

**UNESP**

**Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá**

**Guaratinguetá  
2015**

THIAGO AVERALDO BIMESTRE

PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA APLICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA  
EM UMA USINA HIDRELÉTRICA

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica na área de Transmissão e Conversão de Energia.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Magalhães Sobrinho  
Co-orientador: Prof. Dr. Celso Eduardo Tuna

Guaratinguetá  
2015

B611p	<p>Bimestre, Thiago Averaldo Proposta de metodologia para aplicação de eficiência energética em uma usina hidrelétrica. / Thiago Averaldo Bimestre – Guaratinguetá, 2015. 140 f : il. Bibliografia: f. 131-140</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015. Orientador: Prof. Dr. Pedro Magalhães Sobrinho Coorientador: Prof. Dr. Celso Eduardo Tuna</p> <p>1. Energia elétrica – conservação 2. Biodiesel 3. Ar condicionado 4. Turbinas hidráulicas I. Título</p> <p style="text-align: right;">CDU 620.91(043)</p>
-------	---



## **DADOS CURRICULARES**

### **THIAGO AVERALDO BIMESTRE**

NASCIMENTO	12.12.1986 – GUARATINGUETÁ/ SP
FILIAÇÃO	Paulo Sérgio Barbosa Bimestre Maria Bernadete Novaes Averaldo Bimestre
2007/2012	Curso de Graduação em Engenharia Mecânica pela Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista.
2013/2014	Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, nível de Mestrado, na Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista.

Dedico este trabalho, de modo especial, aos meus pais Paulo Sérgio e Maria Bernadete, exemplos de bondade, sabedoria e honestidade, à minha querida irmã Thatiana, e ao meu avô Gino Bimestre pelo incentivo à ciência.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, pelo precioso dom da vida, pela sua infinita bondade de me permitir chegar até aqui, por indicar o verdadeiro sentido da vida e o endereço da felicidade;

Aos meus pais, *Paulo Sérgio e Maria Bernadete*, e minha irmã *Thatiana*, que com olhar intenso e terno, transmitiram a força necessária nos momentos críticos;

Ao meu avô *Gino Bimestre*, por sempre me incentivar nos estudos e no amor à ciência;

À todos os professores, em especial ao meu orientador *Prof. Dr. Pedro Magalhães Sobrinho* e ao meu co-orientador *Prof. Dr. Celso Eduardo Tuna*, pelo terreno que prepararam e pelas sementes que lançaram, proporcionando transformação na mente e no coração;

Aos meus amigos, *Riceli Pontes* e sua esposa *Fernanda Prado*, *Rafael Felício*, *Larissa França* e *César Renato Faria Ribeiro*, pelo apoio, companheirismo e presença constante;

Ao amigo *Prof. Dr. José André Marin de Camargo*, diretor do Colégio Técnico Industrial pelo incentivo e irrestrito apoio;

Aos funcionários da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá pela dedicação e apoio em todos esses anos;

À Companhia Energética de São Paulo – CESP por disponibilizar os dados necessários para a realização do estudo de caso, em especial, aos amigos da UHE Paraibuna por estarem sempre prontos a colaborar;

Ao *Eng. Hamilton Hachiro Tiba*, que de bom coração, contribuiu para a realização deste trabalho;

À Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá e ao Colégio Técnico Industrial de Guaratinguetá, onde se encontra boa parte de minha história.

“Eu sou o caminho a verdade e a vida”

Jesus Cristo

“No momento em que nos comprometemos de fato, a providência também age. Ocorre toda espécie de coisas para ajudar (...). Toda uma cadeia de eventos emana da decisão, fazendo vir a nosso favor todo tipo de encontros de incidentes e de apoio material imprevistos, que ninguém poderia sonhar (...). Começa tudo o que possas fazer, ou que sonhas poder fazer. A ousadia traz em si o gênio, o poder e a magia”.

Goethe

BIMESTRE, T.A.; **Proposta de metodologia para aplicação de eficiência energética em uma Usina Hidrelétrica. 2015.** 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica – Faculdade de Engenharia Campus de Guaratinguetá, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

## RESUMO

Os projetos de eficiência energética desempenham um papel chave na melhoria da segurança energética, da sustentabilidade ambiental e do desempenho econômico. Este trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento e os resultados de um projeto piloto de efficientização energética aplicado a usina hidrelétrica de Paraibuna. Neste sentido, foi desenvolvida uma proposta de metodologia para otimização do uso da energia em toda a instalação de uma usina hidrelétrica, procurando, a partir de resultados de inspeção e de ensaios, analisar como a energia elétrica está sendo utilizada e propondo melhorias no que se refere à racionalização de sua aplicação. Além disso, a utilização de outras fontes de energia existentes e não aproveitadas, bem como a aplicação de novas tecnologias, são avaliadas, priorizando a redução de danos ao meio ambiente, a diminuição de custos de manutenção e o aumento de ganhos econômicos. As ações deste projeto foram dirigidas a programas de racionalização do uso de energia nos sistemas de iluminação, de ar condicionado, de bombeamento e nos trocadores de calor responsáveis pela refrigeração dos mancais das turbinas. As reduções obtidas foram significativas, chegando a 52% no sistema de iluminação, 28% no sistema de ar condicionado e 36% para os sistemas de bombeamento. Em relação a outras fontes de energia, apresenta-se um estudo sobre a implantação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede que resultam em uma economia de 91,7 MWh/ano. Este trabalho também apresenta um estudo sobre o aproveitamento do potencial hidráulico disponível em uma ramificação do conduto forçado da usina com a implantação de uma mini turbina Pelton de 30 kVA. Finalmente, avalia-se a implantação de uma micro usina de biodiesel, suficiente para alimentar as barcas que realizam travessias na represa. Espera-se com este estudo, ampliar a pesquisa sobre o uso eficiente de energia, incentivando a mudança de hábitos; formar recursos, atualizando e capacitando o corpo técnico envolvido nos processos de produção e uso da energia e priorizar soluções energeticamente eficientes e ambientalmente amigáveis poupando recursos para as gerações futuras.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eficiência Energética, biodiesel, sistemas de iluminação, ar condicionado, bombeamento de água, turbinas hidráulicas.

BIMESTRE, T.A.; **Proposed methodology for implementation of energy efficiency in a hydroelectric power plant. 2015.** 140 s. Dissertation (Master in Mechanical Engineering) - Engineering College, Universidade Estadual Paulista - Guaratinguetá, 2015.

### **ABSTRACT**

The energy efficiency projects play a key role in the improvement of energy security, environmental sustainability and economic performance. This research aims to present the development and results of a pilot project for energy efficiency applied to the hydroelectric power plant of Paraibuna. In this sense, a proposed methodology for optimization of energy use throughout the installation of a hydroelectric power plant was developed, looking, from inspection and testing results, analyze how electrical energy is being used and proposing improvements with regard to the rationalization of its application. In addition, the use of other existing energy sources and not exploited, as well as the application of new technologies, are evaluated, prioritizing the reduction of damage to the environment, reducing of maintenance costs and the increasing of economic gains. The actions of this project were aimed at rational energy use in lighting systems, air conditioning, pumping and heat exchangers responsible for the cooling of turbine bearings. Reductions achieved were significant, reaching 52% in the lighting system, 28% in the air conditioning system and 36% for pumping systems.

About other energy sources, is presented a study on the implementation of photovoltaic systems connected to the network that result in a saving of 91.7 MWh/year. This work also presents a study on the use of the available hydraulic potential in a branch of the penstock of the plant with the implementation of a pelton turbine of 30 kVA. Finally, is evaluated the deployment of a small biodiesel plant, enough to feed the ferries which perform sailings on the dam. It is hoped that this study, expand research on energy efficiency by encouraging changes of habits, form features, updating and training the staff involved in the processes of production and use of energy and to prioritize efficient and environmentally friendly solutions saving resources for future generations.

**KEYWORDS:** Energy efficiency, biodiesel, lighting systems, air conditioning, water pump, hydraulic turbine.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Evolução da demanda de energia e da taxa de crescimento econômico do Brasil.....	29
Figura 2- Evolução do crescimento populacional e da demanda de energia per capita do Brasil.....	29
Figura 3- Evolução da oferta interna de energia no Brasil.....	30
Figura 4- Etiqueta de eficiência energética do PBE.....	36
Figura 5- Componentes de controle de luz das luminária.....	42
Figura 6- Exemplo de iluminação zenital.....	44
Figura 7- Ilustração de abertura zenital do tipo <i>shed</i> com área iluminante voltada para o sul.....	45
Figura 8- Ilustração de um lanternim.....	45
Figura 9- Ilustração do átrio em uma edificação.....	46
Figura 10- Sistema de energia solar fotovoltaico <i>off-grid</i> .....	47
Figura 11- Sistema de energia solar fotovoltaico <i>grid-tie</i> .....	48
Figura 12- Tela inicial do software SAAC 1.....	52
Figura 13- Aparelho de ar condicionado do tipo janela.....	53
Figura 14- Aparelho de ar condicionado do tipo <i>split</i> .....	54
Figura 15- Sistema de ar condicionado do tipo Multi <i>split</i> .....	54
Figura 16- Balanço médio de energia em um sistema de bombeamento.....	55
Figura 17- Motor de indução trifásico.....	58
Figura 18- Turbina Francis.....	63
Figura 19- Corte de uma unidade geradora com turbina Kaplan.....	63
Figura 20- Turbina Bulbo.....	64
Figura 21- Turbina Pelton.....	64
Figura 22- Cadeia reversa do óleo de cozinha.....	66
Figura 23- Usina Hidrelétrica de Paraibuna e Reservatório.....	68
Figura 24- Usina Hidrelétrica de Paraibuna.....	68
Figura 25- Fluxograma do sistema conectado à rede projetado.....	102
Figura 26- Medição de vazão – derivação do conduto forçado para o aerador da piscicultura.....	115
Figura 27- Turbina Pelton P500.....	119
Figura 28- Consumo de Diesel mensal nas balsas da UHE Paraibuna.....	120
Figura 29- Mini usina de Biodiesel ULL500SR da Biofree.....	122
Figura 30- Sistema de resfriamento do mancal combinado.....	124

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Iluminâncias para cada grupo de tarefas visuais.....	39
Quadro 2 – Fatores determinantes da iluminação adequada.....	40
Quadro 3 – Características das telhas para iluminação zenital.....	101
Quadro 4 – Características da turbina hidráulica.....	118

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estimativa de carga térmica.....	50
Tabela 2 – Valores do coeficiente de perda de carga localizada K para diversas peças.....	57
Tabela 3 – Valores mínimos de eficiência para motores de indução trifásica no Brasil.....	60
Tabela 4 – Planilha para inspeção energética na UHE Paraibuna.....	71
Tabela 5 – Medições em Sistemas de Iluminação.....	73
Tabela 6 – Medições em Motores.....	73
Tabela 7 – Medições em Sistemas de Bombeamento.....	73
Tabela 8 – Medições em Sistemas de Ar-Condicionado.....	74
Tabela 9 – Medições em Compressores de Ar.....	74
Tabela 10 – Levantamento das cargas área externa.....	80
Tabela 11 – Levantamento de cargas casa de máquinas.....	81
Tabela 12 – Levantamento de cargas sujeitas à efficientização energética – área externa.....	81
Tabela 13 – Levantamento de cargas sujeitas à efficientização energética – Casa de Máquinas.....	82
Tabela 14 – Levantamento de cargas de iluminação da Portaria – sistema atual.....	83
Tabela 15 – Sistema de iluminação proposto – Portaria.....	83
Tabela 16 – Levantamento de cargas de iluminação Ed. Administrativo Parte A – Sistema atual....	84
Tabela 17 – Levantamento de cargas de iluminação Ed. Administrativo Parte B – Sistema atual....	85
Tabela 18 – Sistema de iluminação proposto – Edifício Administrativo.....	86
Tabela 19 – Levantamento de cargas de iluminação da Piscicultura – Sistema atual.....	88
Tabela 20 – Sistema de iluminação proposto – Piscicultura.....	89
Tabela 21 – Levantamento de cargas de iluminação do Horto Florestal – Sistema atual.....	91
Tabela 22 – Sistema de iluminação proposto – Horto Florestal.....	92
Tabela 23 – Levantamento de cargas de iluminação da Fazendinha – Sistema atual.....	93
Tabela 24 – Sistema de Iluminação proposto – Fazendinha.....	94
Tabela 25 – Levantamento de cargas de iluminação do Viveiro de Aves – Sistema Atual.....	95
Tabela 26 – Sistema de iluminação proposto – Viveiro de Aves.....	96
Tabela 27 – Levantamento de cargas de iluminação da oficina de balsas – Sistema atual.....	97
Tabela 28 – Sistema de iluminação proposto – Oficina de balsas.....	98
Tabela 29 – Levantamento de cargas de iluminação da Casa de Máquinas – Sistema atual.....	99
Tabela 30 – Sistema de iluminação proposto – Casa de Máquinas.....	99

Tabela 31 – Resumo dos sistemas de iluminação.....	100
Tabela 32 – Análise econômica do sistema de iluminação zenital para a Casa de Máquinas.....	102
Tabela 33 – Dimensionamento de painéis fotovoltaicos.....	105
Tabela 34 – Dimensionamento dos inversores <i>grid-tie</i> .....	105
Tabela 35 – Análise econômica do sistema fotovoltaico.....	106
Tabela 36 – Sistema de ar condicionado da Portaria – Atual.....	106
Tabela 37 – Sistema de ar condicionado da Portaria – Proposto .....	107
Tabela 38 – Sistema de ar condicionado edifício administrativo – Atual.....	107
Tabela 39 – Sistema de ar condicionado do edifício administrativo – Proposto .....	108
Tabela 40 – Sistema de ar condicionado do Horto Florestal – Atual.....	109
Tabela 41 – Sistema de ar condicionado do Horto Florestal – Proposto .....	109
Tabela 42 – Sistema de ar condicionado da Fazendinha – Atual.....	110
Tabela 43 – Sistema de ar condicionado da Fazendinha – Proposto.....	110
Tabela 44 – Sistema de ar condicionado da Casa de Máquinas – Atual.....	111
Tabela 45 – Sistema de ar condicionado da Casa de Máquinas – Proposto.....	111
Tabela 46 – Resumo dos sistemas de ar condicionado.....	112
Tabela 47 – Sistemas de Bombeamento – Atual.....	113
Tabela 48 – Sistemas de Bombeamento – Proposto .....	113
Tabela 49 – Resumo do sistema de Bombeamento.....	114
Tabela 50 – Dados característicos da Micro Usina Hidrelétrica.....	115
Tabela 51 – Análise econômica das instalações da turbina hidráulica.....	119
Tabela 52 – Características da Micro Usina de Biodiesel.....	121
Tabela 53 – Análise econômica das instalações da Micro Usina de Biodiesel.....	123
Tabela 54 – Serviços previstos e investimentos para o reposicionamento dos trocadores de calor..	126
Tabela 55 – Análise econômica do reposicionamento dos trocadores de calor.....	126
Tabela 56 – Resumo geral das oportunidades de eficiência energética.....	128

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo
BHP	<i>Break Horse Power</i>
CGIEE	Comitê Gestor de Indicadores e de Níveis de Eficiência Energética
CGTEE	Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica
CHESF	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
CONPET	Programa Nacional de Racionalização do Uso dos derivados de Petróleo e de Gás Natural
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
MME	Ministério de Minas e Energia
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia
PEE	Programa de Eficiência Energética
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROINFRA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

## LISTA DE SÍMBOLOS

Notação	Unidade	Descrição
Q	m <sup>3</sup> /s	Vazão Volumétrica
HMT	m	Altura Manométrica Total
$h_L$	m	Perdas de Carga Localizadas
$h_P$	m	Perdas de Carga Distribuídas
N	Wh/h <sub>insol</sub>	Necessidade de geração
$\eta$	Adimensional	Rendimento
$\gamma$	N/m <sup>3</sup>	Peso específico
L	m	Comprimento
$k$	Adimensional	Coefficiente de perda de carga localizada
D	m	Diâmetro
f	Adimensional	Coefficiente de Rugosidade interna
$\alpha, \beta$	Adimensional	Constantes de Hazen-Williams
g	m/s <sup>2</sup>	Aceleração da Gravidade
C <sub>D</sub>	Wh/dia	Consumo médio diário
V <sub>i</sub>	Volt	Tensão de instalação
C <sub>Wh</sub>	Wh	Capacidade de Produção mínima
E <sub>P</sub>	Adimensional	Eficiência de Geração
W <sub>P</sub>	W ou seus múltiplos	Potência de Pico
T <sub>ep</sub>	ton	Tonelada Equivalente de Petróleo
Bpd	Adimensional	Barris por dia (em geral de Petróleo cru)

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>22</b>
1.1 Objetivo Geral .....	24
1.2 Objetivos Específicos.....	24
<b>2. PLANEJAMENTO ENERGÉTICO E POLÍTICAS PÚBLICAS NO BRASIL.....</b>	<b>25</b>
2.1. Perspectivas energéticas para o Brasil.....	28
<b>3. MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....</b>	<b>32</b>
3.1. A Lei de Eficiência Energética.....	34
3.2. Programa de etiquetagem e padronização.....	35
<b>4. OPORTUNIDADES DE EFICIENTIZAÇÃO ENERGÉTICA.....</b>	<b>38</b>
<b>4.1. SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO.....</b>	<b>38</b>
4.1.1. Níveis de Iluminância Recomendáveis.....	39
4.1.2. Tipos de Lâmpadas Usuais.....	40
4.1.3. Luminárias e Difusores.....	41
4.1.4. Medidas de Conservação de energia em sistemas de iluminação.....	43
4.1.5. Iluminação Zenital.....	43
<b>4.2. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....</b>	<b>46</b>
<b>4.3. SISTEMAS DE AR CONDICIONADO.....</b>	<b>48</b>
4.3.1. O software SAAC 1.....	50
4.3.2. Equipamentos de ar condicionado residencial e para escritórios.....	52
<b>4.4. SISTEMAS DE BOMBEAMENTO.....</b>	<b>55</b>
4.4.1. Acionamento de bombas centrífugas – Motor Elétrico.....	58
<b>4.5. OPORTUNIDADES DE APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DISPONÍVEL.....</b>	<b>61</b>
4.5.1. Aproveitamento do potencial hidráulico.....	61
4.5.2. Turbinas Hidráulicas.....	62
4.5.3. Biodiesel.....	65
<b>5. ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>67</b>
5.1 A Usina Hidrelétrica de Paraibuna.....	67
<b>6. METODOLOGIA DA PESQUISA.....</b>	<b>69</b>
6.1 Passo 1: Programação de recursos e de tempo.....	69
6.2 Passo 2: Visita às instalações e coleta de dados.....	70

	21
6.3 Passo 3: Medições em Campo.....	72
6.4 Passo 4: Análise dos dados.....	74
6.5 Passo 5: Descrição das medidas de redução de consumo.....	77
6.6 Passo 6: Elaboração do relatório da auditoria energética.....	77
6.7 Identificação do estado atual da estrutura energética da UHE Paraibuna.....	79
<b>7. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>81</b>
7.1. AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DOS SISTEMAS DA UHE PARAIBUNA.....	81
<b>7.1.1. Sistemas de Iluminação.....</b>	<b>81</b>
7.1.1.1. Portaria.....	82
7.1.1.2. Edifício Administrativo.....	83
7.1.1.3. Piscicultura.....	86
7.1.1.4. Horto Florestal.....	89
7.1.1.5. Fazendinha.....	92
7.1.1.6. Viveiro de Aves.....	94
7.1.1.7. Oficina de Balsas.....	96
7.1.1.8. Casa de Máquinas.....	96
<b>7.1.2. Sistema de Iluminação Zenital para a casa de Máquinas.....</b>	<b>99</b>
<b>7.1.3. Sistema Fotovoltaico para iluminação.....</b>	<b>101</b>
<b>7.1.4. Sistema de Ar condicionado.....</b>	<b>105</b>
7.1.4.1. Portaria.....	105
7.1.4.2. Edifício Administrativo.....	106
7.1.4.3. Horto Florestal.....	107
7.1.4.4. Fazendinha.....	109
7.1.4.5. Casa de Máquinas.....	110
<b>7.1.5. Sistemas de Bombeamento.....</b>	<b>111</b>
<b>7.1.6. Aproveitamento do Potencial Hidráulico disponível.....</b>	<b>114</b>
<b>7.1.7. Instalação de Micro Usina de Biodiesel.....</b>	<b>119</b>
<b>7.1.8. Reposicionamento dos trocadores de calor do mancal combinado.....</b>	<b>123</b>
<b>8. POTENCIAL DE REDUÇÃO DE EMISSÃO DE CO<sub>2</sub>.....</b>	<b>126</b>
<b>9. CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS.....</b>	<b>128</b>
<b>10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>131</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Os projetos de eficiência energética desempenham um papel chave na melhoria da segurança energética, da sustentabilidade ambiental e do desempenho econômico.

Segundo Santos (2012), os programas e políticas de eficiência energética são uma importante ferramenta para redução da emissão de CO<sub>2</sub> e possíveis alterações climáticas, bem como colaboram na contenção do consumo de energia no mundo atenuando o esgotamento de recursos energéticos.

Um projeto de eficiência energética deve ser entendido como um investimento na ampliação da vida útil de equipamentos, na redução dos riscos de indisponibilidade, na simplificação de operações, no aumento da confiabilidade e, se possível, no incremento da potência de geração (SAMPAIO, 2005).

As usinas hidrelétricas quando comparadas com as termelétricas são mais eficientes, pois poluem menos e são economicamente superiores devido a promover uma transformação limpa do recurso energético natural (água). As usinas hidrelétricas representam, entre usinas de pequeno e grande porte, 19% da energia produzida no mundo (KAHRAMAN, 2008).

A implementação das metodologias de otimização do uso da energia elétrica de toda a planta de uma usina hidrelétrica apresenta possibilidade de grande economia de energia e conseqüentemente maior disponibilidade ao sistema elétrico, devido ao grande número de equipamentos e áreas a serem avaliados (ABDELAZIZ, 2010).

As ações de eficiência energética, são voltadas a programas de otimização do uso de energia em equipamentos, tais como máquinas, motores, iluminação, compressores, bombas, sistemas de ar condicionado e refrigeração (SAMPAIO, 2005).

A execução de melhorias de desempenho em equipamentos com base em diagnósticos específicos, tem como finalidade buscar a máxima eficiência visando primordialmente à redução de custos com consumo de insumos energéticos e hídricos, apresentando sugestões de viabilidade técnico-econômica para implantação, incluindo as especificações técnicas de equipamentos, materiais, serviços de implantações propriamente ditas e o programa de gerenciamento do projeto e gestão dos resultados após o término das intervenções (AL EL-SHAFEI, 2003).

Assim, uma empresa ou empreendimento pode ser beneficiado com projeto de "Eficiência Energética", através de modernização de equipamentos e instalações, bem como em adequação de procedimentos.

Neste sentido, esta pesquisa tem como objetivo propor uma metodologia para otimização do uso da energia em toda a instalação de uma usina hidrelétrica, procurando, a partir dos resultados de inspeção e de ensaios, uma análise de como a energia elétrica está sendo utilizada e propondo melhorias no que se refere à racionalização de sua aplicação. Além disso, deve ser viabilizada a utilização de outras fontes de energia existentes e não aproveitadas, priorizando a redução de danos ao meio ambiente, à diminuição de custos de manutenção e o aumento de ganhos econômicos.

Espera-se com este estudo, ampliar a pesquisa sobre o uso eficiente de energia, incentivando a mudança de hábitos; formar recursos, atualizando e capacitando o corpo técnico envolvido nos processos de produção e uso da energia e priorizar soluções energeticamente eficientes e ambientalmente amigáveis, poupando recursos para as gerações futuras.

Esta dissertação foi estruturada em 9 capítulos. O presente capítulo trata da introdução, onde apresenta-se os objetivos e a justificativa do trabalho. No capítulo 2 é apresentado o planejamento energético para o Brasil e as políticas públicas envolvidas com o tema, além das perspectivas energéticas para o país.

No capítulo 3 são apresentadas as medidas de conservação de energia e eficiência energética, como a lei de eficiência energética e o programa de etiquetagem e padronização.

No capítulo 4 são apresentadas as oportunidades de eficiência energética em sistemas de iluminação, sistemas fotovoltaicos, sistemas de ar condicionado, sistemas de bombeamento, aproveitamento de potencial hidráulico disponível e fabricação do biodiesel a partir de óleo de fritura.

O capítulo 5 apresenta a usina hidrelétrica de Paraibuna. O capítulo 6 apresenta a metodologia utilizada na pesquisa e a identificação do estado atual da estrutura energética da usina.

No capítulo 7 são apresentados os resultados do estudo e a viabilidade técnico-econômica para a implementação das medidas propostas no programa de eficiência energética para cada sistema estudado.

No capítulo 8 são apresentados os estudos de redução de emissão de equivalente de carbono.

Por fim, no capítulo 9 são apresentadas as conclusões e comentários.

## **1.1 OBJETIVO GERAL**

Este trabalho tem como objetivo definir uma metodologia para a otimização do uso da energia em toda a instalação de uma usina hidrelétrica, procurando, a partir de resultados de inspeção e de ensaios, analisar como a energia elétrica está sendo utilizada e assim propor melhorias no que se refere à racionalização de sua aplicação. Além disso, deve ser viabilizada a utilização de outras fontes de energia existentes e não aproveitadas, priorizando a redução de danos ao meio ambiente, à diminuição de custos de manutenção e o aumento de ganhos econômicos.

Espera-se com este estudo, ampliar a pesquisa sobre o uso eficiente de energia, incentivando a mudança de hábitos; formar recursos, atualizando e capacitando o corpo técnico envolvido nos processos de produção e uso da energia e priorizar soluções energeticamente eficientes e ambientalmente amigáveis poupando recursos para as gerações futuras.

## **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Análise das condições de utilização da energia nas instalações de uma usina hidrelétrica;
- Conhecer os consumos de energia elétrica em uma usina hidrelétrica;
- Dispor de dados para tomada de decisões;
- Avaliar medidas de racionalização de energia em uma usina hidrelétrica;
- Aperfeiçoar procedimentos de operação e manutenção;
- Avaliar o desempenho dos sistemas de geração, transformação e utilização de energia em uma usina hidrelétrica;
- Quantificar os consumos energéticos por setor ou sistemas em uma usina hidrelétrica;
- Estabelecer e quantificar potenciais medidas de racionalização de energia;
- Analisar técnica e economicamente as soluções encontradas;
- Propor a substituição de equipamentos do processo por outros mais eficientes;
- Propor a utilização de fontes alternativas de energia, caso se justifiquem;
- Propor um plano de racionalização para as ações e investimentos a empreender.

## **2. PLANEJAMENTO ENERGÉTICO E POLÍTICAS PÚBLICAS NO BRASIL**

O Ministério de Minas e Energia (MME) foi criado em 1960, pela Lei nº 3.782, de 22 de julho de 1960. Anteriormente, os assuntos de minas e energia eram de competência do Ministério da Agricultura. Em 1990, a lei nº 8.028 extinguiu o MME e transferiu suas atribuições ao Ministério da Infraestrutura, criado pela mesma lei, que também passou a ser responsável pelos setores de transportes e comunicações. O Ministério de Minas e Energia voltou a ser criado em 1992, por meio da lei nº 8.422. Em 6 de agosto de 1997, a Lei nº 9.478 criou o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), vinculado à Presidência da República e presidido pelo ministro de Minas e Energia, com a atribuição de propor ao Presidente da República políticas nacionais e medidas para o setor.

Em 2003, a Lei nº 10.683/2003 definiu como competências do MME as áreas de geologia, recursos minerais e energéticos, aproveitamento da energia hidráulica, mineração e metalurgia e petróleo, combustível e energia elétrica, incluindo a nuclear. A atual estrutura do Ministério foi regulamentada pelo decreto nº 7.798, de 12 de setembro de 2012. As secretarias de Planejamento e Desenvolvimento Energético, de Energia Elétrica, de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis, e Geologia, Mineração e Transformação Mineral foram criadas pelo decreto nº 5.267, de 9 de dezembro de 2004.

Em 2004, foi criado pela Lei 10.848 o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE), cuja função é acompanhar e avaliar permanentemente a continuidade e a segurança do suprimento eletroenergético em todo o território nacional. Em 15 de março de 2004, por meio da Lei nº 10.847, foi autorizada a criação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Vinculada ao Ministério de Minas e Energia, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético. Outra empresa pública ligada ao Ministério é o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), responsável pela geração de levantamentos geológicos e hidrológicos básicos do território nacional. O Ministério de Minas e Energia tem como empresas vinculadas a Eletrobrás e a Petrobras, que são de economia mista. A Eletrobrás, por sua vez, controla, as empresas Furnas Centrais Elétricas S.A., Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf), Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica (CGTEE), Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (Eletronorte), Eletrosul Centrais Elétricas S.A. (Eletrosul) e Eletrobrás Termonuclear S.A. (Eletronuclear) (BRASIL, 2009).

Entre as autarquias vinculadas ao ministério estão às agências nacionais de Energia Elétrica (ANEEL) e do Petróleo (ANP) e o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

Na área energética, cabe ao Conselho Nacional de Política Energética – CNPE a formulação de políticas e diretrizes de energia para o desenvolvimento nacional equilibrado e ao MME fica a responsabilidade pela concepção, articulação e coordenação do planejamento energético nacional e também a disponibilização do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) para a sociedade. O PDE é um documento que apresenta uma visão integrada da expansão da demanda e da oferta de diversos energéticos para o horizonte 2008 a 2017 (BRASIL, 2009).

Este plano foi subsidiado por estudos desenvolvidos pela Empresa de Pesquisa Energética, a partir de diretrizes propostas pelo MME, abrangendo a visão de curto, médio e longo prazo, em estreita colaboração com as equipes técnicas do ministério e com os diversos agentes. Os resultados dos estudos foram disponibilizados para consulta pública, propiciando a obtenção de sugestões e melhorias nos seus resultados (BRASIL, 2009).

Segundo Fiscarelli (2010) outro documento de grande importância é o Plano Nacional de Energia – PNE 2030, que tem como objetivo o planejamento de longo prazo do setor energético do país, orientando tendências e balizando as alternativas de expansão desse segmento nas próximas décadas. O PNE 2030 apresenta uma proposta de rever a estrutura existente e propor a ampliação e novas capilaridades para viabilizar o Plano Nacional de Eficiência Energética. Esta nova estrutura deverá ter orçamentos próprios, corpo técnico capacitado e suficiente para gerenciar os atuais programas e os novos mecanismos, de forma a garantir ao sistema o deslocamento da energia conservada prevista e assim manter a segurança do sistema.

Como mencionado anteriormente, o MME é o responsável pela política energética nacional e cabe a ele a função de se relacionar com as demais instituições que tratam da mesma temática com o objetivo de promover programas de incentivo ao uso eficiente de energia. Esses programas são necessários para aumentar a penetração das técnicas de uso mais eficiente de energia (BRASIL, 2007).

O governo brasileiro optou em utilizar suas empresas estatais – Eletrobrás e Petrobrás – para executar os dois programas nacionais de conservação de energia e a ANEEL para supervisionar o Programa de Eficiência Energética (PEE), executado pelas concessionárias distribuidoras de eletricidade no País. A Eletrobrás promove o uso racional e eficiente de energia em diferentes segmentos da sociedade por meio do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

(PROCEL), uma iniciativa muito bem sucedida, que gerou uma enorme economia em expansão dos suprimentos energéticos. O programa tem o objetivo de prover informações aos consumidores sobre hábitos racionais de consumo, bem como orientá-los na aquisição de equipamentos eficientes.

Dessa forma o PROCEL focaliza algumas estratégias (BRASIL, 2007) como:

- Coordenar o “marketing” do combate ao desperdício, em âmbito nacional;
- Conscientizar os consumidores sobre o problema do uso inadequado da energia elétrica, alertando que ela é um bem escasso;
- Promover, junto aos fabricantes, acordos para aumento da eficiência de equipamentos elétricos;
- Implantar projetos de “eficientização” energética em cada segmento de consumo, através de consumidores chave, que possam vir a atuar como formadores de opinião em seus respectivos setores;
- Buscar, junto aos agentes de financiamento, recursos para viabilização de projetos de combate ao desperdício;
- Tornar as instituições de ensino agentes multiplicadores da idéia do combate ao desperdício de energia elétrica;
- Propor medidas nas áreas de legislação e normalização, no sentido de estipular padrões mínimos de eficiência energética.

Outro programa nacional de conservação de energia é o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET) que tem como objetivos e principais metas desenvolver e integrar as ações que visem à racionalização do uso dos derivados de petróleo e do gás natural e obter um ganho de eficiência energética de 25% no uso dos derivados de petróleo e do gás natural nos próximos 20 anos, sem afetar o nível de atividade (BRASIL, 2007).

A partir dos Programas Nacionais de Eficiência Energética e todos os seus resultados, o estabelecimento formal e consolidado de uma Política Nacional de Eficiência Energética deve proporcionar um significativo avanço na mobilização e nas ações dos diversos agentes econômicos que devem participar desse esforço nacional.

Para Fiscarelli (2010) o Brasil encontra-se, atualmente, em um cenário extremamente favorável ao fortalecimento do mercado de eficiência energética, dispondo de um imenso potencial a ser explorado.

## 2.1 PERSPECTIVAS ENERGÉTICAS PARA O BRASIL

Segundo Tolmasquim, Guerreiro e Gorini (2007), desde a revolução industrial, a competitividade econômica dos países e a qualidade de vida de seus cidadãos são intensamente influenciadas pela energia.

De acordo com Alves Filho (2003), ao longo do século XX o Brasil experimentou intenso desenvolvimento econômico, que se refletiu numa crescente demanda de energia primária. Entre os fatores que determinaram tal crescimento alinham-se um expressivo processo de industrialização, com a instalação de plantas energo-intensivas, e uma notável expansão demográfica, acompanhada de rápido aumento da taxa de urbanização.

Considerando-se apenas o período a partir de 1970, a série histórica da evolução do consumo de energia e do crescimento populacional, indica que, naquele ano, a demanda de energia primária era inferior a 70 milhões de tep (toneladas equivalentes de petróleo), enquanto a população atingia 93 milhões de habitantes. Em 2000 a demanda de energia quase triplicou, alcançando 190 milhões de tep, e a população ultrapassava 170 milhões de habitantes.

Os estudos conduzidos pela EPE (2007) apontam forte crescimento da demanda de energia nos próximos 25 anos. Estima-se que a oferta interna de energia crescerá 3,6% e 3,4% ao ano nos períodos 2010-2020 e 2020-2030 respectivamente, devido, sobretudo, a uma maior eficiência energética tanto do lado da demanda como da oferta. A indústria e o setor de transportes continuarão a ser os principais responsáveis por esse consumo, com cerca de 67% do total.

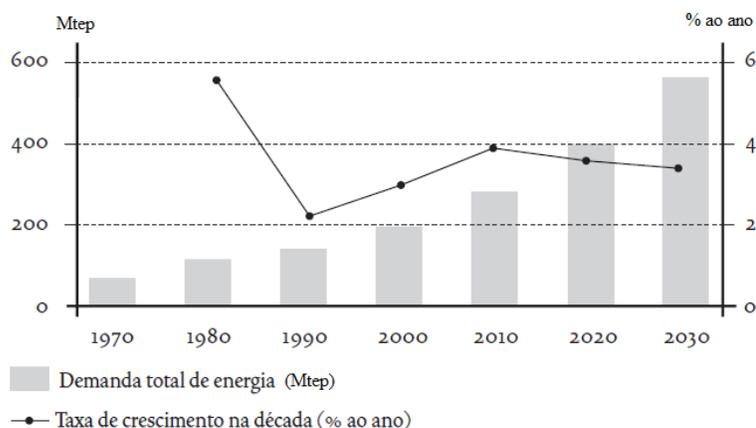
O cenário traçado para 2030 estima um consumo de energia primária de cerca de 560 milhões de tep para uma população de mais de 238 milhões de habitantes. Nessas condições, a demanda *per capita* aumentaria de 1.190 para 2.345 tep/10<sup>3</sup> habitantes entre 2005 e 2030.

A figura 1 indica a evolução da demanda de energia e da taxa de crescimento econômico e a figura 2 indica a evolução do crescimento populacional e da demanda de energia *per capita*.

Para Goldemberg (2002) é preciso ressaltar uma clara tendência de diversificação da matriz energética brasileira. Em 1970 apenas duas fontes de energia, petróleo e lenha, respondiam por 78% do consumo, enquanto em 2000 três fontes correspondiam a 74% do consumo: além de petróleo e lenha, a energia hidráulica.

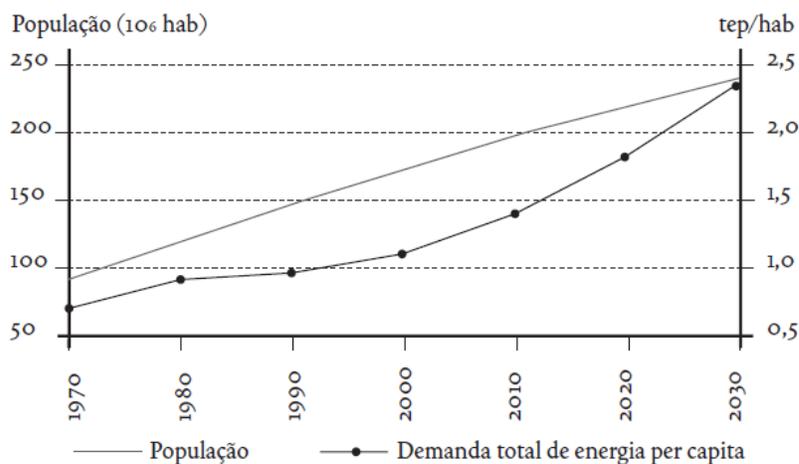
Os estudos da EPE (2007) projetam para 2030 uma situação em que quatro fontes serão necessárias para satisfazer 77% do consumo: além de petróleo e energia hidráulica, cana-de-açúcar e gás natural, com redução da importância relativa da lenha.

Figura 1 – Evolução da demanda de energia e da taxa de crescimento econômico do Brasil 1970-2030.



FONTE: EPE (2012).

Figura 2 – Evolução do crescimento populacional e da demanda de energia per capita do Brasil 1970 – 2030.



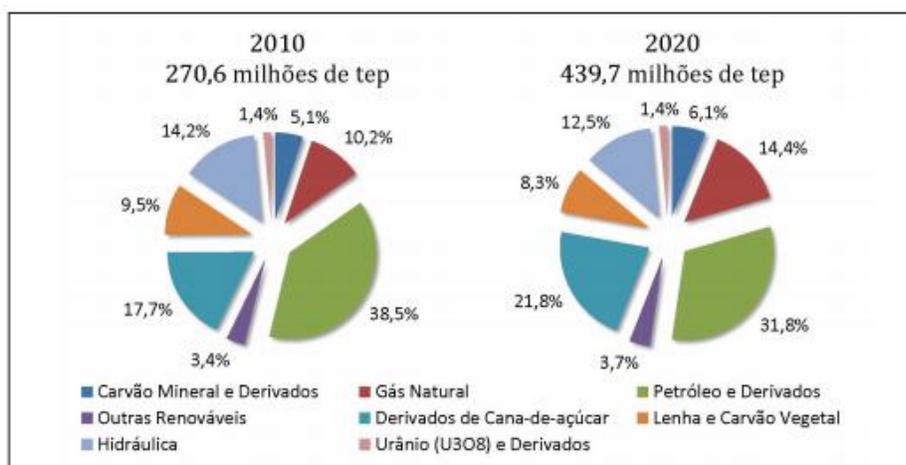
FONTE: EPE (2012).

Para Tolmasquim, Guerreiro e Gorini (2007) a matriz energética brasileira continuará a ser exemplo para o mundo nos próximos anos, hoje já possui forte participação das fontes renováveis de

energia (hidráulica, eólica, etanol, biomassa, entre outras) e no prazo de dez anos contará com uma predominância ainda maior dessas fontes.

O estudo denominado Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2020), desenvolvido pela EPE (2007), aponta para uma participação das fontes renováveis de 46,3% em 2020 ante os 44,8% apresentados em 2010, conforme ilustra a figura 3.

Figura 3 – Evolução da oferta interna de energia do Brasil.



FONTE: TOLMASQUIM, GUERREIRO E GORINI, 2007.

Pode-se observar que a hidroeletricidade sofrerá uma leve queda da participação, assim como a lenha e o carvão vegetal. Por sua vez, fontes como os derivados da cana-de-açúcar, em especial o etanol, ganharão participação na matriz.

Como já ressaltado, é de se esperar um grande aumento da demanda de energia nos próximos anos no Brasil. Nessas condições, a estratégia de expansão da oferta de energia deve considerar iniciativas que promovam o uso mais eficiente das fontes.

Segundo Jacomo (2006) a eficiência energética tem destaque em todos os setores da economia, possibilitando evitar, em 2020, uma demanda equivalente a 440 mil barris de petróleo por dia (cerca de  $\frac{1}{4}$  da atual demanda nacional de petróleo). A indústria terá papel relevante, por representar cerca de 7% da demanda economizada em 2020.

Segundo os levantamentos da EPE (2007), o ganho de eficiência energética na indústria entre 2010 e 2020 será de 13,8 milhões de tep, o que equivale a 270 mil bpd e responderá por cerca de 69 milhões de tCO<sub>2</sub> evitadas nesse período.

Fatores como o ritmo de crescimento da economia e a estrutura da expansão do consumo de energia terão papel fundamental no volume das emissões de gás carbônico (CO<sub>2</sub>). Mesmo levando-se em conta o aumento da participação de fontes renováveis na matriz energética brasileira, o nível de emissões deverá se ampliar nos próximos 25 anos.

Cabe destacar que as estimativas de emissões apresentadas pela EPE (2012), consideram premissas quanto ao uso eficiente da energia e à maior penetração de fontes renováveis, refletindo políticas já definidas pelo governo federal através do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), o Programa de Conservação de Energia Elétrica (Procel), o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (Conpet), o Programa Brasileiro de Etiquetagem, a Lei de Eficiência Energética, o Programa Nacional do Biodiesel e o Programa do Álcool, além de medidas complementares a elas, como linhas de financiamento favoráveis a essas formas de energia e incentivos à cogeração.

Para Lamas e Giacaglia (2013), o aumento do nível de emissões a curto prazo deve por si só sinalizar a necessidade da implementação de medidas e iniciativas que assegurem a reversão dessa tendência. Se o desenvolvimento do país parece tornar irreversível o aumento dessas emissões, há que se empreender um esforço para tornar igualmente irreversível que a médio e longo prazo esse desenvolvimento não implique tal aumento.

Para Dabdoud (2006), nas próximas décadas a questão da energia se apresenta para o Brasil como um desafio e uma oportunidade. Desafio, porque o desenvolvimento econômico e social demandará uma expressiva quantidade de energia e com isso um alto grau de segurança e de sustentabilidade energética. Oportunidade, porque o Brasil dispõe de condições especialíssimas de recursos energéticos renováveis e de tecnologia para transformar suas riquezas naturais em energia e dessa forma agregar valor à sua produção de riqueza.

### **3. MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

A preocupação crescente com a menor abundância, em um futuro próximo, das fontes energéticas primárias, principalmente petróleo e gás natural, bem como a preocupação com a preservação do meio ambiente, têm levado os planejadores a considerar outros recursos para assegurar o pleno atendimento da demanda futura de energia. Esses recursos incluem uma maior diversificação da matriz energética, com uma participação mais significativa de fontes renováveis e/ou alternativas, e a eficiência energética (SIITONEN; TUOMAALA; AHTILA,2010).

A partir das crises do petróleo em 1973 e 1979, o governo brasileiro tem se preocupado com a situação energética do país. Desde então se presenciaram ações cíclicas do governo visando à racionalização do uso da energia, inicialmente através da participação do Ministério das Minas e Energia (MME), da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) de São Paulo e empresas públicas, sendo num primeiro instante totalmente direcionado para as indústrias e transportes, durante toda a década de 1970 até a segunda metade da década de 1980. Nessa fase as atenções estavam voltadas para a redução de desperdícios e a substituição do petróleo pela energia elétrica nas indústrias e emprego do álcool combustível no lugar da gasolina, sendo estes últimos com preços subsidiados pelo governo como forma de incentivo ao seu uso (DIAS, 1999).

Em 1989, o mundo vivenciou a redução do preço do barril de petróleo, e no Brasil houve uma estagnação dos investimentos na área da Conservação de Energia e nas pesquisas de novas fontes de energia, juntamente com as adequações das políticas de preços da eletricidade e do álcool. Como consequência as indústrias retornaram ao uso do petróleo e seus derivados, o mesmo ocorrendo com a frota nacional de veículos automotores (LA ROVERE, 1994).

A Guerra do Golfo (1991), que trouxe à tona novamente a questão da dependência do petróleo, e no plano nacional as dificuldades presentes nas empresas de energia, principalmente as de eletricidade (estatais endividadas e sem capital para investimentos), levaram o país mais uma vez a rever a sua condição estratégica perante a energia, visando-se um desenvolvimento sustentável, dando-se início a um novo ciclo de programas de Conservação de Energia (DIAS, 1999).

As medidas de conservação de energia constam de ações de combate ao desperdício de energia e melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais. Entretanto estas medidas não podem ser adotadas de forma pontual, pois podem ocorrer resultados importantes

e se dispersar ao longo do tempo dentro da indústria. Elas têm que ser empregadas dentro de um Programa de Eficiência Energética - PEE que visem à otimização da energia através de orientações, direcionamento, ações e controle sobre os recursos humanos, materiais e econômicos reduzindo a quantidade de energia necessária para obtenção de um determinado produto sem interferir em sua qualidade (HADDAD *et al.*, 2001).

De acordo com Geller *et al.* (2003), preservando-se o conforto, a qualidade de vida e as necessidades dos meios de produção, a Conservação de Energia passa por seis níveis de intervenção:

- eliminação de desperdícios;
- aumento da eficiência das unidades consumidoras;
- aumento da eficiência das unidades geradoras;
- reaproveitamento dos recursos naturais, pela reciclagem e redução do conteúdo energético dos produtos e serviços;
- rediscussão das relações centro/periferia, no que tange ao transporte e à localização de empresas produtoras e comerciais;
- mudança dos padrões éticos e estéticos, a partir dos quais a sociedade poderia penalizar os produtos e serviços mais energointensivos em favor de sua cidadania.

Para Geller *et al.* (2003) a auditoria energética é a primeira etapa de um programa de eficiência energética. Ela tem por objetivo determinar onde, quanto e como está sendo consumida a energia dentro da indústria e a partir destas informações avaliar quais as medidas de eficiência energética a serem adotadas.

A próxima etapa de um programa de efficientização é a adoção de medidas de conservação do uso de energia de fácil implementação e baixo custo que foram levantadas na auditoria energética. Estas medidas estão relacionadas aos principais usos da energia em uma indústria que, em geral, concentram-se no sistema de iluminação, nos equipamentos de força motriz e aquecimento/refrigeração.

A conservação de energia também envolve o estudo do aproveitamento energético dos resíduos gerados na indústria. Esta medida visa à recuperação de resíduos que são descartados no meio ambiente, minimizando os impactos e reduzindo os custos de transporte dos resíduos (MACHADO, 2002). Além disto, esta medida pode resultar no incremento da receita e contribuir com o balanço energético positivo da indústria.

### 3.1 A LEI DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Outro marco importante para a eficiência energética no Brasil ocorreu, em 17 de outubro de 2001 com a sanção pelo Presidente da República, da lei nº 10.295 que dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia. Também conhecida como a lei de eficiência energética, levou aproximadamente 10 anos para ser aprovada pelo congresso nacional e sancionada pelo presidente da república.

A lei delega ao poder executivo, a prerrogativa de estabelecer níveis máximos de consumo específico de energia de equipamentos fabricados ou comercializados no Brasil. A regulamentação da lei de eficiência energética foi feita através do Decreto no 4.059, de 19 de dezembro de 2001. Tal dispositivo de regulamentação, entre outros comandos, instituiu o Comitê Gestor de Indicadores e de Níveis de Eficiência Energética – CGIEE, que possui entre suas atribuições, a elaboração das regulamentações específicas para cada tipo de aparelho consumidor de energia e o estabelecimento do Programa de Metas com indicação da evolução dos níveis a serem alcançados por cada equipamento regulamentado.

De acordo com Villa Verde (2000) a consolidação da implementação da lei nacional de eficiência energética irá produzir, como consequência, os seguintes fatos:

- Retirar do mercado, no médio e longo prazo, os equipamentos menos eficientes energeticamente;
- Obter economia de energia ao longo do tempo;
- Promover o desenvolvimento tecnológico, através da fabricação de equipamentos energeticamente mais eficientes;
- Promover o aumento da competitividade industrial do país;
- Reduzir os gastos dos consumidores;
- Contribuir para a redução dos impactos socioambientais através do uso de equipamentos que consomem menos energia.

Para alcançar estes objetivos de forma adequada, a tomada de decisão sobre o estabelecimento dos padrões de eficiência energética dos equipamentos requer amplo e sólido conhecimento relativo, dentre outros aspectos, a realidade do mercado brasileiro, as características da indústria nacional, a capacidade dos consumidores de adquirir equipamentos eficientes, a infra-estrutura laboratorial disponível, as normas existentes e as possibilidades de inovação tecnológica (RAAD,1999).

Vários países vêm adotando, já algum tempo, ações semelhantes às preconizadas na Lei nº 10.295. Entre eles, pode-se citar o governo japonês que em 1993 efetuou uma revisão da sua lei de conservação de energia, incorporando inicialmente preocupações ambientais. Em seguida, promulgou-se uma nova lei, a lei Complementar da conservação de energia. A política energética definida por estas leis, trata entre outras questões, da promoção de equipamentos e sistemas energéticos mais eficientes, estabelecendo programas de financiamento e redução de impostos para promover investimentos, por parte da indústria e do comércio, em equipamentos mais eficientes; aceleração do desenvolvimento e da difusão de tecnologias de conservação de energia e a promoção de sistema de etiquetagem com relação à conservação de energia em equipamentos (LIU; YAMAMOTO; SUK, 2013).

A experiência internacional mostra que o programa de etiquetagem de eficiência energética dos equipamentos pode ser o maior precursor para a introdução de padrões mínimos obrigatórios. De fato, a evolução do processo de etiquetagem voluntário, num primeiro momento, para a obrigatoriedade de comercialização de produtos com índices mínimos de eficiência energética, num segundo momento, é adequada tanto para a indústria nacional e empresas importadoras como para os agentes públicos responsáveis pela implementação destes programas (VILLA VERDE, 2000).

### **3.2 PROGRAMA DE ETIQUETAGEM E PADRONIZAÇÃO**

O programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) nasceu de uma discussão com a sociedade brasileira sobre os mecanismos de conservação de energia.

Sua principal finalidade é a de contribuir para a racionalização de energia no Brasil, informando os consumidores sobre a eficiência energética de cada produto e estimulando-os a fazer uma compra mais consciente. A partir da Lei de eficiência energética, o INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial), passou a estabelecer programas de avaliação de conformidade compulsórios, e não mais voluntários, na área de eficiência energética.

O artigo 9º do decreto nº 4059 de 19 de Dezembro de 2001, que regulamenta a lei de eficiência energética, reforça: “ O Inmetro será responsável pela fiscalização e pelo acompanhamento dos programas de avaliação da conformidade das máquinas e aparelhos consumidores de energia a serem regulamentados ”(BRASIL, 2001).

O Inmetro caracteriza os equipamentos ensaiados em laboratório através de etiquetas com faixas coloridas que os diferenciam. A classificação dos produtos, em termos de eficiência energética, vai de mais eficiente (classificação A) a menos eficiente (classificação de C até G, dependendo do produto). Um produto com classificação A utiliza melhor a energia e dessa forma causa menor impacto no meio ambiente e custa menos para operar, pesando menos no bolso do consumidor.

Esta classificação estimula a competitividade na indústria, favorecendo a fabricação de equipamentos cada vez mais eficientes e econômicos além de diminuir a desigualdade de informação existente entre aquele que compra e aquele que vende.

Outro fator que torna o programa de etiquetagem de relevada importância é atender as metas brasileiras de economia de energia segundo o plano nacional de eficiência energética e o plano nacional de energia (PNE2030), que coloca a meta de 10% de redução no consumo de energia por meio das ações de eficiência energética. A figura 4 ilustra uma etiqueta de eficiência energética do programa brasileiro de etiquetagem.

Figura 4 – Etiqueta de eficiência energética do PBE

<b>Energia</b> (Elétrica)		
Fabricante Marca	REFRIGERADOR ABCDEF XYZ(Logo)	→ Indica o tipo de equipamento → Indica o nome do fabricante → Indica a marca comercial ou logomarca
Tipo de degelo Modelo/tensão(V)	ABC/Automático IPQR/220	→ Indica o modelo/tensão
<b>Mais eficiente</b>  <b>Menos eficiente</b>		→ A letra indica a eficiência energética do equipamento / → Veja a tabela correspondente na coluna ao lado
<b>CONSUMO DE ENERGIA (kWh/mes)</b> <small>(adotado no teste clima tropical)</small>	<b>XY,Z</b>	→ Indica o consumo de energia, em kWh/mês
Volume do compartimento refrigerado (l)	000	
Volume do compartimento do congelador (l)	000	
Temperatura do congelador (°C)	-18	
<small>Regulamento Específico Para Uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia Linha de Refrigeradores e Asseslhados - RESP001-REF Instruções de instalação e recomendações de uso, leia o Manual do aparelho.</small>		
<b>PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA</b>		
<b>IMPORTANTE: A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA ESTÁ EM DESACORDO COM O CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR</b>		

Fonte: Inmetro – PBE. Disponível em [www.inmetro.gov.br/etiqueta.asp](http://www.inmetro.gov.br/etiqueta.asp). Acesso em 09.Set.2014

O PBE possui dois importantes parceiros que premiam os produtos mais eficientes na avaliação coordenada pelo Inmetro: a Eletrobrás, por meio do PROCEL e a Petrobrás, através do CONPET. São duas as vertentes do PROCEL que possuem grande interação com o PBE: o Selo PROCEL Eletrobrás de economia de energia, instituído por um decreto da Presidência da República em 8 de dezembro de 1993 cujo objetivo é indicar os produtos mais eficientes dentro de cada categoria, contribuindo dessa forma para a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento tecnológico; e o selo PROCEL Edifica, um programa cujo objetivo é incentivar a conservação de energia e o uso eficiente dos recursos naturais, como a água, luz, ventilação, etc., nas edificações, reduzindo desta forma os impactos ambientais e os desperdícios.

Existe também o selo CONPET de eficiência energética, destinado aos equipamentos consumidores de derivados de petróleo e gás natural com os menores índices de consumo de combustível. Este selo tem como objetivo contribuir para a formação de uma cultura de permanente preocupação com o uso eficiente de energia e dos combustíveis fósseis e as respectivas emissões provenientes de sua queima.

Segundo o INMETRO, a etiqueta diferencia os produtos, classificando-os de acordo com a sua eficiência energética, já os Selos Procel e Conpet, que possuem caráter voluntário, reconhecem aqueles mais eficientes em cada categoria, em geral os classificados como A na etiquetagem. O sistema etiqueta e selos funciona de forma integrada, acelerando a corrida tecnológica pelos aparelhos e equipamentos mais eficientes.

## 4. OPORTUNIDADES DE EFICIENTIZAÇÃO ENERGÉTICA POR TIPO DE APLICAÇÃO

### 4.1 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Os sistemas de iluminação possuem alto potencial de economia de energia, através de novos projetos, que utilizem práticas eficientes e o uso racional de energia ou através da substituição de equipamentos ultrapassados tecnologicamente.

Os sistemas de iluminação apontam como o terceiro maior consumidor de energia no Brasil, com cerca de 17% da matriz energética. O consumo é mais significativo nos setores residencial e comercial e serviços públicos (HADDAD *et. al*, 2001).

Nota-se, ao analisar estes setores que existem grandes oportunidades de economia de energia, uma vez que, ainda se verifica o uso de equipamentos com tecnologias obsoletas e ultrapassadas, como as lâmpadas fluorescentes tubulares e os reatores eletromagnéticos nos edifícios comerciais e o uso das lâmpadas incandescentes nas residências.

De acordo com Saidel *et al.* (2003), além da utilização de equipamentos com tecnologias ultrapassadas, é comum se verificar projetos de sistemas de iluminação mal dimensionados, ocasionando depreciações dos equipamentos, diminuição dos níveis de iluminância e conseqüentemente baixa eficiência.

Para Coureaux e Manzano (2013) um sistema de iluminação adequado depende de certos cuidados que se iniciam no projeto, com detalhes sobre o ambiente de trabalho e atividade executada, perfil de utilização, informações sobre lâmpadas e luminárias, etc. Além disso, recomenda-se para maior eficiência de um novo projeto de iluminação, que se considere:

- Aproveitamento máximo da luz natural, com áreas zenitais;
- nível de iluminação adequado ao trabalho;
- seleção de lâmpadas e luminárias de forma cuidadosa, com carga térmica ambiental mínima;
- sistemas que desviem o calor produzido pela iluminação, reduzindo a carga térmica de condicionadores de ar;
- utilização de luminárias de alta eficiência energética (espelhadas);
- buscar redução de perdas e elevado fator de potência nos reatores;
- utilização de relés sensíveis à luz, para controlar o acionamento das lâmpadas.

#### 4.1.1 NÍVEIS DE ILUMINÂNCIA RECOMENDÁVEIS

A Norma Brasileira “Iluminância de Interiores” - NBR-5413 possibilita a determinação de valores de iluminância segundo o tipo de atividade desenvolvida no ambiente, com base em três variáveis: acuidade visual do observador, velocidade e precisão requerida no trabalho e condições de refletância da tarefa.

O quadro 1 traz valores de iluminância - mínimo, médio e máximo - para três faixas de atividades A, B e C, cada uma subdividida em três níveis.

Quadro 1 – Iluminâncias para cada grupo de tarefas visuais

FAIXA	ILUMINÂNCIA (lux)	TIPO DE ATIVIDADE
<b>A</b> Iluminação geral para áreas usadas ininterruptamente ou com tarefas visuais simples	20	Áreas públicas com arredores escuros.
	30	
	50	
	50	Orientações simples para permanência curta.
	75	
	100	
	100	Recintos não utilizados para trabalho contínuo, depósitos.
	150	
200		
<b>B</b> Iluminação geral para área de trabalho	200	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios.
	300	
	500	
	500	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios.
	750	
	1000	
	1000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
1500		
2000		
<b>C</b> Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis.	2000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de pequeno tamanho.
	3000	
	5000	
	5000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica.
	7500	
	10000	
	10000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia.
15000		
20000		

Fonte: NBR 5413 (1992)

O Quadro 2 complementa a aplicação do quadro 1, permitindo ao projetista o cálculo ponderado das variáveis que determinam a escolha da iluminância mínima, média ou máxima para cada caso.

Quadro 2 – Fatores determinantes da iluminação adequada

Característica da tarefa e do observador	Peso		
	-1	0	+1
Idade	Inferior a 40 anos	40 a 55 anos	Superior a 55 anos
Velocidade e precisão	Sem importância	Importante	Crítica
Refletância do fundo da tarefa	Superior a 70%	30% a 70%	Inferior a 30%

Fonte: NBR 5413 (1992)

Para sua aplicação, primeiro atribui-se um peso (-1, 0 ou +1) a cada uma das três características que aparecem no quadro relativo ao tipo de observador (idade), a tarefa visual (velocidade e precisão exigida) e a refletância do fundo da tarefa.

Feito isso, somando-se algebricamente os três valores encontrados, obtém-se o resultado: quando ele for -2 ou -3, pode-se usar a iluminância mais baixa do grupo; quando for +2 ou +3, usa-se a iluminância superior; nos demais casos, utilizam-se o valor médio.

#### 4.1.2 TIPOS DE LÂMPADAS USUAIS

Segundo Jordan (2000) os tipos mais usuais de lâmpadas são:

- **Incandescentes:** tem por princípio de funcionamento o aquecimento de um fio através da passagem da corrente elétrica. São as mais ineficientes e utilizadas para iluminação em geral. As lâmpadas halógenas são também incandescentes, porém construídas em um tubo com vapor de metal halógeno no bulbo, resultando em maior eficiência luminosa em relação as incandescentes comuns e maior reprodução de cores, além de dimensões reduzidas.
- **Fluorescentes:** possuem um bulbo de vidro revestido com cristais de fósforo e contendo vapor de mercúrio a baixa pressão no interior e em suas extremidades eletrodos de tungstênio. Para o seu funcionamento necessitam de um reator, que pode ser do tipo convencional ou de partida rápida; além de um *starter* para ligar e desligar os eletrodos

(apenas para utilização com reatores convencionais). Substituem com larga vantagem as lâmpadas incandescentes, com potência menor e vida útil estimada em 5.000 horas.

- Vapor de Mercúrio: seu princípio de funcionamento baseia-se em uma descarga elétrica na mistura de vapor de mercúrio com pequenas quantidades de argônio, em alta pressão. Muito utilizadas em iluminação pública, estacionamentos, áreas livres e industriais.. Necessitam para a operação de reator e, em alguns casos, de ignitor.
- Multivapor Metálico: Emitem luz branca-prateada, com melhor reprodução de cores que a lâmpada de mercúrio comum, em função da presença de iodeto de índio, tálio e sódio adicionados ao mercúrio a alta pressão. Apresentam maior eficiência luminosa quando comparadas com a de mercúrio comum. Necessitam de reator e ignitor.
- Mista: Operam na tensão de 220V. Não necessitam de equipamentos auxiliares para o seu funcionamento. São fabricadas com um tubo de descarga a vapor de mercúrio, conectado a um filamento de tungstênio, encapsulados por um bulbo, recoberto com ítrio. Em relação as incandescentes possuem elevada eficiência luminosa e vida útil mais longa.
- Vapor de Sódio a Alta Pressão: São também utilizadas em iluminação pública, pátios e estacionamentos. Com altíssima eficiência luminosa e vida útil longa, necessitam de um sistema de ignição e emitem luz branca-dourada, devido a presença do sódio a alta pressão.
- LED (*Light Emitting Diode*): Trata-se de um dispositivo semicondutor (Germânio ou Silício), que quando polarizado diretamente, permite a recombinação entre lacunas e elétrons, liberando luz na passagem da corrente elétrica na junção. O Led não possui filamento, é mais eficiente quando comparado às tradicionais, chegando a economia de 50% da energia. Com os avanços das pesquisas, é possível obter níveis de iluminância de 200 lúmens e potências que variam de 1W a 8W (UDDIN; SHAREEF; MOHAMED, 2013). A iluminação utilizando lâmpadas Led ganhou espaço em diversas aplicações, como iluminação pública e indústrias automotivas por exemplo, e os fabricantes, identificando essa tendência estão desenvolvendo produtos de altíssimo desempenho.

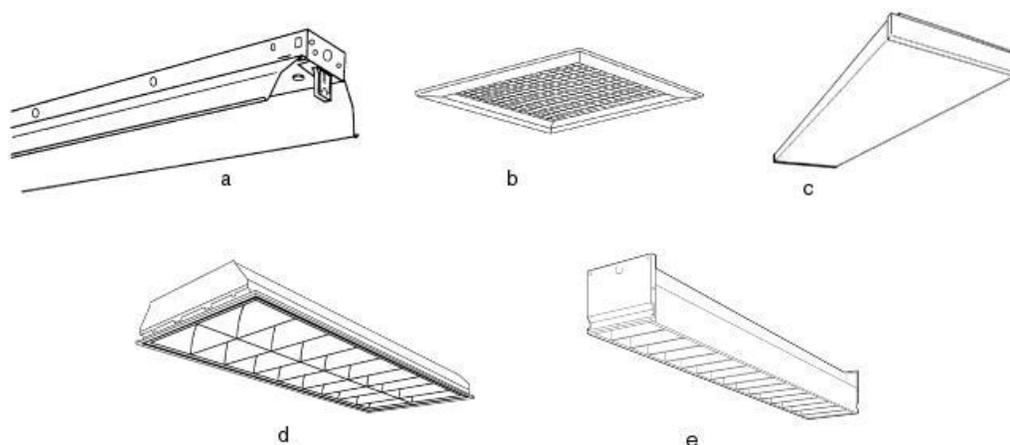
#### 4.1.3 LUMINÁRIAS E DIFUSORES

As luminárias tem a função de sustentar e proteger lâmpadas e circuitos, além de distribuir, controlar e filtrar de maneira adequada a luz emitida sobre o plano de trabalho (IWASHITA, 2004).

Segundo IESNA (2003), as luminárias podem possuir quatro tipos de componentes de controle de luz: refletores, refratores, difusores e louveres.

Os refletores tem a função de redirecionar a luz emitida pelas lâmpadas por reflexão. Geralmente são fabricados em metal, ou plástico metalizado com alta refletância. Os refratores utilizam do princípio da refração, ou seja, da mudança de direção da luz ao atravessar materiais de diferentes transmitâncias ópticas. Comumente são fabricados em vidro ou plástico, no formato de prisma linear ou piramidal tridimensional, que podem ser usados para aumentar a área de emissão de luz da luminária. Os difusores redirecionam e distribuem a luz em várias direções. Os louveres, fabricados em materiais com alta refletância (Alumínio), possuem várias células (grelhas retangulares) ou aletas que reduzem a visão direta da lâmpada sob determinados ângulos (IWASHITA, 2004). A figura 5 ilustra os componentes de controle de luz das luminárias.

Figura 5 – Componentes de controle de luz das luminárias a) refletor; b) refrator; c) difusor; d) louver; e) aleta.



Fonte: IESNA (2003)

Como boa prática, recomenda-se também que as superfícies refletoras das luminárias sejam mantidas sempre limpas e em condições de manter o maior nível de reflexão possível. As luminárias espelhadas para lâmpadas fluorescentes são de altíssima eficiência, possibilitando uma redução de até 70% do número de lâmpadas, o que ocasionará grande economia de energia elétrica. (SEGUNDO, 2002).

Sabe-se também que com o uso, os difusores podem se tornar opacos e amarelados. Recomenda-se trocá-los por outros de acrílico claro que têm boas propriedades contra o

amarelecimento. Segundo (2002) afirma que um difusor opaco pode provocar uma redução do fluxo luminoso em até 50%, enquanto que nos de acrílico essa redução é da ordem de 10%. Pode-se em alguns casos, utilizar material de vidro claro, desde que compatível com a luminária e se não houver risco de quebra.

Para Caddet (1995), as luminárias não contribuem de forma direta com a economia de energia, porém podem contribuir para otimizar o desempenho do sistema de iluminação como um todo e, desta forma, diminuir a carga total de iluminação.

#### **4.1.4 MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO**

Além da possibilidade do uso de luminárias com controle de luz de alta eficiência ou a substituição de lâmpadas comuns por outras mais eficientes, abaixo, segue uma série de medidas importantes para a conservação de energia elétrica em sistemas de iluminação:

- Utilizar a iluminação natural para o desenvolvimento de atividades;
- Instruir e capacitar pessoal, no sentido de desligar lâmpadas em salas ou dependências desocupadas, desde que não interfiram na segurança;
- Reduzir a carga de iluminação em depósitos, almoxarifados, garagens;
- Manter a limpeza de luminárias;
- Utilização de luminárias abertas;
- Instalação de interruptores e “timers”;
- Dividir os circuitos de iluminação.

Desta forma, os ganhos energéticos serão bastante significativos, garantindo ao sistema alto rendimento e eficiência.

#### **4.1.5 ILUMINAÇÃO ZENITAL**

A iluminação zenital consiste em uma abertura uniformemente distribuída pela área de cobertura de uma instalação, tendo suas projeções de luz paralelas ao plano de trabalho. Possui como característica uma distribuição da luz mais uniforme, em relação à iluminação lateral além de maiores níveis de iluminância (ANDRADE, 2004).

Segundo Vianna e Gonçalves (2001) a iluminação zenital é certamente a estratégia de projeto adequada para espaços de grandes dimensões e altura, por se tratarem de áreas destinadas ao trabalho industrial, exigindo grandes quantidades e uniformidade da luz.

Ao se utilizar a iluminação zenital em uma edificação deve-se ter o cuidado de não permitir a incidência direta de radiação solar no plano de utilização, evitando dessa forma, ofuscamento ou contrastes. Além disso, do ponto de vista térmico, deve-se tomar o cuidado de não permitir a entrada de radiação solar direta no ambiente de trabalho nos meses quentes do ano (OTTONI, 1990).

A figura 6 ilustra um prédio com iluminação zenital.

Figura 6 – Exemplo de Iluminação Zenital



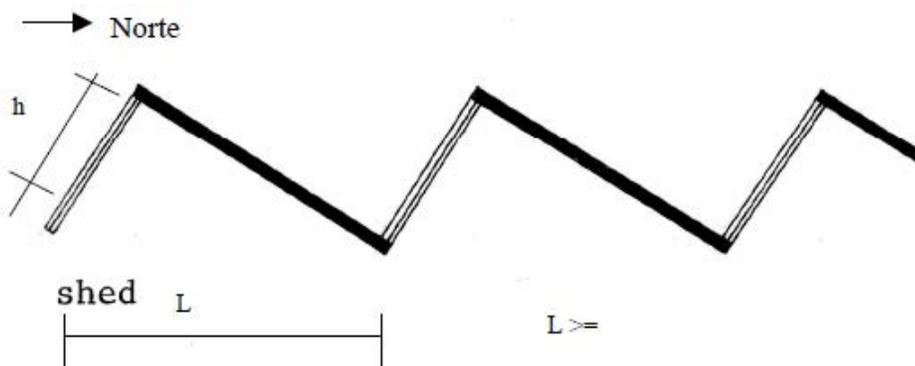
Fonte: (VIANNA E GONÇALVES, 2001).

Vianna e Gonçalves (2001) alertam que o custo de implantação de uma área zenital é mais elevado e deve-se observar que o sistema apresenta maior necessidade de manutenção e dificuldades de acesso.

Andrade (2004) sugere cinco tipologias de aberturas zenitais:

- *Shed*: De uso bem difundido em galpões industriais, ela se desenvolve em linhas transversais de uma cobertura. No caso do Brasil, tem melhor eficácia quando orientado ao Sul em latitudes compreendidas entre 24° e 32°. Necessitam de menor manutenção em relação a outras tipologias de abertura, pois às superfícies verticais estão menos expostas à sujeira. A figura 7 ilustra a tipologia de abertura do tipo *shed*.

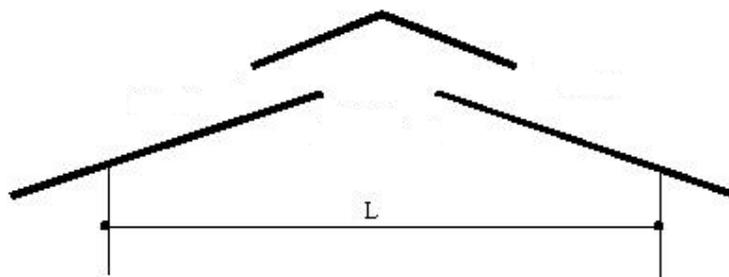
Figura 7 – Ilustração da tipologia de abertura zenital do tipo *shed*, com área iluminante voltada para o sul.



Fonte: (VIANNA E GONÇALVES, 2001)

- Lanternim: O lanternim é uma abertura na parte superior do telhado, permitindo a entrada de iluminação zenital e de ventilação. A figura 8 ilustra o lanternim.

Figura 8 – Ilustração de um Lanternim

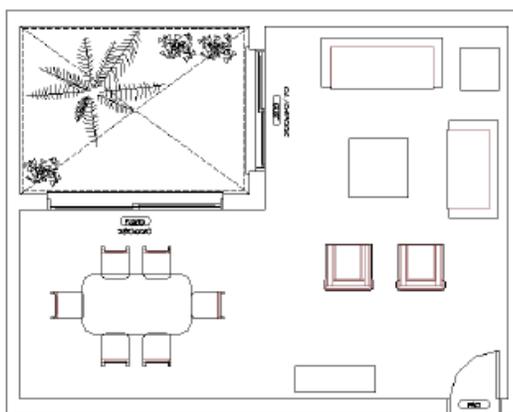


Fonte: (VIANNA E GONÇALVES, 2001).

- Clarabóia: permite a entrada zenital de luz natural e pode também permitir ventilação. Assume diversos formatos, podendo ser aberta ou fechada por caixilho com vidro.

- Átrio: é um espaço envolvido por paredes e coberto com materiais transparentes que permitam a entrada de luz natural aos ambientes internos de uma edificação, através de componentes de passagem. A figura 9 ilustra o átrio em uma edificação.

Figura 9 – Ilustração do átrio em uma edificação



Fonte: (ANDRADE, 2004).

- Dutos de Luz: tem a função de conduzir a luz do sol, através de sucessivas reflexões ao longo de dutos, para ambientes internos, sem acesso direto ao exterior.

## 4.2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

A radiação solar é uma inesgotável fonte energética, podendo ser captada e convertida em outras formas de energia, como a energia térmica e elétrica.

A conversão da energia solar (luz) em eletricidade se dá através do efeito fotovoltaico em uma célula fotovoltaica. Estas células são constituídas por material semicondutor, o silício na maioria das aplicações, que gera em seus extremos uma tensão elétrica ou diferença de potencial na presença da luz. Estas células podem ser combinadas, formando os módulos fotovoltaicos e estes, poder ser combinados formando os arranjos fotovoltaicos, com tamanhos e potências variadas (MARTINS, PEREIRA e SILVA, 2008).

Nos últimos anos, tem ocorrido avanços significativos na fabricação de painéis fotovoltaicos, com aumento de eficiência e diminuição de custos, tornando o sistema cada vez mais acessível à população. Segundo estudos da IEA – Agência Internacional de Energia (2007) nota-se um crescimento de 35% da capacidade mundial instalada de sistemas fotovoltaicos desde o ano 2000.

Um sistema de energia solar fotovoltaico pode ser classificado em dois tipos básicos:

- Sistema Isolado (*Off-grid*): São sistemas que utilizam banco de baterias e controladores de carga. Utilizados em locais remotos para iluminação, bombeamento de água, telecomunicações, etc. Este sistemas são superdimensionados para atender os períodos prolongados de baixa incidência solar, elevando os custos do sistema. Os sistemas isolados são dimensionados em função da demanda de consumo que se deseja atender. A figura 10 ilustra um sistema de energia solar fotovoltaico *off-grid*.

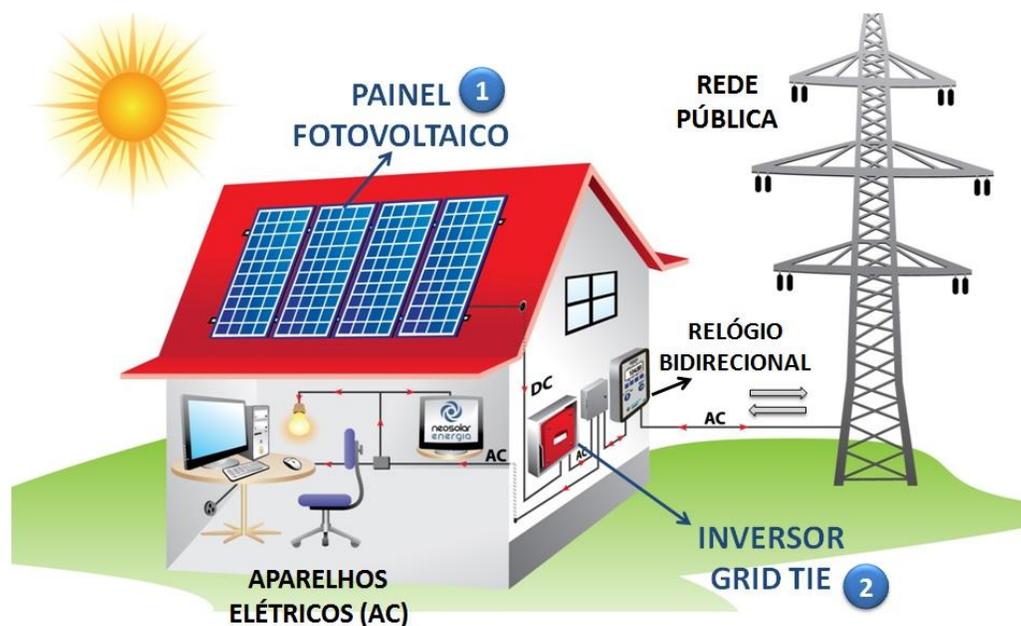
Figura 10 – Sistema de energia solar fotovoltaico *off-grid*



Fonte: (Disponível em [www.neosolar.com.br](http://www.neosolar.com.br), acesso em 15 set. 2014).

- Sistema Conectado à Rede (*Grid-tie*): São sistemas que operam apenas com painéis solares e inversores, pois não necessitam armazenar energia. Toda a potência gerada pelo sistema é entregue à rede elétrica. De acordo com Rüther (2004) possui um custo de instalação 30% menor quando comparado com sistemas isolados. Quando a demanda excede a geração, estes sistemas utilizam a rede elétrica como *back up*. Estes sistemas são dimensionados a partir de fatores determinados pelo usuário, como área para instalação dos painéis, preço de instalação do sistema ou tempo de retorno do investimento. Neste caso, não há a necessidade de se suprir toda a demanda de energia do setor, pois o que o sistema não suprir, a concessionária irá fornecer. A figura 11 ilustra um sistema solar fotovoltaico *grid-tie*.

Figura 11 – Sistema de energia solar fotovoltaico *grid-tie*



Fonte: (Disponível em [www.neosolar.com.br](http://www.neosolar.com.br), acesso em 15 set. 2014).

Segundo as pesquisas de Macêdo (2006) as medidas de eficiência energética se mostram mais satisfatórias no dimensionamento de sistemas conectados à rede, porém o Brasil carece de políticas públicas que incentivem este tipo de geração, que garante grande economia de energia nos setores abrangidos pelo sistema. Antes, porém, de se instalar um sistema fotovoltaico, recomenda-se um estudo preliminar do setor, visando se otimizar o consumo energético através de medidas simples de eficiência energética. Desta forma pode-se garantir a redução nos custos de instalação do sistema.

### 4.3 SISTEMAS DE AR CONDICIONADO

Os sistemas de ar condicionado têm a função de controlar e monitorar a temperatura, umidade, fluxo e pureza de ar insuflado em certos ambientes. Ele é comumente utilizado para garantir conforto térmico ou para manter determinados ambientes sobre rigoroso controle, como departamentos de computação e hospitais.

Segundo Lamberts *et al.* (2006) a utilização de aparelhos de ar condicionado no Brasil é responsável por aproximadamente 20% do consumo de energia elétrica do setor terciário, uma fatia expressiva do ponto de vista econômico.

Existem grandes oportunidades de economia de energia elétrica neste setor, em consequência de equipamentos inadequados ou mal dimensionados e falta de programas de manutenção efetivos e regulares.

Um dos principais objetivos de um projeto de efficientização energética em sistemas de climatização de ambientes é reduzir a potência instalada e consequentemente o consumo de energia, através da substituição de equipamentos existentes por outros de elevada eficiência e maior vida útil.

Em seus estudos, Bhatt (2000) recomenda procedimentos básicos a serem adotados na fase de projeto ou operação de um sistema de ar condicionado:

- Realização de inspeção em equipamentos antigos que podem ser substituídos de modo a adaptá-los aos padrões de eficiência energética e às normas técnicas vigentes;
- Estimar, através de softwares ou planilhas de cálculo, a carga térmica do ambiente em estudo;
- Adquirir equipamentos mais eficientes, com base em estudos técnicos e econômicos e classificados pelo programa de etiquetagem vigente;
- Elaborar planos de manutenção para os aparelhos condicionadores de ar, contribuindo para reduzir o consumo e impedir paradas não desejadas.
- Fechar bem portas e janelas nos ambientes com climatização;
- Instalar os aparelhos de ar condicionado a 2,30m de altura em relação ao piso, protegido contra a incidência de raios solares.

Como se pode observar, para que um projeto seja adequado e eficiente do ponto de vista energético e os equipamentos dimensionados corretamente é preciso calcular a carga térmica do ambiente. A carga térmica depende de uma série de fatores, como a área do local, do pé direito, número de janelas, portas ou componentes de passagem de luz, número de pessoas, tipo de material de piso, teto e paredes, isolamento térmica, quantidade de aparelhos elétricos, etc.

A tabela 1 apresenta uma estimativa da carga térmica de ambientes em função da área do ambiente, do tipo de cobertura (laje descoberta, telhado com forro, ou sob outro pavimento) e da sua orientação solar.

Lamberts *et al.* (2006) recomenda adicionar uma carga de 600 Btu/h aos valores tabelados para cada ocupante do ambiente que exceder o número de dois.

Tabela 1 – Estimativa de Carga Térmica

ÁREA [m <sup>2</sup> ]	CARGA TÉRMICA [Btu/h]								
	AMBIENTE SOB OUTRO PAVIMENTO			AMBIENTE SOB TELHADO COM FORRO			AMBIENTE SOB LAJE DESCOBERTA		
	SOMBRA	SOL MANHÃ	SOL TARDE*	SOMBRA	SOL MANHÃ	SOL TARDE*	SOMBRA	SOL MANHÃ	SOL TARDE*
15	6.000	8.000	10.000	7.000	10.000	12.000	8.000	11.000	14.000
20	6.000	8.000	11.000	8.000	12.000	14.000	11.000	14.000	14.000
30	6.000	8.000	12.000	10.000	14.000	16.000	14.000	18.000	17.000
40	7.000	10.000	13.000	12.000	14.000	17.000	16.000	18.000	22.000
60	10.000	14.000	17.000	16.000	20.000	23.000	22.000	30.000	30.000
70	10.000	14.000	18.000	18.000	22.000	30.000	23.000	30.000	30.000
90	12.000	16.000	20.000	22.000	30.000	30.000	30.000	35.000	40.000

\*Também válido para ambientes que recebem radiação solar o dia inteiro.

Fonte: (LAMBERTS *et. al.*, 2006). m<sup>2</sup>

Neste trabalho, as cargas térmicas dos ambientes estudados foram calculadas utilizando o *software* SAAC 1, desenvolvido pela UNESP – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá em parceria com a Eletrobrás.

#### 4.3.1 O SOFTWARE SAAC 1

Este programa foi desenvolvido visando auxiliar os usuários de aparelhos de ar condicionado nos cálculos necessários para um bom projeto de climatização, aplicados em ambientes de escritório e residenciais (CAMPOS, MAGALHÃES E SOUZA, 2008).

O presente trabalho utilizou o *software* SAAC 1 (Seleção de Aparelhos de Ar Condicionado) para dimensionar sistemas de climatização, para ambientes com área coberta de 15 m<sup>2</sup> à 90 m<sup>2</sup>, e comparar o consumo de energia elétrica dos aparelhos antigos com os mais novos selecionados.

O SAAC 1 permite que seja realizada uma rápida análise de um sistema de climatização já existente ou da viabilidade de implantação de um novo sistema. Destina-se a todos que necessitam de um sistema de ar condicionado.

Para a seleção dos aparelhos, o *software* baseia-se em dados técnicos e preços de aparelhos das décadas de 80 e 90 e os disponíveis atualmente.

O *software* calcula a carga térmica necessária para o ambiente e apresenta a carga térmica comercial (valores disponíveis através dos aparelhos comercializados atualmente).

Os cálculos para o dimensionamento são realizados considerando-se:

- o tipo de cobertura do ambiente,
- a localização quanto a incidência do sol,
- o número de pessoas e a área do ambiente a ser climatizado

Os cálculos para a comparação entre o consumo energético dos aparelhos são realizados considerando:

- a potência consumida;
- o número de horas que o aparelho é utilizado diariamente;
- o valor pago pela energia elétrica.

Para o dimensionamento de sistemas de ar condicionado o *software* SAAC 1 considera basicamente dois conjuntos de dados: o conjunto de dados ambientais e o de dados dos aparelhos.

O conjunto de dados ambientais é formado pelas informações relacionadas às condições construtivas do ambiente a ser climatizado, a área coberta e o tipo de cobertura que o mesmo possui; número de pessoas permanentes e a condição de incidência do sol no ambiente.

No bloco de entrada de dados do programa é pedido inicialmente o tipo de dimensionamento que o usuário deseja fazer, existem duas opções:

- Apenas o dimensionamento (nesta opção o usuário poderá fazer um dimensionamento do ambiente desejado e visualizar os aparelhos de ar condicionado que são comercializados atualmente);
- Dimensionamento com comparação dos modelos antigos com os novos (nesta opção, como na anterior o usuário irá dimensionar o seu ambiente e além de mostrar os aparelhos de ar condicionado que são comercializados atualmente, o *software* mostrará os aparelhos de ar condicionado que eram comercializados nas décadas de 80 e 90). Nesta opção o usuário poderá fazer uma análise do seu sistema de ar condicionado e analisar a necessidade de correções no sistema, ou da troca de aparelhos, objetivando a economia de energia.

A figura 12 ilustra a tela inicial do *software* SAAC 1.

Figura 12 – Tela inicial SAAC 1



Fonte: (CAMPOS, MAGALHÃES E SOUZA, 2008).

É importante observar que este trabalho não considerou a diminuição da carga térmica proporcionada pelo uso mais racional e eficiente de equipamentos consumidores de energia elétrica dentro dos ambientes climatizados (como a iluminação, por exemplo) e sim, estimou somente a redução do consumo de energia elétrica conseguida através das intervenções no sistema de ar condicionado atual.

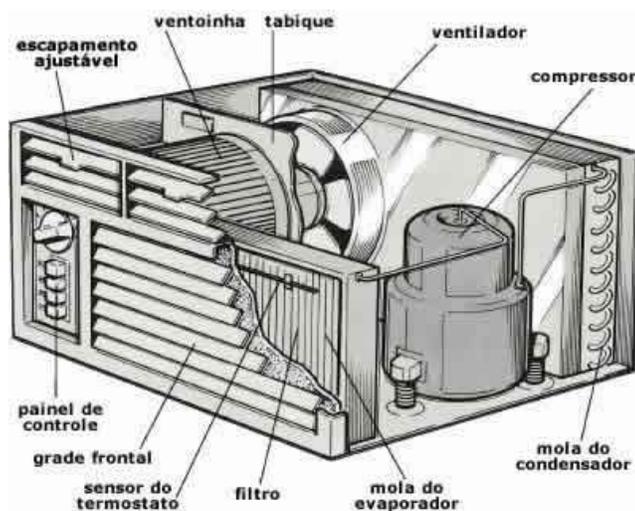
#### 4.3.2 EQUIPAMENTOS DE AR CONDICIONADO RESIDENCIAL E PARA ESCRITÓRIOS

Os aparelhos de ar condicionado encontrados em residências e escritórios, são, na grande maioria das aplicações, divididos em:

- Ar condicionado de janela: Instalado através de uma abertura na parede do ambiente que se deseja climatizar, o ar condicionado de janela possui a unidade condensadora, o compressor e o evaporador no mesmo gabinete, é de fácil instalação e preços mais acessíveis. Trabalham com baixas capacidades e possuem altos níveis de ruídos. Possuem eficiência baixa, apresentando os maiores

níveis de perdas entre todos os modelos. A figura 13 ilustra um equipamento de ar condicionado do tipo janela.

Figura 13 – Aparelho de ar condicionado tipo Janela

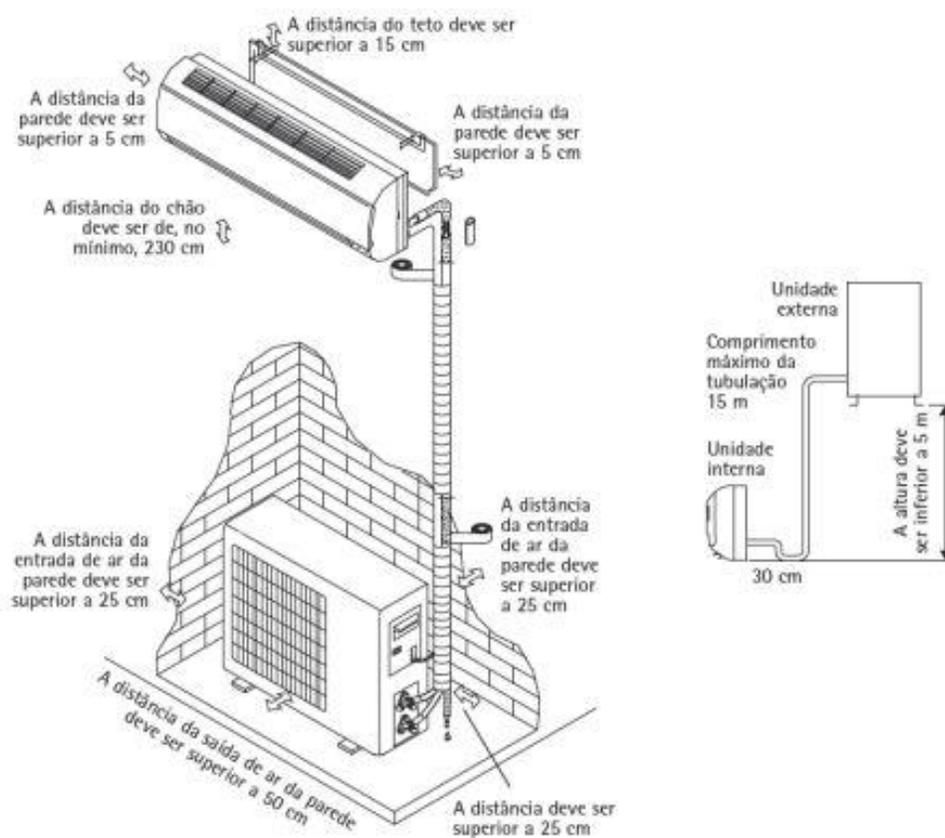


Fonte: ( <http://casa.hsw.uol.com.br/condicionador-de-ar1.htm>, acesso em 10/09/2014).

- Ar condicionado tipo Split: Este modelo possui uma unidade evaporadora, interna à edificação, silenciosa e compacta, e uma unidade condensadora que fica do lado externo da edificação. Por ser externo, o nível de ruídos do sistema em operação é relativamente menor. A conexão entre as unidades evaporadora e condensadora se dá por meio de dutos. Os modelos *split* não realizam a troca de ar do ambiente. São mais caros que os modelos de janela, porém possuem capacidade de refrigeração maiores e elevada eficiência. Alguns modelos possuem a função *inverter*, um sistema que controla a velocidade de rotação do compressor, conforme a necessidade de refrigeração do ambiente, atingindo a temperatura desejada rapidamente e a mantendo constante. A figura 14 ilustra um ar condicionado do tipo *split*.

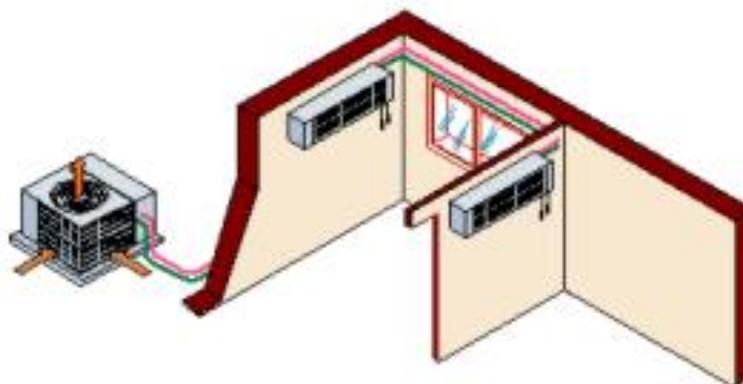
- Sistema Multi Split: Trata-se de um sistema com uma única unidade condensadora e várias unidades evaporadoras instaladas em diferentes ambientes de uma edificação. É muito utilizada em substituição ao ar condicionado central. Possuem elevada eficiência, manutenção e instalação semelhante ao do tipo *split*. A figura 15 ilustra um sistema de ar condicionado do tipo multi *split*.

Figura 14 – Aparelho de ar condicionado do tipo *split*



Fonte: (<http://casa.hsw.uol.com.br/condicionador-de-ar1.htm>, acesso em 10/09/2014).

Figura 15 – Sistema de ar condicionado tipo Multi *split*



Fonte: (<http://casa.hsw.uol.com.br/condicionador-de-ar1.htm>, acesso em 10/09/2014).

#### 4.4 SISTEMAS DE BOMBEAMENTO

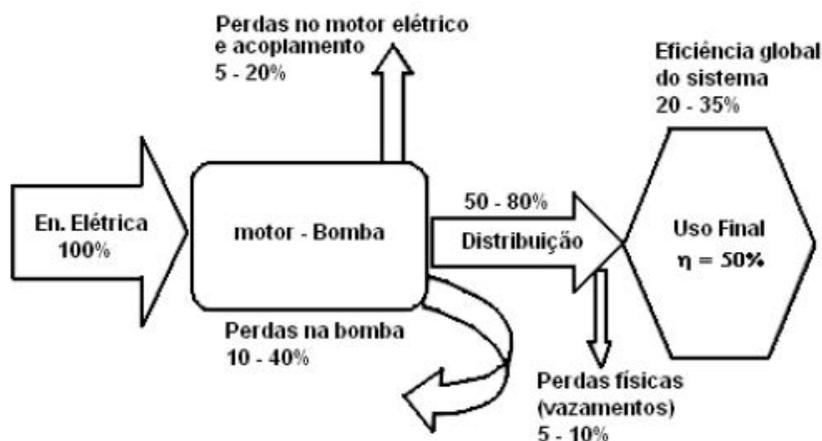
As bombas hidráulicas são equipamentos que tem como função transferir energia de uma fonte para um líquido através da conversão de energia mecânica em cinética, ou seja, tem a finalidade de fornecer energia a um fluido para que ele possa executar um determinado trabalho.

De acordo com Ertöz (2003), os estudos realizados pelo *American Hydraulics Institute* verificaram que 20% da energia elétrica consumida nos países desenvolvidos é devido ao acionamento de bombas hidráulicas e que 30% desta energia consumida pode ser economizada com um bom projeto e com a escolha de bombas adequadas.

Com estes estudos, os fabricantes e os usuários de bombas tem investido em novas pesquisas na busca por sistemas mais eficientes em produção e operação. Além disso, muitos países já implantaram leis para a etiquetagem de bombas de circulação, como a Itália e a Alemanha (ÇUHA, 2005).

Ao se proceder a uma análise crítica dos sistemas de bombeamento pode-se avaliar grandes possibilidades de conservação de energia. Nos estudos de Guimarães (2008), chega-se a conclusão de que de toda a energia fornecida a uma bomba, 50% produz trabalho útil enquanto que os outros 50% se perdem pelo caminho na forma de vazamentos, perdas no motor e acoplamento, dentre outras, como ilustra a figura 16.

Figura 16 – Balanço médio de energia em um sistema de bombeamento



Fonte: Adaptado de: (GUIMARÃES, 2008).

Para a análise e avaliação de um sistema de bombeamento deve-se inicialmente verificar se o conjunto moto-bomba existente é adequado, em função da vazão requerida e da altura manométrica. Em caso de substituição do conjunto, deve-se selecionar a bomba mais adequada ao sistema com maior rendimento.

Deve-se verificar também a existência de vazamentos na tubulação, a condição de limpeza dos filtros, vibrações, corrosão nas pás do rotor da bomba devido à cavitação, se as dimensões (diâmetro) da tubulação estão apropriadas, se a potência do motor elétrico é compatível com a bomba selecionada, etc.

Dentre as medidas de economia de energia em um sistema de bombeamento, o fator principal é a potência dos motores. A equação 1 (MACINTYRE, 1987), permite o cálculo da potência elétrica para o funcionamento de uma bomba centrífuga.

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot HMT}{\eta_B \cdot \eta_M} \quad (1)$$

Onde:  $\gamma$  é o peso específico que para a água vale  $9810 \text{ N/m}^3$ ;

$Q$  é a vazão do sistema em  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$HMT$  é a altura manométrica total em m;

$\eta_B$  é o rendimento da bomba e

$\eta_M$  é o rendimento do motor.

Os valores do rendimento da bomba podem ser encontrados em catálogos de fabricantes, que fornecem as curvas de rendimento em conjunto com as curvas de desempenho. Da mesma forma, os valores do rendimento dos motores também podem ser encontrados nos catálogos de fabricantes. Sugere-se a utilização de motores de alto rendimento, que apesar de mais caros, tem custos operacionais menores, dependendo do tempo de utilização ou operação em um determinado sistema.

Pode-se também atuar no sentido de reduzir a vazão recalçada, o que acarreta uma diminuição da potência requerida e conseqüentemente uma diminuição do consumo de energia. Entretanto a vazão é função das necessidades do processo e muitas vezes não pode ser diminuída.

Outro fator em que se pode atuar para a otimização energética é a altura manométrica total do sistema, composta por uma parcela de altura geométrica e outra parcela de perda de carga ao longo

das tubulações. As perdas de carga podem ser localizadas nos equipamentos ou distribuídas ao longo da tubulação. A equação 2 (MACINTYRE, 1987) permite o cálculo da perda de carga distribuída por Darcy-Weisbach ou por Hazen-Williams em tubulações cujo fluido é água:

$$h_p = f \frac{Q^\alpha \cdot L}{D^\beta} \quad (2)$$

Onde: Q é a vazão do sistema em m<sup>3</sup>/s;

L é o comprimento total da tubulação em m;

D é o diâmetro da tubulação em m,

f é o coeficiente de rugosidade interna da tubulação.

$\alpha$  é constante e igual a 1,852 para expressão de Hazen-Williams e 2,00 para a expressão de Darcy-Weisbach.

$\beta$  é constante e igual a 4,87 para expressão de Hazen-Williams e 5,00 para a expressão de Darcy-Weisbach.

As perdas de carga localizadas podem ser calculadas pela equação 3 (MACINTYRE, 1987):

$$h_L = \frac{8.K.Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot D^4} \quad (3)$$

Onde: K é o coeficiente de perda de carga localizada para cada peça;

g é a aceleração da gravidade onde se dá o escoamento em m/s<sup>2</sup>;

D é o diâmetro da tubulação em m;

Q é a vazão do sistema em m<sup>3</sup>/s.

Pode-se notar que o valor do diâmetro da tubulação influencia diretamente na perda de carga, tanto distribuída como localizada. Tubulações com diâmetros pequenos (menor custo) possuem perdas de carga maiores, necessitando de bombas maiores e, portanto de maior custo financeiro e operacional. Ao contrário, tubulações com valores de diâmetros grandes (maior custo da tubulação) tem menor perda de carga e custos de aquisição de bombas menores. Para o projeto de um sistema de bombeamento é imprescindível o conhecimento dos todos os fatores que possam intervir no sistema, de modo a se chegar em uma configuração mais econômica, eficiente e sustentável.

#### 4.4.1 ACIONAMENTO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS – MOTOR ELÉTRICO

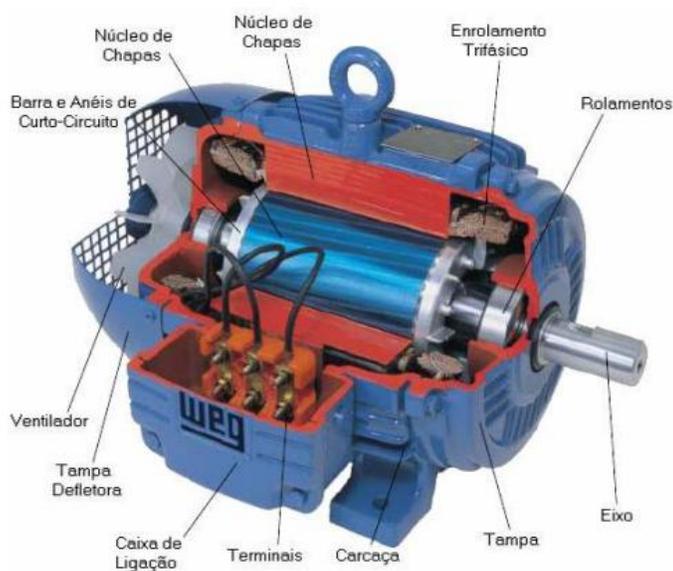
O motor elétrico é um dos elementos mais significativos em um sistema de bombeamento. Ele tem a função de transformar a energia elétrica em energia mecânica, que permitirá a bomba recalcar fluido para atender as demandas de um sistema. O conhecimento o motor elétrico é importante para a compreensão da proposta deste estudo.

As principais partes de um motor elétrico são denominadas de rotor e estator. No Brasil, são produzidos na frequência de 60 Hz operando com tensões trifásicas ou monofásicas em corrente contínua ou alternada.

Os motores de corrente contínua possuem boa regulação e precisão além de um torque constante, variando sua velocidade até o seu valor nominal. Já os motores elétricos de corrente alternada podem ser síncronos ou assíncronos, estes últimos também chamados de motores de indução (WILK, 2000). Os motores de corrente alternada síncronos possuem velocidade constante, com valor proporcional à frequência da rede.

Já os motores de indução são os mais usuais na indústria e em sistemas de bombeamento devido ao seu custo reduzido, alta eficiência e fácil ligação com inversores de frequência. Segundo Garcia (2003) é ele o “ responsável por 90% da energia motriz produzida através de eletricidade no Brasil”. A figura 17 ilustra um motor de indução trifásico.

Figura 17 – Motor de indução trifásico



Fonte: Adaptado de WEG (2014).

Em um sistema de bombeamento, nenhum motor apresenta eficiência de 100% e, portanto, deve-se buscar a redução de perdas no seu uso. Para Mascheroni *et al.* (2003) os principais tipos de perdas em motores de indução são:

- Perdas no Rotor;
- Perdas no Cobre do enrolamento;
- Perdas no Ferro devido ao núcleo magnético;
- Perdas por atrito;
- Perdas por ventilação.

As perdas em um motor de indução acarretam a diminuição do seu rendimento, ou seja, diminuem a potência mecânica efetiva entregue pelo motor. Existem hoje no mercado modelos de motores básicos ou modelos padrão que possuem rendimentos médios na faixa de 80% e os motores de alto rendimento, com rendimentos superiores a 90 % segundo seus fabricantes.

Os motores de alto rendimento são fabricados com materiais que reduzem os principais tipos de perdas encontradas nos motores padrão: chapas de aço com elevado teor de silício para diminuir perdas no ferro do núcleo, volume maior de cobre reduzindo perdas de calor e aumentando a vida útil do equipamento, enrolamentos especiais, etc. (GUIMARÃES, 2008).

O governo do Brasil, através do decreto n°. 4.058 de 2002 regulamenta níveis mínimos de eficiência em motores de indução para uso no território nacional. A tabela 3 apresenta os níveis de rendimento para os modelos padrão e alto rendimento.

Outra forma de se otimizar sistemas de bombeamento é a utilização de inversores de frequência acoplados aos motores. Os inversores de frequência são equipamentos que tem o objetivo de controlar a rotação dos motores de indução. Segundo Almeida *et al.* (2.005), Pemberton (2.005) e Carter (2.006), os inversores alteram a curva da bomba, mantendo constante a curva do sistema, proporcionando as seguintes vantagens:

- Para valores menores de vazão, a potência consumida será consideravelmente muito menor, economizando energia elétrica;
- Controle de velocidade e carga menor;
- elevada eficiência energética ( em torno de 95%);
- Controle de vazão através da rotação, de forma segura e suave;
- Tempo de resposta menor;

- Acionamento de forma lenta e gradativa, eliminando picos de energia no acionamento e parada de bombas;
- Elevado fator de potência;
- Pode ser utilizado em motores síncronos e assíncronos ;
- Fácil manutenção;
- Níveis de ruídos e vibrações menores;
- Interface com sistemas de controle;

Apesar das inúmeras vantagens, a utilização de inversores de frequência representam elevados investimentos e corpo técnico especializado.

Tabela 3 – Valores mínimos de eficiência para motores de indução trifásica no Brasil

Potência Nominal		Padrão				Alto Rendimento			
		Número de Pólos				Número de Pólos			
cv	kW	2	4	6	8	2	4	6	8
1,0	0,75	77,0	78,0	73,0	66,0	80,0	80,5	80,0	70,0
1,5	1,1	78,5	79,0	75,0	73,5	82,5	81,5	77,0	77,0
2,0	1,5	81,0	81,5	77,0	77,0	83,5	84,0	83,0	82,5
3,0	2,2	81,5	83,0	78,5	78,0	85,0	85,0	83,0	84,0
4,0	3,0	82,5	83,0	81,0	79,0	85,0	86,0	85,0	84,5
5,0	3,7	84,5	85,0	83,5	80,0	87,5	87,5	87,5	85,5
6,0	4,5	85,0	85,5	84,0	82,0	88,0	88,5	87,5	85,5
7,5	5,5	86,0	87,0	85,0	84,0	88,5	89,5	88,0	85,5
10	7,5	87,5	87,5	86,0	85,0	89,5	89,5	88,5	88,5
12,5	9,2	87,5	87,5	87,5	86,0	89,5	90,0	88,5	88,5
15	11	87,5	88,5	89,0	87,5	90,2	91,0	90,2	88,5
20	15	88,5	89,5	89,5	88,5	90,2	91,0	90,2	89,5
25	18,5	89,5	90,5	90,2	88,5	91,0	92,4	91,7	89,5
30	22	89,5	91,0	91,0	90,2	91,0	92,4	91,7	91,0
40	30	90,2	91,7	91,7	90,2	91,7	93,0	93,0	91,0
50	37	91,5	92,4	91,7	91,0	92,4	93,0	93,0	91,7
60	45	91,7	93,0	91,7	91,0	93,0	93,6	93,6	91,7
75	55	92,4	93,0	92,1	91,5	93,0	94,1	93,6	93,0
100	75	93,0	93,2	93,0	92,0	93,6	94,5	94,1	93,0
125	90	93,0	93,2	93,0	92,5	94,5	94,5	94,1	93,6
150	110	93,0	93,5	94,1	92,5	94,5	95,0	95,0	93,6
175	132	93,5	94,1	94,1		94,7	95,0	95,0	
200	150	94,1	94,5	94,1		95,0	95,0	95,0	
250	185	94,1	94,5			95,4	95,0		

Fonte: (ANEEL – Decreto nº 4.508/02, 2.002).

## **4.5 OPORTUNIDADES DE APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DISPONÍVEL**

Em um projeto de eficiência energética é possível produzir uma série de dados que indicam como a energia está sendo gasta em um determinado sistema de uma usina hidrelétrica e indicar medidas de redução de consumo por tipo de aplicação. Além disso, é possível também produzir soluções tecnológicas (energéticas e de processo) com vistas a serem implementadas na usina e com o objetivo de gerar acréscimos na eficiência energética do sistema, reduzindo danos ao meio ambiente e garantindo a sustentabilidade ambiental.

Na UHE Paraibuna verifica-se a existência de uma tubulação ramificada do conduto forçado que leva água ao aerador da piscicultura. Observa-se um desnível de 80 metros de altura com considerável vazão de 50 litros/s. Avalia-se desta forma, a geração de energia a partir deste potencial hidráulico disponível com a instalação de uma micro turbina.

Avalia-se também a criação de uma mini-usina de biodiesel para ser utilizado como combustível nas balsas utilizadas na UHE Paraibuna para transporte de passageiros entre as ilhas da represa. A produção será feita utilizando como matéria prima gordura de fritura, coletada pela comunidade local.

### **4.5.1 APROVEITAMENTO DO POTENCIAL HIDRÁULICO**

A energia hidráulica é aproveitada através de um desnível ou queda d'água, ou seja, através da energia potencial de uma massa fluida e é convertida em energia mecânica (trabalho de eixo) através das turbinas hidráulicas. As turbinas por sua vez, associadas a um gerador elétrico, podem prover energia elétrica para sistemas independentes ou para a própria rede de energia.

A energia hidráulica tem como principal característica o seu caráter renovável. Este tipo de energia é “a principal fonte geradora de energia elétrica para muitos países, e responde por 17% de toda a eletricidade gerado no mundo” (ANEEL, 2014).

No Brasil a energia hidráulica tem expressiva participação na matriz energética. Segundo o balanço energético nacional (2003) a energia hidráulica contribui com cerca de 14% na matriz energética nacional, e aproximadamente 83% de toda a energia elétrica gerada no país. Além disso, contribui também de forma significativa ao desenvolvimento da economia do país, nas atividades industriais, agrícolas, de serviços, comerciais, e da própria sociedade (ANEEL, 2008).

O governo brasileiro, através do decreto nº24.643 de 10 de julho de 1934, sanciona que os sistemas de aproveitamento do potencial hidráulico de quedas d'água com potência aproveitada inferior a 50 kW não necessitam de concessão federal para a exploração dos serviços de geração de energia elétrica, uma grande vantagem para este tipo de aplicação.

#### 4.5.2 TURBINAS HIDRÁULICAS

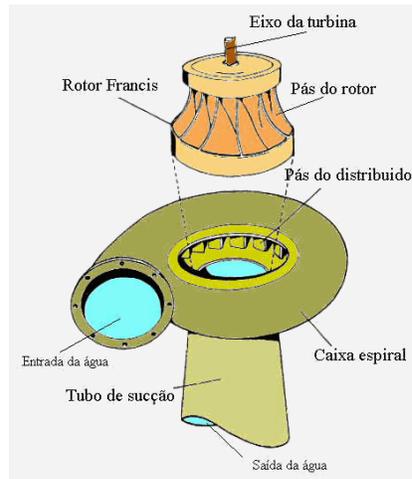
As turbinas são máquinas hidráulicas, que trabalham acopladas a um gerador elétrico, cujo fim é a geração de energia elétrica. Estas máquinas convertem a energia primária, do fluido, em energia secundária (trabalho) com eficiências que podem chegar a 95%, dependendo da vazão de água e da altura de queda. As turbinas hidráulicas possuem uma variedade de formas e tamanhos, e podem se classificar como:

- Turbinas de Ação: Neste tipo de turbina a pressão na entrada da roda é a mesma da saída e toda a energia potencial devido à queda d'água é transmitida à roda na forma de energia cinética. Um exemplo é a turbina Pelton.
- Turbinas de Reação: Neste tipo de turbina a pressão na entrada da roda é maior do que a pressão na saída, e a energia potencial devido à queda d'água se transforma em energia cinética e energia de pressão. Como exemplo pode-se citar as turbinas Francis, Bulbo e Kaplan.

Os tipos mais usuais de turbinas, comumente empregadas para aproveitamento de potencial hidráulico são:

- Turbina Francis: Possuem larga faixa de operação, com perfil de roda diferenciado com um conjunto de pás fixas. Classificam-se, segundo a velocidade específica, em lentas, normais, rápidas e extra rápidas. A figura 18 ilustra uma turbina do tipo Francis. (MACINTYRE, 1983).

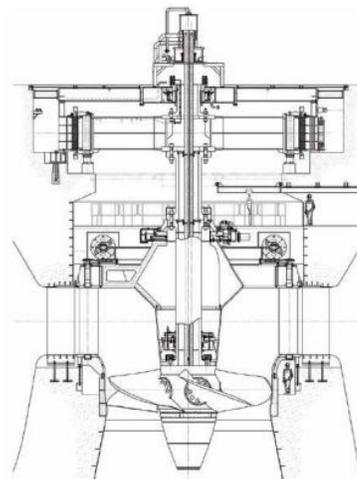
Figura 18 – Turbina Francis



Fonte: (SOUZA, 1999).

- Turbina Kaplan: Utilizada para pequenas e médias quedas d'água e grandes descargas. Este tipo de turbina possui pás reguláveis, ou seja, permite-se variar o ângulo de inclinação das pás conforme a descarga (MACINTYRE, 1983). A figura 19 ilustra a turbina Kaplan.

Figura 19 – Corte de uma unidade geradora com turbina Kaplan



Fonte: (VOITH, 2014).

- Turbina Bulbo: São utilizadas para pequenas quedas d'água, como as usinas a “fio d'água”. O bulbo fica alojado no tubo adutor de água e no interior dele, em uma câmara blindada, fica



### 4.5.3 BIODIESEL

O biodiesel é um combustível produzido através de óleos vegetais ou gorduras de origem animal, através de um processo químico denominado transesterificação na presença de etanol (ou metanol) e de um catalisador. Na produção do biodiesel, a glicerina é um subproduto da reação de transesterificação.

No Brasil os estudos com biodiesel visam adicioná-lo ao diesel de origem mineral, ampliando a matriz energética do país e contribuindo para a redução das emissões de poluentes.

Segundo os estudos de Lima (2005) e Buainain e Batalha (2006) a substituição do diesel mineral pelo biodiesel puro, pode diminuir as emissões líquidas de gás carbônico CO<sub>2</sub> em 46% e reduzir em 68% as emissões de material particulado, além disso, reduzir por completo as emissões de óxido de enxofre já que o biodiesel é livre de enxofre. Ademais, o armazenamento e manipulação do biodiesel são mais seguros, é biodegradável, além de não produzir vapores inflamáveis, com ponto de fulgor bem mais elevado que o diesel mineral.

O biodiesel pode substituir de forma completa ou parcial o diesel mineral em veículos automotores. A lei 11.097 de janeiro de 2005 determinou “a obrigatoriedade da adição de 2% de biodiesel ao óleo diesel mineral comercializado ao consumidor” e em 2013 esse valor foi aumentado para 5% de forma compulsória. Quando classificado como B5 a mistura contém 95% de óleo diesel mineral e 5% de origem vegetal e/ou animal e, assim, sucessivamente até a classificação B100, que consiste no biodiesel puro.

Segundo Paulillo *et al.* (2007), o biodiesel pode ser utilizado em qualquer motor a diesel, não acarretando qualquer perda de potência ou durabilidade.

Em 2005, o governo brasileiro visando produzir energias limpas, renováveis e ambientalmente amigáveis, através do Ministério de desenvolvimento agrário, criou o Plano Nacional de Produção e Uso de Biocombustíveis (PNPB). As principais diretrizes do PNPB são:

- Implantar um plano sustentável;
- Promover a inclusão social;
- Garantir qualidade, preço e suprimento;
- Produzir biodiesel de diferentes fontes oleaginosas e em diferentes regiões do país.

Uma alternativa à produção do biodiesel é a utilização de gordura de fritura. Esta gordura é altamente contaminante, principalmente para rios e lençóis freáticos. De acordo com Neto *et al.* (2006), um litro de gordura de fritura pode contaminar 25 mil litros de água.

De acordo com os estudos de Barros, Chivanga e Meier (2008) sabe-se que no estado de São Paulo recicla-se um milhão de litros de óleo por dia, menos do que 5% de todo o óleo descartado. No Brasil, são 9 bilhões de litros de óleo descartados por ano.

O resíduo do óleo de cozinha pode ser reaproveitado como matéria-prima para:

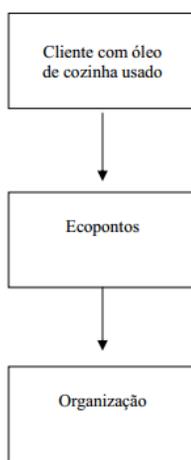
- Produção de glicerina.
- Padronização para a composição de tintas.
- Produção de massa de vidraceiro.
- Produção de farinha básica para ração animal.
- Geração de energia elétrica através de queima em caldeira.
- Produção de biodiesel, obtendo-se glicerina como subproduto.

Para Oliveira (2000), com a reciclagem de óleo de cozinha, forma-se um desenvolvimento sustentável, eliminando, a extração de mais recursos naturais. Para o retorno do óleo de cozinha como matéria prima para a produção do biodiesel é preciso seguir algumas operações sequenciais:

- Coleta adequada;
- Armazenagem adequada;
- Transporte até o local de produção.

A figura 22 ilustra a cadeia reversa do óleo de cozinha praticada pelas indústrias brasileiras.

Figura 22 – Cadeia reversa do óleo de cozinha



Fonte: (OLIVEIRA, 2004).

## **5 .ESTUDO DE CASO**

O presente estudo de caso trata-se de uma abordagem metodológica de investigação, cujo objetivo é compreender, explorar e descrever os processos de uma usina hidrelétrica, no sentido de otimizar o uso da energia e propor melhorias no que se refere à racionalização de sua aplicação.

Trata-se de um projeto de eficiência energética na Usina Hidrelétrica de Paraibuna sob concessão da CESP cujas ações foram voltadas a programas de racionalização de energia em sistemas de iluminação, ar condicionado, de bombeamento e fotovoltaicos, além de permitir a aplicação de novas tecnologias, reduzindo custos, aumentando ganhos econômicos e reduzindo danos ao meio ambiente.

### **5.1 A USINA HIDRELÉTRICA DE PARAIBUNA**

A usina hidrelétrica de Paraibuna localiza-se no bairro Rio Claro na cidade de Paraibuna-SP. Sua construção iniciou-se em 1964, sendo concluída em 1978 através de um consórcio entre o governo federal, o governo do estado de São Paulo, do estado do Rio de Janeiro, Light, Furnas e a CESP, sendo que a última recebeu a concessão para a operação do aproveitamento hidrelétrico nesta usina.

O reservatório possui área total de 224 Km<sup>2</sup>, abrangendo além de Paraibuna, as cidades de Redenção da Serra-SP e Natividade da Serra-SP.

A UHE Paraibuna possui potência instalada total de 85MW atuando com duas unidades geradoras (turbinas) do tipo Francis, promovendo a regularização da vazão do rio Paraíba do Sul e trazendo inúmeros benefícios energéticos para a região e para o Brasil. Entre as mais altas do Brasil, sua barragem tem 104 m de altura.

Além das atividades de geração de energia, a usina promove o manejo da flora e da fauna, com setores de silvicultura, viveiro de aves e piscicultura, além de promover educação ambiental em seus projetos e travessias lacustres através de balsas, o que garantiu à organização, em 2010, a obtenção da Norma ISSO 9001:2008.

As áreas auditadas na UHE Paraibuna no projeto de efficientização energética foram: portarias, edifício administrativo, piscicultura, horto florestal, prédio de convenções (fazendinha), viveiro de aves, oficina de balsas e casa de máquinas.

As figuras 23 e 24 ilustram a UHE Paraibuna e parte de seu reservatório.

Figura 23 – Usina Hidrelétrica de Paraibuna e Reservatório



Fonte: (CESP, 2013).

Figura 24 – Usina Hidrelétrica de Paraibuna



Fonte: (CESP, 2013).

## **6. METODOLOGIA DA PESQUISA**

Uma auditoria energética é uma ferramenta que visa medir a eficiência dos processos de gestão de energia, através do qual é possível avaliar o desempenho dos equipamentos e sistemas consumidores de energia em uma usina. É uma atividade que visa identificar alternativas técnicas, econômicas e ambientais que apresentem maior eficiência ou uso racional de energia e que envolve diversas áreas da engenharia, tais como a elétrica, mecânica, hidráulica, pneumática, controle e computação. Também envolve aspectos ambientais, administrativos e financeiros da avaliação do projeto.

Ao executar um projeto de eficiência energética, pode-se obter informações valiosas a respeito de como a energia está sendo utilizada na usina, o que permite ao gestor de energia tomar as melhores decisões para aumentar a eficiência energética dos processos, uma vez que a auditoria avalia o desempenho de equipamentos e sistemas que consomem energia elétrica, através da análise de seus parâmetros operacionais.

A metodologia apresentada neste trabalho descreve em seis passos as atividades necessárias para se executar um projeto de eficiência energética em uma usina hidrelétrica e apresenta uma lista de verificação para as principais áreas de oportunidades de economia de energia na usina.

### **6.1 PASSO 1 – CONCENTRAR E AVALIAR TODAS AS INFORMAÇÕES DE UMA USINA HIDRELÉTRICA**

O primeiro passo da auditoria energética é concentrar e avaliar todas as informações disponíveis da usina hidrelétrica, tais como:

- Nome da Usina.
- Tipo de Usina.
- Tamanho e idade da planta hidrelétrica.
- Localização da usina.
- Estrutura administrativa, anotando o nome dos principais executivos e as pessoas envolvidas com o programa de eficiência energética.
- Horários de funcionamento típicos.
- Setores produtivos e não produtivos da usina hidrelétrica.
- O consumo anual de energia utilizada pela usina.

- Custo da energia.

Esta primeira fase é de grande importância para um projeto de eficiência energética e constitui-se de um elemento decisivo para a qualidade do trabalho a se desenvolver. É nela que os processos da usina devem ser entendidos, quais as formas de energia consumidas, os esquemas operacionais e as sequências de operação, ou seja, uma análise sobre o processo produtivo e sobre todas as áreas que compõem o complexo hidrelétrico como áreas de silvicultura, viveiro de aves, piscicultura entre outras. É neste momento da auditoria que deve-se coletar os dados correspondentes aos registros históricos de consumo de energia dos últimos anos de atividade (últimos doze meses ou mais se possível), com o objetivo de obter um conjunto de informações relevantes para posterior tratamento e conseqüente produção de indicadores de referência.

Nesta primeira fase da auditoria é importante também coletar informações que podem afetar o consumo de energia da empresa, como localização geográfica e condições climáticas anuais, acesso ao local, tipo de construção, concepção do fluxo de ar no ambiente em análise, horas de operação e regime de turnos.

## **6.2 PASSO 2: VISITA AS INSTALAÇÕES E COLETA DE DADOS**

Esta atividade trata-se de uma visita às instalações em que se observa o funcionamento dos principais processos e equipamentos que consomem energia elétrica. O objetivo deste passo é reunir dados relacionados ao uso de energia da usina, tais como: histórico de produção e consumo de energia, as informações coletadas em uma inspeção visual de toda a planta, programas de manutenção e levantamento de dados de equipamentos consumidores de energia. Para auxiliar na inspeção visual dos setores que compõem uma usina hidrelétrica, pode-se utilizar uma planilha, que contenha informações como as características físicas do ambiente (bloco, andar, número da sala, finalidade, área útil, pé direito, etc.) e as características de ocupação (número de usuários, turnos ou horários de funcionamento), como indica a tabela 4.

É nesta atividade que todos os dados de placas dos sistemas consumidores de energia da usina deverão ser levantados. Tais como:

- Sistema de iluminação: deve-se levantar o tipo e o número de lâmpadas em cada setor, a potência das lâmpadas, as características das luminárias, a altura e a separação entre luminárias, o estado de conservação, o nível de iluminamento, os horários de operação, se existe o aproveitamento de iluminação natural, etc.),

Tabela 4 – Planilha para inspeção energética na UHE Paraibuna

IDENTIFICAÇÃO DO SETOR:			PREENCHIDO POR:				DATA:		
Características Físicas do Setor									
Área (m <sup>2</sup> )			Pé Direito	Iluminância	Temperatura	Número de usuários		Horário de Funcionamento	
Total	Iluminada	Climatizada	[m]	[lux]	[°C]	Seg. à Sexta	Fim de Semana	Seg. à Sexta	Fim de Semana
Características do Sistema de Iluminação									
Equipamento	Quantidade		Potência Nominal (W)		Horário de Funcionamento		Observações		
	Total	Inoperantes	Lâmpada	Reator	Seg. à Sexta	Fim de Semana			
Características do Sistema de Ar Condicionado									
Equipamento	Quantidade		Capacidade (BTU)	Horário de Funcionamento		Observações			
	Total	Inoperantes		Seg. à Sexta	Fim de Semana				
Características de Equipamentos Diversos									
Equipamento	Quantidade		Potência Nominal (W)	Horário de Funcionamento		Observações			
	Total	Inoperantes		Seg. à Sexta	Fim de Semana				

- Sistema de ar condicionado: deve-se conhecer a localização do aparelho, o tipo de aparelho, a marca e o fabricante, a potência, área climatizada, o coeficiente de eficiência energética EER, o fluido refrigerante, os horários/períodos de funcionamento, etc. Aspectos construtivos como orientação das fachadas do edifício, materiais das paredes, janelas e teto também devem ser levantados para os cálculos de carga térmica.
- Motores: deve-se conhecer os dados de identificação do motor, se o motor é de corrente contínua ou alternada, vertical ou horizontal, aberto ou fechado, tipo de acoplamento e carga. Os dados de placa como marca, potência (hp), tensão e corrente, velocidade (rpm), armação, fator de serviço e eficiência, horas de operação, número de polos, número de rebobinagem e antiguidade do motor também devem ser levantados. Dados sobre a carga dos motores também podem ser levantados nesta fase, se a carga é essencial, intermitente ou de *back-up*.
- Compressores: deve-se levantar a identificação do compressor, os dados de placa do fabricante como tensão, corrente, velocidade (rpm), potência (hp), marca e modelo. Eficiência, horas de operação, temperatura, pressão e vazão também devem ser conhecidas.

- Equipamentos de bombeamento: levantar a identificação das bombas, dados de placa dos fabricantes como marca, modelo, tipo, tamanho, pressão máxima, potência, consumo, velocidade e carga. Horas de operação e aplicação/utilização da bomba também deverão ser conhecidas.
- Equipamentos de escritório: deve-se conhecer o local de utilização do equipamento, o tipo de equipamento (computador, cafeteira, ventilador, impressora, copiadora, etc.), horas de operação, potência elétrica do equipamento, quantidade de equipamentos em cada área e informações complementares que possam auxiliar na redução do consumo.

É importante observar também os tipos de combustíveis utilizados na usina, as unidades de registro (l, m<sup>3</sup>, etc.), o fornecedor, a capacidade de armazenamento, o consumo e o custo total para o mês, e o seu poder calorífico, além de se levantar dados de consumo de, pelo menos, os últimos 12 meses de operação. É nesta fase em que dados de consumo de energia elétrica utilizando as contas de energia devem ser conhecidos. As informações de histórico de contas de energia elétrica em nome da usina, consumo e demanda mensal nos últimos 12 meses, o fator de potência, a capacidade instalada (se aplicável), e o valor total do serviço devem ser levantados. Dados relacionados à produção de energia e serviços do complexo hidrelétrico também devem ser conhecidos. Este passo deve também possibilitar a identificação de problemas operacionais e de manutenção, que podem resultar em baixa eficiência energética dos sistemas e seus equipamentos.

### **6.3 PASSO 3: MEDIÇÕES EM CAMPO**

Nesta fase se realizam as medições em campo dos parâmetros operacionais dos equipamentos e de outras variáveis que se fizerem convenientes ao estudo, com a finalidade de se determinar a eficiência energética de cada um deles, e de se obter informações relevantes para sugerir melhorias. As tabelas utilizadas para medições em sistemas de iluminação, motores, bombas, sistemas de ar condicionado e compressores de ar e as medidas a serem executadas como parte destas atividades estão descritas, respectivamente, nas tabelas 5, 6, 7 e 8 e 9.

Tabela 5 – Medições em Sistemas de Iluminação

<b>Medições em Sistemas de Iluminação</b>	
Localização	Localização da Luminária
Luminária	Tipo e Quantidade de Luminárias
Lâmpadas	Tipo, potência elétrica e número de lâmpadas por luminária
Reator	Eletromagnético ou Eletrônico
Operação	Horas de funcionamento por ano e tipo de controle
Níveis de Iluminação	Os níveis de iluminação, em lux, máximos e mínimos.
Refletância	Proporção entre o fluxo incidente e refletido em uma superfície.
Observações	Informações adicionais não contempladas acima, mais importantes na implementação de medidas de redução de consumo.

Tabela 6 – Medições em Motores

<b>Medições em Motores</b>	
Identificação	Identificação do Motor
Tensão	Leitura da medição de tensão de operação nos terminais do motor em Volts.
Corrente	Leitura da medição de corrente do motor em Ampères.
Potência	Medição de potência do motor em kilowatts
Fator de Potência	Medição do fator de potência do motor em %.
Observações	Informações adicionais não contempladas acima, mais importantes na implementação de medidas de redução de consumo.

Tabela 7 – Medições em Sistemas de Bombeamento

<b>Medições em Sistemas de Bombeamento</b>	
Características do Fluido	Tipo de Fluido, temperatura, peso específico e observações.
Diagrama esquemático	Representação gráfica do equipamento (bomba, tubulação, etc).
Medições Hidráulicas	Cotas envolvidas, nível do tanque de sucção, comprimento da tubulação de sucção, diâmetro da tubulação, material do tubo, pressão, velocidade na sucção e descarga e vazões envolvidas. Anotar qualquer observação pertinente que ajude a avaliação do equipamento de bombeamento.

Tabela 8 – Medições em Sistemas de Ar-Condicionado

<b>Medições em Ar-Condicionado</b>	
Dados do Equipamento	Dados de placa do fabricante, marca, modelo, tensão, corrente, potência, fluido refrigerante, pressão e EER.
Medições	Medidas para determinar a eficiência energética do equipamento como velocidade do ar, temperatura e umidade relativa tanto na entrada como na saída do equipamento, tensão, corrente, potência elétrica e fator de potência.
Observações	Informações adicionais não contempladas acima, mais importantes na implementação de medidas de redução de consumo.

Tabela 9 – Medições em Compressores de Ar

<b>Medições em Compressores</b>	
Características	Quantidade de ar fornecido pelo compressor, pressão de operação (mínima e máxima) e operação do compressor em horas/ano.
Medições	Medições efetuadas para verificação de fugas de ar (vazamentos), tempo de operação, potência consumida pelo compressor e pressão.
Observações	Informações adicionais não contempladas acima, mais importantes na implementação de medidas de redução de consumo.

#### 6.4 PASSO 4: ANÁLISE DOS DADOS

O quarto passo constitui-se de um período de organização de toda a informação recolhida para o seu adequado tratamento. O tratamento de toda a informação deverá ser orientado no sentido de produzir todo um conjunto de indicadores, ou seja, consumos de energia final, global da instalação, por setor produtivo, por equipamento significativo e por tipo de energia consumida; rendimentos energéticos dos principais equipamentos consumidores e produtores de energia da usina; soluções tecnológicas (energéticas e de processo) com vista a serem implementadas e com o objetivo de produzirem acréscimos na eficiência energética do sistema.

Uma vez que a informação foi recolhida nas etapas anteriores da auditoria energética, deve-se proceder à sua análise a fim de identificar oportunidades para a economia de energia oferecida pela instalação. Para se identificar os equipamentos ou sistemas que mais consomem energia, deve-se proceder a realização de balanços energéticos. Os balanços energéticos podem ser apresentados em

forma de tabelas ou graficamente (gráfico de pizza), onde cada fatia representa o consumo de energia de cada sistema analisado. Por outro lado, com a finalidade de garantir que todas as medidas de redução de consumo estão sendo avaliadas é importante a utilização de uma lista de verificação de oportunidade de redução de consumo por tipo de aplicação (sistema de iluminação, sistema de ar condicionado, motores, compressores, sistema de bombeamento, etc.).

A seguir apresentam-se as listas com as medidas de redução de consumo mais comuns por tipo de aplicação, que podem servir como listas de verificação. É importante observar que estas listas são apenas um guia para a auditoria. São elas:

- **Sistema de Iluminação**

- Utilização de reatores eletrônicos no lugar de eletromagnéticos;
- Utilização de reatores inteligentes em sistemas com iluminação variável;
- Substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas ou *Led's*;
- Utilização de lâmpadas de indução e de vapor de sódio;
- Substituição de luminárias com baixo coeficiente de iluminação;
- Instalação de refletores espelhados em luminárias;
- Utilizar cores claras em paredes, teto e piso bem como em mobílias;
- Aproveitar a luz natural em interiores (aberturas zenitais);
- Utilização de sensores de presença em corredores de pouco trânsito de pessoas e sanitários;
- Automatizar a operação dos sistemas de iluminação;
- Utilização de fotocélulas em iluminação exterior.

- **Sistema de Ar-Condicionado**

- Isolamento de paredes e tetos para diminuir a perda de calor;
- Eliminar a infiltração de ar em portas e janelas que não se fecham bem;
- Instalação de portas duplas, cortinas de ar ou portas automáticas em locais de elevado tráfego de pessoas;
- Instalar cortinas ou filmes em superfícies transparentes que permitam a entrada da radiação solar direta ou refletidas;
- Evitar fontes de calor dentro das áreas climatizadas;
- Regular a temperatura do termostato como função da umidade relativa e da atividade que se realiza na área;

- Substituir equipamentos super/sub dimensionados em função da carga térmica da área estudada ou que operem com baixa eficiência;
- **Motores**
  - Substituir motores velhos, com eficiência depreciada, por motores novos de alta eficiência;
  - Substituir motores superdimensionados ou subdimensionados por motores de alta eficiência, que trabalhem em torno de 70% da carga;
  - Garantir a manutenção preventiva do motor, mantendo limpa a superfície da carcaça, lubrificando, substituindo e conservando em bom estado os rolamentos;
  - Utilização de inversores de frequência em motores de sistemas de bombeamento para controle de pressão e vazão;
- **Compressores**
  - Substituir compressores operando com baixa eficiência por compressores novos de alta eficiência;
  - Melhorar as condições de temperatura e umidade na sucção dos compressores;
  - Eliminar ou reduzir as fugas de ar comprimido;
  - Eliminar ou reduzir usos inadequados de ar comprimido, tais como varrer ou ventilar;
  - Substituir tubulações com altas perdas de carga;
  - Eliminar acessórios (válvulas, reduções, cotovelos) desnecessários na tubulação de distribuição de ar comprimido;
  - Evitar se trabalhar com altas pressões desnecessariamente.
- **Sistema de Bombeamento**
  - Substituir bombas que se encontrem trabalhando fora de sua zona de máxima eficiência;
  - Substituir vedações que apresentem fuga de líquido;
  - Lubrificação ou substituição de rolamentos;
  - Dar manutenção aos reservatórios para manter o nível dinâmico do bombeamento;
  - Substituir tubulações com elevadas perdas de carga;
  - Eliminar acessórios (válvulas, reduções, cotovelos) desnecessários na tubulação;
  - Operar equipamentos de bombeamento em sua zona de máxima eficiência, considerando a instalação de inversores de frequência;

## **6.5 PASSO 5: DESCRIÇÃO DAS MEDIDAS DE REDUÇÃO DE CONSUMO**

Uma vez que as possibilidades de economia de energia foram identificadas e analisadas, deve-se redigir um portfólio para cada uma das medidas propostas, contendo as seguintes informações:

- Descrição da Medida;
- Economia de energia (kWh/ano);
- Economia em dinheiro (R\$/ano);
- Investimento necessário (R\$);
- Período de recuperação do investimento - *pay-back* (anos)
- Descrição da situação atual que justifique a implantação da medida proposta;
- Descrição das ações concretas para se implantar a medida proposta;
- Cálculo das economias que se pretende obter com a medida proposta;
- Avaliação econômica. Esta avaliação deve incluir, pelo menos, o cálculo do período de retorno do investimento.

Além de medidas de redução de consumo é neste passo que deve-se descrever as novas tecnologias com vistas a serem implementadas. São tecnologias que produzirão acréscimos na eficiência energética da usina, reduzindo danos ao meio ambiente, diminuindo custos de manutenção, utilizando fontes existentes e não aproveitadas e garantindo a sustentabilidade ambiental e o aumento de ganhos econômicos. Ações como implantação de micro usina hidrelétrica a partir do aproveitamento de potencial hidráulico disponível, implantação de micro usina de biodiesel a partir de óleo de fritura, aproveitamento de lixo para produção de biogás e economia de água devem ser avaliadas.

## **6.6 PASSO 6: ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO DA AUDITORIA ENERGÉTICA**

O passo final é a elaboração de um relatório contendo os resultados e conclusões da auditoria energética, enfatizando as oportunidades de economia de energia e o plano de ação para implementá-los. Este relatório também deve apresentar todos os dados básicos de consumo de energia da usina de uma forma consistente de modo a que eles possam ser comparados com dados de outras usinas. O relatório final deverá conter, ao menos, as seguintes informações:

- Resumo Executivo do projeto (Deverá conter os objetivos e a descrição do projeto, além das ferramentas e métodos utilizados. Todas as informações devem ser descritas de forma clara e compreensível).
- Descrição da Usina
  - Dados gerais da planta: localização, tamanho, idade, etc.
  - Departamentos e principais serviços;
  - Consumos energéticos anuais;
  - Custos de combustíveis e tarifas elétricas aplicáveis.
- Análise de Consumos energéticos
  - Repartição e consumos de energia;
  - Balanço energético da planta;
  - Variações mensais do consumo de energia e de produção;
  - Análise de indicadores energéticos;
- Análise dos diferentes sistemas
  - Levantamentos;
  - Medições;
  - Medidas de Economia de energia;
  - Avaliação Econômica;
  - Conclusões e recomendações.
- Análise das novas tecnologias
  - Levantamentos;
  - Viabilidade técnica;
  - Especificação dos equipamentos;
  - Consumos e eficiências;
  - Avaliação econômica;
  - Conclusões e recomendações.

Com esta metodologia espera-se contribuir para que administradores de energia de usinas hidrelétricas possam realizar auditorias energéticas em suas instalações, auxiliando a redução no consumo de eletricidade, na implantação e utilização de novas tecnologias e tomando decisões para aumentar a eficiência energética dos seus processos, garantindo a sustentabilidade ambiental.

## 6.7 IDENTIFICAÇÃO DO ESTADO ATUAL DA ESTRUTURA ENERGÉTICA DA UHE PARAIBUNA

Neste estudo, a usina hidrelétrica de Paraibuna foi dividida em 2 grupos de consumo: a casa de máquinas, onde se encontram os equipamentos de geração da usina e a área externa à casa de máquinas que contempla: escritórios administrativos, portarias, piscicultura, horto florestal, prédio de convenções (fazendinha), viveiro de aves, oficina de balsas, sala de estação de transmissão, carpintaria, central de bombas e lavador de veículos.

A aquisição de dados sobre cada grupo consumidor foi feita através de um recolhimento minucioso de informações referentes à estrutura física dos edifícios (através de plantas de construção, inspeção visual e medições); levantamento de dados relativos à potência instalada em iluminação, equipamentos e ar condicionado nos edifícios (através de contas de energia, manuais de funcionamento, inspeção visual e medições) e obtenção de dados referentes à ocupação e utilização de cada divisão dos edifícios além de como se efetua a gestão de iluminação, equipamentos e ar condicionado (através de entrevistas com funcionários, operadores e gestores e por inspeção visual).

Após uma profunda análise das operações da usina e de suas instalações, fez-se um levantamento de cargas da área externa, como indicado na tabela 10, e da casa de máquinas, como indicado na tabela 11.

Tabela 10 – Levantamento de cargas da área externa

Levantamento de cargas - área externa		
Instalação	Consumo total médio no mês (kWh)	Demanda Total média no mês (kW)
Portaria	596,73	6,08
Edifício Administrativo	19.134,84	112,49
Piscicultura	1.118,18	36,76
Horto Florestal	1.649,12	56,04
Prédio de Convenções (Fazendinha)	405,29	14,97
Viveiro de Aves	3.345,19	63,57
Oficina de Balsas	1.293,36	30,91
Sala de estação de transmissão	152,40	0,29
Lavador de veículos	487,92	9,02
Carpintaria	1,00	24,50
Central de bombas	74,6	37,30
<b>TOTAL</b>	<b>28.258,63</b>	<b>391,94</b>

Tabela 11 – Levantamento de Carga Casa de Máquinas

<b>Levantamento de cargas – Casa de Máquinas</b>		
<b>Instalação</b>	<b>Consumo Total Médio no mês (kWh)</b>	<b>Demanda Instalada Total Média no mês (kW)</b>
Casa de Máquinas	84.696,90	575,27
<b>TOTAL</b>	<b>84.696,90</b>	<b>575,27</b>

Os consumos da casa de máquinas, escritórios administrativos e portarias, são supridos pela energia gerada da própria usina. As demais instalações estão conectadas à rede e pagam energia à concessionária. Com o levantamento de cargas efetuado, pôde-se determinar o consumo em cada um dos setores da usina e caracterizar os equipamentos consumidores de energia quanto ao seu consumo e sua eficiência. Verificou-se que alguns equipamentos, tais como compressores e exaustores, e alguns equipamentos de escritórios como computadores pessoais, máquinas copiadoras, máquinas de café entre outros, não seriam passíveis a uma intervenção, pois são equipamentos novos, substituídos recentemente e já com elevada eficiência energética.

As áreas denominadas lavador de veículos, carpintaria e central de bombas não foram auditadas, por já estarem fora de operação dentro da usina, ou seja, desativadas. A sala de estação de transmissão possui equipamentos de radio frequência específicos, de alta tecnologia e baixo consumo, além de adquiridos recentemente e, portanto, não foi sujeita à intervenção.

Dessa forma, as tabelas 12 e 13 indicam o levantamento de consumo e demanda das cargas sujeitas às ações de eficiência energética, na área externa e na casa de máquinas respectivamente.

Tabela 12 – Levantamento de cargas sujeitas à eficiência energética – área externa

<b>Levantamento de cargas sujeitas à eficiência energética - Área Externa</b>		
<b>Instalação</b>	<b>Consumo mensal Sujeito à Eficiência (kWh)</b>	<b>Demanda mensal Sujeita à Eficiência (kW)</b>
Portaria	378,33	3,79
Edifício Administrativo	3.443,01	17,86
Piscicultura	535,68	6,45
Horto Florestal	1.159,21	24,73
Prédio de Convenções (Fazendinha)	341,45	13,94
Viveiro de Aves	2.959,02	12,37
Oficina de Balsa	543,24	3,36
<b>Total</b>	<b>9.360,40</b>	<b>82,5</b>
<b>Porcentagem do Total</b>	<b>33,12%</b>	<b>21,05%</b>

Tabela 13 - Levantamento de cargas sujeitas à efficientização – Casa de Máquinas

<b>Levantamento de cargas sujeitas à efficientização - Casa de Máquinas</b>		
<b>Instalação</b>	<b>Consumo mensal médio Sujeito à Eficiência (kWh)</b>	<b>Demanda Mensal Média Sujeita à Eficiência (kW)</b>
Casa de Máquinas	64.353,06	265,17
<b>TOTAL</b>	<b>64.353,06</b>	<b>265,17</b>
<b>Porcentagem do Total</b>	<b>75,98%</b>	<b>46,09%</b>

## 7 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 7.1 – AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DOS SISTEMAS DA UHE

Através dos levantamentos obtidos na primeira fase da auditoria energética, das visitas aos departamentos e setores da usina, bem como entrevistas com operadores e funcionários, pode-se traçar um panorama energético dos sistemas e se compreender como a energia está sendo utilizada. A partir deste contexto, tornou-se possível propor soluções energeticamente mais eficientes, e verificar, se do ponto de vista econômico elas são viáveis.

Neste estudo todas as propostas de substituição de equipamentos e /ou sistemas baseou-se no que existe de mais moderno em tecnologia e eficiência energética na literatura. Considerou-se o tempo de retorno composto, que leva em conta a taxa de juros, como critério de análise econômica. Para todos os cálculos envolvidos, considerou-se também o valor de R\$ 0,38034/kWh, a tarifa residencial vigente para a concessionária Elektro Eletricidade e Serviços S/A até 26/12/2014 de acordo com a Agência Nacional de energia elétrica (ANEEL). A usina é atendida por esta concessionária e seus edifícios consumidores se enquadram na categoria residencial. Ao final de cada sistema, os resultados são comentados.

#### 7.1.1 – SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Para o estudo dos sistemas de iluminação cada setor da usina foi estudado isoladamente. Para cada setor analisado apresenta-se o estado atual da estrutura energética para iluminação e a proposta

de um novo sistema, utilizando a tecnologia de iluminação à *Led*, bem como os cálculos de *payback* composto e porcentagem de redução do consumo de energia.

### 7.1.1.1 Portaria

A portaria fica localizada na entrada principal da UHE Paraibuna e possui área construída de 9m<sup>2</sup>. As condições da portaria se enquadram na faixa B (iluminação geral para área de trabalho) da NBR 5413, com tarefas de requisitos visuais normais e iluminância média de 750 lux. A tabela 14 indica o levantamento de cargas de iluminação da portaria da usina nas condições atuais.

Tabela 14 – Levantamento de Iluminação Portaria – Sistema Atual

Portaria							
Sistema Atual							
Descrição	Quant.	Potência (W)	Potência Total (W)	Tempo de Utilização (h)	Fluxo Luminoso (lm)	Vida Útil (h)	Consumo (kWh/mês)
Lâmpadas Fluorescentes 40W	8	40	320	12	2500	10000	115,20
Lâmpada Vapor Metálico Tubular 25	3	250	750	12	20000	10000	270,00
Lâmpadas Fluorescentes 20W	4	20	80	12	1000	10000	28,80
<b>Total</b>							<b>414,00</b>

O sistema de iluminação proposto para a portaria, visando melhor aproveitamento da iluminação e eficiência está indicado na tabela 15.

Tabela 15 – Sistema de iluminação proposto – Portaria

Portaria										
Sistema Proposto										
Descrição	Quant.	Potência (W)	Potência Total (W)	Tempo de Utilização (h)	Fluxo Luminoso (lm)	Vida Útil (h)	Consumo kwh/mês	Investimento Total (R\$)	Economia kWh/mês	Retorno Composto (anos)
Lâmpada Led Tubo Linear 20W Philips	7	22	154	12	1500	50000	55,44	840,00	59,04	4,13
Holofote Super Led 250 W	1	250	250	12	16200	50000	1,08	385,50	44,82	2,26
<b>Total</b>							<b>56,52</b>	<b>1225,50</b>	<b>357,48</b>	<b>0,83</b>

Verifica-se uma redução no consumo de energia mensal da portaria de 73,66% e um significativo aumento da vida útil do sistema de iluminação. O *pay-back* composto do sistema de iluminação foi calculado em 0,83 anos (10 meses), considerando juros de 12% ao ano e

funcionamento 30 dias ao mês. Observa-se que o resultado é bastante significativo do ponto de vista econômico. Este valor deve-se em grande parte a utilização do holofote super led com alto fluxo luminoso para a área externa em substituição as lâmpadas de vapor metálico.

### 7.1.1.2 Edifício Administrativo

O edifício administrativo contempla os escritórios da gerência, engenharias, informática e salas de reunião. Possui área construída total de 850m<sup>2</sup> dispostas em dois pavimentos.

As condições dos escritórios se enquadram na faixa B (iluminação geral para área de trabalho) da NBR 5413, com tarefas de requisitos visuais normais e iluminância média de 750 lux. Os banheiros devem possuir iluminância média de 150 lux e os corredores e escadas de 100 lux se enquadrando na faixa A (iluminação geral com tarefas visuais simples). As tabelas 16 e 17 indicam o levantamento de cargas de iluminação do edifício administrativo da usina nas condições atuais.

Tabela 16 – Levantamento de Iluminação Edifício Administrativo Parte A – Sistema Atual

<b>Edifício Administrativo - A</b>							
<b>Sistema Atual</b>							
<b>Descrição</b>	<b>Quant.</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Potência Total (W)</b>	<b>Tempo de Utilização (h)</b>	<b>Fluxo Luminoso (lm)</b>	<b>Vida útil (h)</b>	<b>Consumo (kWh/mês)</b>
<b>Sala da Gerência</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	4	110	440	8	8300	10000	77,44
<b>Secretaria</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	4	110	440	8	8300	10000	77,44
<b>Informática</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	3	40	120	8	2500	10000	21,12
<b>Administrativo</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	4	110	440	8	8300	10000	77,44
<b>Corredor</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	6	110	660	8	8300	10000	116,16
<b>Banheiro Masculino</b>							
Lâmpada Incandescente	2	60	120	8	836	1000	21,12
<b>Banheiro Feminino</b>							
Lâmpada Incandescente	1	60	60	8	836	1000	10,56
<b>Sala: Lazaro</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	2	110	220	8	8300	10000	38,72
<b>Programação</b>							
Lâmpadas Econômicas Coi	2	34	68	8	1970	6000	11,97
<b>Sala: Elét./Mecan.</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	11	110	1210	8	8300	10000	212,96
<b>Total Parte A</b>							<b>664,93</b>

Tabela 17 – Levantamento de Iluminação Edifício Administrativo Parte B – Sistema Atual

<b>Edifício Administrativo - B</b>							
<b>Sistema Atual</b>							
<b>Descrição</b>	<b>Quant.</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Potência Total (W)</b>	<b>Tempo de Utilização (h)</b>	<b>Fluxo Luminoso (lm)</b>	<b>Vida útil (h)</b>	<b>Consumo (kWh/mês)</b>
<b>Sala A.I.</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	8	16	128	8	1200	7500	22,53
<b>Oficina Mecânica</b>							
Lâmpada Incandescente	1	100	100	8	1350	1000	17,60
Lâmpadas Fluorescentes	34	40	1360	8	2500	10000	239,36
Lâmpada Mista	1	140	140	8	3000	7500	24,64
Lâmpada LED	1	42	42	8	4620	50000	7,39
<b>Oficina Elétrica</b>							
Lâmpada LED	9	42	378	8	4620	50000	66,53
Lâmpadas Fluorescentes	5	40	200	8	2500	10000	35,20
<b>Sala: ISSO</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	6	110	660	8	8300	10000	116,16
<b>Escada Grande</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	1	110	110	8	8300	10000	19,36
<b>Banheiro Masc. Hall</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	4	40	160	8	2500	10000	28,16
<b>Banheiro Fem. Hall</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	4	40	160	8	850	10000	28,16
<b>Copa</b>							
Lâmpadas LED	2	42	84	8	4620	50000	14,78
<b>Deposito</b>							
Lâmpadas LED	1	42	42	8	4620	50000	7,39
Lâmpadas Fluorescentes	1	40	40	8	2500	10000	7,04
<b>Convívio</b>							
Lâmpadas LED	2	42	84	8	4620	50000	14,78
Lâmpada Vapor Metálico	5	250	1250	8	20000	10000	220,00
<b>Total Parte B</b>							<b>869,09</b>
<b>Total ( Parte A+B)</b>							<b>1.534,02</b>

O sistema de iluminação proposto para o prédio administrativo, visando melhor aproveitamento da iluminação e eficiência está indicado na tabela 18.

Tabela 18 - Sistema de iluminação proposto – Edifício Administrativo

Edifício Administrativo										
Sistema Proposto										
Descrição	Quant.	Potência (W)	Potência Total (W)	Tempo de Utilização (h)	Fluxo Luminoso (lm)	Vida útil (h)	Consumo (kWh/mês)	Investimento Total (R\$)	Economia (kWh/mês)	Retorno Composto (Anos)
<b>Sala da Gerência</b>										
Lâmpadas Led Tube Philips	7	25	175	8	1900	50000	30,80	1120,00	46,64	8,81
<b>Secretaria</b>										
Lâmpadas Led Tube Philips	7	25	175	8	1900	50000	30,80	1120,00	46,64	8,81
<b>Informática</b>										
Lâmpadas Led Tube Philips	3	22	66	8	1650	50000	11,62	435,00	9,50	21,06
<b>Administrativo</b>										
Lâmpadas Led Tube Philips	7	25	175	8	1900	50000	30,80	1120,00	46,64	8,81
<b>Corredor</b>										
Lâmpadas Led Tube Philips	10	25	250	8	1900	50000	44,00	1600,00	72,16	7,72
<b>Banheiro Masculino</b>										
Lâmpada Led A60 Philips	1	12	12	8	1060	25000	2,11	108,00	19,01	1,43
<b>Banheiro Feminino</b>										
Lâmpada Led A60 Philips	1	12	12	8	1060	25000	2,11	108,00	8,45	3,61
<b>Sala: Lazaro</b>										
Lâmpadas Led Tube Philips	3	25	75	8	1900	50000	13,20	480,00	25,52	6,02
<b>Programação</b>										
Lâmpadas Led Tube Philips	2	22	44	8	1650	50000	7,74	290,00	4,22	28,59
<b>Sala: Elét./Mecan.</b>										
Lâmpadas Led Tube Philips	19	25	475	8	1900	50000	83,60	3040,00	129,36	8,49
<b>Sala:A.I.</b>										
Lâmpadas Led Tube Philips	6	11	66	8	1020	50000	11,62	588,00	10,91	21,15
<b>Oficina Mecânica</b>										
Lâmpadas Led Tube Philips	25	25	625	8	1650	50000	110,00	4000,00	284,08	4,08
<b>Oficina Elétrica</b>										
Lâmpadas Led Tube Philips	3	22	66	8	1650	50000	11,62	435,00	127,10	0,83
<b>Sala: ISSO</b>										
Lâmpadas Led Tube Philips	10	25	250	8	1900	50000	44,00	1600,00	72,16	7,72
<b>Escada Grande</b>										
Lâmpadas Led Tube Philips	2	25	50	8	1900	50000	8,80	320,00	10,56	14,06
<b>Banheiro Masc. Hall</b>										
Lâmpadas Led Tube Philips	4	22	88	8	1650	50000	15,49	580,00	12,67	21,06
<b>Banheiro Fem. Hall</b>										
Lâmpadas Led Tube Philips	4	22	88	8	1650	50000	15,49	580,00	12,67	21,06
<b>Convívio</b>										
Holofote Super Led 250 W	4	250	1250	8	16200	50000	220,00	1542,00	100,16	4,58
<b>Total</b>							<b>693,79</b>	<b>16273,00</b>	<b>977,92</b>	<b>5,08</b>

A proposta de substituição da iluminação do prédio administrativo conduziu a uma redução no consumo de energia mensal do prédio administrativo de 45,23% e um significativo aumento da vida útil do sistema de iluminação.

Pode-se verificar que as salas de programação, de informática, de A.I e os sistemas de iluminação da escada e dos banheiros do hall da administração apresentaram *pay-backs* elevados em função do baixo consumo de energia (baixa economia) e elevados investimentos. O retorno financeiro composto do sistema de iluminação do prédio administrativo foi calculado em 5,08 anos com taxa de juros de 12% ao ano e 22 dias de funcionamento, descartando-se os valores das salas acima citadas, onde a intervenção não é recomendada.

### **7.1.1.3 Piscicultura**

A formação de reservatórios afeta as características físicas, químicas e biológicas dos rios. Podem ocorrer alterações na abundância das espécies, com proliferação excessiva de algumas e redução de outras. Neste contexto, a CESP desenvolve o manejo dos recursos pesqueiros de seus reservatórios.

A piscicultura é uma área de cultivo de peixes. Em Paraibuna, essa unidade tem 805 m<sup>2</sup> de edificações de apoio, 53 tanques de aquicultura e três lagos, totalizando 21.151 m<sup>2</sup> de espelho d'água. Produz anualmente cerca de 530.000 alevinos de seis espécies: a pirapitinga do sul, a piabanha, a piava bicuda, o piau palhaço, o lambari e o surubim do paraíba, todas endêmicas da bacia hidrográfica do alto Paraíba do Sul.

As condições dos escritórios e laboratórios se enquadram na faixa B (iluminação geral para área de trabalho) da NBR 5413, com tarefas de requisitos visuais normais e iluminância média de 750 lux. Os banheiros devem possuir iluminância média de 150 lux se enquadrando na faixa A (iluminação geral com tarefas visuais simples).

A tabela 19 indica o levantamento de cargas de iluminação dos edifícios da piscicultura da usina nas condições atuais.

Tabela 19 – Levantamento de Iluminação Piscicultura – Sistema Atual

<b>Piscicultura</b>							
<b>Sistema Atual</b>							
<b>Descrição</b>	<b>Quant.</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Potência Total (W)</b>	<b>Tempo de utilização (h)</b>	<b>Fluxo Luminoso (lm)</b>	<b>Vida Útil (h)</b>	<b>Consumo (kWh/mês)</b>
<b>Sala Técnico Danilo</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	2	40	80	6	2500	10000	14,40
<b>Sala Técnico Diego</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	6	40	240	6	2500	10000	43,20
<b>Sala Técnico Edmur</b>							
Lâmpada Fluorescente	2	40	80	6	2500	10000	14,40
Lâmpada Econômica Compacta Fluor	1	30	30	6	1970	6000	5,40
<b>Laboratório</b>							
Lâmpada Fluorescente	4	40	160	1	2500	10000	4,80
<b>Laboratório de Indução</b>							
Lâmpada Fluorescente	12	40	480	4	2500	10000	57,60
<b>Encubação</b>							
Lâmpada Fluorescente	12	40	480	4	2500	10000	57,60
<b>Copa</b>							
Lâmpada Fluorescente	2	40	80	2	2500	10000	4,80
<b>W.C. Masculino</b>							
Lâmpada Fluorescente	2	40	80	6	2500	10000	14,40
<b>W.C. Feminino</b>							
Lâmpada Fluorescente	2	40	80	6	2500	10000	14,40
<b>Sala de Referência</b>							
Lâmpada Fluorescente	4	40	160	6	2500	10000	28,80
<b>Sala de Ração</b>							
Lâmpada Fluorescente	2	40	80	6	2500	10000	14,40
<b>Almoxarifado</b>							
Lâmpada Fluorescente	2	40	80	6	2500	10000	14,40
<b>Laboratório 2</b>							
Lâmpada Fluorescente	2	40	80	6	2500	10000	14,40
<b>Depósito</b>							
Lâmpada Fluorescente	14	40	680	6	2500	10000	122,40
Lâmpadas Mista	25	140	3500	1	3000	7500	105,00
<b>Total</b>							<b>530,40</b>

O sistema de iluminação proposto para a piscicultura, visando o melhor aproveitamento da iluminação e eficiência está indicado na tabela 20.

Tabela 20 - Sistema de iluminação proposto – Piscicultura

Piscicultura										
Sistema Proposto										
Descrição	Quant.	Potência (W)	Potência Total(W)	Tempo de utilização (h)	Fluxo Luminoso (lm)	Vida Útil (h)	Consumo (kWh/mês)	Investimento Total (R\$)	Economia (kWh/mês)	Retorno Composto (Anos)
<b>Sala Técnico Danilo</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	2	22	44	6	1650	50000	7,92	290,00	6,48	19,94
<b>Sala Técnico Diego</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	6	22	132	6	1650	50000	23,76	870,00	19,44	19,94
<b>Sala Técnico Edmur</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	3	22	66	6	1650	50000	11,88	435,00	7,92	21,97
<b>Laboratório</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	4	22	88	1	1650	50000	2,64	580,00	2,16	89,20
<b>Laboratório de Indução</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	8	25	200	4	1900	50000	24,00	1280,00	33,60	14,32
<b>Encubação</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	8	25	200	4	1900	50000	24,00	1160,00	33,60	12,07
<b>Copa</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	2	22	44	2	1650	50000	2,64	290,00	2,16	44,82
<b>W.C. Masculino</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	1	22	22	6	1650	50000	3,96	145,00	10,44	3,62
<b>W.C. Feminino</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	1	22	22	6	1650	50000	3,96	145,00	10,44	3,62
<b>Sala de Referência</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	4	22	88	6	1650	50000	15,84	580,00	12,96	19,94
<b>Sala de Ração</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	2	22	44	6	1650	50000	7,92	290,00	6,48	19,94
<b>Almoxarifado</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	2	22	44	6	1650	50000	7,92	290,00	6,48	19,94
<b>Laboratório 2</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	2	22	44	6	1650	50000	7,92	290,00	6,48	19,94
<b>Depósito</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	53	25	1325	1	1900	50000	39,75	8480,00	187,65	20,41
<b>Total</b>							<b>184,11</b>	<b>15.125,00</b>	<b>346,29</b>	<b>18,85</b>

Verifica-se uma redução no consumo de energia mensal da piscicultura de 34,71% e um significativo aumento da vida útil do sistema de iluminação.

O *pay-back* composto para o sistema de iluminação da piscicultura apresentou resultado de 18,85 anos com taxa de juros de 12% ao ano e 30 dias de funcionamento. É um resultado alto do ponto de vista econômico e tal fato se justifica pelo pouquíssimo uso das instalações, gerando uma economia de energia pouco significativa. Neste caso, a intervenção não seria recomendada.

#### 7.1.1.4 Horto Florestal

A CESP, por intermédio de sua diretoria de meio ambiente, desenvolve diversos programas visando a conservação e recuperação da qualidade ambiental das bacias hidrográficas formadoras dos reservatórios de suas usinas hidrelétricas.

Dentre os vários programas em desenvolvimento, a produção de mudas de essências florestais nativas assume grande destaque, uma vez que as ações silviculturais, em especial a recomposição de matas ciliares, objetivam promover a proteção desses recursos hídricos contra processos erosivos e de assoreamento, além de oferecer benefícios para toda a sociedade, sejam nos aspectos qualitativo e quantitativo do recurso água, como também na melhoria direta da qualidade ambiental da região.

O horto florestal da UHE Paraibuna possui área coberta de 148 m<sup>2</sup>, que abriga as atividades de silvicultura e, tem hoje capacidade de produção de 500.000 mudas de espécies típicas da Mata atlântica.

As condições dos escritórios e laboratórios do horto florestal se enquadram na faixa B (iluminação geral para área de trabalho) da NBR 5413, com tarefas de requisitos visuais normais e iluminância média de 750 lux. Os banheiros devem possuir iluminância média de 150 lux se enquadrando na faixa A (iluminação geral com tarefas visuais simples).

A tabela 21 indica o levantamento de cargas de iluminação dos escritórios do horto florestal da usina nas condições atuais. A tabela 22 indica o sistema de iluminação proposto para o horto florestal, visando melhor aproveitamento da iluminação.

A partir dos resultados, verifica-se uma redução no consumo de energia mensal do horto florestal em iluminação de 43,73% e um significativo aumento da vida útil do sistema. Entretanto, o *pay-back* composto do sistema foi calculado em 35,27 anos, considerando 22 dias de funcionamento e taxa de juros de 12% ao ano. Considera-se um retorno financeiro elevado com taxa de juros impraticável no mercado. Este fato justifica-se pela pouquíssima utilização das instalações do horto florestal, em alguns casos, com apenas uma hora de funcionamento diário. Não recomenda-se, neste caso, mudança no sistema de iluminação.

Tabela 21 – Levantamento de Iluminação Horto Florestal – Sistema Atual

<b>Horto</b>							
<b>Sistema Atual</b>							
<b>Descrição</b>	<b>Quant.</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Potência Total (W)</b>	<b>Tempo de Utilização (h)</b>	<b>Fluxo Luminoso (lm)</b>	<b>Vida Útil (h)</b>	<b>Consumo (kWh/mês)</b>
<b>Informática</b>							
Lâmpada Incandescente	1	60	60	1	836	1000	1,32
<b>Sala: RH</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	2	40	80	6	2500	10000	10,56
<b>Civil 1</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	4	40	160	1	2500	10000	3,52
<b>Civil 2</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	4	40	160	1	2500	10000	3,52
<b>Ambulatório</b>							
Lâmpada Econômica Compacta Fluor	1	30	30	1	1970	6000	0,66
<b>Sala de Reunião</b>							
Lâmpada Econômica Compacta Fluor	3	30	90	1	1970	6000	1,98
<b>Sala: API</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	10	40	400	6	2500	10000	52,80
<b>W.C. Masculino</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	2	40	80	1	2500	10000	1,76
<b>W.C. Feminino</b>							
Lâmpada Econômica Compacta Fluor	1	30	30	1	1970	6000	0,66
Lâmpada Incandescente	1	60	60	1	836	1000	1,32
<b>Convívio</b>							
Lâmpada Econômica Compacta Fluor	2	30	40	1	1970	6000	0,88
<b>Copa</b>							
Lâmpada Incandescente	1	60	60	1	836	1000	1,32
<b>Almoxarifado - 1</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	26	40	1040	1	2500	10000	22,88
<b>Corredor</b>							
Lâmpada Econômica Compacta Fluor	8	30	240	6	1970	6000	31,68
<b>Informática</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	2	40	80	6	2500	10000	10,56
<b>W.C. Masculino</b>							
Lâmpada Fluorescente	2	40	80	1	2500	10000	1,76
<b>W.C. Feminino</b>							
Lâmpada Incandescente	1	100	100	1	1350	1000	2,20
<b>Herborização</b>							
Lâmpadas Fluorescente	2	40	80	6	2500	10000	10,56
Lâmpada Incandescente	1	100	100	1	1350	1000	2,20
<b>Ed. Ambiental(Sala Marcelo)</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	2	40	80	6	2500	10000	10,56
<b>Dep. Sementes</b>							
Lâmpada Incandescente	20	40	800	1	2800	1000	17,60
<b>Total</b>							<b>190,30</b>

Tabela 22 - Sistema de iluminação proposto – Horto Florestal

<b>Horto</b>										
<b>Sistema Proposto</b>										
<b>Descrição</b>	<b>Quant.</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Potência Total (W)</b>	<b>Tempo de Utilização (h)</b>	<b>Fluxo Luminoso (lm)</b>	<b>Vida Útil (h)</b>	<b>Consumo (kWh/mês)</b>	<b>Investimento Total (R\$)</b>	<b>Economia (kWh/mês)</b>	<b>Retorno Composto (Anos)</b>
<b>Informática</b>										
Lâmpada Master Led A60 Philips	1	12	12	1	1060	25000	0,26	108,00	1,06	37,74
<b>Sala RH</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	2	22	44	6	1650	50000	5,81	290,00	4,75	27,82
<b>Civil 1</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	4	22	88	1	1650	50000	1,94	580,00	1,58	162,89
<b>Civil 2</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	4	22	88	1	1650	50000	1,94	580,00	1,58	162,89
<b>Ambulatório</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	1	22	22	1	1650	50000	0,48	145,00	0,18	180,51
<b>Sala de Reunião</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	3	22	66	1	1650	50000	1,45	435,00	0,53	180,51
<b>Sala: API</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	10	22	220	6	1650	50000	29,04	1450,00	23,76	27,82
<b>W.C. Masculino</b>										
Lâmpada Master Led A60 Philips	1	12	12	1	1060	25000	0,26	108,00	1,50	32,07
<b>W.C. Feminino</b>										
Lâmpada Master Led A60 Philips	1	12	12	1	1060	25000	0,26	108,00	2,44	19,50
<b>Convívio</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	1	22	22	1	1650	50000	0,48	145,00	0,40	162,89
<b>Copa</b>										
Lâmpada Master Led A60 Philips	1	12	12	1	1060	25000	0,26	108,00	1,06	37,74
<b>Almoxarifado - 1</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	16	25	400	1	1900	50000	8,80	2560,00	14,08	80,46
<b>Corredor</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	4	25	100	6	1900	50000	13,20	640,00	18,48	12,14
<b>Informática</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	2	22	44	6	1650	50000	5,81	290,00	4,75	27,82
<b>W.C. Masculino</b>										
Lâmpada Master Led A60 Philips	1	12	12	1	1060	25000	0,26	108,00	1,50	32,07
<b>W.C. Feminino</b>										
Lâmpada Master Led A60 Philips	1	12	12	1	1060	25000	0,26	108,00	1,94	22,69
<b>Herborização</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	3	22	66	6	1650	50000	8,71	435,00	8,69	14,73
<b>Ed. Ambiental(Sala Marcelo)</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	2	22	44	6	1650	50000	5,81	290,00	4,75	27,82
<b>Dep. Sementes</b>										
Lâmpada Master Led A60 8w	20	8	160	1	980	25000	3,52	2060,00	14,08	51,75
<b>Total</b>							<b>88,57</b>	<b>10548,00</b>	<b>107,09</b>	<b>35,27</b>

### 7.1.1.5 Fazendinha

A “Fazendinha” é um setor de recepção de visitas da CESP na usina hidrelétrica de Paraibuna. Possui área construída de 322 m<sup>2</sup> e contempla um auditório, sala de slides e som, banheiros, pátio de eventos e uma copa. As condições de iluminação do auditório se enquadram no item 5.3.2 da norma brasileira NBR5413, com iluminância média requerida de 500 lux. A sala de slides e arquivos enquadram-se na faixa B (iluminação geral para área de trabalho) da NBR 5413, com tarefas de requisitos visuais normais e iluminância média de 750 lux. Os banheiros devem possuir iluminância média de 150 lux e os corredores e escadas de 100 lux se enquadrando na faixa A (iluminação geral com tarefas visuais simples). A tabela 23 indica o levantamento de iluminação para a Fazendinha.

Tabela 23 – Levantamento de Iluminação Fazendinha – Sistema Atual

<b>Fazendinha</b>							
<b>Sistema Atual</b>							
<b>Descrição</b>	<b>Quant.</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Potência Total (W)</b>	<b>Tempo de Utilização (h)</b>	<b>Fluxo Luminoso (lm)</b>	<b>Vida Útil (h)</b>	<b>Consumo (kWh/mês)</b>
<b>W.C. Deficiente</b>							
Lâmpadas Fluorescentes Tubular	2	20	40	1	1060	10000	0,88
<b>W.C. Masculino</b>							
Lâmpadas Fluorescentes Tubular	2	20	40	1	1060	10000	1,76
<b>W.C. Feminino</b>							
Lâmpadas Fluorescentes Tubular	2	20	40	1	1060	10000	0,88
<b>Copa</b>							
Lâmpadas Fluorescentes Tubular	9	20	180	1	1060	10000	3,96
<b>Pátio de Eventos</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	24	40	960	0,5	2500	10000	10,56
<b>Túnel de Recep.</b>							
Lâmpadas Fluorescentes Tubular	7	20	140	1	1060	10000	3,08
<b>Auditório</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	64	65	4160	0,5	4000	10000	45,76
Lâmpadas Compactas	16	15	240	1	900	7500	5,28
Lâmpadas Fluorescentes Tubular	10	20	200	1	1060	10000	4,40
Lâmpadas Fluorescente	7	25	175	1	1475	8000	3,85
<b>Slide</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	2	40	80	1	2500	10000	1,76
<b>Arquivo</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	4	40	160	1	2500	10000	3,52
<b>Deposito</b>							
Lâmpadas Fluorescentes Tubular	2	20	40	1	1060	10000	0,88
<b>Total</b>							<b>118,05</b>

O sistema de iluminação proposto para a fazendinha, visando melhor aproveitamento da iluminação e eficiência está indicado na tabela 24.

Tabela 24 – Sistema de Iluminação proposto - Fazendinha

Fazendinha										
Sistema Proposto										
Descrição	Quant.	Potência (W)	Potência Total (W)	Tempo (h)	Fluxo Luminoso (lm)	Vida Útil (h)	Consumo (kWh/mês)	Investimento Total R\$	Economia (kWh/mês)	Retorno Composto (Anos)
<b>W.C. Deficiente</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	1	22	22	1	1650	50000	0,48	145,00	0,40	80,23
<b>W.C. Masculino</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	1	22	22	1	1650	50000	0,48	145,00	1,28	28,78
<b>W.C. Feminino</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	1	22	22	1	1650	50000	0,48	145,00	0,40	162,89
<b>Copa</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	3	25	75	1	1900	50000	1,65	480,00	2,31	61,05
<b>Pátio de Eventos</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	15	25	375	0,5	1900	50000	4,13	2400,00	6,44	170,76
<b>Túnel de Recep.</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	4	22	88	1	1650	50000	1,94	580,00	1,14	111,08
<b>Auditório</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	73	25	1825	0,5	1900	50000	20,08	11680,00	60,78	54,93
<b>Slide</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	2	22	44	1	1650	50000	0,97	290,00	1,08	89,20
<b>Arquivo</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	4	22	88	1	1650	50000	1,94	580,00	1,58	162,89
<b>Deposito</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	1	25	25	1	1900	50000	0,55	160,00	0,33	106,23
<b>Total</b>							<b>32,69</b>	<b>16605,00</b>	<b>75,726</b>	<b>65,80</b>

Verifica-se uma redução no consumo de energia mensal da fazendinha em iluminação de 72,31% e um significativo aumento da vida útil do sistema. O *pay-back* composto calculado foi de 65,80 anos, considerando 22 dias de funcionamento e taxa de juros de 12% ao ano, o que é impraticável. O valor do retorno financeiro é extremamente alto e justifica-se pelo fato da pouca utilização das instalações da fazendinha. O prédio é utilizado apenas para recepção de visitantes, confraternizações dos funcionários e convenções.

### 7.1.1.6 Viveiro de Aves

O viveiro de aves é um centro de conservação de aves silvestres. Em Paraibuna desenvolvem-se técnicas de criação em cativeiro de nove espécies de aves, entre tinamídeos (adaptados ao voo) e cracídeos (que ficam no solo). Possui área coberta de 223m<sup>2</sup> (administrativo e depósito). As condições dos escritórios, laboratórios e viveiros se enquadram na faixa B (iluminação geral para área de trabalho) da NBR 5413, com tarefas de requisitos visuais normais e iluminância média de 750 lux. Os banheiros devem possuir iluminância média de 150 lux se enquadrando na faixa A (iluminação geral com tarefas visuais simples). A tabela 25 mostra o levantamento de cargas de iluminação para o viveiro de aves nas condições atuais.

Tabela 25 – Levantamento de Iluminação Viveiro de Aves – Sistema Atual

Viveiro de Aves							
Sistema Atual							
Descrição	Quant.	Potência (W)	Potência Total (W)	Tempo de Utilização (h)	Fluxo Luminoso (lm)	Vida Útil (h)	Consumo (kWh/mês)
<b>Encubadora</b>							
Lâmpadas Incandescentes	2	40	80	1	2800	1000	2,40
<b>Sala GMG</b>							
Lampadas Mista	1	160	160	1	4100	7500	4,80
<b>Viveiro H</b>							
Lâmpadas Incandescentes	30	100	3000	8	1350	1000	720,00
<b>Viveiro G</b>							
Lâmpadas Incandescentes	5	100	500	1,5	1350	1000	22,50
<b>Banheiro Externo</b>							
Lampadas Fluorescentes	2	40	80	1	2500	10000	2,40
<b>Criadeira 1</b>							
Lâmpadas Incandescentes	4	40	160	8	2800	1000	38,40
<b>Criadeira 2</b>							
Lâmpadas Incandescentes	2	40	80	8	2800	1000	19,20
<b>Deposito de Ração</b>							
Lâmpadas Incandescentes	2	40	80	1	2800	1000	2,40
<b>Sala: CCAS</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	2	40	80	8	2500	10000	19,20
<b>Secretaria</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	4	40	160	8	2500	10000	38,40
<b>Banheiro da Secretária</b>							
Lâmpadas Incandescentes	1	100	100	1	1350	1000	3,00
<b>Cozinha</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	2	40	80	8	2500	10000	19,20
<b>Corredor Externo</b>							
Lâmpadas Mista	2	160	320	8	4100	7500	76,80
<b>Total</b>							<b>968,70</b>

O sistema de iluminação proposto para o viveiro de aves, visando melhor aproveitamento da iluminação e eficiência está indicado na tabela 26.

Tabela 26 – Sistema de Iluminação proposto - Viveiro de aves

<b>Viveiro de Aves</b>										
<b>Sistema Proposto</b>										
<b>Descrição</b>	<b>Quant.</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Potência Total (W)</b>	<b>Tempo de utilização (h)</b>	<b>Fluxo Luminoso (lm)</b>	<b>Vida Útil (h)</b>	<b>Consumo (kWh/mês)</b>	<b>Investimento Total R\$</b>	<b>Economia (kWh/mês)</b>	<b>Retorno Composto (Anos)</b>
<b>Encubadora</b>										
Lâmpada Master Led A60 8w	2	8	16	1	980	25000	0,48	206,00	1,92	41,33
<b>Sala GMG</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	6	25	150	0,5	1900	50000	2,25	960,00	2,55	82,49
<b>Viveiro H</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	46	25	1150	8	1900	50000	276,00	7360,00	444,00	35,88
<b>Viveiro G</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	8	25	200	1,5	1900	50000	9,00	1280,00	13,50	33,02
<b>Banheiro Externo</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	2	22	44	1	1650	5000	1,32	290,00	1,08	89,20
<b>Criadeira 1</b>										
Lâmpada Master Led A60 8w	4	8	32	8	980	25000	7,68	412,00	30,72	3,84
<b>Criadeira 2</b>										
Lâmpada Master Led A60 8w	2	8	16	8	980	25000	3,84	206,00	15,36	3,84
<b>Deposito de Ração</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	2	22	44	1	1650	50000	1,32	290,00	1,08	89,20
<b>Sala: CCAS</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	2	22	44	8	1650	50000	10,56	290,00	8,64	13,95
<b>Secretaria</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	4	22	88	8	1650	50000	21,12	580,00	17,28	15,86
<b>Banheiro da Secretária</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	2	22	44	1	1650	50000	1,32	290,00	1,68	47,75
<b>Cozinha</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	2	22	44	8	1650	50000	10,56	290,00	8,64	15,86
<b>Corredor Externo</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	5	25	125	8	1900	50000	30,00	800,00	46,80	5,27
<b>Total</b>							<b>375,45</b>	<b>13254,00</b>	<b>593,25</b>	<b>7,81</b>

Verifica-se uma redução no consumo de energia mensal do viveiro de aves em iluminação de 61,24% e um significativo aumento da vida útil do sistema.

O *pay-back* composto do sistema de iluminação do viveiro de aves calculado é de 7,81 anos, considerando 30 dias de funcionamento e taxa de juros de 12% ao ano.

### 7.1.1.7 Oficina de Balsas

Atualmente a CESP mantém 4 balsas motorizadas fazendo a travessia do reservatório nas ligações entre Paraibuna e Natividade da Serra e desta cidade com os seus distritos de Bairro Alto e Pouso Alto. Desta forma, para manutenção e construção de novas balsas a companhia mantém uma oficina de balsas com área coberta de 299 m<sup>2</sup>.

As condições do pátio, copa, ferramentaria e almoxarifado se enquadram na faixa B (iluminação geral para área de trabalho) da NBR 5413, com tarefas de requisitos visuais normais e iluminância média de 750 lux. Os banheiros devem possuir iluminância média de 150 lux se enquadrando na faixa A (iluminação geral com tarefas visuais simples). A tabela 27 indica o levantamento de cargas de iluminação para a oficina de balsas nas condições atuais.

Tabela 27 – Levantamento de Iluminação Oficina de Balsas – Sistema Atual

<b>Oficina de Balsa</b>							
<b>Sistema Atual</b>							
<b>Descrição</b>	<b>Quant.</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Potência Total (W)</b>	<b>Tempo de Utilização (h)</b>	<b>Fluxo Luminoso (lm)</b>	<b>Vida Útil (h)</b>	<b>Consumo (kWh/mês)</b>
<b>Pátio oficina</b>							
Lâmpadas Mistas	2	400	800	6	21700	7500	105,60
Lâmpadas Fluorescentes	36	40	1440	6	2500	10000	190,08
<b>Banheiro</b>							
Lâmpadas Incandescentes	1	100	100	1	1350	1000	2,20
<b>Copa</b>							
Lâmpadas Incandescentes	1	100	100	1	1350	1000	2,20
<b>Ferramentaria</b>							
Lâmpada Mista	2	250	250	6	5200	7500	33,00
<b>Almoxarifado Elétr.</b>							
Lâmpadas Incandescentes	1	100	100	6	1350	1000	13,20
<b>Total</b>							<b>346,28</b>

O sistema de iluminação proposto para a oficina de balsas, visando melhor aproveitamento da iluminação e eficiência está indicado na tabela 28.

Tabela 28 – Sistema de Iluminação proposto Oficina de Balsas

Oficina de Balsa										
Sistema Proposto										
Descrição	Quant.	Potência (W)	Potência Total(W)	Tempo de Utilização (h)	Fluxo Luminoso (lm)	Vida Útil (h)	Consumo kWh/mês	Investimento Total R\$	Economia (kWh/mês)	Retorno Composto (Anos)
<b>Pátio oficina</b>										
Holofote Super Led 250 W	3	250	750	6	16200	50000	99,00	1156,50	62,82	5,84
Lâmpadas Master led Tube Philips	36	22	792	6	1650	50000	104,54	5220,00	62,82	33,22
<b>Banheiro</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	2	22	44	1	1650	50000	0,97	290,00	1,23	72,88
<b>Copa</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	2	22	44	1	1650	50000	0,97	290,00	1,23	72,88
<b>Ferramentaria</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	4	25	100	6	1900	50000	13,20	640,00	19,80	14,47
<b>Almoxarifado Elétr.</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	2	22	44	6	1650	50000	5,81	290,00	7,39	17,24
<b>Total</b>							<b>224,49</b>	<b>7886,50</b>	<b>155,30</b>	<b>22,30</b>

Verifica-se uma redução no consumo de energia mensal da oficina de balsas em iluminação de 35,17% e um significativo aumento da vida útil do sistema. O *pay-back* composto do sistema de iluminação da oficina de balsas, considerando taxa de juros de 12% e 22 dias de funcionamento foi calculado em 22,30 anos. Este valor elevado justifica-se pelo pouco uso destas instalações. A oficina de balsas opera apenas quando existe manutenção em alguma embarcação.

#### 7.1.1.8 Casa de Máquinas

A casa de máquinas é constituída pelos grupos geradores e possui área coberta de 1550 m<sup>2</sup>. As condições de iluminação dos escritórios (sala de comando) se enquadram na faixa B (iluminação geral para área de trabalho) da NBR 5413, com tarefas de requisitos visuais normais e iluminância média de 750 lux.

A tabela 29 mostra o levantamento de cargas de iluminação para a casa de máquinas nas condições atuais.

Tabela 29 – Levantamento de Iluminação Casa de Máquinas – Sistema Atual

Casa de Máquinas							
Sistema Atual							
Descrição	Quant.	Potência (W)	Potência Total (W)	Tempo de Utilização (h)	Fluxo Luminoso (lm)	Vida Útil (h)	Consumo (kWh/mês)
<b>Sala de Comando</b>							
Lâmpadas Fluorescentes	56	32	1792	24	2700	10000	1.290,24
Lâmpadas Incandescente	17	100	1700	24	1350	1000	1.224,00
Lâmpadas Fluorescentes	27	40	1080	24	2500	10000	777,60
<b>Casa de Máquinas</b>							
Lâmpada Vapor de Sódio	12	250	3000	24	26000	7500	2.160,00
Lâmpadas Fluorescentes	92	40	3680	12	2500	10000	1.324,80
<b>Total</b>							<b>6.776,64</b>

O sistema de iluminação proposto para a casa de máquinas, visando melhor aproveitamento da iluminação e eficiência está indicado na tabela 30.

Tabela 30 – Sistema de Iluminação proposto - Casa de Máquinas

Casa de Máquinas										
Sistema Proposto										
Descrição	Quant.	Potência (W)	Potência Total (W)	Tempo de Utilização (h)	Fluxo Luminoso (lm)	Vida Útil (h)	Consumo kWh/mês	Investimento (R\$)	Economia (kWh/mês)	Retorno Composto (Anos)
<b>Sala de Comando</b>										
Lâmpadas Master led Tube Philips	70	25	1750	24	1900	50000	1.260,00	11200,00	2.031,84	1,38
<b>Casa de Máquinas</b>										
Holofote Super Led 250 W	12	250	3000	24	16200	50000	2.160,00	4626,00	596,16	9,76
Lâmpadas Master led Tube Philips	92	22	2024	12	1650	50000	728,64	13340,00		
<b>Total</b>							<b>4.148,64</b>	<b>29166,00</b>	<b>2.628,00</b>	<b>3,04</b>

Verifica-se uma redução no consumo de energia mensal da casa de máquinas em iluminação de 38,78% e um significativo aumento da vida útil do sistema. O *pay-back* composto do sistema de iluminação para a casa de máquinas, considerando taxa de juros de 12% ao ano e 30 dias de funcionamento é de 3,04 anos. Trata-se de um resultado satisfatório, considerando que a usina opera 24 horas por dia, todos os dias do mês.

- **Resumo do Sistema de Iluminação Proposto para a UHE Paraibuna**

A tabela 31 indica a economia de energia com sistemas de iluminação para a UHE Paraibuna.

Tabela 31 – Sistema de Iluminação – Resumo

<b>SISTEMA DE ILUMINAÇÃO UHE PARAIBUNA</b>						
<b>INSTALAÇÃO</b>	<b>Consumo Sistema Atual (kWh/mês)</b>	<b>Consumo Sistema Proposto (kWh/mês)</b>	<b>Economia (%)</b>	<b>Custo de Implantação do Sistema (R\$)</b>	<b>Retorno Composto (anos)</b>	<b>Taxa de Juros</b>
<b>Área Externa</b>						
Portaria	414,00	56,52	86,35	1225,50	0,83	12%
Edifício Administrativo	1534,02	693,79	54,77	16273,00	5,08	12%
Piscicultura	530,40	184,11	65,29	15125,00	18,85	12%
Horto Florestal	190,30	88,57	53,46	10548,00	35,27	12%
Prédio de Convenções (Fazendinha)	118,05	32,69	72,31	16605,00	65,80	12%
Viveiro de Aves	968,70	375,45	61,24	13254,00	7,81	12%
Oficina de Balsas	346,28	224,49	35,17	7886,50	22,30	12%
<b>Casa de Máquinas</b>						
Casa de Máquinas	6.776,64	4.148,64	38,78	29166,00	3,04	12%
<b>TOTAL</b>	<b>10878,39</b>	<b>5804,26</b>	<b>46,64</b>	<b>110083,00</b>	<b>7,46</b>	<b>12%</b>

Pode-se verificar uma redução no consumo de energia mensal de 50,88% em função da adoção de práticas e equipamentos energeticamente eficientes nos sistemas de iluminação da UHE Paraibuna. O *pay-back* composto de todo o sistema de iluminação da usina é de 7,46 anos, considerando taxa de juros de 12% ao ano.

### 7.1.2 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ZENITAL PARA A CASA DE MÁQUINAS

A utilização da luz natural em conjunto com a artificial pode trazer grandes economias de energia, além de ganhos ambientais e econômicos.

Nesse sentido, a proposta deste estudo é a utilização da iluminação zenital, com a substituição de 30% da área total da cobertura da casa de máquinas da usina (423m<sup>2</sup>) por telhas de policarbonato translúcido com perfil trapezoidal industrial, favorecendo ao aproveitamento da luz natural não implicando em alterações térmicas no ambiente em estudo. A área escolhida de 423m<sup>2</sup> para substituição das telhas fica localizada acima dos grupos geradores, onde se encontram a maioria dos equipamentos e onde está concentrada a maior necessidade de iluminação.

Atualmente as telhas que compõem a cobertura da casa de máquinas da UHE Paraibuna são de aço galvanizado com perfil trapezoidal (espessura de 0,80mm; largura de 1100mm e comprimento de 19,80m), cobrindo uma área total de 1407m<sup>2</sup>.

As telhas de policarbonato são bem mais leves, com alta resistência ao impacto e as variações de temperatura. A telha disponível comercialmente no mercado possui as características apresentadas no quadro 3.

Quadro 3 – Características das telhas para iluminação zenital

<b>Iluminação Zenital</b>	
<b>Características das Telhas</b>	
<b>Material</b>	Policarbonato
<b>Perfil</b>	Trapezoidal Industrial
<b>Cor</b>	Cristal
<b>Comprimento</b>	5,8 metros
<b>Largura</b>	1,11 metros
<b>Espessura</b>	0,80 milímetros
<b>Transparência Luminosa (%)</b>	90%
<b>Transparência Solar Total (%)</b>	86%
<b>Número total de Telhas para a Cobertura</b>	67

Considerando-se que em 90% das horas diurnas (8h/dia) a utilização da luz natural proveniente da abertura zenital proposta atinja o nível médio de iluminância requerida de 750 lux, pode-se calcular o retorno do sistema proposto (VIANNA E GONÇALVES, 2001).

Neste estudo busca-se atender a demanda de iluminação apenas da área operacional da usina, sem considerar a sala de comando. O consumo médio mensal desse setor é de 3484,80 kWh/mês. Desligando-se as lâmpadas a vapor de sódio e as lâmpadas fluorescentes que operam durante todo o dia por um período de 7,2 horas pode-se obter uma redução considerável do consumo de energia. Durante o período em que as lâmpadas forem desligadas, a iluminação do setor operacional usina será proveniente da abertura zenital proposta. A tabela 32 indica a análise econômica do sistema de iluminação zenital proposto para a área operacional da usina.

Tabela 32 – Análise econômica do sistema de iluminação zenital para a casa de máquinas

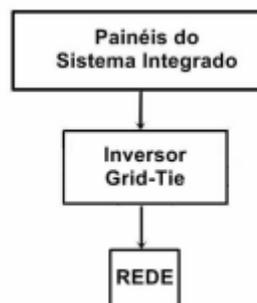
<b>ANÁLISE ECONÔMICA DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ZENITAL PROPOSTO PARA A CASA DE MÁQUINAS DA UHE PARAIBUNA</b>							
<b>Investimento em Telhas R\$</b>	<b>Investimentos em Mão de Obra e Instalação R\$</b>	<b>Investimento Total R\$</b>	<b>Economia kWh/mês</b>	<b>Economia R\$/ano</b>	<b>Retorno Simples Anos</b>	<b>Retorno Composto Anos</b>	<b>Taxa de Juros %</b>
25.460,00	9.000,00	34.460,00	1.442,88	6.585,42	5,23	8,72	12%

Pode-se verificar uma redução no consumo de energia de 41,4%, com a utilização da iluminação zenital, com um pay-back composto de 8,72 anos.

### 7.1.3 SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ILUMINAÇÃO

Este projeto apresenta um sistema de geração de energia fotovoltaica conectado à rede elétrica para atender a demanda de energia com iluminação dos departamentos da Usina Hidrelétrica de Paraibuna. A figura 25 apresenta a arquitetura básica do projeto proposto, com o sistema conectado à rede.

Figura 25 - Fluxograma do sistema conectado à rede projetado



Para o projeto do sistema fotovoltaico para iluminação dos setores da usina adotou-se as seguintes premissas:

- O sistema fotovoltaico será do tipo conectado à rede, sendo dimensionado em função do valor do consumo total diário de energia com iluminação ( $C_D$ ) das lâmpadas LED selecionadas no projeto proposto para cada setor;

- A utilização de inversor de onda senoidal *grid – tie*;
- Os painéis fotovoltaicos do sistema proposto devem ser dimensionados para a média de consumo mensal, em kWh/mês, de toda a iluminação à LED da UHE Paraibuna;
- O sistema poderá alimentar as cargas selecionadas (iluminação) e injetar o excedente à rede, se ele estiver produzindo mais do que estiver sendo consumido, ou enviar toda energia gerada à rede, proporcionando crédito na conta de energia.

Para se obter o valor médio de consumo ( $C_D$ ) diário, a média de consumo mensal estimada em kWh/mês foi transformada em Watts - hora por dia (Wh/dia), considerando o mês com 30 dias.

Dividindo-se o valor médio de consumo ( $C_D$ ) diário por 6 h, que é a insolação diária ( $I_D$ ), foi obtido a necessidade de geração por hora de insolação ( $N$ ) como indica a equação 4 (JANNUZZI, 2009):

$$N = \frac{C_D}{6} \quad (4)$$

A tensão de instalação ( $V_i$ ) é definida a partir das tensões dos equipamentos que compõe os sistemas, ou pelas cargas em corrente contínua (CC) que serão atendidas, podendo ser de 12 V, 24 V, 48 V, 96 V, 108 V, ou outras tensões. Essa tensão deve ser escolhida com cautela e depende do tamanho da instalação. Ela deve ser escolhida adequadamente a fim de se evitar a utilização de altos valores de corrente elétrica, evitando perdas no dimensionamento dos cabos.

A definição dos equipamentos para compor o sistema proposto inicia-se com a especificação dos painéis fotovoltaicos. Sabe-se que o sistema fotovoltaico não produzirá a sua potência nominal ( $P_N$ ), por esse motivo, para a especificação do painel faz-se necessário calcular a capacidade de produção ( $C_{Wh}$ ) mínima, dada em Watts hora (Wh), considerando-se que a perda de eficiência ( $E_p$ ) de geração de energia do painel será de 10% em 30 anos (RÜTHER, 2004).

Assim, a capacidade de produção ( $C_{Wh}$ ) mínima é a necessidade de geração por hora de insolação ( $N$ ) dividida por 0,9, como indica a equação 5 (JANNUZZI, 2009).

$$C_{Wh} = \frac{N}{0,9} \quad (5)$$

O número de painéis ( $P_T$ ) necessários para o sistema, deve ser calculado dividindo-se a capacidade de produção ( $C_{Wh}$ ) mínima pela potência máxima ou de pico ( $W_p$ ) do painel selecionado, e este resultado representa o número de painéis que deverão ser utilizados. Se o resultado da divisão não for exato, deve-se arredondar o resultado desta divisão para cima. A equação 6 (JANNUZZI, 2009) indica o cálculo do número de painéis.

$$P_T = \frac{C_{Wh}}{W_p} \quad (6)$$

O inversor utilizado deve ser específico para uso em sistemas de conexão à rede. Para que não existam perdas ou prejuízos aos equipamentos e ao sistema como um todo, a tensão de entrada ( $V_{cc}$ ) do inversor deve ser igual à tensão gerada pelos painéis fotovoltaicos e tensão de saída ( $V_{ca}$ ) deve ser igual à tensão da rede elétrica. A frequência adotada deve ser a de 60 Hz, a mesma utilizada no Brasil. Neste trabalho considerou-se eficiência dos inversores de 90%, como sugere Jannuzzi (2009). A tensão de saída do inversor, pode variar de acordo com os equipamentos levantados para cada departamento e suas especificações podem ser trifásicas em 220/127 V.

Para sistemas fotovoltaicos conectados à rede devem-se utilizar apenas inversores do tipo *grid-tie*, certificado pelo Inmetro, por possuir as proteções necessárias para conexão do sistema à rede elétrica (GAZOLI et al., 2009).

De acordo com Gazoli *et al.* (2009) com a utilização dos inversores *grid-tie*, não existe a necessidade da utilização de sistemas de proteção como relés de sincronismo de fase, fluxo de potência, frequência, sobretensão e subtensão além de outras funções que seriam necessárias na conexão de geradores rotativos.

A especificação dos inversores para conectar o sistema à rede é dada pela potência ( $P_{RI}$ ) mínima que é a potência de pico ( $W_p$ ) de um painel, ou a soma delas se o sistema precisar contar com mais de um, dividida pela eficiência do inversor e pode ser obtida conforme a equação 7:

$$P_{RI} = \frac{P_T \cdot W_p}{0,9} \quad (7)$$

Orienta-se que os módulos fotovoltaicos sejam instalados em suporte orientado para o norte geográfico, pois a radiação solar incidente varia com a latitude da localização da instalação.

Os cabos elétricos utilizados devem ser especificados segundo a norma brasileira NBR5410.

Os custos dos equipamentos dimensionados foram fornecidos por NEOSOLAR, 2014.

A tabela 33 indica o dimensionamento dos painéis do sistema fotovoltaico conectado à rede para o sistema proposto de iluminação da UHE Paraibuna.

Tabela 33 – Dimensionamento dos Painéis

SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE PARA SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PROPOSTO								
Dimensionamento	Consumo Diário $C_D$ (Wh/dia)	Necessidade de Geração N (Wh)	Capacidade de Produção Mínima $C_{Wh}$	Marca/Modelo	Potência (W)	Quantidade $P_T$	Investimento Unitário	Investimento Total
<b>PAINÉIS</b>	193.475,33	32.245,89	35.828,76	Yingli/ YL245P 29b	245	146	R\$ 959,00	R\$ 140.014,00

A tabela 34 indica o dimensionamento dos inversores *grid-tie* do sistema fotovoltaico conectado à rede para o sistema proposto de iluminação da UHE Paraibuna.

Tabela 34 – Dimensionamento dos inversores *grid-tie*

SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE PARA SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PROPOSTO							
Dimensionamento	Potência Mínima do Inversor $P_{RI}$ (W)	Marca/Modelo	Potência (W)	Quantidade $P_T$	Investimento Unitário	Investimento Total	Frequência (Hz)
<b>INVERSOR GRID-TIE</b>	39.744,44	SMA Sunny Mini Central 6000	6300	7	R\$ 18.326,40	R\$ 128.284,80	60

De acordo com Silva (2013), os gastos ( $G_i$ ) decorrentes de mão de obra, equipamentos e materiais a serem utilizados na instalação do sistema fotovoltaico, como elementos de fixação, cabos, disjuntores, fusíveis e outros, corresponde a 20% do custo total dos equipamentos ( $V_{TE}$ ) e é calculado pela equação 8.

$$G_i = V_{TE} \cdot 0,2 \quad (8)$$

A tabela 35 indica a análise econômica do sistema fotovoltaico conectado à rede proposto para o sistema de iluminação à LED.

Tabela 35 – Análise Econômica do Sistema Fotovoltaico

ANÁLISE ECONÔMICA DO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE PARA SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PROPOSTO DA UHE PARAIBUNA								
Investimento em Painéis	Investimentos em Inversores <i>Grid Tie</i>	Investimentos em instalação $G_1$	Investimento Total R\$	Economia em kWh/mês	Economia R\$/ano	Retorno Simples Anos	Retorno Composto Anos	Taxa de Juros %
140.014,00	128.284,80	53.659,76	321.958,56	5.804,26	26.491,11	12,15	28,11	7%aa

Pode-se verificar que o *payback* composto, considerando taxa de juros de 7% ao ano é de 28,11 anos. Verifica-se também que 83% do investimento total correspondem à aquisição dos elementos principais do sistema, como os inversores e painéis.

#### 7.1.4 SISTEMAS DE AR CONDICIONADO

Para o estudo dos sistemas de ar condicionado cada setor da usina foi estudado isoladamente. Para cada setor analisado apresenta-se o estado atual da estrutura energética para ar condicionado e a proposta de um novo sistema, utilizando novos aparelhos de ar condicionado do tipo *split*, de acordo com carga térmica calculada para o setor em análise, bem como os cálculos de *payback* composto e porcentagem de redução do consumo de energia para cada setor.

##### 7.1.4.1 Portaria

O sistema de ar condicionado atualmente utilizado na portaria da usina, está indicado na tabela 36.

Tabela 36 – Sistema de Ar condicionado Portaria – Atual

Portaria						
Sistema Atual						
Descrição	Quant.	Carga Térmica (BTU)	Potência (W)	Potência Total (W)	Tempo de Utilização (h)	Consumo (kWh/mês)
Ar Condicionado Consul Air Master	1	9000	1350	1350	8	324,00
<b>TOTAL</b>						<b>324,00</b>

Após dimensionamento e análise através do software SAAC 1, o sistema de ar condicionado proposto para a portaria está indicado na tabela 37.

Tabela 37 – Sistema de ar condicionado Portaria – Proposto

Portaria									
Sistema Proposto									
Descrição	Quant.	Carga Térmica Comercial (BTU)	Potência (W)	Potência Total (W)	Tempo de Utilização (h)	Consumo (kWh/mês)	Investimento Total (R\$)	Economia (kWh/mês)	Retorno Composto (Anos)
Ar Condicionado LG TSUC072YNW5	1	7500	678	678	8	162,72	1.639,00	161,28	3,89
<b>TOTAL</b>						<b>162,72</b>	<b>1.639,00</b>	<b>161,28</b>	<b>3,89</b>

Para o cálculo do *pay-back* composto, considerou-se taxa de juros de 12% ao ano, 30 dias de funcionamento e utilização dos aparelhos em 9 meses do ano. Verifica-se um *pay-back* composto do sistema de ar condicionado da portaria de 3,89 anos, além de uma redução no consumo de energia de 49,81%.

#### 7.1.4.2 Edifício Administrativo

O sistema de ar condicionado atualmente utilizado no edifício administrativo (escritórios) da usina está indicado na tabela 38.

Tabela 38 – Sistema de Ar condicionado Edifício Administrativo – Atual

Edifício Administrativo						
Sistema Atual						
Descrição	Quant.	Carga Térmica (BTU)	Potência (W)	Potência Total (W)	Tempo de Utilização (h)	Consumo (kWh/mês)
<b>Sala da Gerência</b>						
Ar Condicionado Consul Air Master	1	9000	1350	1350	8	237,6
<b>Secretaria</b>						
Ar Condicionado Consul Air Master	1	7000	1060	1060	8	186,56
<b>Administrativo</b>						
Ar Condicionado Consul Air Master	1	7000	1060	1060	8	186,56
<b>Programação</b>						
Ar Condicionado Consul Air Master	1	7000	1060	1060	8	186,56
<b>Sala: Elét./Mecan.</b>						
Ar Condicionado Consul Air Master	2	14000	2120	2120	8	373,12
<b>Sala:A.I.</b>						
Ar Condicionado Consul Air Master	1	7000	1060	1060	8	186,56
<b>Sala: ISSO</b>						
Ar Condicionado Consul Air Master	1	7000	1060	1060	8	186,56
<b>TOTAL</b>						<b>1543,52</b>

Após dimensionamento e análise através do software SAAC 1, o sistema de ar condicionado proposto para o edifício administrativo está indicado na tabela 39.

Tabela 39 – Sistema de ar condicionado Edifício Administrativo – Proposto

Edifício Administrativo									
Sistema Proposto									
Descrição	Quant.	Carga Térmica Comercial (BTU)	Potência (W)	Potência Total (W)	Tempo de Utilização (h)	Consumo (kWh/mês)	Investimento Total (R\$)	Economia (kWh/mês)	Retorno Composto (Anos)
<b>Sala da Gerência</b>									
Ar Condicionado LG TSUC072YNW5	1	7500	678	678	8	119,33	1.639,00	118,27	5,87
<b>Secretaria</b>									
Ar Condicionado Consul CBY07CBBNA	1	7000	638	638	8	112,29	1549,00	74,27	7,01
<b>Administrativo</b>									
Ar Condicionado Consul CBY07CBBNA	1	7000	638	638	8	112,29	1549,00	74,27	7,01
<b>Programação</b>									
Ar Condicionado Consul CBY07CBBNA	1	7000	638	638	8	112,29	1549,00	74,27	7,01
<b>Sala: Elét./Mecan.</b>									
Ar Condicionado Carrier 38KMC12C5N	1	12000	1085	1085	8	190,96	2650,00	182,16	6,29
<b>Sala:A.I.</b>									
Ar Condicionado Consul CBY07CBBNA	1	7000	638	638	8	112,29	1549,00	74,27	7,01
<b>Sala: ISSO</b>									
Ar Condicionado Consul CBY07CBBNA	1	7000	638	638	8	112,29	1549,00	74,27	7,01
<b>TOTAL</b>						<b>871,73</b>	<b>12034,00</b>	<b>671,79</b>	<b>8,72</b>

Para o cálculo do *pay-back* composto, considerou-se taxa de juros de 12% ao ano, 22 dias de funcionamento e utilização dos aparelhos em 9 meses do ano. O *pay-back* composto calculado foi de 8,72 com uma redução significativa no consumo mensal de energia em 43,53%.

#### 7.1.4.3 Horto Florestal

O sistema de ar condicionado atualmente utilizado no horto florestal (escritórios), está indicado na tabela 40. O dimensionamento e análise através do software SAAC 1 e o sistema proposto para o edifício administrativo está indicado na tabela 41.

Tabela 40 – Sistema de Ar condicionado Horto Florestal – Atual

<b>Horto</b>						
<b>Sistema Atual</b>						
<b>Descrição</b>	<b>Quant.</b>	<b>CARGA TÉRMICA (BTU)</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Potência Total (W)</b>	<b>Tempo de Utilização (h)</b>	<b>Consumo (kWh/mês)</b>
<b>Sala de Reunião</b>						
Ar Condicionado Komeco	1	18000	2000	2000	8	352,00
<b>Herborização</b>						
Ar condicionado Komeco	1	7500	1220	1220	8	214,72
<b>Ed. Ambiental(Sala Marcelo)</b>						
Ar condicionado Komeco	1	7500	1220	1220	8	214,72
<b>Dep. Sementes</b>						
Ar Condicionado Komeco KOS 3t	2	30000	3193	6386	8	1.123,94
<b>TOTAL</b>						<b>1.905,38</b>

Tabela 41 – Sistema de ar condicionado Horto Florestal – Proposto

<b>Horto</b>									
<b>Sistema Proposto</b>									
<b>Descrição</b>	<b>Quant.</b>	<b>Carga Térmica Comercial (BTU)</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Potência Total (W)</b>	<b>Tempo de Utilização (h)</b>	<b>Consumo (kWh/mês)</b>	<b>Investimento Total (R\$)</b>	<b>Economia (kWh/mês)</b>	<b>Retorno Composto (Anos)</b>
<b>Sala de Reunião</b>									
Ar Condicionado Midea 42MDCA	1	12000	1234	1234	8	217,18	1629,00	134,82	4,86
<b>Herborização</b>									
Ar Condicionado Consul CBY07C	1	7000	638	638	8	112,29	1549,00	102,43	6,66
<b>Ed. Ambiental(Sala Marcelo)</b>									
Ar Condicionado Consul CBY07C	1	7000	638	638	8	112,29	1549,00	102,43	6,66
<b>Dep. Sementes</b>									
Ar Condicionado Carrier 42LUCC	2	22000	2128	4256	8	749,06	5473,38	374,88	6,33
<b>TOTAL</b>						<b>1.190,82</b>	<b>10.200,38</b>	<b>714,56</b>	<b>6,12</b>

Para o cálculo do *pay-back* composto, considerou-se taxa de juros de 12% ao ano, 22 dias de funcionamento e utilização dos aparelhos em 9 meses do ano. O valor do *pay-back* composto calculado para o sistema de ar condicionado do horto florestal foi de 6,12 anos com uma redução no consumo de energia mensal de 37,50%.

#### 7.1.4.4 Fazendinha

O sistema de ar condicionado atualmente utilizado na Fazendinha, está indicado na tabela 42.

Tabela 42 – Sistema de Ar condicionado Fazendinha – Atual

Fazendinha						
Sistema Atual						
Descrição	Quant.	CARGA TÉRMICA (BTU)	Potência (W)	Potência Total (W)	Tempo de Utilização (h)	Consumo (kWh/mês)
<b>Auditório</b>						
Ar Condicionado Komeco KOS 30 F	2	30000	3193	6386	8	1.123,94
<b>Arquivo</b>						
Ar condicionado Komeco	1	7500	1220	1220	8	214,72
<b>TOTAL</b>						<b>1.338,66</b>

Após dimensionamento e análise através do software SAAC 1, o sistema de ar condicionado proposto para a fazendinha está indicado na tabela 43.

Tabela 43 – Sistema de ar condicionado Fazendinha – Proposto

Fazendinha									
Sistema Proposto									
Descrição	Quant.	Carga Térmica Comercial (BTU)	Potência (W)	Potência Total(W)	Tempo de Utilização (h)	Consumo (kWh/mês)	Investimento (R\$)	Economia (kWh/mês)	Retorno Composto (Anos)
<b>Auditório</b>									
Ar Condicionado Carrier 42LUQC22C5	2	22000	2128	4256	8	749,06	5473,38	374,88	6,33
<b>Arquivo</b>									
Ar Condicionado Consul CBY07CBBNA	1	7000	638	638	8	112,29	1549,00	102,43	6,66
<b>TOTAL</b>						<b>861,34</b>	<b>7.022,38</b>	<b>477,31</b>	<b>6,40</b>

Para o cálculo do *pay-back* composto, considerou-se taxa de juros de 12% ao ano, 22 dias de funcionamento e utilização dos aparelhos em 9 meses do ano. O *pay-back* composto calculado foi de 6,40 anos com uma redução no consumo de energia mensal de 35,66% no prédio da fazendinha.

**Observação:** Os prédios da piscicultura, viveiro de aves e oficina de balsas não possuem aparelhos de ar condicionado, e por esta razão não foram auditados neste quesito.

### 7.1.4.5 Casa de Máquinas

O sistema de ar condicionado atualmente utilizado na sala de controle da casa de máquinas, está indicado na tabela 44.

Tabela 44 – Sistema de Ar condicionado Casa de Máquinas – Atual

Casa de Máquinas						
Sistema Atual						
Descrição	Quant.	CARGA TÉRMICA (BTU)	Potência (W)	Potência Total (W)	Tempo de Utilização (h)	Consumo (kWh/mês)
<b>Sala de Comando</b>						
Ar Condicionado Komeco KOS 30	2	30000	3193	6386	8	1.532,70
Ar condicionado Electrolux SI30F	1	30000	3370	3370	8	808,80
<b>TOTAL</b>						<b>2.341,50</b>

Após dimensionamento e análise através do software SAAC 1, o sistema de ar condicionado proposto para a sala de controle da casa de máquinas está indicado na tabela 45.

Tabela 45 – Sistema de ar condicionado Casa de Máquinas – Proposto

Casa de Máquinas									
Sistema Proposto									
Descrição	Quant.	Carga Térmica Comercial (BTU)	Potência (W)	Potência Total (W)	Tempo de Utilização (h)	Consumo (kWh/mês)	Investimento (R\$)	Economia (kWh/mês)	Retorno Composto (Anos)
<b>Sala de Comando</b>									
Ar Condicionado Carrier 42LUCC30C5	3	30000	3160	9480	8	2.275,20	11694,00	66,30	49,09
<b>TOTAL</b>						<b>2.275,20</b>	<b>11694,00</b>	<b>66,30</b>	<b>49,09</b>

Neste setor considera-se 30 dias de funcionamento e utilização dos aparelhos em 12 meses do ano, pois os microcomputadores e demais equipamentos da sala de comando necessitam de climatização para seu devido funcionamento.

Não é possível se obter o *pay-back* composto considerando taxa de juros de 12%. A redução no consumo de energia mensal é de 2,83%. Pode-se verificar que é uma redução de consumo pouco

significativa, tendo em vista que as máquinas condicionadoras de ar foram adquiridas recentemente e são do tipo *split* com elevada eficiência.

- **Resumo do Sistema de Ar Condicionado Proposto para a UHE Paraibuna.**

A tabela 46 indica a economia de energia com sistemas de ar condicionado da usina.

Tabela 46 – Sistema de Ar Condicionado – Resumo

<b>RESUMO</b>						
<b>Sistema de ar condicionado</b>						
<b>Descrição</b>	<b>Consumo Total Atual (kWh/mês)</b>	<b>Consumo Total com sistema Proposto (kWh/mês)</b>	<b>Economia (kwh)/mês</b>	<b>Investimento Total (R\$)</b>	<b>Retorno Composto (Anos)</b>	<b>Taxa de Juros %</b>
Portaria	324,00	162,72	161,28	1.639,00	3,89	12%
Edifício Administrativo	1543,52	871,73	671,79	12.034,00	8,72	12%
Horto	1.905,38	1.190,82	714,56	10.200,38	6,12	12%
Fazendinha	1.338,66	861,34	477,31	7.022,38	6,40	12%
Casa de Máquinas	2.341,50	2.275,20	66,30	11.694,00	-	12%
<b>TOTAL</b>	<b>7.453,05</b>	<b>5.361,81</b>	<b>2.091,24</b>	<b>42.589,76</b>	<b>11,04</b>	<b>12%</b>

Verifica-se uma redução no consumo de energia mensal de 30,12% em função da adoção de práticas e equipamentos de ar condicionado energeticamente mais eficientes. O *pay-back* composto de todo o sistema de ar condicionado da usina é de 11,04 anos, considerando taxa de juros de 12% ao ano e 9 meses de utilização por ano.

### 7.1.5 SISTEMAS DE BOMBEAMENTO

Os conjuntos moto-bombas da usina de Paraibuna foram redimensionados, a partir da vazão e da altura manométrica total requerida por cada sistema, procurou-se selecionar a bomba de menor potência que satisfaça esses valores, ou seja, a bomba mais eficiente com melhor rendimento.

Buscou-se a utilização de motores de alto rendimento, que embora mais caros, eventualmente podem compensar o investimento incremental inicial com um menor custo operacional. Os sistemas de bombeamento atuais, por setor, estão indicados na tabela 47. O sistema proposto está indicado na tabela 48.

Tabela 47 – Sistemas de Bombeamento – Atual

Casa de Máquinas - Sistemas de Bombeamento							
Sistema Atual							
Descrição	Quant.	Vazão (m3/h)	Potência (hp)	Altura Manométrica (mca)	Tempo de Utilização (h)	Consumo (kWh/dia)	Consumo (kWh/mês)
<b>Sistema de Drenagem</b>							
Moto Bomba	3	30	7,5	12,9	8	134,1	4.023,00
Bomba flygt (submersa)	1	108	6,3	-	8	37,55	1.126,44
<b>Sistema de Esgotamento</b>							
Moto Bomba	2	150	22	17,7	8	262,24	7.867,20
<b>Circuito Fechado de Refrigeração</b>							
Moto Bomba	3	150	100	2,6	24	5.364,00	160.920,00
Moto Bomba de Reposição	1	150	1	2,6	24	17,88	536,40
<b>Sistema Regulador de Velocidade</b>							
Moto Bomba de Regulação	2	6	24	40 bar	24	858,24	25.747,20
<b>Total</b>						<b>6.674,01</b>	<b>200.220,24</b>

Tabela 48– Sistemas de Bombeamento – Proposto

Casa de Máquinas - Sistemas de Bombeamento									
Sistema Proposto									
Descrição	Quant.	Vazão (m3/h)	Potência (hp)	Altura Manométrica (mca)	Tempo de Utilização (h)	Consumo (kWh/mês)	Economia (kWh/mês)	Investimento Total R\$	Retorno Composto (Anos)
<b>Sistema de Drenagem</b>									
Moto Bomba Centrífuga KSB MEGABLOC 50-160F	3	30	3	12,9	8	1609,2	2413,80	5400,00	0,53
Moto Bomba Submersível KSB KRT K 100-251 54XG	1	108	7,5	-	8	1.341,00	-214,56	10900,00	-
<b>Sistema de Esgotamento</b>									
Moto Bomba Centrífuga KSB MEGABLOC 100-200F	2	150	20	17,7	8	7.152,00	715,20	13200,00	5,86
<b>Circuito Fechado de Refrigeração</b>									
Moto Bomba Centrífuga KSB Mancalizada MEGABLOC 80-315	3	150	40	45	24	64.368,00	96552,00	37706,52	0,09
Moto Bomba Centrífuga KSB HYDROBLOC P500	1	150	0,5	2,6	24	268,20	268,20	320,00	0,28
<b>Sistema Regulador de Velocidade</b>									
Bomba de Fuso NETZSCH 3NS25/80L	2	6	15	40 bar	24	16.092,00	9.655,20	25200,00	0,63
<b>Total</b>						<b>90.615,84</b>	<b>109.604,40</b>	<b>81.826,52</b>	<b>0,17</b>

- **Resumo dos Sistemas de Bombeamento.**

A tabela 49 indica a economia de energia com sistemas bombeamento para a UHE Paraibuna.

Tabela 49 – Sistema de Bombeamento – Resumo

<b>RESUMO</b>						
<b>TURBOMÁQUINAS</b>						
<b>Descrição</b>	<b>Consumo Total Atual (kWh/mês)</b>	<b>Consumo Total com sistema Proposto (kWh/mês)</b>	<b>Economia (kwh)</b>	<b>Investimento Total (R\$)</b>	<b>Retorno Composto (Anos)</b>	<b>Taxa de Juros %</b>
SISTEMA DE DRENAGEM	5.149,44	1.609,20	3.540,24	5.400,00	0,53	12%
SISTEMA DE ESGOTAMENTO	7867,20	7.152,00	715,20	13.200,00	5,86	12%
CIRCUITO FECHADO DE REFRIGERAÇÃO	161.456,40	64.636,20	96.820,20	38.026,52	0,28	12%
SISTEMA REGULADOR DE VELOCIDADE	25.747,20	16.092,00	9.655,20	25.200,00	0,63	12%
<b>TOTAL</b>	<b>200.220,24</b>	<b>90.615,84</b>	<b>109.604,40</b>	<b>81.826,52</b>	<b>0,17</b>	<b>12%</b>

Verifica-se com estas ações uma economia de 45,26 % no consumo relativo aos sistemas de bombeamento da usina e um retorno financeiro composto de 0,17 anos (2 meses), considerando taxa de juros de 12% ao ano e 30 dias de operação por mês. O valor relativamente baixo do *pay-back* deve-se em grande parte ao circuito fechado de refrigeração que estava super dimensionado, utilizando bombas de 100cv que foram substituídas por bombas de 40 cv, com mesma capacidade e alto rendimento.

Atualmente a usina opera com o sistema aberto de refrigeração. Através de uma ramificação do conduto, a água passa pelos trocadores de calor do circuito aberto e é direcionada para a jusante. Essa água que provém do reservatório que contem ferrobactérias que incrustam nas tubulações dos trocadores, exigindo manutenção trabalhosa e periódica nos mesmos. Com a utilização do circuito fechado, a água que circula pelos trocadores é limpa e sempre retorna para um reservatório, com capacidade de 12.000l, o que otimizaria o tempo de manutenção dos trocadores de calor.

No sistema de drenagem, a menor potência de bomba submersível disponível no mercado é de 7,5 cv, o que impossibilita cálculo de retorno financeiro, tendo em vista que a bomba submersível atual é de 6 cv. Por não existir economia de energia e sim aumento no consumo, os valores referentes à bomba submersível do sistema de drenagem não foram considerados nos cálculos.

### 7.1.6 APROVEITAMENTO DO POTENCIAL HIDRÁULICO DISPONIVEL

Neste estudo propõe-se a utilização de uma micro turbina hidráulica do tipo Pelton para o aproveitamento do potencial hidráulico de uma ramificação do conduto forçado da UHE Paraibuna para o aerador da piscicultura. Para o cálculo da potência instalada é necessário considerar a vazão, a altura útil de queda e o comprimento da tubulação adutora. A vazão foi medida na tubulação que deriva do conduto forçado da usina e se direciona para o aerador da piscicultura, utilizando-se de um medidor de vazão ultrasônico modelo 1010 *uniflow* da marca *Controlotron*, como ilustra a figura 26.

Figura 26 – Medição de Vazão – Derivação do conduto forçado para o aerador da piscicultura



Os dados característicos para o cálculo da potência instalada da micro usina estão indicados na tabela 50.

Tabela 50 – Dados Característicos Micro Usina Hidrelétrica

Micro Usina Hidrelétrica			
Características			
Vazão Medida (l/s)	Altura Útil (m)	Comprimento do Tubo de Adução (m)	Diâmetro Mínimo do Tubo de Adução (mm)
50	80	500	300

Os cálculos são feitos para turbinas Pelton com instalação específica para uso em micro-hidrelétricas, de rendimento otimizado para altura útil acima de 1,5 m e vazão acima de 1,5 l/s, que utilizam geradores com ímã permanente de alto rendimento eletromecânico.

De acordo com Macintyre (1983) o cálculo da tubulação é feito de duas formas, a primeira pelo método de Hazen Williams e o segundo baseia-se na escolha em tabelas de tubulações fornecidas por fabricantes de turbinas. A proximidade entre os resultados dos dois métodos representa uma segurança de cálculo. Como resultado, escolhe-se o maior deles. Para o cálculo da potência hidráulica devem-se levar em conta as perdas hidráulicas mediante um coeficiente de rendimento  $\eta_h$ .

A potência efetiva é aquela que leva em conta o rendimento volumétrico  $\eta_v$  e o rendimento mecânico  $\eta_m$ , neste estão contabilizadas todas as outras perdas exceto as hidráulicas e volumétricas.

O rendimento da turbina é a relação entre a potência efetiva e a teórica e equivalente ao produto representado pela equação 9 (MACINTYRE, 1983):

$$\eta_t = \eta_h \eta_v \eta_m \quad (9)$$

A potência bruta  $P$  em cv, isto é, a energia que uma queda d'água pode fornecer por segundo, é dada pela equação 10 (MACINTYRE, 1983):

$$P = \frac{QH}{75} \quad (10)$$

sendo  $H$  a altura da queda em metros e  $Q$  a vazão d'água em l/s.

A potência  $P_t$  na ponta do eixo de uma turbina hidráulica de rendimento  $\eta_t$  será então calculado pela equação 11 (MACINTYRE, 1983):

$$P_t = \eta_t \frac{QH}{75} \quad (11)$$

Incluem-se em  $\eta_t$  o rendimento dos elementos hidráulicos e acessórios, como dutos forçados, comportas, etc.

A potência elétrica  $P_g$  em cv disponível nos terminais do gerador, cujo rendimento é  $\eta_g$ , acoplado à turbina será calculada pela equação 12 (MACINTYRE, 1983):

$$P_g = \eta_g \eta_t \frac{QH}{75} \quad (12)$$

Considerando-se as linhas de transmissão e os transformadores que apresentam um rendimento de transmissão  $\eta_t$ , a potência disponível no local de consumo será calculada pelas equações 13a e 13b (MACINTYRE, 1983):

$$P_d = \eta_t \eta_g \eta_t \frac{QH}{75} (cv) \quad (13a)$$

$$P_d = \eta_t \eta_g \eta_t \frac{QH}{102} (kW) \quad (13b)$$

De acordo com Souza (1992) para cálculos práticos aproximados, considerando o gerador à plena carga, podem ser adotados os seguintes valores de rendimentos:

$$\eta_t = 0,80$$

$$\eta_g = 0,95$$

$$\eta_t = 0,92$$

Assim, a potência nos terminais  $P_g$  e a potência disponível no local de consumo  $P_d$  em kW serão calculadas pelas equações 14a e 14b:

$$P_g = 0,0075QH \quad (14a)$$

$$P_d = 0,0069QH \quad (14b)$$

Substituindo os valores de vazão medida e altura útil nas equações 14a e 14b, obtém-se os valores da potência nos terminais e a potência disponível no local de consumo:

$$P_g = 30kW$$

$$P_d = 27,6kW$$

De posse destes valores teóricos, seleciona-se entre os catálogos de fabricantes uma turbina Pelton comercial dentro destas especificações. O quadro 4 indica a turbina selecionada e suas características.

Quadro 4 – Características da Turbina Hidráulica

<b>Turbina Hidráulica</b>	
<b>Características</b>	
<b>Fabricante</b>	BETTA Hidroturbinas
<b>Tipo</b>	Pelton
<b>Modelo</b>	Betta P500
<b>Potência nos Terminais (Pg)</b>	30 kVA (24kW)
<b>Regulador de Velocidade</b>	Automático e Manual
<b>Investimento na Turbina (R\$)</b>	80.000,00
<b>Investimento na Instalação (obras civis) (R\$)</b>	24.000,00
<b>Investimento Total (R\$)</b>	104.000,00

Além da turbina hidráulica, o conjunto selecionado é composto por um regulador automático de velocidade com comando eletrônico e um moto redutor que movimenta o perfil regulador de vazão.

A unidade eletrônica do regulador de velocidade possui estrutura de controle programável PID (Proporcional, Integrativa e Derivativa), permitindo compatibilizar a atuação do regulador conforme as condições hidráulicas específicas do aproveitamento. A unidade eletrônica do regulador e seu sistema de comando são montados em gabinete metálico com porta frontal, provido de proteção contra pó e respingos d'água, próprio para instalação abrigada.

O servo mecanismo de acionamento da agulha reguladora de vazão é formado pelo moto-redutor tipo coroa/pinhão sem fim, redução 1:53 e um fuso roscado solidário à engrenagem do redutor que movimenta um pistão articulado à haste da agulha. O redutor possui duas entradas, uma acoplada ao motor elétrico trifásico, com potência de 0,5 cv, 220V, 60Hz, IV polos e 1750 rpm e

outra disponível para acoplar uma manopla. Além disso, o conjunto conta com um alternador elétrico de 30 KVA, sistema de multiplicação de rotação e chassis metálico.

A figura 27 ilustra a turbina selecionada Pelton P500 da Betta Hidroturbinas.

Figura 27 – Turbina Pelton P500



Fonte: (Disponível em [www.bettahidroturbinas.com.br](http://www.bettahidroturbinas.com.br), acesso em 20 set. 2014).

A tabela 51 indica a análise econômica para a instalação da turbina hidráulica e o *payback* do sistema.

Tabela 51 – Análise Econômica das instalações da Turbina Hidráulica

<b>ECONOMIA TURBINA HIDRÁULICA</b>	
<b>Potência nos Terminais (Pg) kW</b>	24
<b>Dias de Funcionamento no mês</b>	22
<b>Horas de Funcionamento por dia</b>	8
<b>Geração de Energia em kWh/mês</b>	4224
<b>Custo da energia R\$/kWh</b>	0,38034
<b>Economia Mensal em R\$</b>	1.606,56
<b>Economia anual em R\$</b>	19.278,67
<b>Juros ao ano</b>	12%
<b>Payback simples em Anos</b>	5,4
<b>Payback composto em Anos</b>	9,2

Verifica-se a partir do valor de geração mensal de energia que a micro usina hidrelétrica dimensionada pode suprir a demanda da Portaria da usina, do edifício administrativo, o horto florestal e a Fazendinha, considerando as ações de eficiência energética em iluminação e ar

condicionado já implantadas em cada uma destas áreas e utilizando as linhas de transmissão já existentes nos locais. Observa-se também que o *payback* composto do sistema, considerando juros de 12% ao ano e 22 dias de funcionamento é de 9,2 anos.

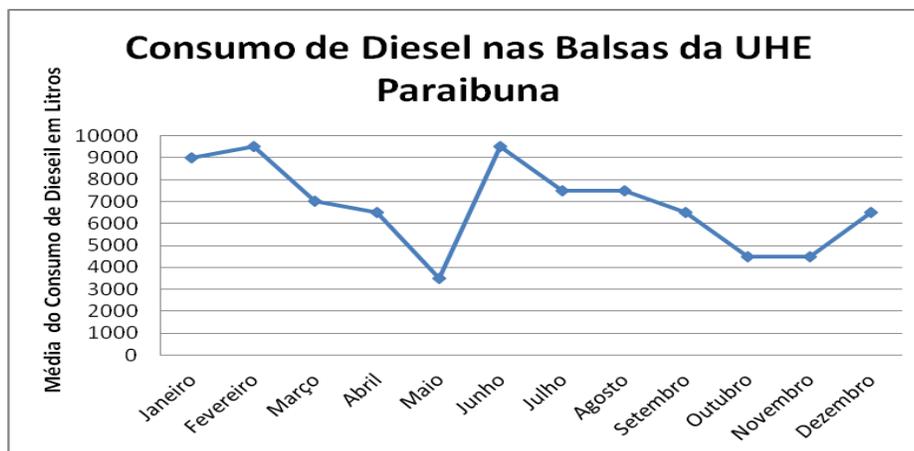
### 7.1.7 INSTALAÇÃO DE MICRO USINA DE BIODIESEL

A criação de uma mini-usina para produção de biodiesel na UHE Paraibuna justifica-se pelo fato de que parte de toda matéria prima captada (gordura de fritura) será transformada em biodiesel, e este será usado nos motores a diesel das balsas utilizadas para transporte de passageiros na represa de Paraibuna. A parcela de descarte de glicerina será de serventia para se fabricar sabão por exemplo.

A matéria prima necessária (gordura de fritura) será reunida pela própria comunidade local, em restaurantes, cantinas, e em postos de coleta em pontos estratégicos da cidade, chamados ecopontos. A coleta deverá ser realizada (semanal, quinzenal ou mensalmente) por um veículo adequado. Assim que o óleo (resíduo) é recebido, o mesmo passa por um processo de filtragem para remover todas as impurezas e resquícios de alimentos. Após a filtragem, segue para a produção do biodiesel.

Na UHE Paraibuna existem atualmente duas balsas fazendo a travessia de passageiros e de carga entre as ilhas do reservatório, com um consumo médio anual de 82.000 litros de óleo diesel, como indica a figura 30.

Figura 30 – Consumo de Diesel Mensal nas Balsas da UHE Paraibuna



Consultando diversos fabricantes e fornecedores de equipamentos especificou-se uma mini-usina para esta demanda de Diesel, cujas características estão descritas na tabela 52.

Tabela 52 – Características da Mini-Usina de Biodiesel

<b>Mini Usina de Biodiesel</b>	
<b>Características</b>	
<b>Fabricante</b>	Biofree - Equipamentos para Biodiesel
<b>Modelo</b>	ULL 500SR
<b>Capacidade</b>	500 l/dia até 1000 l/dia
<b>Processos</b>	Filtragem, Produção e Lavagem
<b>Tempo de Produção</b>	8h
<b>Investimento em equipamentos (R\$)</b>	65.950,00
<b>Investimento na Instalação (obras civis) (R\$)</b>	5.000,00
<b>Investimento em Treinamentos (R\$)</b>	2.000,00
<b>Investimento Total (R\$)</b>	72.950,00

A mini usina é composta por um reator em aço inox de 750 litros com sistema de lavagem para o biodiesel, com potência de 16000W – trifásico 380V, um tanque de 120 litros, fundo cônico com agitador por hélice, um reservatório de 200 litros PPZ com bomba centrífuga inox autoescorvante de 1 cv para lavagem com água ácida, uma bomba manual rotativa PPN para abastecimento do metanol, um kit de laboratório com EPI's e reagentes para análise de acidez do óleo e um manual técnico de instruções e operação e produção do biodiesel. Além disso, a mini-usina conta com quatro tonéis de latão de 200 litros para fazer a pré-filtragem do óleo de fritura com a ajuda de uma peneira.

Inclui-se ainda na lista de equipamentos um condensador de recuperação do metanol utilizado na transesterificação do óleo. Este condensador consegue recuperar 30% do metanol utilizado de acordo com o fabricante Biofree.

Neste trabalho optou-se pela utilização do metanol em face ao etanol no processo de transesterificação para a produção do biodiesel. Apesar de ser renovável e muito menos tóxico o etanol requer um processo de transesterificação significativamente mais complexo. Além do exposto, outras considerações de caráter técnico e econômico são necessárias. Na produção de um litro de biodiesel, o metanol apresenta uma redução de 20% no tempo gasto, se comparado ao etanol.

No processo de construção das plantas, com o metanol gasta-se 25% a menos de equipamentos, com a mesma qualidade e produtividade do etanol.

As fábricas americanas e europeias têm acesso ao etanol e ao metanol. Contudo, utilizam o metanol em função do incomparável ganho de produtividade e do menor custo de investimento, considerados os custos energéticos, os de investimento e a qualidade do produto final. Comercialmente, no Brasil, em face à produção demandada pela UHE Paraibuna, tem-se disponível apenas usinas que utilizam o metanol no processo de transesterificação.

De acordo com a Biofree, para a produção de 10.000 litros de biodiesel por mês são necessários 2.200 litros de metanol comercial, 100 kg de hidróxido de sódio P.A. (soda caustica para análise), 5 litros de ácido sulfúrico para lavagem do biodiesel, papel filtro de 250g e 5 micra além dos reagentes fornecidos juntamente com o reator. O espaço físico necessário para a instalação da mini usina é de 100 m<sup>2</sup>.

A figura 29 ilustra a mini usina da biofree modelo ULL500SR.

Figura 29 – Mini Usina de Biodiesel ULL500SR da Biofree



Fonte: (Disponível em [www.biofree.com.br](http://www.biofree.com.br), acesso em 20 set. 2014).

Segundo Bieger, Ilha e Tomazella (2009) o custo total de manufatura se refere ao custo de operação da planta e é usualmente dividido em 3 categorias: custos diretos e indiretos de manufatura

e custos gerais. Custos diretos (custo de matéria prima - material de consumo, catalisadores, solventes, operação, supervisão, manutenção, controle de qualidade, etc.), custos indiretos (gastos, armazenagem, aluguel, seguros), custos gerais (custos administrativos, de distribuição, venda, de pesquisa e desenvolvimento).

De acordo com Methanex (2014) o preço do galão de 3,6 litros de metanol é de R\$3,36. Segundo Souza (2013) o gasto com a coleta do óleo de fritura é de R\$1,00 por litro de óleo recolhido e os demais produtos químicos envolvidos (hidróxido de sódio e ácido sulfúrico) representam 5% do valor da planta para cada 10.000 litros de biodiesel produzido.

Os custos administrativos de uma usina de biodiesel representam 25% do investimento total na planta (BIEGER, ILHA e TOMAZELLA, 2009).

Considerando o preço do óleo diesel em 09 de Abril de 2014 igual a R\$ 2,405 (ANP,2014), e os custos ora citados, pode-se calcular o retorno financeiro do investimento na mini-usina na tabela 53.

Tabela 53 – Análise Econômica da instalação da Mini Usina de Biodiesel

<b>ANÁLISE ECONÔMICA BIODIESEL</b>	
Gasto anual com óleo Diesel em R\$	<b>197.210,00</b>
Gasto anual com energia elétrica em R\$	<b>4.241,55</b>
Gasto anual com Metanol em R\$	<b>11.435,36</b>
Gasto anual com Produtos Químicos em R\$	<b>24.600,00</b>
Gasto anual com coleta de óleo de fritura em R\$	<b>82.000,00</b>
Gastos Administrativos em R\$	<b>18.237,50</b>
Economia anual em R\$	<b>56.695,59</b>
Payback Simples em anos	<b>1,29</b>
Payback Composto em anos	<b>1,48</b>

Neste estudo não se considerou a venda do subproduto gerado (glicerina), em função do pequeno volume produzido. Convém ressaltar que a venda da glicerina pode aumentar a economia, diminuindo o tempo de retorno. Para o cálculo do *payback* composto, considerou-se juros de 12% ao ano e 656 horas de funcionamento da mini usina por ano. O valor calculado do *payback* composto foi de 1,48 anos.

### 7.1.8 REPOSICIONAMENTO DOS TROCADORES DE CALOR DO MANCAL COMBINADO DAS UNIDADES GERADORAS

Este estudo apresenta uma proposta de efficientização energética com a mudança do local de instalação dos dois trocadores de calor para resfriamento do mancal combinado instalados em cada uma das duas unidade geradora da UHE Paraibuna, para permitir a limpeza dos mesmos de forma mais adequada.

O sistema de resfriamento do mancal combinado das unidades geradoras 01 e 02 da UHE Paraibuna é dotado de dois trocadores de calor tipo casco e tubo, duas moto-bombas para circulação de óleo, tubulações e filtros. A manutenção dos trocadores de calor foi prevista para ser executada sem a parada da unidade geradora, considerando que a segunda unidade de trocador de calor fica de reserva, como ilustra a figura 32.

Figura 30 – (a) Sistema de Resfriamento do Mancal Combinado (b) Trocadores de calor



(a)



(b)

No caso do trocador de calor do mancal combinado da UHE Paraibuna, o óleo flui pelo casco e a água de resfriamento escoar pelos tubos por ter maior tendência à incrustação, isto é, o interior dos tubos é mais fácil limpar que o exterior.

Assim, a presença de ferrobactérias no reservatório de água da UHE Paraibuna, agrava em muito a situação dos trocadores de calor, por exemplo, no início de operação das unidades geradoras a limpeza dos trocadores de calor era executada a curto prazo, isto é, pelo menos cinco a seis vezes por ano.

Como solução a CESP instalou um circuito paralelo e interligado por válvulas ao circuito de água aberto para resfriamento do óleo, denominado de circuito de água fechado composto de moto-bombas para circulação de água, trocadores de placa resfriado com água vindo dos filtros principais e o reservatório alimentado com água da mina.

Todavia, devido à ocorrência de queima por curto circuito do painel de alimentação dos motores do sistema de bombeamento do circuito fechado, as unidades geradoras vêm operando a quatro anos com o circuito aberto de água de resfriamento. A experiência da UHE Paraibuna mostra que a operação com o circuito aberto, sem medidas preventivas que possam reduzir as ações da ferrobactérias não é a posição mais adequados para operação das unidades geradoras, pois são necessárias paradas das unidades geradoras para limpeza e garantir a integridade do gerador e dos mancais.

O principal problema do sistema de resfriamento atual é que os trocadores de calor estão instalados na posição vertical em local de difícil acesso para efetuar a limpeza. Pode-se ainda ressaltar que o atual quadro de mecânicos é muito escasso, apenas dois mecânicos, quantidade insuficiente para efetuar a limpeza nestes trocadores de calor em um curto espaço de tempo. A proposta é instalar os dois trocadores de calor na proximidade do circuito de bombeamento de óleo, na posição horizontal. Para se efetuar a mudança dos trocadores serão necessários os seguintes serviços:

- Interligar a tubulação de 1 ½” de entrada de óleo para o trocador de calor;
- Interligar a tubulação de 1 ½” de saída de óleo do trocador de calor;
- Interligar a tubulação de 3” de entrada de água para o trocador de calor;
- Interligar a tubulação de 3” de saída de água do trocador de calor;
- Confeccionar e instalar os suportes para os trocadores de calor;
- Instalação do tanque de contenção de óleo.

Para o cálculo do reposicionamento dos trocadores considerou-se inicialmente o custo do material e mão de obra. Para o cálculo do investimento com a parada das máquinas para troca e reposicionamento dos trocadores de calor, considerou-se o tempo de parada das unidades geradoras de 16 horas no total, com o valor de R\$ 0,38034/kWh e geração média da usina de 30MW. A tabela 54 indica os serviços previstos e seus respectivos investimentos.

Tabela 54 – Serviços previstos e investimentos para mudança do local dos trocadores de calor

<b>SERVIÇOS PREVISTOS - REPOSICIONAMENTO DOS TC</b>	<b>INVESTIMENTO (R\$)</b>
Interligar a tubulação de 1 ½” de entrada de óleo para o trocador ;	20.000,00
Interligar a tubulação de 1 ½” de saída de óleo do trocador de calor;	20.000,00
Interligar a tubulação de 3” de entrada de água para o trocador ;	30.000,00
Interligar a tubulação de 3” de saída de água do trocador de calor;	30.000,00
Confeccionar e instalar os suportes para os trocadores de calor;	15.000,00
Instalação do tanque de contenção de óleo.	15.000,00
Parada das Turbinas para interligação e reposicionamento dos TC	182.563,20
<b>TOTAL</b>	<b>312.563,20</b>

Atualmente, considerando que devem ocorrer no mínimo duas paradas por ano para limpeza dos trocadores de calor do mancal combinado nas duas unidades geradoras, totalizando 10 horas por ano, tem-se uma perda por geração anual de R\$114.102,00 por ano. Deve-se considerar ainda o custo de mão de obra e materiais para limpeza dos trocadores de calor de R\$ 12.000,00, totalizando um custo anual com a manutenção dos trocadores de R\$126.102,00. A tabela 55 indica o retorno financeiro do investimento, considerando juros de 12% ao ano.

Tabela 55 – Análise Econômica do Reposicionamento dos TC

<b>Análise Econômica - Reposicionamento dos TC</b>				
<b>Economia Anual em R\$</b>	<b>Investimento Total em R\$</b>	<b>Taxa de Juros %aa</b>	<b>Retorno Simples em Anos</b>	<b>Retorno Composto em Anos</b>
126.102,00	312.563,20	12%	2,48	3,12

Tendo-se em vista os resultados apresentados acima se pode observar que mantendo em operação somente o circuito aberto, a mudança de posição dos trocadores de calor trará vantagens tanto técnicas (facilidade e segurança) quanto econômicas, pois pagaria o custo da mudança em torno de três anos.

## 8. POTENCIAL DE REDUÇÃO DE EMISSÃO DE EQUIVALENTE DE CARBONO

A liberação excessiva de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera tem sido uma das grandes preocupações de governos e autoridades ligadas às questões ambientais. O dióxido de carbono é responsável, entre outros males, pelo efeito estufa e conseqüentemente pelo aquecimento global.

Segundo Villela e Silveira (2007) os países industrializados são responsáveis por 71% das emissões de dióxido de carbono. Os países em desenvolvimento contribuem com 18% das emissões, entretanto, cientistas alertam que em 30 anos estes países estarão emitindo a mesma quantidade de CO<sub>2</sub> que os países industrializados.

A problemática do aquecimento global foi discutida na conferência de Kyoto, no Japão, em 1997. O objetivo da conferência era conter o acúmulo de CO<sub>2</sub> na atmosfera através da assinatura do Tratado de Kyoto, onde os países signatários se responsabilizariam pela diminuição das emissões causadas pelo seu desenvolvimento, principalmente o industrial.

O estudo do CO<sub>2</sub> equivalente foi definido em conferência realizada pelos países que aderiram ao protocolo de Kyoto. Esta prática auxilia as empresas a identificarem suas emissões de gases causadores do aquecimento global.

A tabela 56 indica o resumo geral de todas as oportunidades de eficiência energética na UHE Paraibuna, apresentando os valores totais de economia de energia em kWh/mês com a implementação das medidas de redução de consumo e das novas tecnologias com vistas a serem implementadas.

Com base nos valores apresentados na tabela 56 e de acordo com os inventários corporativos do ministério da ciência e tecnologia do Brasil que indicam que 1MWh equivale à produção de 0,0246 tonelada de CO<sub>2</sub> (geração de eletricidade em usina hidrelétrica), pode-se calcular a quantidade de CO<sub>2</sub> equivalente, ou seja, a quantidade de CO<sub>2</sub> que a UHE Paraibuna deixará de emitir na atmosfera a partir das ações de eficiência energética sugeridas (BRASIL, 2009).

A neutralização de carbono é outro mecanismo que permite que haja compensação das emissões de carbono geradas por atividade humana que gere gases de efeito estufa em sua realização. Esta neutralização pode ser obtida por meio do plantio de árvores. Segundo Freire Dias (2002) para capturar (absorver) uma tonelada de CO<sub>2</sub> é necessário o plantio de 6 árvores, em média.

Tabela 56 – Resumo geral das oportunidades de efficientização energética na UHE Paraibuna

RESUMO GERAL - EFICIENTIZAÇÃO ENERGÉTICA UHE PARAIBUNA						
SISTEMAS EXISTENTES						
SISTEMA	Consumo Sistema Atual (kWh/mês)	Consumo Sistema Proposto (kWh/mês)	Economia (kWh/mês)	Custo de Implantação do	Retorno Composto (anos)	Taxa de Juros (%)
SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	10.878,39	5.804,26	5.074,13	110.083,00	7,46	12%
SISTEMA DE AR CONDICIONADO	7.453,05	5.361,81	2.091,24	42.589,76	11,04	12%
SISTEMA DE BOMBEAMENTO	200.220,24	90.615,84	109.604,40	81.826,52	0,17	12%
<b>TOTAL</b>	<b>218.551,68</b>	<b>101.781,91</b>	<b>116.769,77</b>	<b>234.499,28</b>	<b>0,48</b>	<b>12%</b>
NOVOS SISTEMAS EM VISTAS DE IMPLEMENTAÇÃO						
SISTEMA	Economia (kWh/mês)	Economia (R\$/ano)	Custo de Implantação do Sistema (R\$)	Retorno Composto (anos)	Taxa de Juros (%)	
SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ZENITAL	1.442,88	6.585,42	34.460,00	8,72	12%	
SISTEMA FOTOVOLTAICO	5.804,26	26.491,11	321.958,56	28,11	12%	
MICRO USINA HIDRELÉTRICA	4.224,00	19.278,67	104.000,00	9,20	12%	
MICRO USINA DE BIODIESEL	-	56.695,59	72.950,00	1,48	12%	
REPOSICIONAMENTO DOS TC's	-	126.102,00	312.563,20	3,12	12%	
<b>TOTAL</b>	<b>7.247,14</b>	<b>235.152,79</b>	<b>845.931,76</b>	<b>4,99</b>	<b>12%</b>	
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>124.016,91</b>	<b>768.099,36</b>	<b>1.080.431,04</b>	<b>1,63</b>	<b>12%</b>	
<b>EQUIVALENTE DE CARBONO</b>	<b>37 ton CO<sub>2</sub> equivalente</b>					

Em uma usina hidrelétrica deve-se, além de buscar aumentar a eficiência energética operacional, esforçar-se para reduzir a emissão de gás carbônico operacional. Nas usinas hidrelétricas a produção de gás carbônico operacional inclui emissões diretas nos processos de geração de energia e nas instalações de não-geração como escritórios administrativos, piscicultura, viveiro de aves e silvicultura. Além disso, inclui emissões indiretas na eletricidade comprada da concessionária e outras como logística e viagens. A partir dos resultados obtidos pode-se observar uma redução em emissões na atmosfera de 37 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano na UHE Paraibuna, valor significativo do ponto de vista ambiental e sustentável.

## 9. CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS

Inicialmente, realizou-se um diagnóstico energético na UHE Paraibuna. O diagnóstico é uma ferramenta utilizada para levantar e estimar como e em que quantidades as diversas formas de energia estão sendo gastas numa edificação, em seus sistemas (ar condicionado, iluminação, motorização, bombeamento, refrigeração, entre outros) ou, em aplicações industriais, nos seus processos (ar comprimido, vapor, bombeamento, entre outros). Após o levantamento, foi feito um estudo que permitiu avaliar perdas (traduzido em consumo de kWh, demanda, etc.), seus custos e indicar medidas corretivas, avaliar custos de investimentos nas modificações (projetos, aquisição de equipamentos novos), calcular tempo de retorno dos investimentos, visando orientar os gestores da usina na tomada de decisões.

O primeiro estudo realizado foi nos sistemas de iluminação. A tecnologia dos *LEDs* vem ganhando espaço no mercado para sistemas de iluminação, sendo usados para iluminação decorativa, veículos automotivos, iluminação pública entre outras áreas. Vale ressaltar a sua capacidade de atingir altos níveis de fluxo luminoso, com menor consumo de energia elétrica, apresentando alta durabilidade e robustez. Neste trabalho se propôs substituir as lâmpadas fluorescentes compactas e as incandescentes existentes nas diversas áreas da UHE Paraibuna por novas lâmpadas à *LED*. Considerou-se manter as luminárias refletivas em alumínio já existentes, pois são novas e possuem rendimento em torno de 81% .

Apesar do elevado custo de implementação a tecnologia pode ser aplicada, pois o retorno do investimento, calculado em 7,95 anos com taxa de juros de 12% ao ano viabiliza o projeto. O uso das lâmpadas a *LED* já é uma realidade em muitos sistemas de iluminação no Brasil e no mundo.

A eficiência da iluminação de um prédio trás por si o benefício da redução da conta de energia elétrica. Como bônus, reduz o consumo do sistema de ar condicionado, já que a dissipação térmica da iluminação foi reduzida.

Em seguida à iluminação, realizaram-se os estudos dos sistemas de ar condicionado. A eficiência energética dos equipamentos de ar condicionado tem impacto direto no consumo de eletricidade e, por isso, nos custos de utilização. A escolha de um equipamento mais eficiente tem consequências visíveis na conta de eletricidade.

Neste estudo recalculou-se as cargas térmicas dos setores da usina, já considerando os efeitos do novo sistema de iluminação, e dimensionou-se novos equipamentos de ar condicionado do tipo *split* para substituição dos modelos antigos do tipo janela, ou para substituir equipamentos

subdimensionados ou superdimensionados em cada setor. Procurou-se selecionar equipamentos com elevada classificação energética e índice EER.

O retorno do investimento calculado para os sistemas de ar condicionado, considerando juros de 12% ao ano foi de aproximadamente 11 anos, um valor considerado satisfatório, levando-se em conta medidas de *retrofits* com custos moderados a altos.

Continuamente às praticas de eficientização energética, iniciou-se os estudos para dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede para suprir os sistemas de iluminação à *LED* da usina.

O sistema fotovoltaico proposto neste trabalho tem retorno financeiro calculado em 28 anos considerando juros de 12% ao ano, um valor elevado do ponto de vista econômico.

Os sistemas de bombeamento envolvidos no processo de geração de energia na casa de máquinas também foi objeto de estudo deste trabalho.

Inicialmente, observou-se se o conjunto moto - bomba existente estava adequado em função da altura manométrica e da vazão requerida. Em função dos dados obtidos através das medições realizadas, dimensionaram-se novos conjuntos moto-bomba com elevada eficiência para alguns sistemas da usina.

Além disso, foi redimensionado o circuito fechado de refrigeração, substituindo bombas de 100cv por novas de 40cv, o que representa uma economia em termos energéticos e em termos técnicos, como a manutenção dos trocadores de calor do mancal combinado. A normalização do circuito fechado de refrigeração elimina a necessidade de mudança de posicionamento dos trocadores de calor do mancal combinado.

O retorno do investimento para o sistema de bombeamento foi calculado em 2 meses, considerando taxa de juros de 12% ao ano.

A instalação de uma microturbina para aproveitamento do potencial hidráulico disponível em uma ramificação do conduto forçado da usina também foi objeto de estudo deste trabalho. O retorno do investimento calculado com juros de 12% ao ano foi de 9,2 anos, suprimindo uma demanda de 24kW dos diversos setores da usina em iluminação e ar condicionado.

Com a afirmativa de que outras fontes de energia que não sejam de combustível fóssil terão que passar, necessariamente, pela viabilidade de mercado, fez-se também o estudo de viabilidade econômica para a implantação de uma mini-usina de biodiesel que utilizará óleo vegetal de cozinha usado. Esta mini-usina será instalada na própria UHE Paraibuna. Toda a análise de viabilidade foi

concebida como uma indústria independente da UHE Paraibuna, mesmo considerando-a como um futuro empreendimento da CESP, sendo que o biodiesel produzido será totalmente consumido pelas balsas da empresa. Os métodos empregados na análise deste projeto são comumente aceitos pela literatura especializada. O retorno do investimento foi calculado em 1,48 anos considerando juros de 12% ao ano e pode-se afirmar se que o projeto de instalação da mini-usina de produção de biodiesel utilizando óleo de cozinha usado é viável para o retorno previsto.

Verifica-se a partir dos resultados expostos, uma redução das emissões de gases de efeito estufa (CO<sub>2</sub>) na atmosfera na ordem de 37 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano. Valor significativo do ponto de vista sustentável e ambiental.

Conclui-se que a metodologia proposta neste trabalho é viável e aplica-se em usinas hidrelétricas de pequeno, médio e grande porte.

Pode-se ainda concluir que a energia é um insumo fundamental para assegurar o desenvolvimento econômico e social de um país. A racionalização de seu uso apresenta-se como alternativa de baixo custo e de curto prazo de implantação. Em alguns casos, significativas economias podem ser obtidas apenas com mudanças de procedimentos e de hábitos, além de impactar positivamente o meio ambiente.

Deve-se formar uma consciência de que a eficiência energética não pode estar vinculada apenas a questões conjunturais. Deve, sim, fazer parte, de forma definitiva, da política energética nacional, mediante a valorização das iniciativas já em andamento no País, o desenvolvimento de produtos e processos mais eficientes e a intensificação de programas que levem à mudança nos hábitos de consumo.

Dentre os aspectos econômicos envolvidos na atividade de racionalização do uso de energia, deve-se destacar a valorização da imagem e da visão estratégica da empresa. Hoje, o mercado está cada vez mais orientado a dar preferência a produtos de empresas comprometidas com ações de proteção ao meio ambiente. Uma empresa que deseja alcançar uma estrutura de custos racionalizada e tornar-se mais competitiva não pode admitir o desperdício ou usar a energia de forma ineficiente e irresponsável. É necessário, pois, incentivar todos os seus colaboradores a eliminar desperdícios e assegurar a redução de custos através do uso consciente e racional da energia.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELAZIZ, E.a.; SAIDUR, R.; MEKHILEF, S.. **A review on energy saving strategies in industrial sector**. Renewable And Sustainable Energy Reviews 15, Kuala Lumpur, Malaysia, p. 150-168. 02 set. 2010.

ABNT, **Norma NBR 5413 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão –**; Rio de Janeiro; 164p; 1997.

AL EL-SHAFEI, N. RIEGER, **Automated diagnostics of rotating machinery**, in: 2003 ASME Turbo Expo, vol. 4, Atlanta, GA, USA, 2003, pp. 491-498.

ALMEIDA, A. T.; FERREIRA, F. J. T. E.; BOTH, D.; **Technical and Economical Considerations in the Application of Variable-Speed Drives with Electric Motor Systems – IEEE Transactions on Industry Applications Magazine**, Vol. 41, no 1, p. 188-199, Janeiro / Fevereiro de 2.005.

ALVES FILHO, J., 2003. **The Brazilian Energy Matrix: From Crises to Great Hope**. Mauad, Rio de Janeiro.

ANDRADE, Márcia Susana Stürmer de. **Avaliação dos métodos de cálculo de iluminação natural através de aberturas zenitais**. 2004. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Conforto Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2004. Cap. 2.

ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica no Brasil**. Brasília.ANEEL. 3ª edição.2008.

ANEEL – Agencia Nacional de Energia Eletrica; **Decreto nº4.508** de 11/12/2002, Brasilia – DF, 2.002. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/dec200224508.pdf>. Acesso em: 19 de Março de 2014.

ANEEL. **Tarifas Residenciais Vigentes**. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/area>. Acesso em: 30 de maio 2014.

ANEEL. **Banco de Informações de Geração: BIG**. Disponível em: [www.aneel.gov.br/15.htm](http://www.aneel.gov.br/15.htm). Acesso em: 13 de Agosto 2014.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2014**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Rio de Janeiro: ANP, 2014.

BARROS, A. , A. CHIVANGA; WUST, E. MEIER, H. F. **Estudo da viabilidade técnico-científica da produção de biodiesel a partir de resíduos gordurosos**; Revista Brasileira de Eng. Sanitária Ambiental; Vol.13 - Nº 3 - jul/set 2008, 255-262.

BHATT, M. Siddhartha. **Energy audit case studies II Air conditioning (cooling) systems**. Applied Thermal Engineering, Trivandrum, India, v. 2000, n. 20, p.297-307, 10 fev. 2000.

BIEGER, Arlei; ILHA, Paulo César da Silva; TOMAZELLA, Paulo Dejair. **Análise Econômica-Financeira da Implantação de uma Mini-Usina de Biodiesel em Marechal Cândido Rondon – Paraná**. 4. ed. Toledo: Unioeste, 2009. 9 p.

BRASIL. Decreto nº24.643, de 10 de julho de 1934. **Decreta o código de Águas**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 25 out. 1934. Seção 1, p.1.

BRASIL. Decreto nº 4.059 de 19.dez.01. Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001, que **dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia**, e dá outras providências. D.O.U., Brasília, DF, 20.dez.2001. Disponível em: <http://www.mme.gov.br>. Acesso em 24.abr.2014.

BRASIL. Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. **Dispõe sobre política nacional de conservação e uso racional de energia**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 out. 2001. Seção 1, p. 1.

BRASIL, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2030**. Rio de Janeiro: 2007.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030** / Ministério de Minas e Energia ; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME: EPE, 2007.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2008/2017** / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2009.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. “**Fatores de Emissão de CO2 para utilizações que necessitam do fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional do Brasil, como, por exemplo, inventários corporativos**” Brasília, 2009.

BRASIL. Lei nº 10.295, de 17.out.01 – “**Lei de Eficiência Energética**”. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. **D.O.U.**, Brasília, DF, 18.out.2001. Disponível em <http://www.mme.gov.br>. Acesso em 24.abr.2014.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Análise da competitividade das cadeias agroindustriais brasileiras**. São Carlos: DEP-UFSCAR/IE-UNICAMP, fev. 2006. 119 p.

CADDET, **Centre for the Analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies**. Saving energy with efficient lighting in commercial building. Maxi brochure 01. Caddet Energy Efficiency – Centre for the Analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies. The Netherlands. 22p., 1995.

CAMPOS, G; MAGALHÃES SOBRINHO, P; SOUZA, T. M. **Software para Dimensionamento, Seleção de Aparelhos de Ar Condicionado e Comparação de Consumo Energético**. In: *Jornada*

*de iniciação Científica e Pós- Graduação da UNESP - Campus de Guaratinguetá, 25 a 29 de agosto de 2008, Guaratinguetá – SP. CD-ROOM.*

CARTER, C.; **Energy Drive** – Design Engineering n°293, p. 49-52, Abril de 2.006. PEMBERTON, M.; Variable Speed Pumping: Myths and Legends – World Pumps Magazine, p. 22-24, Janeiro de 2005.

CESP. **Plano Diretor do Reservatório de Paraibuna**. Coordenação de Francisco G. Almeida Salgado e Paulo da Silva Noffs. São Paulo, 2013.

COUREAUX, I.o. Mockey; MANZANO, E.. **The energy impact of luminaire depreciation on urban lighting**. Energy For Sustainable Development. Santiago de Cuba, p. 357-362. 19 abr. 2013.

ÇUHA, D. **The presentation of energy economy in centrifugal pumps and centrifugal pump systems**. Hotel Dedeman Istanbul, Turkey, 9<sup>th</sup> June 2005.

DABDOUD M., 2006. **Sao Paulo state contribution for biofuels in the Brazilian energy matrix**. In: Proceedings of Biofuels Sectoral Chamber Meeting. Sao Paulo, SP: ALSP.

DIAS, R. A. **Impactos da substituição de equipamentos na conservação de energia**. Guaratinguetá, 1999. Cap.1, p.18-23. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica - Transmissão e Conversão de Energia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista.

EPE – Empresa de Pesquisa Energetica, 2012. **The Brazilian energy balance 2012: year base 2011**. Rio de Janeiro, RJ: EPE, 267 pp.

ERTÖZ, A.Ö. **Energy efficiency in pumps**. In: 6th national installations engineering and congress, Istanbul; 2003.

FISCARELLI, Patricia Eliane. **Biodiesel na escola: uma ferramenta educacional para o planejamento energético**. 2010. 175 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica,

Departamento de Transmissão e Conversão de Energia, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2010. Cap. 2.

FREIRE DIAS, G. **“Pegada Ecológica e Sustentabilidade Humana”** São Paulo: Ed. Gaia, 2002.

GARCIA, Agenor Gomes Pinto. **Impacto da lei de eficiência energética para motores elétricos no potencial de conservação de energia na indústria.** 2003. 139 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003. Cap. 4.

GAZOLI, J.R., RUPPERT, E., VILLALVA, M.G., 2009. **Modeling and circuit – based simulation of photovoltaic arrays.** Braz. J. Power Electron.14 (1), 35–45.

GELLER, H. S. et al. **Policies for advancing energy efficiency and renewable energy use in Brazil.** Energy Policy. 2003. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com>. Acesso em: 08.set.2014.

GOLDEMBERG, J, Coelho, S.T., Rei, F., 2002. **Brazilian energy matrix and sustainable development.** Energy for Sustainable Development 6 (4), 55–59.

GUIMARÃES, Ronaldo. **Comportamento elétrico, mecânico e hidráulico de um sistema de bombeamento sob o enfoque da eficiência energética.** 2008. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Energia, Universidade de Uberlândia, Uberlândia, 2008. Cap. 3.

HADDAD, J. et. al. **Conservação de energia: eficiência energética de instalações e equipamentos.** Itajubá: Editora da EFEI, 2001. 467 p.

IEA, 2007, *National Survey Report of PV Power Applications in the United States of America.* International Energy Agency, August 30, 2007.

IESNA, **Illuminating Engineering Society of North America**. Nova Iorque, 2003. Disponível em: <<http://www.iesna.org>>. Acesso em: 02 abr. 2014.

IWASHITA, Juliana. **Eficiência energética em sistemas de iluminação de interiores: Análise de luminárias comerciais**. 2004. 225 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Departamento de Sistemas de Potência, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Cap. 2.

JACOMO A., 2006. **Sustainable development and the Brazilian energy matrix**. In: Proceedings of the IInd National Meeting for Environment Policies Evaluation. Brasília, DF, UnB, 28 a 30-Junho.

JANNUZZI, G. G.; Gomes, R. D. M.; Varella, F. K. O. M. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica no Brasil: panorama da atual legislação**. Campinas: International Energy Initiative, 2009.

JORDAN, R.A. **Desenvolvimento de um sistema de iluminação mais econômico para utilização em granjas de produção de ovos férteis visando a racionalização de energia elétrica no ramo avícola**. Maringá, 2000, 66 p. Dissertação mestrado - UNIOESTE.

KAHRAMAN, Gokhan; YUCEL, Halit Lutfi; OZTOP, Hakan F. **Evaluation of energy efficiency using thermodynamics analysis in a hydropower plant: A case study**. Renewable Energy 34, Turkey, Elazig, n. , p.1458-1465, 20 dez. 2008.

LAMAS, Wendell de Queiroz; GIACAGLIA, Giorgio Eugenio Oscare. **The Brazilian energy matrix: Evolution analysis and its impact on farming**. Energy Policy. [s.l.], p. 321-327. 04 out. 2013.

LAMBERTS, R.; LOMARDO, L. L. B.; AGUIAR, J. C.; THOMÉ, M. R. V. **Eficiência energética em edificações: estado da arte**. Mar. 2006.

LA ROVERE, E. L. **Energia: atuação e tendência**. Rio de Janeiro: FINEP - Departamento de Transporte e Energia, 1994, 112p.

LIMA, P. C. R. **Biodiesel: um novo combustível para o Brasil**. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2005.

LIU, Xianbing; YAMAMOTO, Ryuichi; SUK, Sunhee. **A survey analysis of energy saving activities of industrial companies in Hyogo, Japan**. Journal Of Cleaner Production. Hyogo, p. 288-300. 25 jan. 2013.

MACÊDO, W.N., **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações**. FUPAI, 2006.

MACHADO, A. C. **Comentários sobre Eficiência Energética e Termos Relacionados**. In: **IX Congresso Brasileiro de Energia**, 2002, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2002, v. III, p. 1258-1264.

MACINTYRE, A.J., **Máquinas Motrizes Hidráulicas**; Rio de Janeiro, Editora Guanabara, 1983.

MACINTYRE, A.J., **Bombas e instalações de bombeamento**, Rio de Janeiro, Editora Guanabara, 1987.

MARTINEZ, Rodrigo. **LEDS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA**. 6. ed. Curitiba: Ufp, 2008. 6 p.

MARTINS, F. R., PEREIRA, E. B., SILVA, S. A. B. et al., 2008, **Solar Energy Scenarios in Brazil, Part One: Resource Assessment**, *Energy Policy*, n. 36, (Abril, 2008), p. 2843, pp. 12.

MASCHERONI, J. M.; LICHTBLAU, M.; GERARDI, D.; **Guia de Aplicação de Inversores de Freqüência** – WEG Automacao, 2.003.

MATTOS, Edson Ezequiel de., FALCO, Reinaldo de. **Bombas Industriais**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

METHANEX. **Soluções em produção de Biodiesel**. Disponível em: <http://www.methanex.com.br>. Acesso em: 15 ago. 2014.

NEOSOLAR. **Sistemas de energia solar fotovoltaica e seus componentes**. Disponível em: <http://www.neosolarfotovoltaicaeseuscomponentes.com.br>. Acesso em: 11 junho 2014.

NEOSOLAR. **Painel solar fotovoltaico Yingli 245Wp** Disponível em <http://www.neosolar.com.br/loja/painel-solar-fotovoltaico> > Acesso em: 11 junho 2014.

NEOSOLAR. **Inversor Grid-Tie SMA Sunny Mini Central 6000** Disponível em <http://www.neosolar.com.br/loja/inversor-grid-tie-smasunny-mini-central-6000.html> > Acesso em: 11 junho 2014.

NETO, Pedro R., *et al.* **Produção de Biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras**. Química Nova, São Paulo, Ago. 2000, Vol. 23, n. 4, pp. 531-537.

NETO, J.A. *et al.*, **Produção de Biodiesel em Escala Piloto: Parte 3 – Aspectos Ambientais, 1º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel**, Brasília, Brasil, Ago. 2006, pp. 280-284.

OLIVEIRA, L. B. **Potencial de aproveitamento energético de lixo e de biodiesel de insumos residuais no Brasil**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2004.

OTTONI, Maria Maia Porto. **Iluminação Zenital – uma tentativa de adequação às condições climáticas da cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1990.

PAULILLO, L. F.; VIAN, C. E. de F.; SHIKIDA, P. F. A.; MELLO, F. T. de. **Álcool combustível e biodiesel no Brasil: quo vadis? RER**, Brasília, v.45, n.03. p.531-565, Jul./Set., 2007.

RAAD, A. **Identificação e análise das soluções e barreiras à eficiência energética no caso do setor elétrico brasileiro.** 1999. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético). PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1999.

RÜTHER, R., 2004, **Edifícios Solares Fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil.** 1 ed. Florianópolis: Editora UFSC.

SAIDEL, M. A. *et al.* **Um programa abrangente de racionalização do uso da energia no setor bancário. O exemplo da Caixa Econômica Federal.** In: XVII SNPTEE SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. Uberlândia, 2003.

SANTOS, Arthur Henrique Cursino Dos; FAGÁ, Murilo Tadeu Werneck; SANTOS, Edmilson Moutinho Dos. **The risks of an energy efficiency policy for buildings based solely on the consumption evaluation of final energy.** *Electrical Power And Energy Systems* 44, São Paulo, Brazil, p. 70-77. 05 jul. 2012.

SAMPAIO, Luciano Menezes Bezerra; RAMOS, Francisco S. and SAMPAIO, Yony. **Privatização e eficiência das usinas hidrelétricas brasileiras.** *Econ. Apl.* 2005, vol.9, n.3, pp. 465-480.

SEGUNDO, Nestor C. F. **Estudo dos fundamentos do cálculo de engenharia de iluminação.** 2002. 108p. Dissertação (Mestrado) –Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

SIITONEN S.; TUOMAALA M.; AHTILA P. **Variables affecting energy efficiency and CO2 emissions in the steel industry.** *Energy Policy*, v. 38, n. 5, Greater China Energy: Special Section with regular papers, p. 2477–2485, may. 2010.

SOUZA, César Maia de; GUIMARÃES, Carlos Alberto Bandeira. **Estudo Comparativo de custos na coleta de óleo reciclável para produção de Biodiesel.** 8. ed. Campinas: Unicamp, 2013. 4 p.

SOUZA, Z. de Santos, A. H. Borton, E.C. – **Centrais Hidrelétricas – Estudos pra Implantação** . Rio de Janeiro – Eletrobrás – 1999.

SOUZA, T.M., **Microusinas Hidroelétricas: Dados Técnicos, Cálculo da Potência e Custo da Instalação**, Revista da Engenharia; Faculdade de Engenharia da UFJF; p.16-17; Dezembro; 1992.

TOLMASQUIM, Maurício T.; GUERREIRO, Amilcar; GORINI, Ricardo. **Matriz energética Brasileira: Uma perspectiva**. Novos Estudos, São Paulo, v. 8, n. 79, p.47-69, 01 nov. 2007.

UDDIN, Sohel; SHAREEF, Hussain; MOHAMED, Azah. **Power quality performance of energy-efficient low-wattage LED lamps**. Measurement. Selangor, Malaysia, p. 3783-3795. 12 jul. 2013.

VIANNA, Nelson Solano. GONÇALVES, Joana Carla Soares. **Iluminação e Arquitetura**. São Paulo, SP: Virtus s/c Ltda, 2001.

VILLA VERDE, V. S. **A Conservação de Energia Elétrica no Novo Modelo Institucional do Setor Elétrico Brasileiro**. 2000. 99 p. Tese (Mestrado em Planejamento Energético) – Programa de Planejamento Energético, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

VILLELA, Iraídes Aparecida de Castro ; SILVEIRA, José Luz . **Ecological Efficiency in thermoelectric Power Plants**. Applied Thermal Engineering, v. 27, p. 840-847, 2007.

VOITH – HYDROPOWER. **Products brochure**. Disponível em: <<http://voith.com/en/products-services/hydro-power/turbines-559.html>>. Acesso em: 28 ago. 2014.

WILK, M.; **Emprego de Variador de Velocidade na Economia de Energia em uma Bomba Centrífuga Radial** – Anais do IIIo Concurso WEG – Conservacao de Energia Eletrica, 2000.

WEG; Motores Elétricos de Corrente Alternada: Linhas de Produtos – Características – Especificações – Instalações – Manutenções, **Catalogo do Fabricante**, Junho de 2.013. Disponível em: <<http://catalogo.weg.com.br/files/artigos/4-44.PDF>>. Acesso em: 06 de Agosto de 2.014.