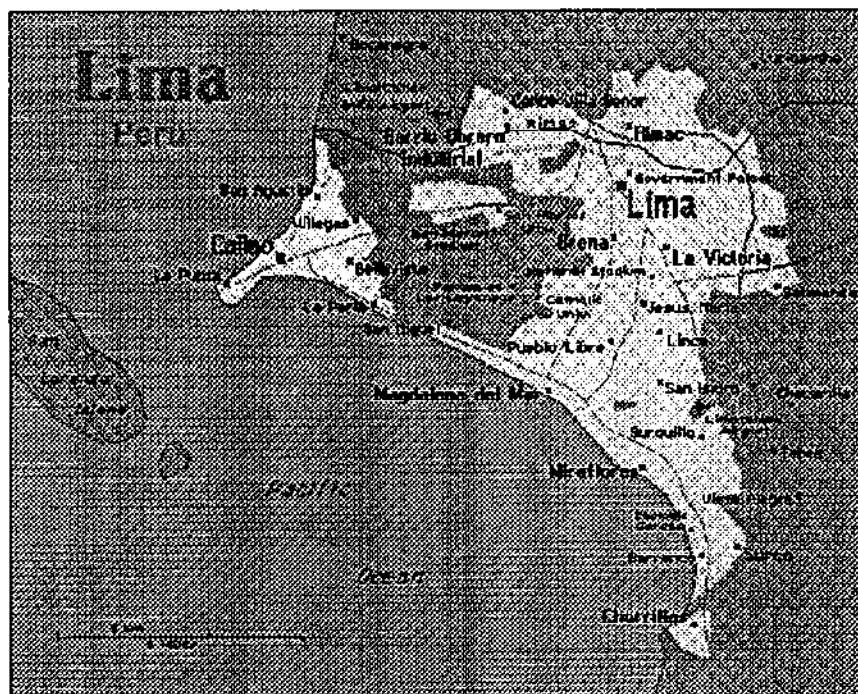
Frente a existência de barreiras de tipo institucional contra a melhoria da eficiência na Iluminação Pública, como é o caso do percentagem que limita a faturamento permissível em 5% sobre o total de vendas da concessionária, impedindo desta forma a diminuição deste percentagem na procura de ganhos de eficiência, é preciso que as entidades reguladoras como é o caso da "Comissão de Tarifas Eléctricas" e o Ministério de Energia e Minas, possam propor medidas alternativas e não permitir que as concessionárias possam ter tendência a vender energia para iluminação pública dentro deste intervalo na procura de maiores benefícios.

ANEXO A

Figura A.1: Mapa de Localização do Peru



Figura A.2: Mapa de Localização de Lima



ANEXO B

Tabela B.1.
Gastos de Lares Segundo Meio e Nível Socio-econômico
(em % de gastos totais. 1985)

| | 10% | 30% mais pobre | | Outros | Total |
|------------------------|------------|----------------|--------|--------|-------|
| | mais pobre | Peru | Urbano | 70% | Peru |
| Eletricidade | 0,3 | 0,5 | 1,4 | 1,0 | 0,9 |
| (% que usa) | 11,7 | 21,6 | 56,1 | 58,8 | 47,6 |
| Gas Liquefeito | 0,0 | 0,1 | 0,3 | 0,4 | 0,4 |
| Querosene | 0,7 | 1,3 | 3,1 | 0,9 | 0,9 |
| Transporte Público | | | | | |
| Local | 0,8 | 1,7 | 3,6 | 2,3 | 2,2 |
| Longa distância | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 1,2 | 1,2 |
| Utilização de veículos | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,9 | 1,7 |
| (% que usa) | 0,8 | 1,1 | 0,5 | 11,2 | 8,2 |

Fonte: Pesquisa de Níveis de Vida 1985-1986. INEI, Ref. P-1

Tabela B.2.
Elasticidade Preço da Demanda (1981-1989)

| Tarifa | Período | E. Curto Prazo | r ² | Dw | E. Longo Prazo | r ² | Dw |
|--------|---------|----------------|----------------|------|----------------|----------------|------|
| 21 | 81-89 | -0,22 | 0,88 | 1,36 | -0,21 | 0,91 | 1,38 |
| | 81-87 | -0,34 | 0,86 | 2,65 | -0,45 | 0,94 | 3,22 |
| | 82-88 | -0,24 | 0,94 | 2,49 | -0,24 | 0,94 | 2,47 |
| | 83-89 | -0,20 | 0,88 | 1,47 | -0,20 | 0,92 | 1,78 |
| 40 | 81-89 | -0,28 | 0,86 | 1,82 | -0,28 | 0,86 | 1,88 |
| | 81-87 | -0,42 | 0,78 | 2,00 | -0,47 | 0,81 | 1,58 |
| | 82-88 | -0,28 | 0,89 | 2,04 | -0,24 | 0,93 | 2,40 |
| | 83-89 | -0,26 | 0,86 | 1,78 | -0,27 | 0,92 | 2,46 |
| 42 | 81-89 | -0,41 | 0,73 | 1,29 | -0,46 | 0,83 | 1,25 |
| | 81-87 | -0,37 | 0,35 | 1,24 | -0,39 | 0,50 | 1,38 |
| | 82-88 | -0,35 | 0,76 | 1,12 | -0,35 | 0,76 | 1,11 |
| | 83-89 | -0,39 | 0,70 | 1,06 | -0,50 | 0,77 | 1,11 |
| 40+42 | 81-89 | -0,29 | 0,89 | 2,01 | -0,29 | 0,89 | 2,00 |
| | 81-87 | -0,40 | 0,77 | 2,02 | -0,45 | 0,80 | 1,66 |
| | 82-88 | -0,29 | 0,92 | 2,14 | -0,24 | 0,96 | 2,68 |
| | 83-89 | -0,29 | 0,91 | 2,09 | -0,28 | 0,94 | 2,63 |
| 52 | 81-89 | 0,59 | 0,67 | 1,54 | 0,64 | 0,75 | 1,33 |
| | 81-87 | 0,86 | 0,51 | 1,78 | 0,93 | 0,55 | 1,58 |
| | 82-88 | 0,53 | 0,58 | 1,23 | 0,51 | 0,69 | 1,44 |
| | 83-89 | 0,56 | 0,61 | 1,40 | 1,55 | 0,76 | 1,74 |

Tarifa 21: Residencial a medidor

Tarifa 40: Comercial Menor

Tarifa 41: Comercial Maior MT

Tarifa 52: Uso Geral Governo & Municipalidades.

Figura B.1
Modelamento da Demanda de Energia Elétrica em
Função da Elasticidade de Curto Prazo - Tarifa 21

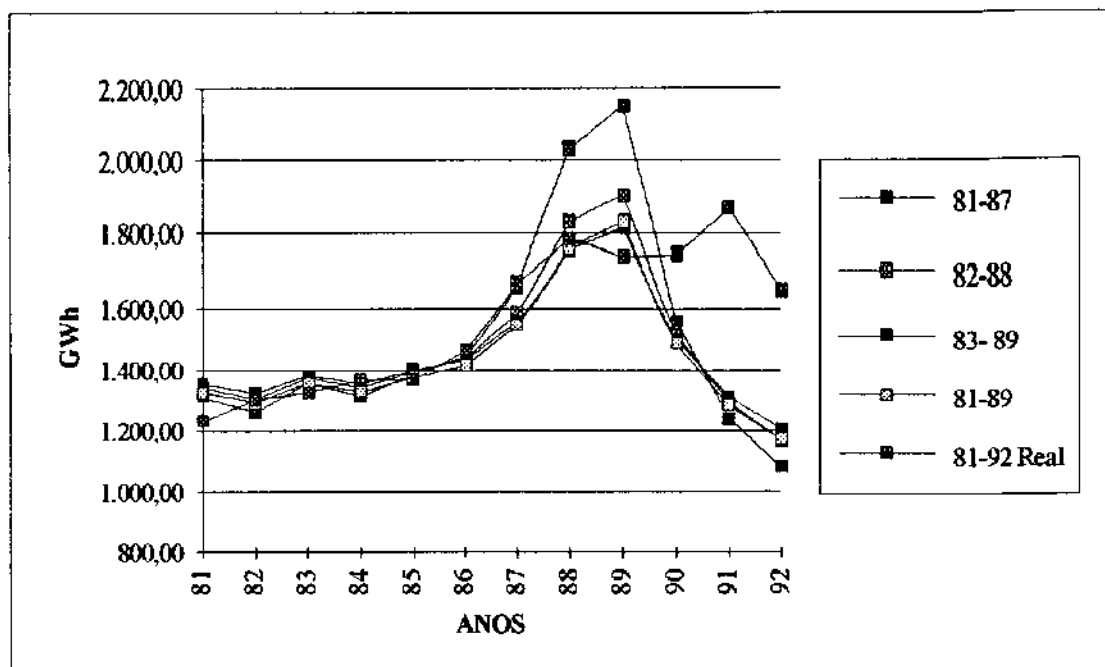


Figura B.2
Modelamento da Demanda de Energia Elétrica em
Função da Elasticidade de Curto Prazo - Tarifa 40

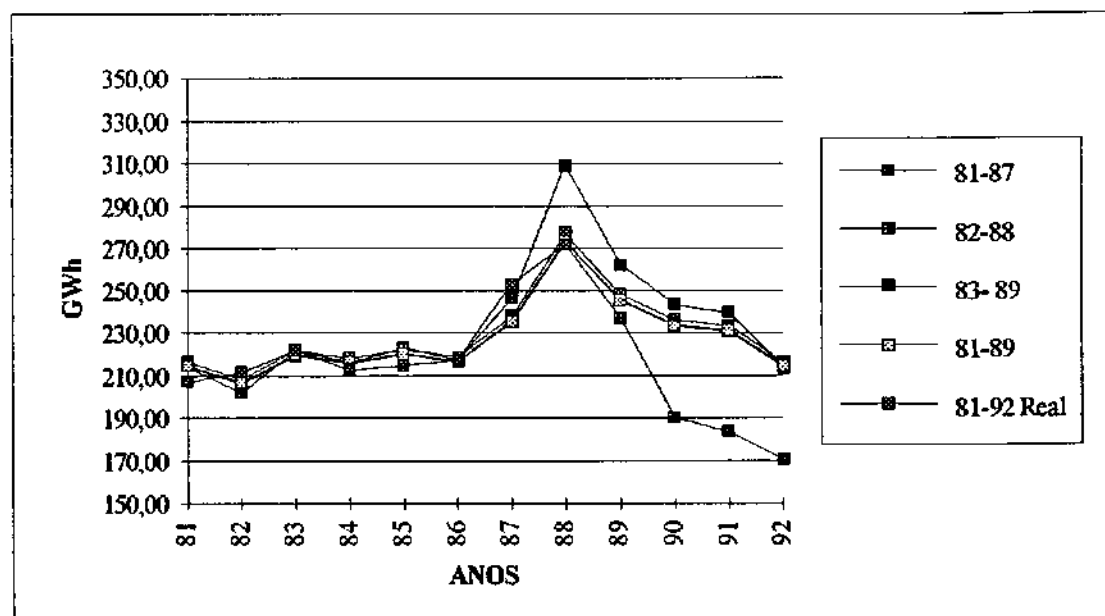


Figura B.3
Modelamento da Demanda de Energia Elétrica em
Função da Elasticidade de Curto Prazo - Tarifa 42

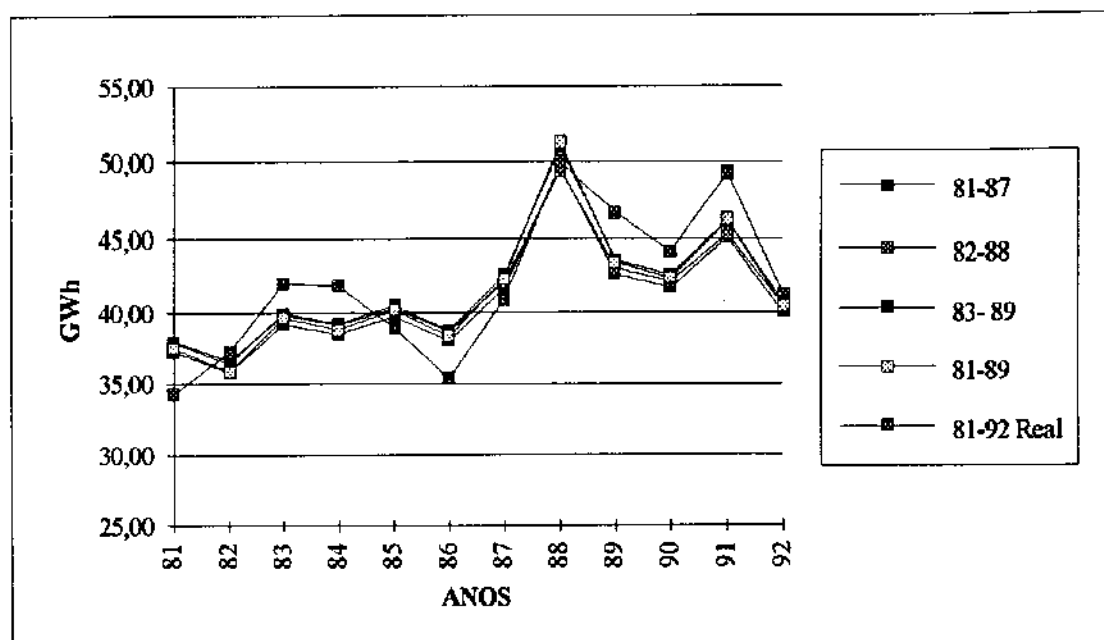


Figura B.4
Modelamento da Demanda de Energia Elétrica em
Função da Elasticidade de Curto Prazo - Tarifa 50

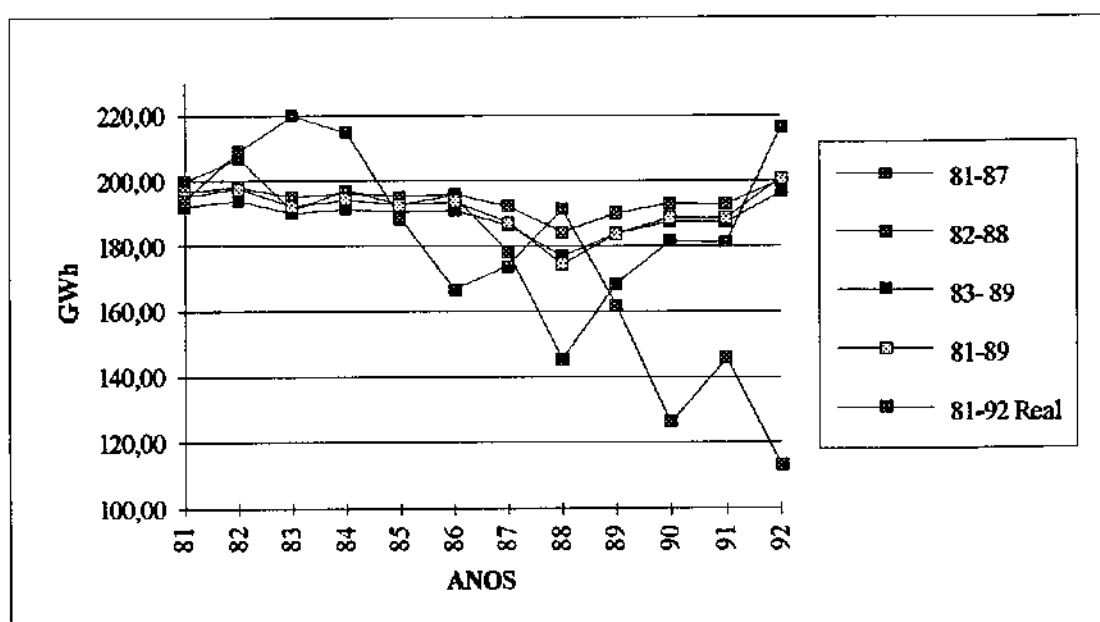
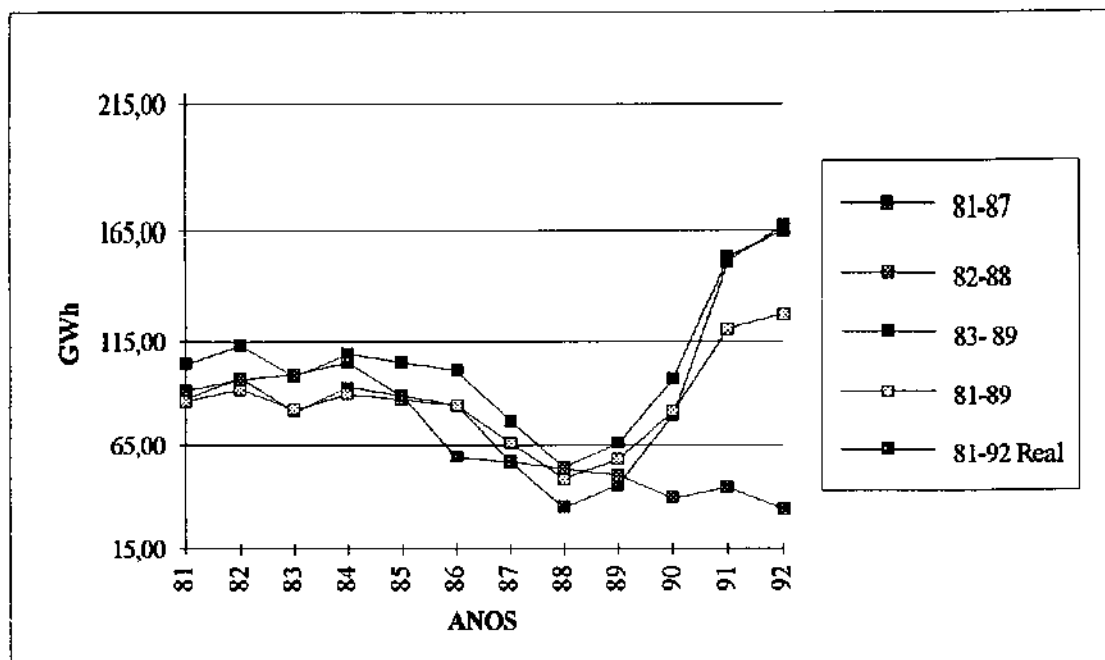


Figura B.5
Modelamento da Demanda de Energia Elétrica em
Função da Elasticidade de Curto Prazo - Tarifa 52



Nota: A Legenda representa os intervalos de dados que serviram de base no cálculo das elasticidades e que serviram para o cruzamento/verificação do modelo.

Tabela B.3
Produção de Energia Primária (ktep)

| | CM | LE | BY | BZ | PT | GN | HE | TOTAL |
|------|------|-------|------|------|-------|------|-------|--------|
| 1990 | 68 | 3.516 | 259 | 317 | 6.493 | 757 | 1.126 | 12.536 |
| % | 0,5% | 28,0% | 2,1% | 2,5% | 51,8% | 6,0% | 9,0% | 100,0% |
| 1991 | 40 | 3.563 | 261 | 302 | 5.782 | 708 | 1.235 | 11.891 |
| % | 0,3% | 30,0% | 2,2% | 2,5% | 48,6% | 6,0% | 10,4% | 100,0% |
| 1992 | 62 | 3.611 | 262 | 300 | 5.837 | 671 | 1.042 | 11.785 |
| % | 0,5% | 30,6% | 2,2% | 2,5% | 49,5% | 5,7% | 8,8% | 100,0% |

Fonte: MEM, 1993; Ref. M-6

Tabela B.4
Oferta Interna Bruta (ktep)

| | CM | LE | BY | BZ | PT | GN | HE | TOTAL |
|------|------|-------|------|------|-------|------|-------|--------|
| 1990 | 105 | 3.516 | 259 | 317 | 7.149 | 572 | 1.126 | 13.044 |
| % | 0,8% | 27,0% | 2,0% | 2,4% | 54,8% | 4,4% | 8,6% | 100,0% |
| 1991 | 187 | 3.563 | 261 | 302 | 7.416 | 541 | 1.235 | 13.505 |
| % | 1,4% | 26,4% | 1,9% | 2,2% | 54,9% | 4,0% | 9,1% | 100,0% |
| 1992 | 197 | 3.611 | 262 | 300 | 7.266 | 481 | 1.042 | 13.159 |
| % | 1,5% | 27,4% | 2,0% | 2,3% | 55,2% | 3,7% | 7,9% | 100,0% |

Fonte: MEM, 1993; Ref. M-6

Tabela B.5
Balço de Energia Primária

| | Unidade: Ktep | | | | % a.a. | | |
|-----------------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1980 | 1990 | 1991 | 1992 | 80-90 | 90-91 | 91-92 |
| Produção | 14.240 | 12.536 | 11.891 | 11.784 | -1,3% | -5,1% | -0,9% |
| Importação | 25 | 918 | 1.843 | 1.600 | 43,6% | 100,8% | -13,2% |
| Exportação | -2.207 | -150 | -52 | -43 | -23,6% | -65,3% | -17,3% |
| Varição Estoques e Ajustes | -552 | -52 | -42 | -418 | -21,0% | -19,2% | 895,2% |
| <i>Oferta Interna Bruta</i> | 11.506 | 13.252 | 13.640 | 12.923 | 1,4% | 2,9% | -5,3% |

Fonte: MEM, 1993; Ref. M-6

Tabela B.6
Balço de Hidroenergia

| | Unidade: Ktep | | | | % a.a. | | |
|-----------------------------|---------------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
| | 1980 | 1990 | 1991 | 1992 | 80-90 | 90-91 | 91-92 |
| Produção | 698 | 1.126 | 1.235 | 1.042 | 4,9% | 9,7% | -15,6% |
| Importação | | | | | | | |
| Exportação | | | | | | | |
| Varição Estoques e Ajustes | | | | | | | |
| <i>Oferta Interna Bruta</i> | 698 | 1.126 | 1.235 | 1.042 | 4,9% | 9,7% | -15,6% |

Fonte: MEM, 1993; Ref. M-6

Tabela B.7
Produção Bruta de Energia Secundária (Ktep)

| | CQ | CV | GL | GM | KJ | DO | PR | NE | GR | GD | GI | EE | TOTAL |
|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|--------|
| 1990 | 23 | 124 | 149 | 1.306 | 1.029 | 1.184 | 3.645 | 216 | 69 | 453 | 21 | 1.188 | 9.407 |
| % | 0,2% | 1,3% | 1,6% | 13,9% | 10,9% | 12,6% | 38,7% | 2,3% | 0,7% | 4,8% | 0,2% | 12,6% | 100,0% |
| 1991 | 22 | 125 | 148 | 1.255 | 1.012 | 1.323 | 3.701 | 237 | 66 | 426 | 14 | 1.246 | 9.575 |
| % | 0,2% | 1,3% | 1,5% | 13,1% | 10,6% | 13,8% | 38,7% | 2,5% | 0,7% | 4,4% | 0,1% | 13,0% | 100,0% |
| 1992 | 27 | 127 | 154 | 1.256 | 999 | 1.598 | 3.585 | 231 | 53 | 373 | 20 | 1.129 | 9.552 |
| % | 0,3% | 1,3% | 1,6% | 13,1% | 10,5% | 16,7% | 37,5% | 2,4% | 0,6% | 3,9% | 0,2% | 11,8% | 100,0% |

Fonte: MEM, 1993; Ref. M-6

Tabela B.8
Balço Global de Energia Secundária

| | Unidade: Ktep | | | | % a.a. | | |
|-----------------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | 1980 | 1990 | 1991 | 1992 | 80-90 | 90-91 | 91-92 |
| Produção | 8.451 | 9.405 | 9.576 | 9.553 | 1,1% | 1,8% | -0,2% |
| Importação | 155 | 751 | 581 | 1.032 | 17,1% | -22,6% | 77,6% |
| Exportação | -750 | -2.115 | -2.341 | -2.616 | 10,9% | 10,7% | 11,7% |
| Varição Estoques e Ajustes | -262 | -158 | -215 | -333 | -4,9% | 36,1% | 54,9% |
| <i>Oferta Interna Bruta</i> | 7.595 | 7.883 | 7.601 | 7.636 | 0,4% | -3,6% | 0,5% |

Fonte: MEM, 1993; Ref. M-6

Tabela B.9
Balço de Energia Secundária: Energia Elétrica

| | Unidade: Ktep | | | | % a.a. | | |
|-----------------------------|---------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | 1980 | 1990 | 1991 | 1992 | 80-90 | 90-91 | 91-92 |
| Produção | 799 | 1.188 | 1.246 | 1.129 | 4,0% | 4,9% | -9,4% |
| Importação | | | | | | | |
| Exportação | | | | | | | |
| Varição Estoques e Ajustes | -106 | -162 | -136 | -198 | 4,3% | -16,0% | 45,6% |
| <i>Oferta Interna Bruta</i> | 693 | 1.026 | 1.110 | 931 | 4,0% | 8,2% | -16,1% |

Fonte: MEM, 1993; Ref. M-6

Tabela B.10
Consumo Final (Energia Primária) (ktep)

| | CM | LE | BY | BZ | TOTAL |
|------|------|-------|------|------|--------|
| 1990 | 64 | 3.206 | 259 | 123 | 3.652 |
| % | 1,8% | 87,8% | 7,1% | 3,4% | 100,0% |
| 1991 | 156 | 3.250 | 261 | 119 | 3.786 |
| % | 4,1% | 85,8% | 6,9% | 3,1% | 100,0% |
| 1992 | 205 | 3.294 | 262 | 118 | 3.879 |
| % | 5,3% | 84,9% | 6,8% | 3,0% | 100,0% |

Fonte: MEM, 1993; Ref. M-6

Tabela B.11
Consumo Final (Energia Secundária) (ktep)

| | CQ | CV | GL | GM | KJ | DO | PR | GD | GI | EE | TOTAL |
|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|--------|
| 1990 | 27 | 124 | 189 | 1.230 | 950 | 1.406 | 1.165 | 74 | 9 | 1.014 | 6.188 |
| % | 0,4% | 2,0% | 3,1% | 19,9% | 15,4% | 22,7% | 18,8% | 1,2% | 0,1% | 16,4% | 100,0% |
| 1991 | 22 | 125 | 205 | 1.153 | 999 | 1.297 | 1.109 | 71 | 18 | 1.089 | 6.088 |
| % | 0,4% | 2,1% | 3,4% | 18,9% | 16,4% | 21,3% | 18,2% | 1,2% | 0,3% | 17,9% | 100,0% |
| 1992 | 83 | 127 | 220 | 1.150 | 1.002 | 1.640 | 550 | 29 | 10 | 904 | 5.715 |
| % | 1,5% | 2,2% | 3,8% | 20,1% | 17,5% | 28,7% | 9,6% | 0,5% | 0,2% | 15,8% | 100,0% |

Fonte: MEM, 1993; Ref. M-6

Tabela B.12
Consumo Final de Energia por Setores

| | Unidade: Ktep | | | | % a.a. | | |
|------------------------------|---------------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| | 1980 | 1990 | 1991 | 1992 | 80-90 | 90-91 | 91-92 |
| Res. e Comercial | 3.694 | 4.419 | 4.258 | 4.523 | 1,8% | -3,6% | 6,2% |
| Público | 193 | 289 | 243 | 268 | 4,1% | -15,9% | 10,3% |
| Transporte | 2.093 | 2.499 | 2.233 | 2.387 | 1,8% | -10,6% | 6,9% |
| Agropecuário e Agroindustria | 238 | 230 | 225 | 167 | -0,4% | -2,2% | -25,8% |
| Pesqueiro | 181 | 218 | 285 | 348 | 1,9% | 30,7% | 22,1% |
| Minério Metalúrgico | 695 | 657 | 774 | 541 | -0,6% | 17,8% | -30,1% |
| Indústria | 1.541 | 1.528 | 1.856 | 1.361 | -0,1% | 21,5% | -26,7% |
| Não Energético | 307 | 228 | 248 | 227 | -2,9% | 8,8% | -8,5% |
| <i>Total</i> | 8.942 | 10.068 | 10.122 | 9.822 | 1,2% | 0,5% | -3,0% |

Fonte: MEM, 1993; Ref. M-6

Tabela B.13
Consumo Final por Fontes Energéticas

| | Unidade: Ktep | | | | % a.a. | | |
|---------------------------|---------------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| | 1980 | 1990 | 1991 | 1992 | 80-90 | 90-91 | 91-92 |
| <i>ENERG. COMERCIAL</i> | 6.120 | 6.603 | 6.611 | 6.265 | 0,8% | 0,1% | -5,2% |
| Carvão Mineral | 17 | 64 | 156 | 205 | 14,3% | 143,8% | 31,4% |
| Bagaçõ | 69 | 123 | 119 | 118 | 5,9% | -3,3% | -0,8% |
| Coque | 19 | 27 | 22 | 83 | 3,6% | -18,5% | 277,3% |
| Carvão Vegetal | 106 | 124 | 125 | 127 | 1,6% | 0,8% | 1,6% |
| Gas Liquefeito | 117 | 189 | 205 | 220 | 4,9% | 8,5% | 7,3% |
| Gasolina e Nafta | 1.099 | 1.230 | 1.153 | 1.150 | 1,1% | -6,3% | -0,3% |
| Querosene e Turbo Comb. | 1.147 | 950 | 999 | 1.002 | -1,9% | 5,2% | 0,3% |
| Óleo Diesel | 1.006 | 1.406 | 1.297 | 1.640 | 3,4% | -7,8% | 26,4% |
| Petróleo Residual | 1.454 | 1.165 | 1.109 | 550 | -2,2% | -4,8% | -50,4% |
| Não Energéticos de Pet. | 111 | 80 | 108 | 88 | -3,3% | 35,0% | -18,5% |
| Não Energéticos de Bagaço | 195 | 148 | 140 | 139 | -2,7% | -5,4% | -0,7% |
| Gás Industrial | 13 | 9 | 18 | 10 | -3,4% | 100,0% | -44,4% |
| Energia Elétrica | 692 | 1.014 | 1.089 | 904 | 3,9% | 7,4% | -17,0% |
| Gás Distribuído | 74 | 74 | 71 | 29 | 0,0% | -4,1% | -59,2% |
| <i>ENERG. NÃO COMERC.</i> | 2.822 | 3.465 | 3.511 | 3.556 | 2,1% | 1,3% | 1,3% |
| Lenha | 2.593 | 3.206 | 3.250 | 3.294 | 2,1% | 1,4% | 1,4% |
| Bosta e "Yareta" | 229 | 259 | 261 | 262 | 1,2% | 0,8% | 0,4% |
| <i>Total</i> | 8.942 | 10.068 | 10.122 | 9.821 | 1,2% | 0,5% | -3,0% |

Fonte: MEM, 1993; Ref. M-6

Tabela B.14
Consumo Final de Energia Elétrica por Setores

| | Unidade: Ktep | | | | % a.a. | | |
|-------------------------|---------------|-------|-------|------|--------|-------|--------|
| | 1980 | 1990 | 1991 | 1992 | 80-90 | 90-91 | 91-92 |
| Res. e Comercial | 239 | 367 | 418 | 373 | 4,4% | 13,9% | -10,8% |
| Agropecuário e Agroind. | 26 | 20 | 32 | 31 | -2,8% | 60,0% | -3,1% |
| Pesqueiro | 6 | 10 | 11 | 13 | 5,9% | 10,0% | 18,2% |
| Minério Metalúrgico | 197 | 280 | 276 | 245 | 3,6% | -1,4% | -11,2% |
| Indústria | 224 | 337 | 352 | 242 | 4,2% | 4,5% | -31,3% |
| <i>Total</i> | 692 | 1.014 | 1.089 | 904 | 3,9% | 7,4% | -17,0% |

Fonte: MEM, 1993; Ref. M-6

ANEXO C

Tabela C.1a: Peru-Balço de Energia Elétrica por Setores e Tipos de Usos 1985 (GWh)

| | DOMÉSTICO | PRODUTIVO RURAL | AGROIND. | COMERCIAL, SERVIÇOS y PÚBLICO | MANUFAT. | PESQUEIRO | MINERO-METALÚRGIA | TOTAL INDUSTRIAL | TOTAL NACIONAL |
|---------------------|----------------|-----------------|--------------|-------------------------------|----------------|--------------|-------------------|------------------|-----------------|
| CALOR | 674,2 | 0,1 | 47,3 | 34,4 | 1.472,8 | | 20,8 | 1.493,6 | 2.249,7 |
| FORÇA MOTRIZ | 33,6 | 95,7 | 769,3 | 574,1 | 941,0 | 102,1 | 2.159,8 | 3.202,9 | 4.675,6 |
| FORÇA MOTRIZ FIXA | 33,6 | 95,7 | 769,3 | 574,1 | 941,0 | 102,1 | 2.141,7 | 3.184,9 | 4.657,6 |
| FUERZA MOTRIZ MÓVEL | | | | | | | 18,0 | 18,0 | 18,0 |
| ILUMINAÇÃO | 459,1 | 1,9 | 103,0 | 751,5 | 64,2 | 2,1 | 161,4 | 227,7 | 1.543,7 |
| FRIO | 364,4 | | 7,8 | 69,9 | 0,1 | | | 0,1 | 442,2 |
| OUTROS USOS | 704,0 | 0,7 | | 103,4 | 225,7 | | 749,7 | 975,3 | 1.783,4 |
| TOTAL USOS | 2.235,2 | 98,4 | 928,0 | 1.533,3 | 2.703,8 | 104,2 | 3.091,6 | 5.099,7 | 10.694,5 |

Fonte: BEC 85, 90 (Ref. M-8)

Tabela C.1b: Peru-Balço de Energia Elétrica por Setores e Tipos de Usos 1990 (GWh)

| | DOMÉSTICO | PRODUTIVO RURAL | AGROIND. | COMERCIAL, SERVIÇOS y PÚBLICO | MANUFAT. | PESQUEIRO | MINERO-METALÚRGIA | TOTAL INDUSTRIAL | TOTAL NACIONAL |
|---------------------|-----------------|-----------------|---------------|-------------------------------|-----------------|---------------|-------------------|------------------|------------------|
| CALOR | 889,9 | 0,1 | 62,3 | 31,0 | 1.482,4 | | 29,4 | 1.511,8 | 2.495,1 |
| FORÇA MOTRIZ | 44,1 | 97,9 | 693,5 | 537,9 | 1.147,4 | 110,6 | 2.246,3 | 3.504,2 | 4.877,6 |
| FORÇA MOTRIZ FIXA | 44,1 | 97,9 | 693,5 | 537,9 | 1.147,4 | 110,6 | 2.228,0 | 3.485,9 | 4.859,3 |
| FUERZA MOTRIZ MÓVEL | | | | | | | 18,3 | 18,3 | 18,3 |
| ILUMINAÇÃO | 646,1 | 1,9 | 110,1 | 774,6 | 74,3 | 2,4 | 170,6 | 247,3 | 1.780,0 |
| FRIO | 519,3 | | 12,4 | 47,8 | 0,1 | | | 0,1 | 579,6 |
| OUTROS USOS | 1.001,2 | 0,8 | | 83,8 | 213,9 | | 891,0 | 1.104,9 | 2.190,7 |
| TOTAL USOS | 3.100,61 | 100,67 | 878,30 | 1.475,12 | 2.918,07 | 112,96 | 3.337,27 | 6.368,30 | 11.923,00 |

Fonte: BEC 85, 90 (Ref. M-8)

Tabela C.2

Categorias de Iluminação e Valores de Iluminação para Tipos Genéricos de Atividades de Interiores

| Tipo de Atividade | Categoria de Iluminação | Iluminação Nominal (lx) |
|--|--------------------------------|--------------------------------|
| Espaços Públicos com arredores obscuros | A | 20 - 30 - 50 |
| Simple orientação para visitas curtas transitórias | B | 50 - 75 - 100 |
| Recinto de Trabalho onde as tarefas visuais são ocasionais | C | 100 - 150 - 200 |
| Realização de tarefas visuais de grande contraste ou tamanho | D | 200 - 300 - 500 |
| Realização de tarefas visuais de contraste de médio ou pequeno tamanho | E | 500 - 750 - 1000 |
| Realização de tarefas visuais de baixo contraste ou tamanho muito pequeno | F | 1000 - 1500 - 2000 |
| Realização de tarefas visuais de baixo contraste ou tamanho muito pequeno num prolongado período | G | 2000 - 3000 - 5000 |
| Realização de tarefas visuais muito prolongadas e exatas | H | 5000 - 7500 - 10000 |

Fonte: "Norma de Alumbrado de Interiores y Campos Deportivos", MEM - 1982.

Nota: Esta tabela é normalmente usada quando não se pode definir a categoria de iluminação para um tipo de recinto ou atividade.

Tabela C.3

Fatores de Ponderação para a Seleção Específica da Iluminação Nominal

a. Para Categorias de Iluminação "A" até "C"

| Categorias do Recinto e Ocupantes | Fator de Ponderação | | |
|--|---------------------|-------------|--------------|
| | - 1 | 0 | + 1 |
| Idade dos ocupantes em anos | Menor de 40 | 40 a 53 | Maior de 53 |
| Grau de reflexão da superfície do recinto ⁽¹⁾ | Maior de 70% | De 30 a 70% | Menor de 30% |

b. Para Categorias de Iluminação "D" até "H"

| Caraterística da Tarefa e do Trabalhador | Fator de Ponderação | | |
|---|---------------------|-------------|--------------|
| | - 1 | 0 | + 1 |
| Idade dos trabalhadores em anos | Menor de 40 | 40 a 53 | Maior de 53 |
| Velocidade e/ou precisão | Não importante | Importante | Crítica |
| Grau de reflexão sobre a superfície na qual realiza-se a tarefa | Maior de 70% | De 30 a 70% | Menor de 30% |

Fonte: "Norma de Alumbrado de Interiores y Campos Desportivos", MEM - 1982.

(1) Média ponderada dos graus de reflexão das superfícies envolvidas que pode incluir a reflexão das paredes, chão e o teto.

Tabela C.4

Ângulo de Visão

| Tipos de Lâmpadas | Intervalo de luminância média (L) cd/m ² | Fator de Ponderação | | |
|---|--|--|----------------|-----------------|
| | | Classe de qualidade de limitação de deslumbramento "α" | | |
| | | 1 | 2 | 3 |
| Lâmpadas fluorescentes | $L \leq 2 \times 10^4$ | 10° | 0° | 0° |
| Lâmpadas de descarga de alta pressão com tubos fluorescentes ou de luz difusa. Lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão. | $2 \times 10^4 < L \leq 50 \times 10^4$ | 15° | 5° | 0° |
| Lâmpadas de alta pressão com tubos de vidro transparente. Lâmpadas incandescentes com bulbos de vidro transparente | $L > 50 \times 10^4$ | Maior de 70% | De 30 a 70% | Menor de 30% |

Fonte: "Norma de Alumbrado de Interiores y Campos Deportivos", MEM - 1982.

Tabela C.5

Redução da Iluminação e Fatores de Manutenção Usual

| Iluminação devido a sujeira e idade das lâmpadas, luminárias e recintos | Fator de Manutenção (fm) |
|---|--------------------------------|
| Alto | 0,8 |
| Médio | 0,7 |
| Baixo | 0,6 |

Fonte: "Norma de Alumbrado de Interiores y Campos Deportivos", MEM - 1982.

Nota: Os fatores são aplicados a luminárias para iluminação direta ou predominantemente direta, operados sobre um intervalo de limpeza de 12 meses.

Tabela C.6

Valores de Iluminação Nominal Recomendados para Interiores em Geral

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------|--------|--------|--------|---|
| Tipo de Recinto ou Atividade | C.I. | C.L. | G.R.C. | L.D.D. | Observações |
| Unidades de Moradia | | | | | |
| Recintos de conversação, descanso e entretenimento | B | bc, bn | 2 | 1 | |
| Áreas de circulação | B | bc, bn | 3 | 3 | |
| Sala de jantar | C | bc | 1 | - | |
| Toucares, espelhos de corpo inteiro. | D | bc, bn | 1 | 1 | |
| <i>Entretenimento com banco de oficina:</i> | | | | | |
| Tarefas ordinárias | D | bc, bn | 2 | 2 | |
| Tarefas difíceis | E | bc, bn | 1 | 1 | |
| Entretenimento com atril | E | bc, bn | 1 | 1 | |
| Passado | D | bc, bn | 2 | 2 | |
| <i>Prateleira de cozinha e fogão:</i> | | | | | |
| Visão não dificultosa | E | bc, bn | 2 | 1 | |
| Visão dificultosa | D | bc, bn | 1 | 1 | |
| Lavado em cuba, a máquina e enxugo | D | bc, bn | 2 | 2 | |
| <i>Estudo de música (piano/órgão):</i> | | | | | |
| Partituras simples | D | bc, bn | 2 | 1 | |
| Partituras complexas | E | bc, bn | 1 | 1 | |
| <i>Leitura, escrita e estudos:</i> | | | | | |
| Livros, revistas jornais | D | bc, bn | 2 | 2 | |
| Escrita a mão, reproduções más | E | bc, bn | 2 | 1 | |
| Escritórios de estudo | E | bc, bn | 2 | 1 | |
| Costura a mão ou máquina | D | bc, bn | 2 | 2 | |
| Trabalhos de leves a médios | E | bc, bn | 2 | 1 | |
| Trabalhos pesados de baixos contrastes | F | bc, bn | 1 | 1 | |
| Jogos de mesa | D | bc, bn | 2 | 2 | |
| Vários | | | | | |
| Zonas de circulação em armazém | B | bc, bn | 3 | | |
| <i>Armazéns:</i> | | | | | |
| Para produtos similares, grande tamanho | B | bc, bn | 3 | | <i>Pode-se usar lâmpadas de vap. de sódio</i> |
| Para produtos diferentes, onde está envolvida a identificação destes produtos | C | bc, bn | 3 | 3 | |
| Com necessidades de ler | D | bc, bn | 3 | 2 | |
| <i>Lojas com armazenamento automático:</i> | | | | | |
| Corredores | A | bc, bn | 3 | 3 | |
| Estação de operação | D | bc, bn | 3 | 1 | |
| Embalagem, despacho | D | bc, bn | 3 | 2 | |

C.I.: Categoria da Iluminação

C.L.: Cor da luz

G.R.C.: Grau da reprodução da cor

L.D.D.: Limitação do deslumbramento

Tabela C.6 (Continuação)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------|------------|--------|--------|--|
| Tipo de Recinto ou Atividade | C.I. | C.L. | G.R.C. | L.D.D. | Observações |
| <i>Recintos para descanso, sanitários e de assistência médica:</i> | | | | | <i>Ilum. de realce de amb./lâmpada incandescentes</i> |
| Cantinas e tabernas | C | bc, bn | 2 | 1 | |
| Outros recintos para descanso e repouso | B | bc, bn | 2 | 1 | |
| Recinto para exercícios | D | bc, bn | 2 | 1 | |
| Vestuários | B | bc, bn | 2 | 2 | <i>Ilum. extra- opcional p/espelhos</i> |
| Recintos para lavagem de roupa | C | bc, bn | 2 | 2 | |
| Banheiros | B | bc, bn | 2 | 2 | |
| Recintos para primeiros auxílios | D | bc, bn | 1 | 1 | |
| <i>Instalações de serviços em prédios:</i> | | | | | |
| Sala de máquinas | C | bc, bn | 3 | 3 | |
| Fornecimento e distribuição de energia | C | bc, bn | 3 | 3 | |
| Recinto para telex e correios | D | bc, bn | 2 | 1 | |
| Recinto para controle telefônico | D | bc, bn | 2 | 1 | |
| Áreas de Circulação em Prédios | | | | | |
| <i>Para pessoas</i> | A | bc, bn | 3 | 3 | <i>Adaptação de ilum. em recintos adjacentes(a)</i> |
| <i>Para pessoas e veículos</i> | B | bc, bn | 3 | 3 | |
| Escadas e vias de circulação inclinadas | B | bc, bn | 3 | 2 | |
| Rampas de carga | B | bc, bn | 3 | 3 | |
| Dispositivos ou faixas automáticas nas prox. das áreas de circulação | B | bc, bn | 3 | 3 | |
| Escritórios e Recintos Similares | | | | | |
| Escritórios com luz de dia orientada aos postos de trabalho que estão na proximidade direta da janela | D | bc, bn | 2 | 1 | <i>Ilum. geral localizada em postos de trabalho</i> |
| Escritórios | E | bc, bn | 2 | 1 | <i>Permite-se ilum. localizada</i> |
| Desenho técnico | E | bc, bn | 2 | 1 | <i>Referida para uma tábua de desenho a 75° com a horiz. e a 1.2m no ponto central</i> |
| Salas de assembléias e conferências | D | bc, bn | 2 | 1 | |
| Salas de recepção | B | bc, bn | 2 | 1 | |
| Recintos usados pelo público | D | bc, bn | 2 | 1 | |
| Salas de processamento de dados | E | bc, bn | 2 | 1 | |
| Centros de Ensino | | | | | |
| Salas de aula, auditórios | D | bc, bn, bd | 2 | 1 | |
| Laboratórios, bibliotecas, salas de leitura, salas de exposições | E | bc, bn, bd | 2 | 1 | |

C.I.: Categoria da Iluminação

C.L.: Cor da luz

G.R.C.: Grau da reprodução da cor

L.D.D.: Limitação do deslumbramento

Tabela C.6 (Continuação)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|------|------------|--------|--------|-------------------------------------|
| Tipo de Recinto ou Atividade | C.I. | C.L. | G.R.C. | L.D.D. | Observações |
| Comércio e Vendas | | | | | |
| Sala de vendas | D | bc, bn | 2 | 1 | |
| Caixa | E | bc, bn | 2 | 1 | |
| Ofic. de Artesanato e Escritórios vários | | | | | |
| Lixa e pintura de paredes | D | bc, bn | 3 | 2 | |
| Pré-montagem de equipamentos de aquecimento e ventilação | D | bc, bn | 3 | 2 | |
| Oficina de mecânica e chumbeiros | D | bc, bn | 3 | 2 | |
| Oficinas de reparação de automóveis | D | bc, bn | 3 | 2 | |
| Oficinas de carpintaria | | bc, bn | 3 | 2 | |
| Oficinas de reparo de maq. e equipas | E | bc, bn | 3 | 1 | |
| Oficinas de reparo de rádio e TV. | E | bc, bn | 2 | 1 | |
| Serviços em Geral | | | | | |
| <i>Hotéis e Restaurantes:</i> | | | | | |
| Recepção | C | bc, bn | 2 | 1 | |
| Cozinha | E | bc, bn | 2 | 2 | |
| Salas de jantar | D | bc | 1 | - | |
| Cantina, Mostrador | D | bc, bn | 2 | 1 | |
| Salas de Seções | D | bc, bn | 2 | 1 | |
| Restaurantes com autosserviço | D | bc, bn | 2 | 1 | |
| <i>Lavanderias e Lavagem a Seco:</i> | | | | | |
| Lavanderias | D | bc, bn | 2 | 2 | |
| Lugar de passar ferro a máquina | D | bc, bn | 2 | 1 | |
| Lugar de passar ferro a mão | D | bc, bn | 2 | 1 | |
| Classificação e distribuição | D | bc, bn | 2 | 1 | |
| Inspeção para tirar manchas | F | bc, bn | 2 | 1 | <i>Convém iluminação localizada</i> |
| Cabeleireiras | E | bc, bn, bd | 1 | 1 | |
| Tratamento de beleza | E | bc, bn, bd | 1 | 1 | |

C.I.: Categoria da Iluminação

C.L.: Cor da luz

G.R.C.: Grau da reprodução da cor

L.D.D.: Limitação do deslumbramento

Tabela C.6 (Continuação)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|------|------------|--------|--------|--|
| Tipo de Recinto ou Atividade | C.I. | C.L. | G.R.C. | L.D.D. | Observações |
| Postos de Trabalho e Áreas de Circulação Livre: | | | | | |
| Instalações portuárias | A | bc, bn, bd | 4(b) | - | |
| Cais | B | bc, bn, bd | 4(b) | - | |
| Vias, estações de manobra | A | bc, bn, bd | 4(b) | - | |
| Estações | A | bc, bn, bd | 4(b) | - | <i>E_{max}/E_{min} ≥ 1:5</i> <i>Estação c/teto:</i> <i>E_{max}/E_{min} ≥ 1:3</i> |
| Armazéns | A | bc, bn, bd | 4(b) | - | |
| Depósitos, vias de carregamento | A | bc, bn, bd | 4(b) | - | |
| Montagem de estruturas de aço | A | bc, bn, bd | 4(b) | - | |
| Construção de edificações | A | bc, bn, bd | 4(b) | - | |
| Plantas químicas grandes | A | bc, bn, bd | 4(b) | - | |
| Zonas de tráfego ao ar livre | A | bc, bn, bd | 4(b) | - | |
| Fornecedores de gasolina | C | | 3 | - | <i>Permite-se o uso de lâmp. de vap. de sódio de alta pressão</i> |

C.I.: Categoria da Iluminação

C.L.: Cor da luz

G.R.C.: Grau da reprodução da cor

L.D.D.: Limitação do deslumbramento

Fonte: "Norma de Alumbrado de Interiores y Campos Deportivos", MEM - 1982.

(a) $E_{n1} \geq 0,1 E_{n2}$

En1 = En em áreas de circulação

En2 = En em recintos adjacentes

(b) Se as cores de segurança são necessárias, elas devem permanecer perceptíveis como tais

Tabela C.7

Valores de Iluminação Nominal Recomendados para Locais de Assistência Médica

| 1 | 2 | 3 | 4 | 6 |
|--|-----------------|--------|--------|---|
| Tipo de Recinto ou Atividade | C.L. | C.L. | G.R.C. | Observações |
| Quadras ou Quartos | | | | |
| Iluminação Geral | C | bc | 1 | <i>Em creches infantis a categoria de iluminação deve ser D (iluminação localizada)</i> |
| Luminárias para leitura | C | bc | 1 | |
| Iluminação adicional p/inspeção simples na cama do paciente | D | bc, bn | 1 | |
| Iluminação p/supervisão do paciente | 5 lx | bc | 1 | |
| Salas p/Inspeções | | | | |
| <i>Salas p/exames Gerais:</i> | | | | |
| Iluminação geral | E | bn | 1 | |
| Iluminação no lugar do inspeções | F | bc, bn | 1 | |
| <i>Salas p/testes de raios X:</i> | | | | |
| Iluminação geral | E | bn | 1 | |
| Radiografia com imagens identificadas ou sistemas de TV | A | bn | 1 | |
| Iluminação localizada em salas p/observação direta da tela | lx | - | - | <i>Luz vermelha especial (630 nm)</i> |
| <i>Salas p/exames oftalmológicos:</i> | | | | |
| P/determinação da fração | A,B,C | bc, bn | 1 | <i>Categoria para propósitos de limpeza</i> |
| Exame exterior do olho | F | bn | 1 | |
| Provas de leitura | E | bn | 2 | |
| Iluminação localizada p/exames oftalmológicos | 20 lx | bc, bn | 2 | |
| <i>Salas p/exames de Ouvido, Nariz, Garganta:</i> | | | | |
| Iluminação geral | E | bn | 1 | |
| Exame do exterior do ouvido | F | bc, bn | 1 | |
| Exame do interior do ouvido | A, E | bc, bn | 2 | |
| <i>Salas p/exames Endoscópicos. Iluminação geral p/urologia, exame rectal, ginecologia</i> | A, B | bc, bn | 2 | <i>Categoria para propósitos de limpeza</i> |
| Salas de Operação | | | | |
| Iluminação geral | F | bn | 1 | |
| Iluminação no centro da mesa de operações | 20,000 - 100000 | bn | 1 | |
| Iluminação na vizinhança imediata à mesa de operações | até 10000 lx | bn | 1 | |

CI: Categoria da Iluminação

C.L.: Cor da luz

G.R.C.: Grau da reprodução da cor

Tabela C.7 (Continuação)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 6 |
|---|------|--------|--------|-------------|
| Tipo de Recinto ou Atividade | C.L. | C.L. | G.R.C. | Observações |
| Outras Salas | | | | |
| <i>Salas de exames post-mortem:</i> | | | | |
| Iluminação geral | F | bn | 1 | |
| Iluminação no posto de trabalho | H | bn | 1 | |
| Salas de trabalho de médicos e enfermeiras | D | bn | 2 | |
| <i>Laboratórios:</i> | | | | |
| Iluminação geral | E | bn | 1 | |
| Prova de cores | F | bd | 1 | |
| Banhos medicinais e salas de fisioterapia | D | bc, bn | 2 | |
| <i>Corredores:</i> | | | | |
| De dia | D | bc, bn | 2 | |
| De noite | A | bc, bn | 2 | |
| <i>Escadas:</i> | | | | |
| De dia | D | bc, bn | 2 | |
| De noite | A | bc, bn | 2 | |
| Banheiros e recintos reservados p/trabalho sujo | C | bc, bn | 2 | |

CI: Categoria da Iluminação

C.L.: Cor da luz

G.R.C.: Grau da reprodução da cor

L.D.D.: Limitação do deslumbramento

Fonte: "Norma de Alumbrado de Interiores y Campos Deportivos", MEM - 1982.

Tabela C.8

Classificação dos Tipos de Iluminação

| Tipo de Iluminação | Fatores a considerar | Muito importante | Importante | Médio | Reduzido | Muito Reduzido |
|--------------------|--------------------------|------------------|------------|-------|----------|----------------|
| I | Velocidade de circulação | X | X | | | |
| | Tráfego veicular | X | X | | | |
| | Tráfego pedestre | | | | | X |
| | Reprodução das cores | | | | | X |
| II | Velocidade de circulação | | | X | | |
| | Tráfego veicular | X | X | | | |
| | Tráfego pedestre | X | X | X | | |
| | Reprodução das cores | | X | | | |
| III | Velocidade de circulação | | | X | X | |
| | Tráfego veicular | | | X | X | |
| | Tráfego pedestre | | | X | X | |
| | Reprodução das cores | | X | X | | |
| IV | Velocidade de circulação | | X | X | | |
| | Tráfego veicular | | | | X | X |
| | Tráfego pedestre | | | | X | |
| | Reprodução das cores | | | | X | X |
| V | Velocidade de circulação | | | | | X |
| | Tráfego veicular | | | | | X |
| | Tráfego pedestre | | | X | X | |
| | Reprodução das cores | | | X | | |

Fonte: "Norma de Iluminação de Vias Públicas", MEM - 1978.

Tabela C.9

Tipos de Iluminação Segundo a Característica da Vida

| Aplicação | Tipo de Via(a) | Tipo de iluminação recomendada |
|-------------|---|--------------------------------|
| Interurbana | Vias expressas | I |
| | Artérias principais primárias | I, II |
| | Artérias principais secundárias | II |
| Urbana | Artérias principais secundárias | II |
| | Vias coletoras primárias | II |
| | Vias coletoras secundárias | II, III |
| | Ruas locais | III, IV |
| | Ruas locais rurais | IV |
| | Ruas comerciais | II |
| | Alamedas, passos de pedestres, parques e outros | V |

Fonte: "Norma de Iluminação de Vias Públicas", MEM - 1978.

Tabela C.10

Nível de Luminância e Iluminação Recomendados

| Tipo de Iluminação | Luminância Média revestimento seco cd/m^2 | Iluminação média em luz | |
|--------------------|--|-------------------------|----------------|
| | | Calçada clara | Calçada escura |
| I | 1,5 - 2 | 15 - 20 | 30 - 40 |
| II | 1 - 2 | 10 - 20 | 20 - 40 |
| III | (0,5 - 1) | 5 - 10 | 10 - 20 |
| IV | | 2 - 5 | 5 - 10 |
| V | | 1 - 3 | 2 - 6 |

Fonte: "Norma de Iluminación de Vias Públicas", MEM - 1978.

Tabela C.11

Uniformidade da Luminância

| Tipo de Iluminação | Uniformidade geral de luminância L_{\min}/L_{\max} | Uniformidade e longitudinal de luminância | Uniformidade transversal de luminância | Uniformidade média de luminância L_{\min}/L_{\max} |
|--------------------|--|---|--|--|
| I | $\geq 0,25$ | $\geq 0,65$ | $\geq 0,40$ | $\geq 0,55$ |
| II | $\geq 0,15$ | $\geq 0,55$ | $\geq 0,30$ | $\geq 0,45$ |

| Tipo de Iluminação | Uniformidade média (a) de luminância E_{\min}/E_{\max} |
|--------------------|--|
| III | 0,25 - 0,35 |
| IV, V | 0,15 |

- (a) A iluminação das veredas não deverá ser inferior a 20% da iluminação média.

Fonte: "Norma de Iluminación de Vias Públicas", MEM - 1978.

Tabela C.12

Tipos de Luminárias

| Tipo de Iluminação | Luminária de feixe recortado | Luminária de feixe semi recortado | Luminária de feixe não recortado |
|--------------------|------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| I | recomendável | admitida | não recomendável |
| II | recomendável | admitida | não recomendável |
| III | admitida | admitida | admitida |
| IV | admitida | admitida | recomendável |
| V | não recomendável | admitida | recomendável |

Fonte: "Norma de Iluminação de Vias Públicas", MEM - 1978.

Tabela C.13

Intensidades Luminosas Máximas Admissíveis
(em cd/1000 lm por luminária colocada horizontalmente)

| Ângulo da Luminária com a vertical | Luminária de feixe recortado | Luminária de feixe semi recortado | Luminária de feixe não recortado |
|------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 90° | < 10 | < 50 | < 1000 |
| 80° | < 30 | < 100 | ---- |

Fonte: "Norma de Iluminação de Vias Públicas", MEM - 1978.

Tabela C.14

Recomendações Sobre Disposição de Luminárias

| Tipo de Iluminação | Altura de montagem H(m) | Rotação D/H | Disposição de Luminárias | Largura de Estrada |
|--------------------|-------------------------|-------------|--|---|
| I | 10 - 12 | 2,5 - 3 | - Unilateral - Bilateral em tresbolicho | Dois canais de circulação (até 8m) Três canais de circulação (até 12m) |
| II | 8,5 - 10 | 3 - 4 | - Bilateral em oposição | Quatro canais de circulação (até 16m) |
| III | 8 - 10 | 8 - 4 | - Unilateral - Bilateral em tresbolicho | $I \leq H$ $H \leq I \leq 1,5 H$ |
| IV | 7,5 - 10 | 3 - 5 | - Bilateral em oposição | $1,5 H < I$ |
| V | 4 - 12 | 4 - 5 | - | - |

Fonte: "Norma de Iluminação de Vias Públicas", MEM - 1978.

H: Altura de montagem

D: Intervalo de Luminárias

I: Largura da Estrada

Tabela C.15

Classificação dos Tipos de Iluminação

| Tipos de Iluminação | | I | II | III | IV | V |
|---|---|-------------------------------------|--|---|----------------------------|---------------------|
| Critérios | Velocidade de circulação | Muito importante ou importante. | Médio | Médio ou reduzido | Importante ou médio | Muito reduzido |
| | Tráfego Veicular | Muito importante ou importante. | Muito importante ou importante. | Médio ou reduzido | Reduzido ou muito reduzido | Muito reduzido |
| | Tráfego pedestre | Muito reduzido | Muito importante, importante ou reduzido | Médio ou reduzido | Reduzido | Importante ou médio |
| | Reprodução de cores | Muito reduzido | Importante | Importante ou médio | Reduzido ou muito reduzido | Importante |
| Tipo de luminária | Lâmpadas | Na, Hg | Na, Hg, Fl | Hg, Fl | Hg, Fl | Hg, Fl |
| | Feixe Recortado | Recomendável | Recomendável | Admitido | Admitido | Não recomendável |
| | Feixe Semirecortado | Admitido | Admitido | Admitido | Admitido | Admitido |
| | Feixe Não Recortado | Não recomendável | Não recomendável | Admitido | Recomendável | Recomendável |
| Disposição de luminárias | Altura de montagem h(m) | 10 - 12 | 8,5 - 10 | 8 - 10 | 7,5 - 10 | 4 - 12 |
| | Relação D/H | 2,5 - 3 | 3 - 4 | 3 - 4 | 3 - 5 | 4 - 5 |
| | Disposição Unilateral | Dois canais de circulação (até 8 m) | | $I < H$ $H < I < 1,5 H$ $1,5 < I$ | | --- |
| | Disposição Bilateral em Trásbolicho | Três canais de circulação (até 12m) | | | | --- |
| Disposição Bilateral em oposição | Quatro canais de circulação (até 16 m) | | --- | | | |
| Características Fotométricas em Serviço | Luminância Média do Revestimento Seco cd/m | 1,5 - 2 | 1 - 2 | 0,5 - 1 | --- | --- |
| | Fator de uniformidade de luminância: | | | | | |
| | Geral L _{min} / L _{max} | 0,25 | 0,15 | --- | --- | --- |
| | Longitudinal L _{min} /L _{max} | 0,65 | 0,55 | --- | --- | --- |
| | Transversal L _{min} /L _{max} | 0,40 | 0,30 | --- | --- | --- |
| | Médio L _{min} / L _{max} | 0,55 | 0,45 | --- | --- | --- |
| Iluminação Média, Lux: | Rua clara | 15 - 20 | 10 - 20 | 5 - 10 | 2 - 5 | 1 - 3 |
| | Rua obscura | 30 - 40 | 20 - 40 | 10 - 20 | 5 - 10 | 2 - 6 |
| Fator de Uniformidade Média de Iluminação E _{min} / E _{med} | --- | --- | 0,25 - 0,35 | 0,15 | 0,15 | |

Fonte: "Norma de Iluminação de Vias Públicas", MEM - 1978.

Na: Sódio

h: Altura da montagem

Hg: Mercúrio ou luz mista

D: Intervalo entre luminárias

Fl: Fluorescente

I: Comprimento da via

ANEXO D

D.1 Os Programas de Substituição

O uso da iluminação representa entre 10% a 20% do consumo de eletricidade na maioria de países (15% no caso do Peru). Esta fração não é muito grande, mas é importante, já que as melhorias de eficiência neste uso podem ser de até cinco vezes, diminuindo os custos efetivos dos clientes, os programas podem ser desenvolvidos rapidamente, evitam os impactos ambientais advindos da geração de eletricidade, podem melhorar o diagrama de carga e, dependendo da maneira que forem abordados os programas, podem trazer rentabilidades atrativas para as concessionárias.

Assim, experiências anteriores com bons resultados têm sido desenvolvidas de forma pioneira em países industrializados, devido à disponibilidade tecnológica com o conseqüente benefício, na utilização destes equipamentos.

Um dos principais programas desenvolvidos é o referente à troca de lâmpadas. Programa que se fundamenta na utilização de novas tecnologias com potências menores às equivalentes convencionais e ainda com melhores índices de luminosidade.

Uma das alternativas é promover a substituição de *lâmpadas incandescentes convencionais por lâmpadas fluorescentes compactas (LFC)*.

As lâmpadas LFC possuem agradável cor de luz cálida - são feitas com fósforo especial -, têm alta eficiência luminosa, poupam energia entre 75% a 80%, duram 8 vezes mais que as incandescentes comuns, têm resistência às mudanças bruscas de tensão e são de troca direta no soquete normal.

Existem exemplos deste tipo de substituições, para os Estados Unidos, com economias por soquete de até 45W e 157,5 kWh/ano; redução de emissões ambientais de 136 kg CO₂/ano, 0,63 kg de SO₂/ano, e 0,36 kg de NO_x/ano; tempo de retorno de 1,3 anos e uma taxa de retorno de 37,5%(EPA, 1991; Ref. E-2).

Outra alternativa é a substituição de *lâmpadas fluorescentes comuns (branco frio) por fluorescentes de nova tecnologia (T-8 tri-fósforo)*.

As lâmpadas fluorescentes comuns são as mais populares fontes de iluminação no setor comercial em Lima Metropolitana. Não obstante, fabricantes têm introduzido uma inovação européia no mercado: as lâmpadas fluorescentes T-8, que possibilitam um elevado rendimento luminoso (lm/W), bem como excelente reprodução cromática, com um consumo 20% inferior às equivalentes convencionais.

Substituições equivalentes, nos Estados Unidos, apresentam economias por soquete de até 32W e 112 kWh/ano; previsões ambientais de 96 kg lbs de CO₂/ano, 0,45 kg de SO₂/ano, e 0,27 kg de NO_x/ano; tempo de retorno de 1,6 anos e uma taxa de retorno de 68,1% (EPA, 1991; Ref. E-2).

Também é realizada a substituição de *lâmpadas incandescentes espelhadas de foco concentrado por lâmpadas halógenas com refletor (LHR)*.

Este tipo de lâmpadas é especialmente usada decorativamente no comércio, devido à concentração da luz para destacar objetos. As LHR se destacam por ser de baixa tensão; o refletor dicróico tem a propriedade de refletir somente a radiação visível, desviando parte do calor para trás; possui fluxo luminoso constante, durabilidade longa, abertura de fecho precisa e fiel reprodução de cores.

Programas de substituição, destas lâmpadas, nos Estados Unidos, apresentam economias por soquete de até 60W e 210 kWh/ano; previsões ambientais de 176,7 kg de CO₂/ano, e 0,5 kg de NO_x/ano; tempo de retorno de 0,3 anos e uma taxa de retorno de 264,7% (EPA, 1991; Ref. E-2).

A troca de *lâmpadas de vapor de mercúrio (LVM) por lâmpadas de sódio da alta pressão (LVS+)*, também pode ser viável.

As lâmpadas de vapor de mercúrio têm sido o tipo padrão para iluminação de vias públicas, estacionamento e de uso em algumas fábricas, por algumas décadas. Porém, a melhor alternativa, apresenta-se nas lâmpadas de sódio de alta pressão. Estas lâmpadas proporcionam maior luminosidade, longa vida e menores custos de energia.

Exemplos para os Estados Unidos, apresentam economias por soquete até 300W e 1050 kWh/ano; previsões ambientais de 903 kg de CO₂/ano, 4,1 kg de SO₂/ano, e 2,54 kg de NO_x/ano; tempo de retorno de 2,5 anos e uma taxa de retorno de 41,0% (EPA, 1991; Ref. E-2).

Outra possibilidade de melhoria da eficiência é a troca de *reatores magnéticos por reatores eletrônicos*.

Os reatores regulam a corrente nas lâmpadas fluorescentes. A nova geração de reatores, baseado em eletrônica de estado sólido, é superior aos antigos reatores de núcleo e bobina magnéticos. Assim, tem-se as seguintes vantagens: uso de menor energia elétrica; o "flicker" é praticamente eliminado; e é essencialmente silencioso.

Assim, a substituição de quatro fluorescentes e dois reatores convencionais por luminária, com duas fluorescentes e um reator eletrônico, para o caso dos Estados Unidos, apresentam economias de 44W e 154 kWh/ano; previsões ambientais de 132,7 kg de CO₂/ano, 0,59 kg de SO₂/ano, e 0,36 lbs de NO_x/ano; tempo de retorno de 5,3 anos e uma taxa de retorno de 19,5% (EPA, 1991; Ref. E-2).

Uma das formas de iluminação menos eficientes é ter todos os pontos luminosos ligados em uma habitação vazia. Este não é necessariamente um problema em corredores ou em alguns escritórios planejados, senão as lâmpadas estão em geral ligadas em escritórios privados, salas de reuniões e salas de armazenagem por horas, todos os dias e quando ninguém estiver presente. Em adição, em muitos edifícios deixam-se todas as lâmpadas ligadas durante horas para uso do pessoal de limpeza; não obstante eles trabalharem, geralmente, num andar por vez.

A resposta a estes problemas é a substituição dos *interruptores básicos por sensores de presença*. O princípio destes sensores é o funcionamento por ultrassom, áudio e infravermelho, principalmente. Estes sensores atualmente podem ligar/desligar ante a presença/ausência de pessoas em uma sala.

Um estudo de caso nos Estados Unidos que realiza uma substituição de um interruptor comum por um sensor de presença para quatro lâmpadas, apresenta economias de 169W (35%) e 833 kWh/ano; previsões ambientais de 717,1 kg de CO₂/ano, 3,26 kg de SO₂/ano, e 2,0 kg de NO_x/ano; tempo de retorno de 1,2 anos e uma taxa de retorno de 83,3% (EPA, 1991; Ref. E-2).

Outro avanço de controle é o uso de *fotosensores de iluminação natural*. Estes podem medir a quantidade de iluminação natural que ingressa pelas janelas e gradua a iluminação artificial para proporcionar um nível constante de iluminação.

As vantagens desta introdução de sensores, nos Estados Unidos, apresenta economias, por ponto, de 59,5W e 208 kWh/ano; previsões ambientais de 179,4 kg de CO₂/ano, 0,82 kg de SO₂/ano, e 0,5 kg de NO_x/ano; tempo de retorno de 4,2 anos e uma taxa de retorno de 23,4% (EPA, 1991; Ref. E-2).

D.2 Recomendações no Aproveitamento da Iluminação Natural

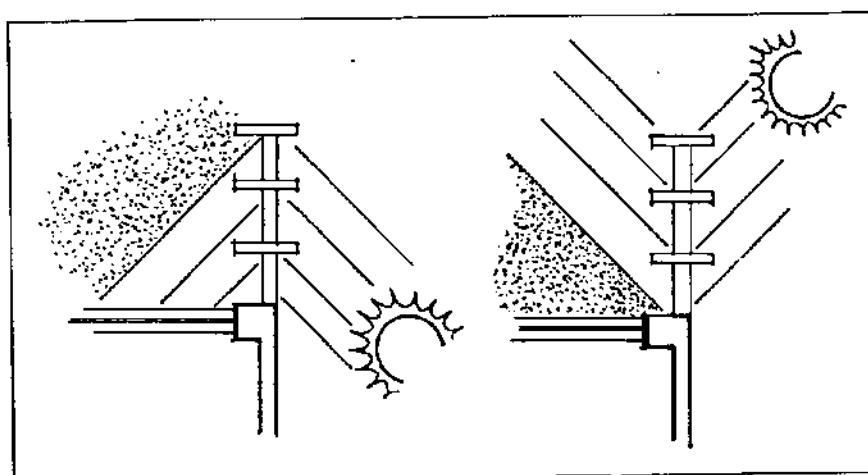
(Associação Brasileira da Indústria de Iluminação (ABILUX))

Iluminação Lateral

- Dimensione as superfícies iluminantes com critério termoluminoso, levando em conta não só a quantidade de luz que chega na janela, mas também o tipo: luz solar direta, luz refletida pela abóbada celeste e pelo entorno. Controle a radiação solar direta e a luminância no plano da janela para evitar desconforto térmico e visual. A Figura D.1 ilustra uma possibilidade de tratamento termoluminoso de uma janela orientada para o norte, através de brises horizontais colocadas na parte superior da abertura que controlam a entrada do sol no verão e permitem a entrada no inverno, diminuindo em média a energia usada em climatização artificial em 30%. A luz solar direta no inverno é transformada em luz difusa por meio de uma cortina leve e clara colocada na parte interior da superfície iluminante.

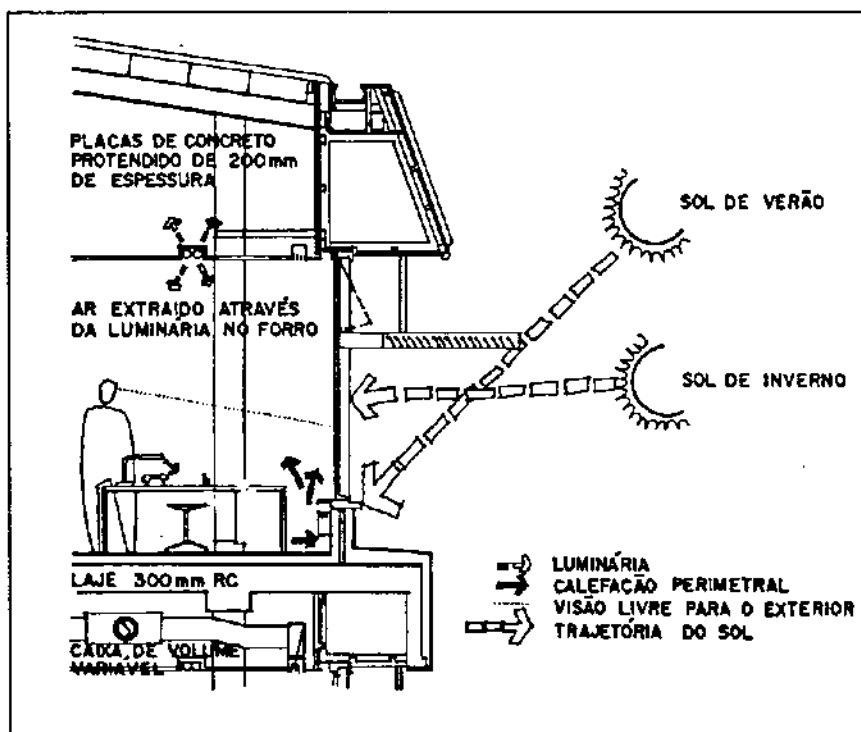
Figura D.1

Fator de Sombra que Transforma Luz Solar Direta em luz Refletida



Os brises também controlam a luminância da abóbada celeste vista pela janela, o que permite ter uma luminância menor na iluminação artificial suplementar, economizando cerca de 40% da energia elétrica. Note-se que o projeto (Figura D.2) de iluminação artificial prevê o uso de luminárias refrigeradas por ar e de iluminação local sobre o plano de trabalho. É o tipo de projeto poupador de energia elétrica através de critérios que cuidam também de aspectos qualitativos.

Figura D.2: Exemplo de Proteção Termoluminosa de Uma Janela Orientada para o Norte



Fonte: ABILUX, 1992; Ref. A-1

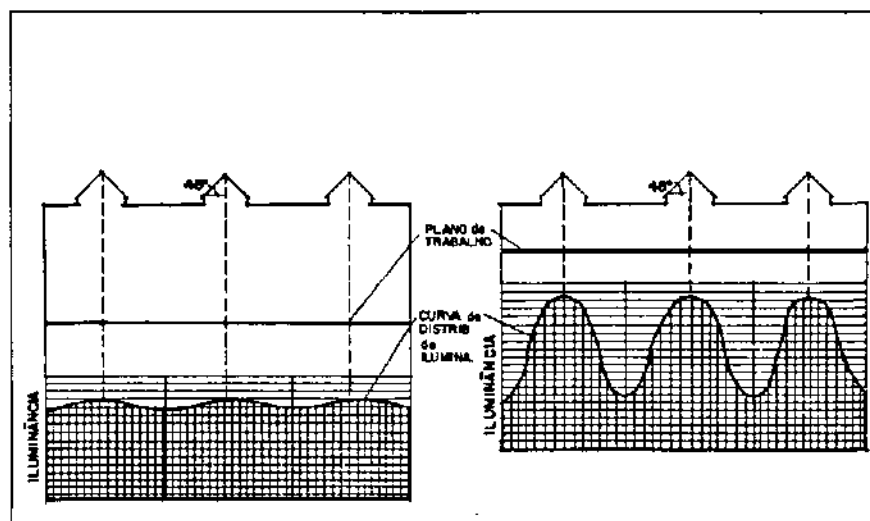
- Lembre-se que o aumento do tamanho das janelas tem limites de eficiência luminosa e não térmica. Use somente as superfícies iluminantes necessárias devidamente protegidas da radiação solar direta.
- Quanto mais claras as superfícies do entorno e do interior do local, maior será o rendimento da iluminação. Mantenha-as em condições adequadas de uso através de limpeza e pintura.
- Localize as tarefas visuais de maior exigência nas áreas onde a iluminância natural seja maior (por exemplo no perímetro do edifício); use iluminação artificial suplementar permanente para as áreas afastadas das janelas. A combinação dessas estratégias pode chegar a poupar 50% da energia elétrica usada para iluminação.
- Use, sempre que possível, comandos manuais ou automáticos para controlar as iluminâncias natural e artificial dos sistemas de iluminação integrada. O maior custo inicial dos interruptores automáticos será amortizado a curto prazo e o consumo de energia será muito reduzido durante toda a vida útil da instalação.

Iluminação Zenital

- Dimensione as superfícies zenitais para oferecerem luminância discreta para a iluminação geral, da ordem dos 200 lux a 300 lux, pois iluminâncias maiores precisarão de superfícies iluminantes grandes, o que significa maior carga térmica e maior consumo de energia. Como a energia necessária para iluminar, cargas térmicas que requerem valores grandes de refrigeração podem anular a poupança energética obtida com o uso da iluminação zenital e até aumentar o consumo de energia do edifício. Complemente a iluminância geral natural com iluminação artificial, de preferência localizada, até atingir os níveis recomendados.
- Use elementos de alta eficiência luminosa protegidos da radiação solar direta e evite o uso de difusores colocados no interior do zenital pois não controlam o calor que entra no local.
- A altura de montagem influencia a uniformidade da iluminação zenital (Figura D.3). Quando é menor que a recomendada não produz uniformidade e produz fortes contrastes, que podem provocar ofuscamento, além de

aproximar o usuário da cobertura quente quando incorretamente isolada. Já para a iluminação artificial suplementar ou substitutiva (noturna) a situação é oposta, sendo conveniente energeticamente ter as menores alturas recomendadas, privilegiando a iluminação localizada.

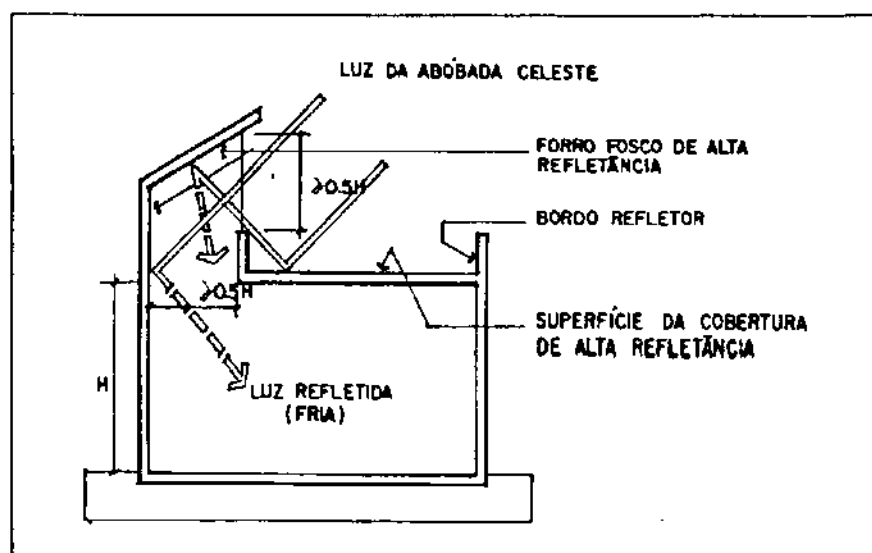
Figura D.3: Influência da Altura de Montagem na Uniformidade da Iluminação Zenital



Fonte: ABILUX, 1992; Ref. A-1

- Zenitais que oferecem luz refletida (Figura D.4) são usados geralmente para se obter luminâncias discretas e reduzir a carga térmica. Precisam de manutenção permanente nas superfícies refletoras para conservar a iluminação programada. Sua eficiência luminosa é baixa, menor que do zenital inilateral. Quando se deseja manter o caráter do local durante a noite é preciso usar iluminação artificial indireta, também de baixo rendimento. É conveniente realizar um balanço energético-econômico das alternativas consideradas para tomar decisões de projeto.

Figura D.4: Zenital que Oferece Luz Refletida



Fonte: ABILUX, 1992; Ref. A-1

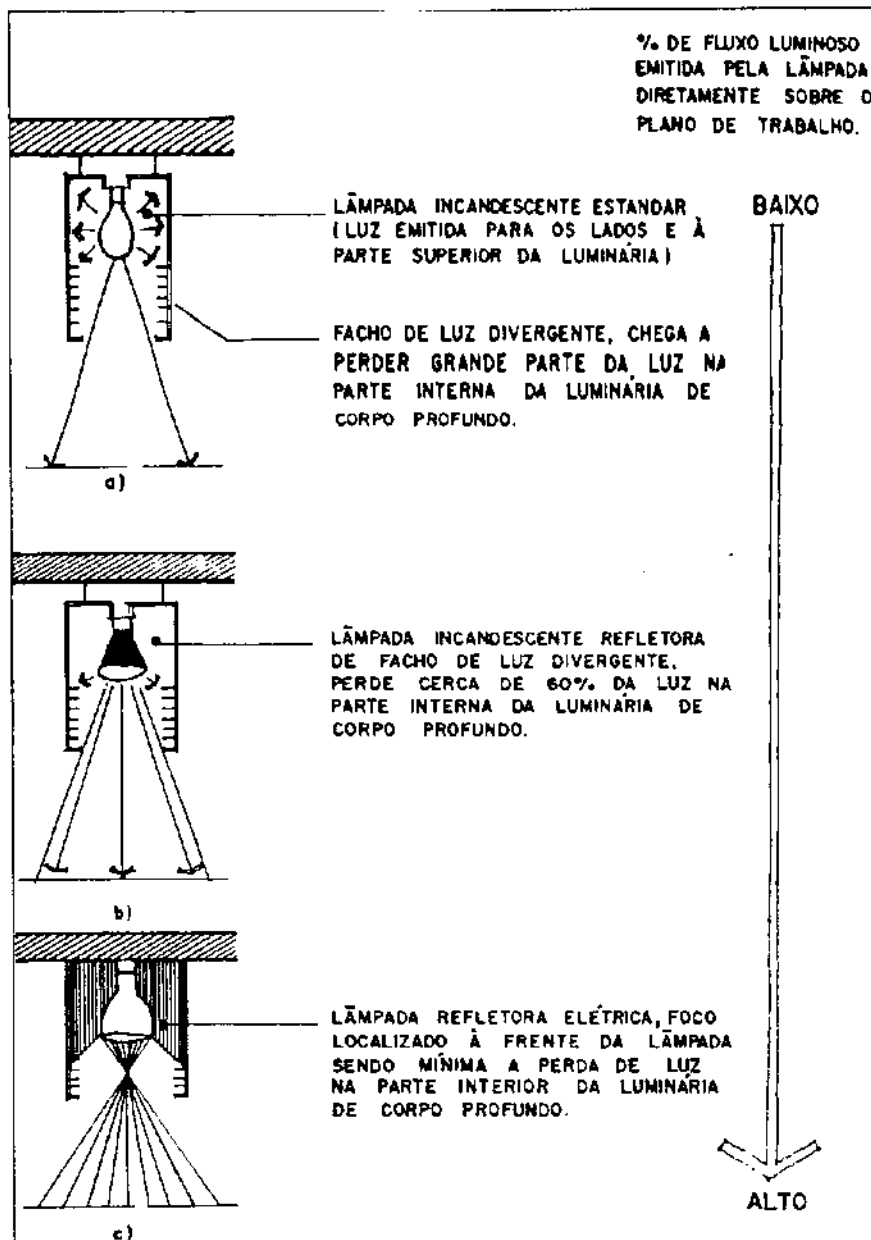
- Use cores claras nas superfícies interiores do local e dos elementos zenitais para aumentar o fator de utilização dos mesmos e diminuir o consumo de energia. Mantenha limpas as superfícies refletoras, especialmente o forro, para evitar contrastes fortes entre a superfície iluminante e o fundo (forro).

D.3 Recomendações no Aproveitamento dos Sistemas de Iluminação Artificial

(Associação Brasileira da Indústria de Iluminação (ABILUX))

- Utilize sempre lâmpadas de tensão compatível com a tensão da rede da concessionária.
- Sempre que possível, substitua lâmpadas incandescentes comuns por outras de maior eficiência. Pode-se aproveitar o período de manutenção para fazer essa substituição.
- Para maior rendimento com menor consumo, use lâmpadas refletoras quando for necessário ter iluminação dirigida sobre o plano de trabalho. Use lâmpadas refletoras elípticas quando a luminária for de corpo profundo (Figura D.5).
- Estude a substituição das lâmpadas por outras de menor potência, mais eficientes, de menor potência, mais eficientes, de maior durabilidade e que produzam a mesma quantidade luminosa. Onde for possível, use uma única lâmpada de maior potência ao invés de várias de lâmpadas de menor potência. Geralmente, para lâmpadas de um mesmo tipo, as de maior potência são mais eficientes que as de potência menor.
- Escolha uma luminária com a curva de distribuição luminosa mais adequada ao seu caso particular.
- Com a curva definida, escolha uma luminária com os elementos de controle de luz mais adequados ao seu estudo.
- Com estes dados, escolha a luminária que tenha os fatores de utilização mais altos.
- Exija do fabricante um compromisso formal sobre as curvas de distribuição e respectivos fatores de utilização em que se basearão os cálculos.
- Após a instalação do seu sistema de iluminação, promova uma medição luminotécnica e compare-a com os cálculos do projeto.

Figura D.5: Incandescente Comum x Refletores
Convencional x Refletores Elípticos



Fonte: ABILUX, 1992; Ref. A-1

D.4 Elementos que Determinam o Projeto em Iluminação em Escritórios e Comércio

(Ana Moraes, Revista Iluminação Brasil No 41)

Em linhas gerais

- **Análise de local:** definição da imagem empresarial e tipo de atmosfera que se deseja obter.
- **Análise ergonômica:** medicina do trabalho, possibilidade de acidentes.
- **Análise de comportamento:** ausência de pausas conscientes ou inconscientes no trabalho, atitudes de aceitação ou recusa ao ambiente de trabalho.
- **Análise proxêmica:** dimensão dos locais, número de pessoas para cada espaço delimitado.
- **Análise da acústica dos ambientes:** materiais de acabamento, volume dos locais, rumores presentes, som, comunicação falada ou simbólica.
- **Análise das instalações técnicas:** elétrica, hidráulica, ar condicionado, e outras.
- **Análise dos sistemas de ventilação e ar condicionado:** renovação do ar, condicionamento, possibilidade de integração das luminárias ao sistema de ar condicionado.

Por postos de trabalho

- **Análise das tarefas visuais:** relativa à atividade visual requerida para desenvolver satisfatoriamente um determinado trabalho em um espaço de tempo.
- **Análise proxêmica:** distância entre dois ou mais operadores, isolamento ou agrupamento de pessoas em certos espaços.

- Análise da organização do mobiliário: sistematização rítmica ou arrítmica do mobiliário, espaços ou volumes que circundam o posto de trabalho, organização dos estímulos visuais presentes.
- Controle de luz natural: distância dos postos de trabalho das janelas, ofuscamento, integração com luz natural ou eliminação da mesma.

ANEXO E

E.1 Avaliação Financeira de Investimentos em Iluminação

Objetivo

- Avaliar a viabilidade financeira das tecnologias concorrentes

Dados

| Iluminação: | 5 lâmp. | | | | 4 lâmp. | |
|---------------------------------------|--|-----------------------|--------------------|---------------------|------------|---------------------|
| | Incandescente | Compacta Fluorescente | Fluoresc. Circular | Fluo. Trifásforo 18 | Fluo.comum | Fluo. Trifásforo 36 |
| Eficiência (lm/W) | 13,8 | 56,0 | 49,0 | 72,2 | 52,9 | 69,1 |
| Serviço luminoso (lm) | 1.380 | 1.400 | 1.568 | 1.300 | 13500 | 13000 |
| Potência da lâmp (W) | 100 | 25 | 32 | 18 | 255 | 188 |
| Preço da lâmpada (US\$) | 0,47 | 17,67 | 3,72 | 4,33 | 9,3 | 17,32 |
| Vida esperada (horas) | 1.000 | 8.000 | 7.500 | 7.500 | 7.500 | 7.500 |
| Potência do reator (W) | --- | (*) incluída na lâmp. | 40 | 40 | | |
| Preço do reator (US\$) | --- | --- | 3,07 | 3,07 | 6,14 | 6,14 |
| Vida esperada do reator (horas) | --- | --- | 20.000 | 20.000 | 20.000 | 20.000 |
| Investimento na luminária (US\$) | --- | --- | 5,00 | 25,00 | 25,00 | 28,75 |
| Vida útil da luminária (horas de uso) | --- | --- | 24.000 | 50.000 | 50.000 | 50.000 |
| Manutenção (US\$/ano) | 0,18 | 0,18 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 |
| Premissas | | | | | | |
| Uso (horas/dia) | 3 | | | | | |
| Taxa de desconto (% ao ano) | 12% ← tx. desconto da Lei Concessões Elétricas. | | | | | |
| Tarifa 1er período (US\$/kWh) | 0,0788 ← Tarifa BTS objetivo PGT (Sist. Hidro-ELI) | | | | | |
| Período de análise (anos): | 12 | | | | | |

Cálculos Iniciais

| | | | | | | |
|--|--|--------|--------|--------|------|--------|
| Uso (h/ano) | | 1095 | 1095 | 1095 | 1095 | 1095 |
| kWh/ano economizados | | 82 | 57 | 72 | | 73 |
| Fator de Rec. Capital FRC1(1er período): | | 0,1614 | 0,1614 | 0,1614 | | 0,1614 |
| Fator de Rec. Capital FRC1(2do período): | | 0,1285 | 0,1285 | 0,1285 | | |

Tempo Simples de Retorno

| | | | | | | |
|---------|--|-------|-------|-------|--|-------|
| (ano) | | 2,66 | 1,41 | 1,22 | | 2,45 |
| (meses) | | 31,9 | 16,9 | 14,6 | | 29,4 |
| (dias) | | 970,1 | 514,1 | 444,1 | | 894,0 |

Custo do Ciclo de Vida (CCV)

| | Incandescente | Compacta Fluorescente | Fluoresc. Circular | Fluo. Trifásforo 18 | Fluo.comum | Fluo. Trifásforo 36 |
|--|---------------|-----------------------|--------------------|---------------------|------------|---------------------|
| Cálculo dos investimentos | | | | | | |
| <i>Em Lâmpadas:</i> | | | | | | |
| # fracionamento de lâmpadas1 | 13,14 | 1,64 | 1,75 | 1,75 | 1,75 | 1,75 |
| # lâmp. para calc A/P | 13 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| intervalo de tempo | 0,91 | 7,31 | 6,85 | 6,85 | 6,85 | 6,85 |
| tx efetiva de desconto | 10,9% | 128,9% | 117,3% | 117,3% | 117,3% | 117,3% |
| P/A | 6,78 | 0,44 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 |
| Valor residual (US\$) | 0,40 | 6,32 | 0,92 | 1,07 | 2,31 | 4,30 |
| Valor pte. do investimento (US\$): | 3,55 | 23,77 | 5,19 | 6,05 | 12,99 | 24,19 |
| <i>De Reator:</i> | | | | | | |
| # fracionamento de reatores | | | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 |
| # lâmp. para calc A/P | | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| intervalo de tempo | | | 18,26 | 18,26 | 18,26 | 18,26 |
| tx efetiva de desconto | | | 692,4% | 692,4% | 692,4% | 692,4% |
| P/A | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Valor residual (US\$) | | | 1,05 | 1,05 | 2,11 | 2,11 |
| Valor pte. do investimento (US\$): | | | 2,80 | 2,80 | 5,60 | 5,60 |
| <i>Da Luminária:</i> | | | | | | |
| # fracionamento de reatores | | | 0,55 | 0,26 | 0,26 | 0,26 |
| # lâmp. para calc A/P | | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| intervalo de tempo | | | 21,92 | 45,66 | 45,66 | 45,66 |
| tx efetiva de desconto | | | 1098,8% | 17576,6% | 17576,6% | 17576,6% |
| P/A | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Valor residual (US\$) | | | 2,26 | 18,43 | 18,43 | 21,19 |
| Valor pte. do investimento (US\$): | | | 4,42 | 20,27 | 20,27 | 23,31 |
| Cálculo do custo da energia | | | | | | |
| Consumo de energia (kWh/ano) | 109,50 | 27,38 | 52,56 | 37,23 | 279,23 | 205,86 |
| Subtotal valor pte. ee (US\$): | 53,45 | 13,36 | 25,66 | 18,17 | 136,29 | 100,48 |
| Costos de Instalação | | | | | | |
| Costo único no ano zero (US\$) | 0,09 | 0,09 | 0,23 | 0,33 | 0,33 | 0,33 |
| Costos de manutenção | | | | | | |
| Subtotal valor pte. manutenção (US\$): | 1,14 | 1,14 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,57 |
| Conclusões | | | | | | |
| CCV (US\$) | 58,23 | 38,36 | 38,87 | 48,20 | 176,07 | 154,49 |
| ACCV (US\$/ano) | 9,40 | 6,19 | 6,27 | 7,78 | 28,42 | 24,94 |
| ACCVNE (US\$/ano) | 0,77 | 4,04 | 2,13 | 4,83 | 6,42 | 8,72 |
| Custo da energia economizada (CEB)(US\$/kWh) | | 0,040 | 0,024 | 0,056 | | 0,031 |

Taxa Interna de Retorno

(Assume-se que os fluxos de caixa ocorrem no fim de cada período)

| Ano | Fluxo de Caixa | | | | | | | Balanço | | | |
|----------------------------|----------------|-----------|-------------|------------------|-------------|---------------|------------|-------------------|-------------------|---------------------------|--|
| | Da. Inc. | flu. C.F. | Fluo. Circ. | Fluo. Trifosf.18 | Fluo. Comum | Fluo. Trif.36 | Inc. x LCF | Inc x Fluo. circ. | Inc x Fluo. Trif. | Fluo com. x Fluo. Trif.36 | |
| 0 | 0,47 | 17,67 | 11,79 | 32,40 | 40,44 | 52,21 | (1 7,20) | (11,32) | (31,93) | (11,77) | |
| 1 | 9,10 | 2,16 | 4,14 | 2,93 | 22,00 | 16,22 | 6,94 | 4,96 | 6,16 | 5,78 | |
| 2 | 9,10 | 2,16 | 4,14 | 2,93 | 22,00 | 16,22 | 6,94 | 4,96 | 6,16 | 5,78 | |
| 3 | 9,10 | 2,16 | 4,14 | 2,93 | 22,00 | 16,22 | 6,94 | 4,96 | 6,16 | 5,78 | |
| 4 | 9,10 | 2,16 | 4,14 | 2,93 | 22,00 | 16,22 | 6,94 | 4,96 | 6,16 | 5,78 | |
| 5 | 9,10 | 2,16 | 4,14 | 2,93 | 22,00 | 16,22 | 6,94 | 4,96 | 6,16 | 5,78 | |
| 6 | 9,10 | 2,16 | 4,14 | 2,93 | 22,00 | 16,22 | 6,94 | 4,96 | 6,16 | 5,78 | |
| 7 | 9,10 | 2,16 | 7,86 | 7,26 | 31,30 | 33,54 | 6,94 | 1,24 | 1,83 | (2,24) | |
| 8 | 9,10 | 19,83 | 4,14 | 2,93 | 22,00 | 16,22 | (1 0,73) | 4,96 | 6,16 | 5,78 | |
| 9 | 9,10 | 2,16 | 4,14 | 2,93 | 22,00 | 16,22 | 6,94 | 4,96 | 6,16 | 5,78 | |
| 10 | 9,10 | 2,16 | 4,14 | 2,93 | 22,00 | 16,22 | 6,94 | 4,96 | 6,16 | 5,78 | |
| 11 | 9,57 | 2,16 | 4,14 | 2,93 | 22,00 | 16,22 | 7,41 | 5,43 | 6,63 | 5,78 | |
| 12 | 8,69 | (4,16) | 3,22 | 1,86 | 19,70 | 11,93 | 1 2,85 | 5,48 | 6,83 | 7,77 | |
| | | Calculado | | | | | | | | | |
| Chute inicial para IRR ==> | 10% | | TIR= | | | | 37% | 42% | 15% | 47% | |

Conta Mensal de Eletricidade

| Iluminação: | Fluxo de Caixa | | | | | |
|---|----------------|-----------------------|--------------------|---------------------|------------|---------------------|
| | Incandescente | Compacta Fluorescente | Fluoresc. Circular | Fluo. Trifósforo 18 | Fluo.comum | Fluo. Trifósforo 36 |
| Horas de uso diário | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Preço da Eletricidade (US\$/kWh) | | 0,0788 | 0,0788 | 0,0788 | 0,0788 | 0,0788 |
| Empréstimo p/compra de LFC | | 17,67 | 11,79 | 32,40 | 40,44 | 52,21 |
| Juros anuais | | 15,00% | 15,00% | 15,00% | 15,00% | 15,00% |
| Juros mensais | | 1,17% | 1,17% | 1,17% | 1,17% | 1,17% |
| Período de amortização=vida (meses) | | 88,0 | 83,0 | 83,0 | 83,0 | 83,0 |
| FRC | | 0,018 | 0,019 | 0,019 | 0,019 | 0,019 |
| Pagamento mensal (US\$/mes) | | 0,32 | 0,22 | 0,61 | 0,76 | 0,99 |
| Eletricidade (US\$/mes) | 0,72 | 0,18 | 0,35 | 0,24 | 1,83 | 1,35 |
| Conta mensal (emprést.+eletric.) (US\$/mes) | 0,72 | 0,50 | 0,57 | 0,86 | 2,60 | 2,34 |

E.2 Avaliação do Custo do Lumen-Hora

Definição:

$$\text{CUSTO TOTAL (Ct)} = \text{CUSTO INVERSÃO (Ci)} + \text{CUSTO DA ENERGIA (Ce)} + \text{CUSTO DE MANUTENÇÃO (Cm)}$$

Unidade : US\$/Mlm-h

Dados de base:

| Tipo de Lâmpada | Potência da Lâmpada (W) | Eficiência Média (lm/W) | Fluxo da Lâmpada (lm) | Vida da Lâmpada (h) | Vida do Reator (h) | Vida da Luminária (h) | Potência do Reator (W) | Investimento Lâmpada (US\$) | Investimento Reator (US\$) | Investimento Luminária (US\$) |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Incandescente clara | 100 | 13,8 | 1.380 | 1.000 | - | 50.000 | - | 0,47 | - | 0,4 |
| Fluorescente compacta | 25 | 56,0 | 1.400 | 8.000 (incl na lâmp.) | - | 50.000 | - | 17,67 | - | 0,4 |
| Fluorescente circular | 32 | 49,0 | 1.568 | 12.000 | 20.000 | 24.000 | 40 | 3,72 | 3,07 | 4,5 |
| Fluorescente convencional | 40 | 61,0 | 2.440 | 12.000 | 20.000 | 50.000 | 40 | 1,86 | 3,07 | 25 |
| Fluorescente trifósforo | 36 | 90,3 | 3.250 | 7.500 | 20.000 | 50.000 | 40 | 4,33 | 3,07 | 25 |

| | |
|---------------------------------|--|
| Depreciação média: | 0,85 |
| Taxa de desconto %: | 12% |
| Horas utilização: | 3 |
| Custo de manutenção (US\$/ano): | 0,33 << incand./LFC |
| Preço da energia: | 0,0788 (US\$/kWh) <<< Tarifa PGT Residencial BT5 |
| | 0,0701 (US\$/kWh) <<< Tarifa PGT Comercial média BT5-BT4 |

Matriz de fórmulas

| Item | Incandesc. | Fluorescente Compacta | Fluorescente Circular | Fluorescente Normal | Fluorescente Trifósforo |
|---------------------|------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------|
| Lâmpada | | | | | |
| Nj: | 0,913 | 7,306 | 10,959 | 10,959 | 6,849 |
| FRC: | 1,220 | 0,213 | 0,169 | 0,169 | 0,222 |
| Reator | | | | | |
| Nj: | - | - | 18,265 | 18,265 | 18,265 |
| FRC: | - | - | 0,137 | 0,137 | 0,137 |
| Luminária | | | | | |
| Nj: | 45,662 | 45,662 | - | 45,662 | 45,662 |
| FRC: | 0,121 | 0,121 | - | 0,121 | 0,121 |
| S (M lm-h): | 1,284 | 1,303 | 2,189 | 3,179 | 4,369 |
| CI (US\$/M lm-h): | 0,484 | 2,927 | 0,479 | 1,180 | 1,007 |
| CE (US\$/M lm-h): | 6,718 | 1,655 | 1,892 | 1,520 | 1,027 |
| Cm (US\$/M lm-h): | 0,021 | 0,021 | 0,044 | 0,030 | 0,022 |
| C.T. (US\$/M lm-h): | 7,223 | 4,604 | 2,415 | 2,730 | 2,056 |

ANEXO F

F.1 PLANEJAMENTO ENERGÉTICO INTEGRADO DE RECURSOS (Alternativa 2A)

(CASO LIMA METROPOLITANA)

1) Projeção do Sistema Interconectado Centro Norte SICN (até 2007)

| | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Energia - GWh | 11.821 | 13.451 | 11.897 | 12.361 | 12.844 | 13.344 | 13.865 | 14.358 | 14.869 | 15.397 | 15.945 | 16.512 | 17.099 | 17.707 |
| Potência - MWth | 2.879 | 2.131 | 2.161 | 2.159 | 2.217 | 2.376 | 2.439 | 2.524 | 2.643 | 3.063 | 3.035 | 2.993 | 2.999 | 3.899 |

Fonte: MEM-Plan Referencial de Electricidad.

2) Opções de Geração para atender a Demanda do SICN.

2.1. - Características das Opções

| | Ano de Ingresso | Potência MW | Vida Útil (anos)(a) | Eficiência (%)a) | Custo US\$/KW |
|----------------------------|-----------------|-------------|---------------------|------------------|---------------|
| Hidro: Ampíes, C. del Pato | 1999 | 60 | 30 | | 2.187 |
| Hidro/Jicomarca | 2000 | 104 | 30 | | 1.203 |
| Hidro-Chaglla | 2003 | 440 | 30 | | 1.525 |
| Turbo Vapor (TV) | 2002 | 150 | 20 | 20% | 1.000 |
| Turbina Gás (TG)-Trujillo | 1995 | 30 | 20 | 25% | 606 |
| Turbina Gás (TG)-Pisco | 1996 | 30 | 20 | 25% | 584 |
| Turbina Gás (TG) | 2001 | 100 | 20 | 25% | 550 |
| Turbina Gás (TG) | 2007 | 104 | 20 | 25% | 529 |
| Ciclo Combinado (CC) | 1998 | 100 | 20 | 45% | 1.362 |

(a): dados estimados

2.2. - Cálculo do Custo de Combustível

| | Tipo Comb. | Poder Cal. Kcal/Kg | Preço(*) (US\$/Ton) | Custo US\$/MWh |
|----------------------------|------------|--------------------|---------------------|----------------|
| Hidro: Ampíes, C. del Pato | | | | |
| Hidro/Jicomarca | | | | |
| Hidro:Chaglla | | | | |
| Turbo Vapor (TV) | Óleo Comb. | | 9.799 | 119,8 |
| Turbina Gás (TG)-Trujillo | Diésel | 10.194 | 210,3 | 71,0 |
| Turbina Gás (TG)-Pisco | Diésel | 10.194 | 212,9 | 71,8 |
| Turbina Gás (TG) | Diésel | 10.194 | 210,3 | 71,0 |
| Turbina Gás (TG) | Diésel | 10.194 | 210,3 | 71,0 |
| Ciclo Combinado (CC) | Diésel | 10.194 | 210,3 | 39,4 |

(*) Fonte: Resolução 001-94 P/CTE, sobre procedimentos e cálculos tarifários.

1 KWh equivale a >>>

860 Kcal

2.3. - Cálculo do Custo de Capital

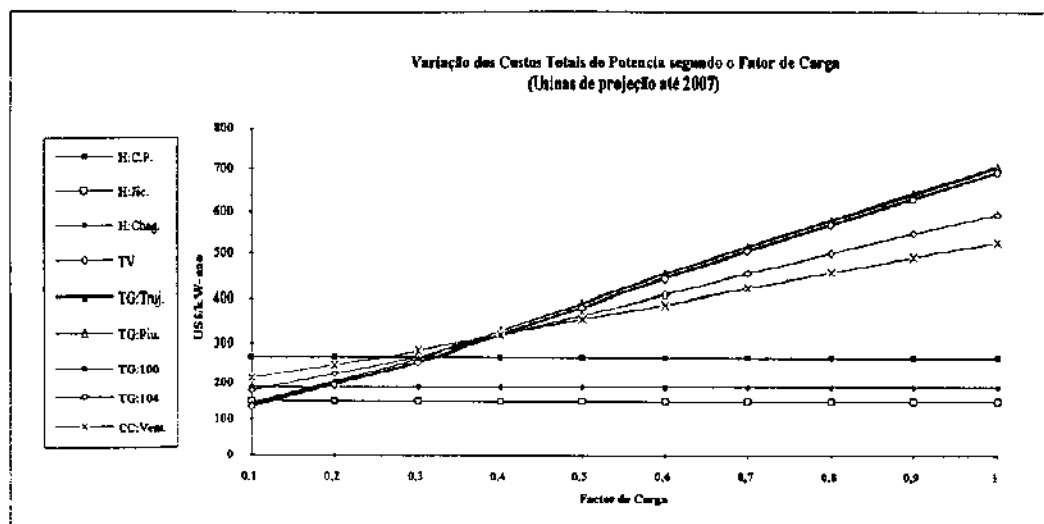
| | PRC | Custo Tot. ano (US\$/KW) |
|----------------------------|-------|--------------------------|
| Hidro: Ampíes, C. del Pato | 0,124 | 271 |
| Hidro/Jicomarca | 0,124 | 149 |
| Hidro:Chaglla | 0,124 | 189 |
| Turbo Vapor (TV) | 0,134 | 134 |
| Turbina Gás (TG)-Trujillo | 0,134 | 81 |
| Turbina Gás (TG)-Pisco | 0,134 | 78 |
| Turbina Gás (TG) | 0,134 | 74 |
| Turbina Gás (TG) | 0,134 | 71 |
| Ciclo Combinado (CC) | 0,134 | 182 |

OBS: Taxa desconto >>>>>

12%

2.4. - Cálculo dos Custos Totais (Capital + Comb.) Anuais em função da carga (US\$/kW-ano)

| Factor de Carga >>> | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Hidro. Ampliç. C. del Palo | 271 | 271 | 271 | 271 | 271 | 271 | 271 | 271 | 271 | 271 |
| Hidro. Nacurra | 149 | 149 | 149 | 149 | 149 | 149 | 149 | 149 | 149 | 149 |
| Hidro. Chaglla | 189 | 189 | 189 | 189 | 189 | 189 | 189 | 189 | 189 | 189 |
| Turbo Vapor (TV) | 180 | 226 | 272 | 318 | 364 | 410 | 456 | 502 | 548 | 594 |
| Turbina Gas (TG)-Tuyillo | 143 | 206 | 268 | 330 | 392 | 454 | 516 | 579 | 641 | 703 |
| Turbina Gas (TG)-Pinar | 141 | 204 | 267 | 330 | 393 | 456 | 519 | 582 | 645 | 707 |
| Turbina Gas (TG) | 136 | 198 | 260 | 322 | 384 | 447 | 509 | 571 | 633 | 695 |
| Turbina Gas (TG) | 133 | 195 | 257 | 319 | 382 | 444 | 506 | 568 | 630 | 692 |
| Ciclo Combinado (CC) | 217 | 251 | 286 | 320 | 355 | 390 | 424 | 459 | 493 | 528 |



3) Cálculo dos Impactos dos Programas de Conservação

| Tecnologias de Penetração >> | Setor Residencial | | Setor Comercial | | | Setor Iluminação Pública | | | | | | | | | |
|--|-------------------|-----------------|------------------|----------|--------|--------------------------|---------|---------|---------------|---------------|---------------|---------|--------|--------|-------|
| | LPC ₁ | LF ₁ | LPC ₂ | LPT18 | LPT36 | VH215 | VH250 | VH400 | VH150 | VH250 | VH300 | VH410 | VH500 | | |
| Potência | 21 | 47 | 21 | 26,64 | 178 | 125 | 255 | 400 | 134 | 136 | 251 | 210 | 210 | 350 | |
| Horas de uso | 3 | 3 | 8 | 8 | 8 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | |
| Uso (horas/ano) | 1095 | 1095 | 2920 | 2920 | 2920 | 4380 | 4380 | 4380 | 4380 | 4380 | 4380 | 4380 | 4380 | 4380 | |
| Vida útil (horas) | 8000 | 7580 | 8000 | 7500 | 7300 | 15000 | 15000 | 15000 | 24000 | 24000 | 24000 | 24000 | 24000 | 24000 | |
| Duração da tecnologia (anos) | 7,31 | 6,85 | 2,74 | 2,57 | 2,57 | 3,42 | 3,42 | 3,42 | 5,48 | 5,48 | 5,48 | 5,48 | 5,48 | 5,48 | |
| FRC | 0,213 | 0,222 | 0,450 | 0,475 | 0,475 | 0,373 | 0,373 | 0,373 | 0,259 | 0,259 | 0,259 | 0,259 | 0,259 | 0,259 | |
| Redução Potência (W) | 80 | 54 | 80 | 74 | 76 | 125 | 245 | 100 | 364 | 119 | 149 | 290 | 45 | 50 | |
| Preço da lâmpada (\$) | 12,34 | 3,72 | 12,34 | 3,83 | 12,12 | 2,30 | 6,00 | 9,00 | 12,60 | 12,60 | 13,90 | 14,70 | 14,70 | 16,40 | |
| Custo Capital Adicional (\$) | 11,87 | 3,25 | 11,87 | 2,56 | 2,82 | -6,2 | -11 | -8 | -4,4 | 6,6 | 4,9 | -2,3 | 8,7 | 7,6 | |
| Custo de M.O. (\$) | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,07 | 0,14 | 4,1 | 4,1 | 4,9 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | 4,9 | |
| Custo Capital Anual (\$/ano) | 2,64 | 0,84 | 5,57 | 1,47 | 5,82 | 2,39 | 3,77 | 5,19 | 4,33 | 4,33 | 4,67 | 4,88 | 4,88 | 5,58 | |
| Acessórias | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reator/ignitor | reator | | reator | reator | reator | reator | reator | reator | reator/ignit. | reator/ignit. | reator/ignit. | reator | reator | reator | |
| Vida útil (anos) | 10,3 | | 6,8 | 6,8 | 6,8 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | |
| FRC | 0,137 | | 0,222 | 0,222 | 0,297 | 0,297 | 0,297 | 0,297 | 0,297 | 0,297 | 0,297 | 0,297 | 0,297 | 0,297 | |
| Custo (\$) | 3,07 | | 5,07 | 6,14 | 6,00 | 14,80 | 16,00 | 30,00 | 30,00 | 30,00 | 14,00 | 14,00 | 14,00 | 16,00 | |
| Custo de M.O. (\$) | 0,12 | | 0,12 | 0,18 | 4,18 | 4,10 | 4,90 | 4,10 | 4,10 | 4,10 | 4,10 | 4,18 | 4,18 | 4,90 | |
| Custo Capital Anual (\$/ano) | 0,44 | | 0,71 | 1,41 | 3,00 | 5,36 | 6,21 | 10,13 | 10,13 | 10,13 | 5,38 | 5,78 | 6,21 | | |
| Custo Manutenção (\$/ano) | 0,00 | | 0,001 | 0,002 | 0,09 | 0,09 | 0,10 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,10 | | |
| Luminárias | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vida útil (anos) | 21,92 | | 8,22 | 17,12 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | |
| FRC | 0,131 | | 0,198 | 0,140 | 0,161 | 0,161 | 0,161 | 0,161 | 0,161 | 0,161 | 0,161 | 0,161 | 0,161 | | |
| Custo (\$) | 1,48 | | 5,00 | 23,80 | 33,40 | 70,70 | 80,80 | 64,70 | 64,70 | 72,50 | 70,70 | 70,70 | 80,80 | | |
| Custo de M.O. (\$) | 0,12 | | 0,12 | 0,18 | 8,80 | 11,80 | 11,80 | 8,80 | 8,80 | 11,80 | 11,80 | 11,80 | 11,80 | | |
| Custo Capital Anual (\$/ano) | 0,20 | | 1,81 | 3,53 | 6,83 | 13,32 | 14,95 | 11,87 | 11,87 | 13,61 | 13,32 | 13,32 | 14,95 | | |
| Custo Manutenção (\$/ano) | 0,06 | | 0,06 | 0,00 | 0,18 | 0,13 | 0,33 | 0,10 | 0,10 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | | |
| CCVA não energético (\$/ano) | 2,64 | | 3,48 | 5,37 | 12,39 | 22,68 | 26,58 | 26,51 | 26,51 | 28,63 | 25,79 | 25,79 | 26,97 | | |
| Tecnologias de Substituição >> | | | | | | | | | | | | | | | |
| | LI | LI | LI | LI | LI | L.Mista | L.Mista | L.Mista | L.Mista | VH250 | VH400 | L.Mista | VH150 | VH400 | |
| Potência | 184,7 | 184,7 | 184,7 | 184,7 | 254 | 250 | 500 | 500 | 500 | 255 | 400 | 500 | 250 | 400 | |
| Uso (horas/ano) | 1095 | 1095 | 2920 | 2920 | 2920 | 4380 | 4380 | 4380 | 4380 | 4380 | 4380 | 4380 | 4380 | 4380 | |
| Vida útil (horas) | 1346 | 1346 | 1346 | 1346 | 7500 | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 | 15000 | 15000 | 6000 | 15000 | 15000 | |
| Vida útil (anos) | 1,247 | 1,247 | 0,468 | 0,468 | 2,568 | 1,370 | 1,370 | 1,370 | 1,370 | 3,425 | 3,425 | 1,370 | 3,425 | 3,425 | |
| * fracionário de lâmpad. / frac. de lâmpad. p/ FRC efet. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tx. efetiva de desconto | | | | | | | | | | | | | | | |
| FRC efetivo | | | | | | | | | | | | | | | |
| Valor Residual (\$) | | | | | | | | | | | | | | | |
| FRC (01 anos) | 0,910 | 0,910 | 2,324 | 2,324 | 0,473 | 0,835 | 0,835 | 0,835 | 0,835 | 0,373 | 0,373 | 0,835 | 0,373 | 0,373 | |
| Preço da lâmpada (\$) | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 9,3 | 8,5 | 17 | 17 | 17 | 6 | 9 | 17 | 6 | 9 | |
| Custo de M.O. (\$) | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,14 | 4,1 | 4,9 | 4,9 | 4,9 | 4,1 | 4,9 | 4,9 | 4,1 | 4,9 | |
| VP do Capital (\$) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Custo Capital Anual (\$/ano) | 0,47 | 0,47 | 1,20 | 1,20 | 4,48 | 10,52 | 18,28 | 18,28 | 18,28 | 3,77 | 5,19 | 18,28 | 3,77 | 5,19 | |
| Acessórias | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reatores | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vida útil (anos) | | | reator | | | | | reator | | reator | | reator | | reator | |
| FRC | | | 6,8 | | | | | 4,6 | | 4,6 | | 4,6 | | 4,6 | |
| Preço (\$) | | | 0,222 | | | | | 0,297 | | 0,297 | | 0,297 | | 0,297 | |
| Custo de M.O. (\$) | | | 5,21 | | | | | 14 | | 14 | | 14 | | 14 | |
| Custo Capital Anual (\$/ano) | | | 2,09 | | | | | 3,38 | | 6,21 | | 5,78 | | 6,21 | |
| Custo Manutenção (\$/ano) | | | 0,002 | | | | | 0,085 | | 0,102 | | 0,085 | | 0,102 | |
| Luminárias | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vida útil (anos) | | | 17,123 | | | | | 12,0 | | 12,0 | | 12,0 | | 12,0 | |
| FRC | | | 0,140 | | | | | 0,161 | | 0,161 | | 0,161 | | 0,161 | |
| Preço (\$) | | | 23,0 | | | | | 32,1 | | 32,1 | | 32,1 | | 32,1 | |
| Custo de M.O. (\$) | | | 0,33 | | | | | 7 | | 7 | | 7 | | 7 | |
| Custo Capital Anual (\$/ano) | | | 3,52 | | | | | 6,33 | | 6,33 | | 6,33 | | 6,33 | |
| Custo Manutenção (\$/ano) | | | 8,00 | | | | | 8,08 | | 8,08 | | 8,08 | | 8,08 | |
| CCVA não energético (\$/ano) | 0,47 | | 0,47 | | 1,20 | 1,20 | 10,10 | 14,91 | 24,67 | 24,67 | 24,67 | 22,68 | 26,58 | 24,67 | 22,68 |
| Custo Total Anual (\$/ano) | 2,17 | 1,91 | 4,37 | 2,08 | 6,67 | -4,52 | -1,99 | 1,91 | 1,84 | 3,83 | 2,03 | -0,88 | 1,31 | 0,39 | |
| Energia Econom. (KWh/ano) | 87,1715 | 28,8013 | 232,724 | 216,2532 | 221,92 | 547,3 | 1073,1 | 438 | 1594,32 | 521,32 | 652,62 | 1270,2 | 197,1 | 219 | |
| C. Ene. Conservada. (US\$/MWh) | 24,9 | 17,1 | 18,8 | 9,2 | 3,0 | -8,3 | -1,9 | 4,4 | 1,2 | 7,3 | 3,1 | -0,7 | 3,6 | 1,8 | |
| Prioridade 1 >> | 14 | 12 | 12 | 11 | 4 | 1 | 2 | 8 | 4 | 10 | 7 | 3 | 9 | 5 | |
| Reduc. Demanda Pico (W) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reduc. Demanda Média (W) | 67,9 | 45,7 | 79,7 | 74,06 | 74 | 125 | 245 | 100 | 364 | 119 | 149 | 290 | 45 | 50 | |
| Fator Conservação Carga | 0,30 | 0,30 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,58 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,58 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | |
| C. Anual p/ kW Econ. (\$/kW/ano) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fator de Eficiência de Custo | 0,44 | 0,38 | 0,37 | 0,38 | 0,06 | -0,34 | -0,83 | 0,33 | 0,03 | 0,22 | 0,09 | -0,02 | 0,17 | 0,03 | |
| Prioridade 2 >> | 14 | 12 | 13 | 18 | 6 | 1 | 2 | 8 | 4 | 11 | 7 | 3 | 9 | 5 | |

4.7) Cálculo do Consumo das Tecnologias Convencionais

Tempo de projeção >>> 12 Base 95

| | Clientes serviçáveis | Lâmp. penetradas | | No | Porcent. Consumo | | Investimento Inicial bruto (milhões US\$) |
|---------------------|-------------------------|------------------|--|---------|------------------|-----------------|---|
| | | Tipo | | | convenc. (%) | convenc. kWh | |
| S.Res. Inc.100W | 929595 | LFCp | | 2788785 | 0% | 0,0 | 34.413,6 |
| S.Com. (*) Inc.100W | 68527 | LFCp | | 68527 | | | 845,6 |
| (**) Fluor.40W | 692 | LFT | | 69200 | 0% | 0,0 | 838,7 |
| S.Eta.Pub. VHg.250W | | VHg125 | | 98720 | 0% | 0,0 | 227,1 |
| LM.500W | | VHg250 | | 10089 | 0% | 0,0 | 60,5 |
| LM.500W | | VNa210 | | 10089 | 0% | 0,0 | 148,3 |
| LM.500W | | VNa150 | | 10089 | 0% | 0,0 | 127,1 |
| VHg.250W | | VNa150 | | 13268 | 0% | 0,0 | 167,2 |
| VHg.250W | | VNa210 | | 13268 | 0% | 0,0 | 195,0 |
| VHg.400W | | VNa250 | | 6551 | 0% | 0,0 | 91,1 |
| VHg.400W | | VNa350 | | 6551 | 0% | 0,0 | 108,7 |

(*) Considera somente os clientes de comércio de menor porte

(**) Considera somente os clientes de comércio de maior porte

4.8) Cálculo do Consumo com penetração das Novas Tecnologias (2007)

(parcela de penetração)

| | Consumo GWh1995 | | Consumo2007 (GWh) | | nGWh |
|---------------------|-----------------|--------|-------------------|--------|-------|
| | Convenc. | Nuevas | Convenc. | Nuevas | |
| S.Res. Inc.100W | 307,5 | 64,3 | 370,4 | 77,2 | 293,1 |
| S.Com. Inc.100W | 20,1 | 4,2 | 23,0 | 4,8 | 18,2 |
| Fluor.40W | 12,8 | 9,0 | 14,6 | 10,2 | 4,4 |
| S.Eta.Pub. VHg.250W | 108,1 | 54,0 | 167,7 | 83,9 | 83,9 |
| LM.500W | 22,1 | 11,0 | 34,3 | 17,5 | 16,8 |
| LM.500W | 22,1 | 9,3 | 34,3 | 14,4 | 19,9 |
| LM.500W | 22,1 | 6,6 | 34,3 | 10,3 | 24,0 |
| VHg.250W | 14,5 | 8,7 | 23,0 | 12,3 | 10,7 |
| VHg.250W | 14,5 | 12,2 | 23,0 | 18,9 | 4,1 |
| VHg.400W | 11,5 | 7,2 | 17,8 | 11,2 | 6,6 |
| VHg.400W | 11,5 | 10,0 | 17,8 | 15,6 | 2,2 |

*** considera perdas reais/ 122 lâmpadas existentes no ano base

4.9) Nível de Eficiência penetrada(2007)

| Lâmpada (# eq/44s) | Convenc. (W) | Tecnologia | | grupo eficiência | Consum. Negawatt nGWh | Consumo eficiente GWh |
|--------------------|-----------------|--------------------|------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | Eficiência Tipo | (W) | | | |
| Inc.100W | 100,7 | LFCp | 25 | 75% | 293,1 | 77,2 |
| Inc.100W | 100,7 | LFCp | 25 | 75% | 18,2 | 4,8 |
| Fluor.40W | 50,8 | LFT | 44,5 | 12% | 4,4 | 10,2 |
| VHg.250W | 250 | VHg125 | 125 | 50% | 83,9 | 83,9 |
| LM.500W | 500 | VHg250 | 255 | 49% | 16,8 | 17,5 |
| LM.500W | 500 | VNa210 | 210 | 58% | 19,9 | 14,4 |
| LM.500W | 500 | VNa150 | 150 | 70% | 24,0 | 10,3 |
| VHg.250W | 255 | VNa150 | 136 | 47% | 10,7 | 12,3 |
| VHg.250W | 255 | VNa210 | 210 | 18% | 4,1 | 18,9 |
| VHg.400W | 400 | VNa250 | 251 | 37% | 6,6 | 11,2 |
| VHg.400W | 400 | VNa350 | 350 | 13% | 2,2 | 10,2 |

Referências Bibliográficas

- A-1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA ILUMINAÇÃO (ABILUX). Uso Racional de Energia em Edificação, p. 11-42. São Paulo, 1992.
- A-2 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Lâmpadas Incandescentes com Filamento de Tungstênio para Iluminação Geral, NBR 5121, sd. Brasil, novembro de 1982.
- B-1 BERRY, L. G.; BROWN, M. Participation of the Elderly in Residential Conservation Programmes. In: Energy Policy 16(2), p. 152-163. 1988
- B-2 BARROS, T. V. Panorama da Iluminação no Mercado Norteamericano. In: Revista: Iluminação - Brasil, No 31, p. 15-17. São Paulo, 1991.
- B-3 BURINI JUNIOR, E; CAUVILLA, P.; SAUER, I. Análise Econômica de Alternativas para Iluminação. São Paulo, 1993.
- B-4 BURINI JUNIOR, E; MARQUES DOS SANTOS, M; SAUER, I. Bases para Política de Iluminação Pública - Estudo de Caso. In: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. Campinas, 1994.
- C-1 COMISION DE TARIFAS ELECTRICAS (CTE). Anuario Estadístico Años 1992-1993. Lima, 1994.
- C-2 COMISION DE TARIFAS ELECTRICAS (CTE). Descripción de la Secuencia de Actividades para Establecer las Tarifas de Generación, Transmisión y Distribución del PGT. Lima, 1993.
- C-3 COMITE DE OPERACIONES (CO). Producción y Destino de la Energia Eléctrica - Resultado 1992. Lima, 1993.
- C-4 COMITE DE OPERACIONES (CO). Memoria 1986-1989. Lima, 1992.
- C-5 CARDIA, N.G. O Comportamento de Conservação de Água: Subsídios Teóricos para Campanhas Educativas de Redução do Consumo. In: Simpósio Internacional sobre Economia de Água de Abastecimento Público, Anais p. 179-195. São Paulo, 1986.

- C-6 CONSTANZO, M.; ARCHER, D.; ARONSON, E; PETTIGREW, T. Energy Conservation Behavior - The Difficult Path from Informatios to Action. In: American Psychologist, 41 (5), p. 521-528. 1986.
- E-1 EDNEY, J.J. The Commons Problem-Alternative Perspectives. In American Psychologist, 32(5), p. 131-150.
- E-2 ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Green Light Presentation. Carolina do Norte-USA, 1991.
- E-3 ELECTRO LIMA. Estudio Sobre la Renovación y Modernización del Alumbrado Público del Area Metropolitana de Lima. Lima, 1989.
- E-4 ELECTRO LIMA. Estudio Cualitativo del Material de Alumbrado Público utilizado por la Empresa Electrolima - Informe de Ensayos. Lima, 1989.
- G-1 GAUTAM S.D. Techniquesfor End-Use Electricity Analysis and Conservation Program Design and Evaluation. USA, junho de 1992.
- I-1 ILUMINATING ENGINEERING SOCITY OF NORTH AMERICA (IESNA). Lighting Handbook. Nova York, 1993.
- J-1 JANNUZZI, G. et al. Estabelecendo um Programa de Iluminação Eficiente para o Setor Residencial. Campinas, 1992.
- K-1 KOURIS. Elasticities - Science or Fiction. In Energy Economics, UK, abril de 1981.
- L-1 LIGHTING RESEARCH INSTITUTE AND PLEXUS RESEARCH, Inc. Survey and Forecast of Marktplace Supply and Demand for Energy - Efficient Lighting Products. Phase I, Report Agosto, 1991.
- M-1 MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (MEM). Ley de Concesiones Eléctricas D.L. 25844. Lima, 1993.
- M-2 MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (MEM). Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas D.S. 009-93 EM. Lima, 1993.
- M-3 MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (MEM). Plano Referencial de Eletricidade 1993. Lima, 1993.
- M-4 MEIER, P. Energy Systems Analisis for Developing Countries. Alemanha, Springer -Velag, p.113-124. 1984.

- M-5 MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (MEM). Balance Nacional de Energia - Serie 1970-1984. Lima, 1986.
- M-6 MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (MEM). Balance Nacional de Energia 1991. Lima, 1993.
- M-7 MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (MEM). Matriz del Balance Energético Nacional 1992. Lima, 1993.
- M-8 MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (MEM). Balance Energético Consolidado 1985-1990. Lima, 1990.
- M-9 MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (MEM). Norma de Alumbrado de Interiores y Campos Deportivos. Lima, p. 8-36. 1982.
- M-10 MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (MEM). Norma de Alumbrado de Vías Públicas. Lima, 1978.
- M-11 MADDAUS, W.O. Water Conservation. American Water Works Association. Denver, p. 67-73. 1987.
- M-12 MILLS, E; PERSSON, A; STRAHL, J. The Inception and Proliferation of European Residential Lighting Efficiency Programs. California 1990.
- M-13 MORAES, A. Edifícios Inteligentes. In: Revista Iluminação Brasil No 44 e 45, p. 14-20, p. 32-33. 1993 e 1994. .
- M-14 MOREIRA, V. Iluminação & Fotometria - Teoria e Aplicação, p. 1-9. São Paulo, 1993.
- M-15 MASCARÓ, L. Energia na Edificação: Estratégia para Minimizar seu Consumo, p. 15-36 e 101-143. São Paulo, 1991.
- M-16 MINISTERIO DE INDUSTRIA TURISMO E INTEGRACION (MICTI). Estadísticas Industriales. Lima, 1994.
- M-17 MOGAMI S. Grandes Usuarios no Brasil já Reciclam Lâmpadas Fluorescentes, p. 36-43. São Paulo, setembro 1993.
- O-1 OLSEN, M. Consumers Attitudes Toward Energy Conservation. In: Journal of Social Issues 37(2). p. 108-131.
- O-2 OSRAM. Catálogo Geral.sd.

- P-1 PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD). Estudio de Lineamientos de Estrategia a Corto y Mediano Plazo para el Sector Energético. Washington, 1990.
- P-2 PHILIPS. Catálogo de Alumbrado. sd.
- R-1 REDDY, A. Barriers to Improvements in Energy Efficiency. In: International Workshop on Reducing Carbon Emissions from the Developing World: Assessment of Benefits, Cost and Barriers, p.1-34. California, 1991.
- S-1 SATHAYE, J.; FRIEDMANN, R.; et. al. Economic Analysis of Ilumex: A Project to Promote Energy-Efficient Residential Lighting in Mexico. In: Energy Policy 22(2). 1994. p. 163-171.
- S-2 SAUER, I. et. al. Métodos de Análise Energética a partir dos Usos Finais. In: Workshop (ENE 715), Textos de Apoio, sd. São Paulo, 1994.
- S-4 SYLVANIA. Catálogo de Lâmpadas. sd.
- W-1 WEBB, R.; FERNÁNDEZ BACA, G. Anuario Estadístico: Perú en Números 1992. Cuanto S.A. Lima, 1993.